SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMATICO
SU EFICIENCIA Y SUS IMPACTOS SOBRE LA PERFORMANCE DE LOS TAMBOS

Santiago A Utsumi
Assistant Professor of Animal Science, Michigan State University
Research coordinator of the KBS Robotic milking and grazing project
E-mail: utsumi@msu.edu

La incorporación del sistema de ordeño automático (AMS), ha cambiado muchos aspectos del manejo del ganado en un tambo. Las vacas en estos sistemas establecen su propia rutina de ordeño, debido a que voluntariamente visitan el galpón de ordeño robotizado, y todos los pasos del mismo son llevados a cabo por máquinas (figura 1). De hecho, cuando las condiciones de las máquinas son buenas, tanto la visita de las vacas al tambo, como las rutinas del ordeño necesarias, pueden llevarse a cabo en ausencia absoluta del hombre, con este sistema se ha reducido en un 20 % la mano de obra (de Koning and Rodenburg, 2004). Este sistema ha innovado en la gestión de horarios flexibles de ordeño, lo que ha provocado un aumento en la producción de leche, sobre todo en aquellos sistemas que poseen una baja capacidad de ordeño, tanto por falta de mano de obra como por el equipo, lo que conlleva a una disminución en la frecuencia (de Koning 2010). Cuando la vaca ingresa al tambo, ésta recibe alimento concentrado, determinado sobre una base individual. Este sistema posee un brazo robótico que funciona en base a un sistema laser, que localiza y limpia los pezones de cada vaca. Luego el brazo toma las pezoneras, y procede al ordeño de cada cuarto por separado, hasta que el flujo de leche alcance un valor objetivo definido por el operador. Una vez finalizado el ordeño, el brazo procede a aplicar solución desinfectante en cada uno de los pezones. La unidad está equipada con un sistema de auto-limpieza y mecanismo de enjuague,y además con registros sobre la producción animal (por trimestre), el peso corporal, la actividad, la probabilidad de calor, la rumia y la masticación, y los valores relacionados a la calidad de la leche. La leche es colectada individualmente antes de transferirla al tanque de frio, es desviada en caso de que se detecte alguna anormalidad en algún caso particular, por ejemplo un cambio de coloración detectado por sensores de color y conductividad. El sistema también puede proporcionar datos acerca del recuento de células somáticas, proteína en leche y grasa butirosa en tiempo real.

Figura 1. Rutina de ordeño en sistemas automáticos.

EFICIENCIA DE LA OPERACIÓN:

Lo crítico para la eficiencia económica del AMS, es la maximización de los ingresos por leche. De todas formas, la inversión inicial para establecer un tambo de estas características (175.000 dólares), es mucho mayor en comparación con un sistema convencional de la misma capacidad, el beneficio económico depende principalmente de la utilización de maquinaria adecuada (Rotz et al. 2003). La principal ventaja del tambo AMS es la optimización de la capacidad de ordeño. Esta capacidad se define por el tiempo en que un órganose encuentra disponible para el ordeño durante un día. Esta se expresa como tiempo de ocupación del órgano por vaca, o sino en el porcentaje de horas en el periodo de un día en que dicho órgano se encuentre ocupado para el ordeñe (Andre et al., 2010). Por ejemplo con un 85% del tiempo ocupado, el sistema es usado 20,4 horas para el ordeño y 1 hora se deja para realizar dos profundas limpiezas de 30 minutos cada una. Las 2,6 horas restantes se utilizan para la limpieza local y enjuague para los próximos ordeños, visitas de vacas que no se van a ordeñar, y el resto es tiempo de inactividad. La visita de vacas que no son ordeñadas, es necesaria para aquellas vaquillonas de primera lactancia, para que se acostumbren y puedan hacerlo voluntariamente también. De todas formas, la reducción de mano de obra que plantea este sistema, se iría erosionando en ese caso a la hora de traer vacas inexperientes al tambo. El tiempo de inactividad es necesario para evitar la sobrepoblación de vacas en la sala de espera. Si se da el tiempo máximo de ocupación, el punto crítico del AMS, seria asignarle el tiempo necesario para cada vaca. En la práctica, la asignación del tiempo se hace por lote o por vaca, basándose en la mínima producción esperada, en la paridad, días de lactancia y producción individual diaria. Aquellas vacas que no cumplan con lo establecido, serán rechazadas por el sistema. Esto afecta la frecuencia de ordeño y la producción total del ganado.

Teóricamente, la leche obtenida por vaca, se puede aumentar ampliando la capacidad de la sala de ordeñe así como aumentando la frecuencia o ambas al mismo tiempo, provocando un aumento en la producción por vaca. Pero en la práctica no es muy conveniente, ya que aumentar la cantidad de vacas aumenta la competencia y puede tener efectos negativos (Castro et al. 2012). Aquí se plantea una duda en común a los productores, cuál sería la mejor estrategia para optimizar la producción. Esto lleva a realizar un énfasis en la búsqueda de la solución al problema planteado, ya sea mediante el aumento de la capacidad del tambo, o la utilización del AMS que garantiza un aumento en la frecuencia.

CONSIDERACIONES BASICAS SOBRE FRECUENCIA DE ORDEÑO, INTERVALOS ENTRE ESTOS Y PRODUCCION DE LECHE

Sería posible aumentar la producción de leche diaria y el retorno del AMS aumentando la frecuencia de los ordeñes (André et al. 2010).Si aumentamos la frecuencia del ordeño a dos veces por día, la producción aumenta un 40 %, mientras que si la aumentamos a tres veces, esta aumenta un 20 % (con un rango del 5 – 20%) (Allen et al., 1986; Erdman and Varner, 1995;.Klei et al., 1997; Hogeveen et al., 2000). La mejor forma de aumentar la producción es acortar los intervalos entre ordeñes.Davis (1998), Bruckmaier y Hilger (2001) estudiaron los efectos de la frecuencia, sacandoconclusiones importantes; en primer lugar, el acortamiento de los intervalos reduciría el efecto negativo de la presión intramamariacausada por la secreción láctea; en segundo lugar aumentaría la síntesis hormonal; y en tercer lugar evitaría los efectos bioquímicos negativos de las células secretoras ocasionados por los componentes de la leche.

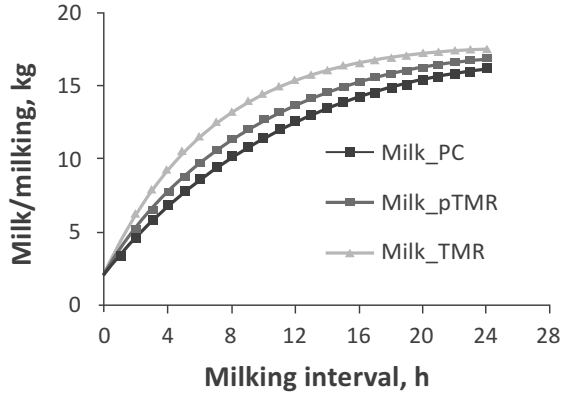

Figura 1. Efecto del intervalo entre ordeñes sobre la producción por ordeñe en vacas Holandomanjadas con tres sistemas de alimentación; **PC: 80%** pastura más 20% concentrado; **TMR:** ración total mezclada ; **pTMR:** remplazo parcial de pastura consumida por **TMR.** La respuesta leche producida (y) cambiando el interval entre ordeñes (x) was modelada empleando la función exponencialy= a +b (1-Exp(-c x), dondea = 2 fue la leche residual ; b = 16 la máxima cantidad de leche acumulada, y, cla tasa diferencial constante de producción de leche en **PC** = 0.08, **pTMR** = 0.11 and **TMR** = 0.15. (R2>0.75 para los tres sistemas de alimentación).

Después de las 10 horas de ordeño, la mayoría de las vacas comienza a disminuir su rendimiento lechero, y llegadas las 34 horas, éste se frena por completo. Pero factores tales como raza, paridad, etapa de lactación y nutrición, pueden afectar la tasa de secreción láctea, y por lo tanto la respuesta a los cambios en la frecuencia de ordeñe(Ouweltjes 1998). El cambio que se ha hecho en acortar los intervalos por parte del sistema de ordeño automático, fue para aumentar la producción así como para utilizar el equipo y las facilidades que nos proporciona con eficiencia. Sin embargo, estas prácticas siguen siendo motivo de debate. Primero que nada, debido a que las vacas son sometidas más frecuentemente a la maquina provocando un aumento en la incidencia de mastitis y aumentando el recuento de células somáticas (Hogeveen et al., 2001). Tampoco se recomienda este sistema en aquellos establecimientos con escaso control sanitario y reproductivo, ya que estos aspectos pueden ser agravados por el mismo (de Koning, 2010). Por otra parte, la mayor parte de los beneficios pueden ser afectados en aquellos casos en que los intervalos entre ordeños sean irregulares. De todas formas, este sistema provoca más irregularidad en los intervalos, en comparación con sistemas convencionales, debido a que en este caso las vacas entran al tambo voluntariamente. Las vacas ordeñadas con intervalos dispares reducen su producción en un 26 % comparando con vacas de ordeñes con intervalos regulares (Hogeveen et al., 2001; Bach and Busto, 2005). Este efecto es más enfatizado en vacas de alta producción que en aquellas de menor producción (Ouweltjes 1998). Este factor puede provocar una exacerbación en los efectos de la retención láctea, debido a una falla en el sostén de la pezonera (Bach and Busto, 2005). El ordeño incompleto puede reducir la producción o acortar la vida lactante del animal (Hogeveen et al., 2001).

OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ORDEÑO AUTOMATICO

Frecuencia de ordeños e intervalos entre los mismos: la optimización del sistema depende de dos componentes principales: el tiempo de ocupación de cada órgano y la producción de leche por ordeño. El primero, se encuentra afectado por el tamaño del rodeo así como también la correcta asignación del tiempo de ordeño para cada vaca. La colecta de leche dependerá de la producción, tanto como de la duración del ordeño (D). Este último factor se determina en función de dos componentes, el tiempo predeterminado que utiliza la máquina para limpiar los pezones y posteriormente colocar la pezoneras (generalmente alrededor de 1.5-2.5 minutos) y el tiempo de ordeño, que variará según la velocidad del flujo de la leche (de 3 a 6 minutos aproximadamente). La producción de la vaca por día, dependerá de la nutrición, de los días de paridad y es importante también el mérito genético. En un análisis comparativo reciente, se detectó importantes variaciones de producción según tres programas diferentes de nutrición (Utsumi and Beede, 2012). Por un lado, alimentación ad-libitum con base de forraje (60 %) de ración (35%)(TMR) y 5% orts?. Por otro lado, la misma alimentación con ración (25%) pero de manera controlada sustituyendo en parte con pasturas (pTMR); y en el último grupo dietas con un 80% de pasturas y 20 % de concentrados las cuales disminuyen la producción láctea en un 15 a 20 %. Por más que el aspecto nutritivo es muy importante, no se puede descartar la influencia que tienen los intervalos de ordeño en la producción diaria (figura 1). La energía es uno de los factores limitantes en materia de producción lechera, por eso la podríamos incrementar con las dietas ad-libitum de TMR. Si aumentamos los intervalos de ordeño, la respuesta positiva a este tipo de dietas disminuye, porque el llenado así como la inhibición de la secreción son más limitantes que el consumo de energía, para la síntesis de leche. De todas maneras, dada la evidente variedad en materia de producción, si se optimiza el intervalo para obtener un buen volumen y una buena calidad del

producto, seguimos encontrando diferencias según los distintos sistemas de producción (figura 2). En caso de aquellos sistemas con base pastoril, en los que el animal debe caminar y esforzarse para buscar el alimento, se reduce la producción láctea y la frecuencia de visitas de las vacas al tambo como es de esperar, se comprobó que la cantidad de leche por unidad de tiempo fue máxima en un periodo de intervalos de 12 horas (figura 2). Exponiendo las mismas vacas a un sistema de alimentación del tipo pTMR (TMR con pasturas) o TMR ad-libitum, se encontró que la máxima producción por unidad de tiempo fue en un intervalo menor, entre 10 y 8 horas respectivamente (figura 2). Estos resultados se basan en dos cosas, primero, que un incremento en la producción se debe a un aumento en la frecuencia de ordeño, que en los tambos con el sistema AMS dependerá del tipo de alimentación del ganado. El segundo factor importante, es el tiempo que le dedica el sistema a cada vaca para ser ordeñada.

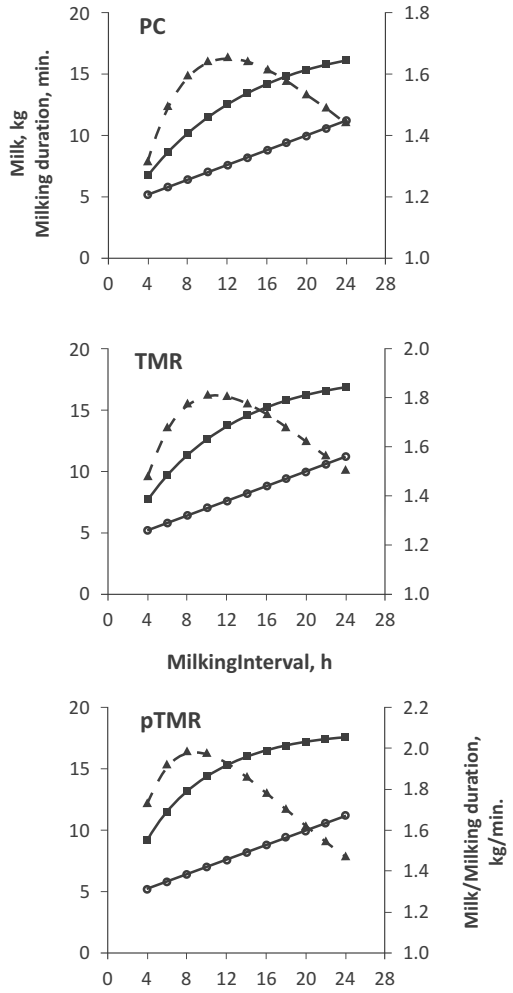

Figura 2. Efecto de los intervalos entre ordeñes sobre la producción láctea **(cuadrados sólidos)**, duration del ordeñe **(círculos abiertos)**, y relación producción y tiempo de ordeño (tringulos**sólidos**) en vacas lecheras manejadas en tres sistemas de alimentación: 80% pastoreo más 20% concentrado **(PC)**, o, mismo nivel de concentrado más ración total mezclada **(TMR)** o parcial remplazo de pastura por igual TMR **(pTMR)**. Database incluyó 61,686 registros individuales de ordeñes colectados en un rebaño de 95 vacas Holstein manejadas con dos ordeñadoras robóticas Lely A3 de 1 órgano (Lely Industries, N.V., Maassluis, Netherlands) en la W.K. Kellogg BiologicalStation of Michigan StateUniversity. Elefecto del interval entre ordeñes (x) sobre su duracion (Y; min) es representado por la curva dela función lineal y = 4 + 3.3x. Los modelos exponenciales explicando el efecto del intervalo entre ordeñes sobre la producción se muestran en la Figura 1. La relación máxima de la producción sobre la duración del ordeñe o el total de leche por ordeño se detectó a las 12h, 10 h y 8 h entre ordeñes en PC, pTMR y TMR respectivamente.

Tasa de stock:en un segundo análisis, se utilizaron los mismos datos que en el experimento anterior para ver como influían las tasas de stock en la producción en tambos con sistema AMS (Utsumi and Beede, 2012). Se encontró que la misma era sensible a los cambios de tasas, la cual depende del tamaño del ganado así como también de la cantidad de vacas que ingresan a los órganos voluntariamente. En rodeos con tasas bajas, implica un aumento en el tiempo de descanso de la máquina y una disminución en los tiempos de ordeño. Una pobre utilización del sistema, se espera en aquellos establecimientos que poseen rodeos de pocos animales. Contrariamente, en tasas de stock altas, ocurriría un aumento en los intervalos, debido a la competencia por la ocupación de los órganos (figura 2). Si le damos la máxima utilización al sistema, 20.4 horas en ordeño (85%), y tenemos controlado el tiempo de los intervalos, el número de vacas y el número de ordeños que optimizarían la producción, van a diferir según el tipo de alimentación. En sistemas de base pastoril cuyos intervalos son largos, sugieren que un aumentode stock es necesario para que la producción sea buena (figura 3). De lo contrario en sistemas TMR o pTMR, para dicha optimización, es necesaria una reducción de stock (figura 3). Asumiendo que todas las vacas se ordeñan con el correcto intervalo de tiempo, la máxima colecta de leche se encontró en 83, 68 y 55 vacas por órgano en sistemas de base pastoril, pTMR y TMR respectivamente. Mientras que el número de ordeños por órgano ideal para la maximización, fue de 165, 172 y 180 en sistemas de base pastoril, pTMR y TMR respectivamente. Además el manejo del stock apropiado, es crítico para la correcta eficiencia del sistema. Esto es particularmente importante en los sistemas de base pastoril, debido a la frecuencia y regularidad de intervalos entre ordeñes ya que se encuentran ligados inherentemente al comportamiento de pastoreo de los animales. De hecho para aquellos productores que utilizan el sistema AMS en campos con base de pastoreo, sería correcto controlar los movimientos de los animales y el número de visitas al tambo que realizan.

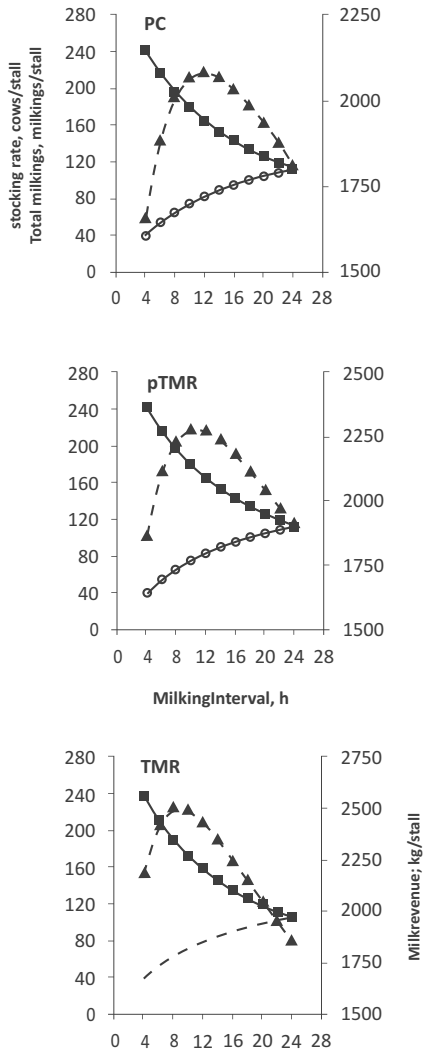

Figure 3. Effect of milking intervals on total milk revenues per AMS stall **(solid square)** with equivalent number of cows **(open circles)** and total milking in a day required to maximize the milking capacity in three feeding systems: 80% grazed pasture plus 20% concentrate **(PC)**, or, same concentrate level plus total mixed ration **(TMR)** or partial replacement of pasture by TMR **(pTMR)**. The occupation rate of milking stalls was 85% or 20.6 h of milking time per day. Database included 61,686 individual milking records collected from a herd of 95 Holstein cows managed with two single-stall Lely A3 robotic milkers (Lely Industries, N.V., Maassluis, Netherlands) at the W.K. Kellogg Biological Station. Assuming optimal milking intervals and maximum occupancy, maximum milk revenue was detected with 83, 68, and 55 cows/stall in PC, pTMR and TMR, respectively. Similarly, the total number of milkings in a day needed to achieve this maximum milking capacity was 165, 172 and 180 milkings/stall in PC, pTMR and TMR

VACAS DE ALTA PRODUCCIÓN MANEJADAS CON TRES SISTEMAS DIFERENTES DE ALIMENTACION

Se ha comprobado que la alimentación con concentrados durante el ordeño, ha sido el principal incentivo para que las vacas visiten el tambo con frecuencia y regularidad. Es necesario comprender bien la interrelación existente entre la cantidad y calidad del concentrado que se les da dentro del tambo, con el resultado que provoca en cuanto a la frecuencia y la producción por ordeño, si consideramos que la base es una correcta identificación e implementación de las estrategias de la suplementación para maximizar la producción.

En un segundo análisis comparamos, la performance en materia de producción en dos grupos de vacas Holstein de alta producción en tres sistemas diferentes de nutrición. Ambos grupos estuvieron en un período de tiempo solamente con ración, otro a base de pastoreo con algo de concentrados, y el otro era una combinación de ambos, pastoreo con ración. El ensayo se realizó desde el 4 de agosto del 2010 hasta el 7 de marzo del 2012, incluyendo 66 días de alimentación con base forrajera, 51 días de alimentación combinada y 96 únicamente concentrados. La variación de días en ordeño, fue de 180, 165 y 184 durante los periodos de pastoreo, alimentación combinada y concentrados respectivamente. Durante todos esos periodos, las vacas recibieron concentrado en pellets saborizadosdurante el ordeño en una razón de 1 kg cada 4 litros de leche producida. En el período en el cual los animales comían concentrados se les agregóforraje (60% forraje, 40 % de concentrado, 17% PC y 32 % de FDN) una vez por día a las 5 de la mañana (5% orts? y 18.5% de MS aproximadamente). En el período en el que los animales consumieron la combinación de ambos tipos, se les agregó la misma base forrajera que en el periodo anterior, también a las 5 de la mañana pero la suplementación varió de 4.6 a 13.7 kg MS/vaca según la tasa de crecimiento de la pastura y la disponibilidad de la misma. Y por último en el período en que se consumió principalmente forrajes, se le adiciono 1.8 kg de silo de maíz mediante un dispensador automático próximo a la salida del tambo (Cosmixfeeder, Lely Industries, N.V., Maassluis, Netherlands). Tanto en el período de forraje como en el período en que se combino la alimentación, las vacas pastorearon en un sistema de rotación en parcelas de 1 ha. Estas contenían leguminosas como alfalfa, trébol blanco y rojo, y gramíneas como dactilis y festuca.

Los resultados obtenidos del análisis se muestran en la figura 3. Como era de esperar, la producción, el numero de ordeñes y el peso corporal fue mayor en el periodo en el cual los animales se alimentaron básicamente con concentrados, seguido por aquel en el que se alimentaron con dieta combinada entre pastoreos y concentrados y por ultimo los alimentados con base forrajera. También se estudió la actividad de los animales, observando que en este ultimo período, el incremento de actividad fue mucho más marcado que en el resto de los períodos. Esto es debido a que las vacas caminan más durante el pastoreo y coincidiendo con lo dicho anteriormente, los animales disminuyen su frecuencia de visitas al tambo debido al aumento de actividad por conseguir el alimento.

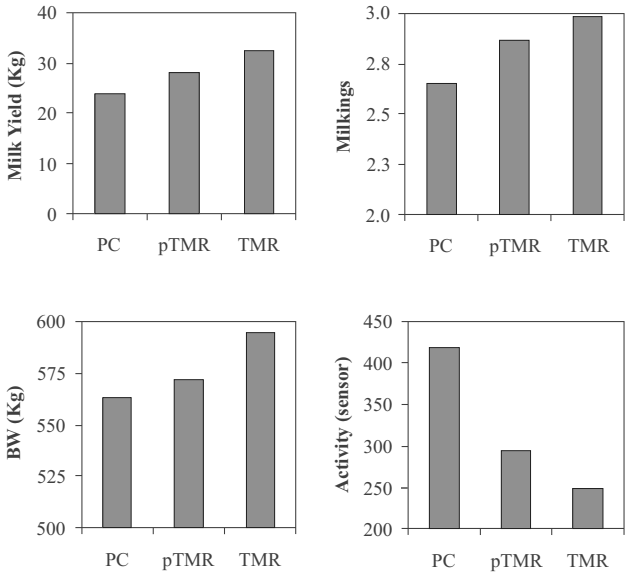

Figura 3. Producción de leche, ordeños, peso corporal y actividad de vaca Holando de alta producción manejadas con AMS en tres sistemas de alimentación: pastura más concentrado (PC), ración total mezclada, parcialmente (pTMR) y ración total mezclada (TMR).

Investigaciones anteriores realizadas, demuestran que pasturas con bajo contenido de materia seca y baja concentración de energía son los factores limitantes en vacas de alta producción que se alimentan con forraje (Kolver and Muller, 1998, Bargo et al., 2002, Garcia and Fulkerson, 2005). El agregado de suplementación en vacas de estas características, provoca un aumento en el consumo de energía resultando en un aumento de producción (Bargo et al., 2003). De todas formas, cabe recordar que si aumentamos demasiado la ingesta de suplementos, especialmente concentrados, se pueden modificar las condiciones del rumen, como por ejemplo el ph. También se puede sustituir demasiado la proporción de forraje por el suplemento, exacerbando los problemas que esto acarrea. Esto es de particular importancia ya que una alta tasa de sustitución, disminuiría los beneficios del pastoreo en aquellos establecimientos con sistemas de base pastoril. El mal manejo de las tasas de stock puede ser una de sus consecuencias.

En vacas de alta producción la adición parcial de granos (sistema combinado) disminuye el consumo de forraje pero aumenta el porcentaje de materia seca y energía (Bargo et al. 2002). Consecuentemente se aumenta la producción. Esta respuesta positiva está dada por la tasa de sustitución, de forraje como base, a una alimentación de concentrado como base. El aumento de la sustitución lleva a un aumento de la ingesta total (Stockdale, 2000). Esto reduce el tiempo perdido en aquellos animales que pastorean y que lo pierden debido a la búsqueda de alimento, a la rumia, al descanso y al traslado hacia el tambo (Steensma, 2012). Si la energía ingerida provoca un aumento en la frecuencia de las visitas al tambo, se aumentaría la producción por cada kg de suplemento adicionado (Nieman, 2012).

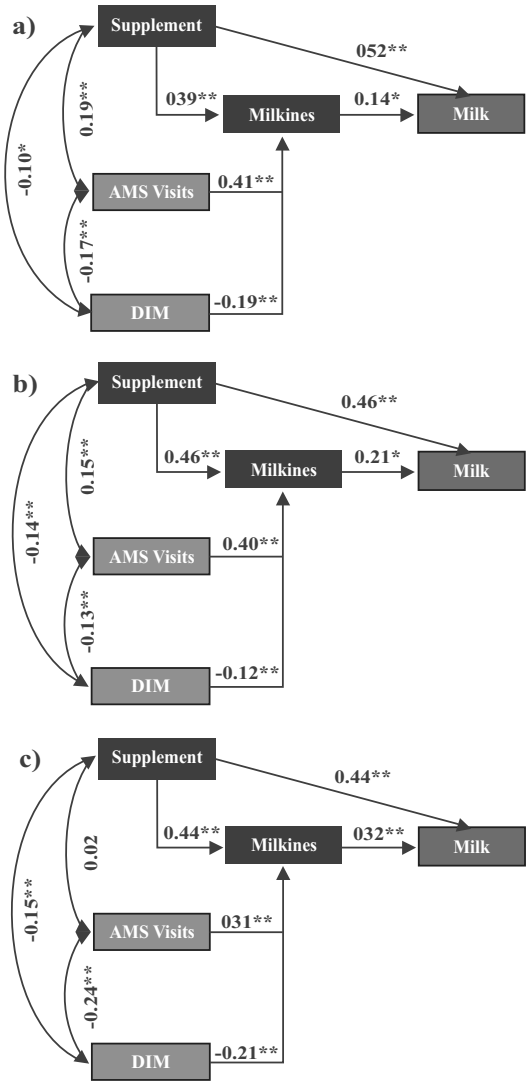

Figura 4. Análisis de flujo de los efectos directos e indirectosde los días de lactancia (DIM) y las visitas voluntarias, ordeñes y consumo de suplementos en un establo con AMS, sobre la producción diaria de leche en vacas Holando de alta producción alimentadas con: a) pastura y concentrado, b) ración total mezclada, parcialmente o c) ración total mezclada como dieta básica. Las flechas simples representan los efectos directos de las variables y las dobles la correlación entre variables. *P<0.10, **P<0.05, ***P<0.001.

Como era de esperarse, el uso del AMS fue afectado por las variaciones en el uso de concentrados, considerando diferencias en la producción y en los días de ordeño. Uno de los resultados obtenidos, fue que en cualquiera de los tres sistemas, se observó que la disminución de las visitas al tambo, disminuía junto con los días de ordeño.De todas formas, como se había anticipado, el efecto de la suplementacion en este factor del número de visitas al tambo, fue mayor en los sistemas de base pastoril y en sistema combinado que en el sistema de concentrados como base. Seguramente, esta diferencia este dada por el valor nutricional de los concentrados, y en el caso de los otros sistemas la ingesta total así como el consumo de energía son limitantes (Bargo et al., 2003).

La suplementación posee una retroacción positiva hacia el número de visitas en cualquiera de los sistemas. Ese

efecto positivo fue mayor en las alimentadas con suplemento, luego en las alimentadas, parte con suplemento y parte con pastoreo y por último en el sistema de base pastoril. Este último criterio, remarca lo mencionado anteriormente, si el consumo de energía o la frecuencia de ordeño no se dan de manera correcta la producción de leche se encuentra limitada. Anteriormente se concluyó que el consumo de energía y de materia seca total es la limitante para vacas de alta producción en sistemas de pastoreo.

Algunas investigaciones han llegado a la conclusión de que la suplementación es la manera de aumentar la producción por varios factores: 1) se aumenta el consumo de energía en sistemas donde esto es lo más limitante, 2) en sistemas que no tienen el consumo de energía como limitante, aumenta la frecuencia de ordeño, 3) y aumenta ambas cosas en aquellos sistemas en los que se utiliza la combinación de estrategias.

En todos los casos, el sistema de alimentación nos da una idea más realista de lo que puede llegar a ser la producción, y nos ayuda a manejar de manera más eficiente el sistema automático de ordeño (AMS).

CONSIDERACIONES BÁSICAS DEL MOVIMIENTO ANIMAL: TRÁFICO Y FLUJO.

El movimiento de los animales es un aspecto crítico en el AMS. La mayoría de los problemas de la máquina son en base al tiempo de utilización de la misma, a la regularidad de su uso, etc. Esto ocurre debido al bajo flujo de vacas que entran al tambo voluntariamente para ser ordeñadas.

El movimiento animal, o sea el tráfico y el flujo de vacas, son dos componentes importantes en los sistemas de ordeñe automático. El termino tráfico, es utilizado para describir el tránsito direccional de las vacas que resultan de la implementación de sistemas libres o forzados, dependiendo de la disposición y el diseño de las instalaciones, y el manejo de la alimentación; por otro lado, el termino flujo se utiliza para determinar las características del tráfico de las vacas, a la entrada y a la salida del tambo, por ejemplo si es continuo o discontinuo, etc.
La implementación de sistemas para lograr un tráfico fluido de vacas en el tambo, no logra buenos resultados en cuanto a la ocupación de los órganos y una buena distribución de ordeños por vaca.

El tráfico de los animales y sus características, es el resultado de una cascada de decisiones que el animal debe tomar, considerando los recursos de comida y el diseño psicológico que los animales se crean, en cuanto a las facilidades y propiedades del ambiente que las rodea. El proceso de decisiones, no lo realizan por casualidad, sino que es en base al desarrollo de un mecanismo cognitivo (aprendizaje, memoria espacial, etc.) respondiendo a respuestas internas (viscerales) y externas (ambiente).

El uso del espacio, es creado por las distintas actividades que el animal realiza, alimentación, descanso, lactación, entre otras. Influye también en este aspecto, los movimientos ya sea el mantenerse en pie como la velocidad de los mismos, y lo que es importante también es el contexto social en que se encuentran (tamaño de grupo, organización social, etc.). Estas respuestas se las dan las distintas sensaciones del organismo (internas o externas) y junto con ello, los animales operan dentro de los límites de los requisitos (nutrición), necesidades psicológicas (termorregulación), interacciones sociales y las características del ambiente (abundancia y distribución de los alimentos, factores climáticos, etc.).
Este conjunto de factores finaliza con el movimiento voluntario, el cual hace que las vacas ingresen al tambo para ser ordeñadas, sujeto a un par de modificaciones que pueden sufrir debido al manejo del tráfico. Estos manejos tratan de atraer la vaca al tambo, aumentando las visitas, la frecuencia y la regularidad. Se realiza mediante incentivos generalmente se trata de ración, suplemento, etc. Hoy en día esta comprobado, que la mayor motivación para visitar el tambo esta dada por alimentos de buena calidad (verFerster and Skinner, (1957) para más detalles sobre el aprendizaje condicionado). Esto es particularmente importante en aquellos establecimientos que utilizan un sistema de tráfico libre.

Si se alimentan con un 20% de los requerimientos, por lo menos, dentro del tambo, es una regla que siempre va a mejorar el tráfico de vacas. Por lo tanto, si se disminuye el porcentaje de suplementación, también lo hará el tráfico hacia el tambo. Generalmente, la tasa de alimentación de suplemento dentro del tambo es de 0.2 a 0.35 kg/min. Igualmente, existe una regla de oro en cuanto a este tema y es que no se les de dentro del tambo más de 0.34 kg/min. Esto es debido a que las vacas están como máximo, entre 6 y 8 minutos ordeñándose, lo que representaría un consumo de 2.4 kg/min por ordeñe como mínimo a 7.2 como máximo en aquellas vacas que se ordeñan tres veces por día.

Una alternativa a considerar para el mejoramiento del tráfico y la frecuencia es la utilización de sistemas de tráfico forzado. En éste, el incentivo de la suplementación se utiliza junto con un sistema de porteras de un sentido o con una pre-selección de animales para regular el acceso al AMS. Porteras de un solo sentido, se utilizan para forzar el transito hacia el tambo en lugar de que accedan a la comida. El uso de la pre-selección se utiliza combinado con el incentivo de la suplementación. Este funciona de la siguiente manera: las vacas atraviesan las porteras de clasificación, garantizando el acceso a la sala de esperay/o al alimento y posteriormente al tambo. Esta pre-clasificación permite un importante incremento en la tasa de stock (vaca/órgano) debido a que disminuye el tiempo que pierde la máquina para refugar todas aquellas que no son aptas para la lactación (por ejemplo no pasó aún el intervalo correcto).

Tanto en confinamiento, pastoreo o sistemas híbridos,

junto con la utilización del incentivo, en sistemas de tráfico libre o forzado, es difícil asegurar que el tránsito será continuo y por lo tanto el ordeño será eficiente. Este es un punto crítico del sistema de acceso voluntario, ya que el ahorro que uno hace en mano de obra, lo gasta posteriormente en el arreo de las vacas al sistema AMS. Nuevamente, en los sistemas de tráfico libre, la correcta motivación para las vacas para que visiten el galpón de ordeño, es una buena alimentación durante el proceso. En sistemas forzados, además de una buena alimentación, el sistema se encuentra reforzado por la asignación estratégica de los recursos de alimentación adicional, disponible para los animales. Este último concepto es particularmente importante, en sistemas de base pastoril, porque una correcta asignación de espacio y de tiempo de las cantidades de forraje a consumir, no aseguran una alta ocupación del AMS.

Manejo del tráfico de vacas en sistemas de base pastoril:la posibilidad de utilizar el sistema automático de ordeño para aumentar la producción mediante el aumento de frecuencias de ordeño, es un hecho que a muchos productores les ha comenzado a tentar, incluyendo aquellos que utilizan el pastoreo como base de la alimentación. La adopción del AMS en este tipo de sistemas, va de la mano con un aumento del tamaño de los establecimientos y del ahorro de mano de obra que quieren hacer los productores.

El primer AMS establecido en un sistema de base pastoril fue en Nueva Zelanda en 2001(Jago et al. 2002). Años después, se extendió a Australia (Garcia et al., 2007) y Europa (Oudshorn, 2009). En América del Norte la implementación de estos sistemas, en este tipo de establecimientos, fue bastante reciente (Utsumi 2011). En sistemas de base pastoril, la producción láctea, así como la frecuencia de visitas al tambo es baja(Garcia and Fulkerson, 2005; Utsumi 2011). Además, una sincronización del comportamiento delos animales, y de los patrones de pastoreo diurno provocan una disminución de las visitas, principalmente durante la tarde y primeras horas de la mañana (figura 4), resultando en una disminución de la ocupación de los órganos y consecuentemente una baja en la producción. Lo que se puede realizar es un aumento en la tasa de stock (vaca/órgano) aunque, recordando lo que se dijo en líneas anteriores, se corre peligro de competencia entre las mismas a la hora de ingresar a cada órgano. Esto puede agravar los problemas existentes del uso desigual de la maquina, de la disminución de la frecuencia y de la producción por vaca (Jago and Bruke, 2010).

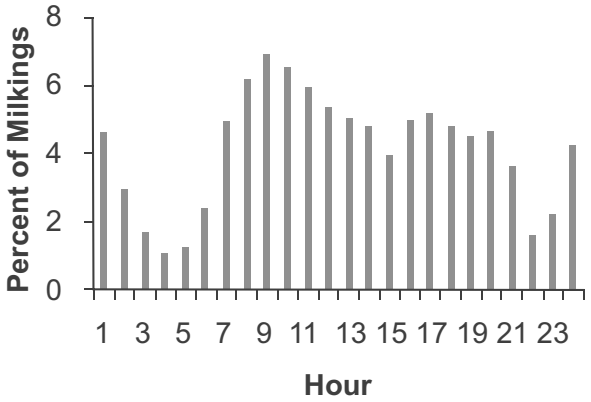

Figura 4. Distribución diurna de los ordeños voluntarios en una sala de ordeño con sistema AMS, integrado por 49 vacas manejadas en un sistema de base pastoril con 20% de concentrado y 80% de pastura (datos deNieman et al., 2012).

Una implementación eficiente de un AMS en un sistema de base pastoril, seria una combinación de dos factores importantes, producción de leche por vaca y un buen equipo de cosecha del producto. Una mejora en el manejo del pastoreo es necesaria para lograr un mejor control del tráfico de las vacas, una mejor frecuencia y distribución de los ordeños. Estos últimos aspectos, en este tipo de sistemas, se encuentran afectados por variaciones en los patrones de pastoreo y por la facilidad de acceso al tambo. Si se aleja el potrero de pastoreo del tambo, tanto la frecuencia como la producción disminuirán debido a una reducción en las visitas (Ketelaar-de Lauwere et al., 1999; Utsumi 2011).
Se realizo un estudio, recientemente, en el cual se utilizaron collares con GPS para captar los movimientos de los animales. Se hizo en 12 animales en sistema rotacional con tráfico en doble sentido y permaneciendo 12 horas en cada parcela. El comportamiento de pastoreo en establecimientos donde se ha implementado un AMS fue estudiado, observándose que a medida que la parcela de pastoreo se aleja del tambo, las visitas se reducen significativamente ya que los animales se quedan pastoreando por más tiempo debido a lo largo que es el camino a este (figura 5).

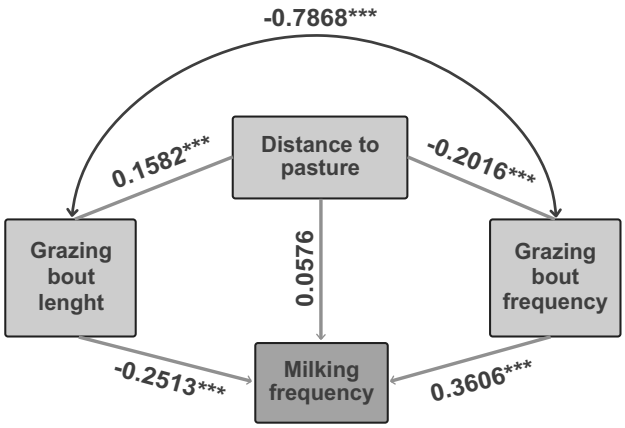

Figura 5. Analisisde flujo describiendo el efecto que relaciona la distancia a la pasture y el comportamiento de pastoreo sobre la frecuencia de ordeños de vacas lecheras en un sistema rotativo de pastoreo(Steensma y Utsumi, 2012).

Contrariamente, menores distancias, aumentan la frecuencia de visitas al tambo ya que se mejora el tráfico de vacas desde la parcela de pastoreo hasta el galpón de ordeño (figura 5). De aquí, que los resultados de nuestra última investigacion, sugieranel potencial de manipular los patrones de pastoreo con el objetivo de mejorar el tráfico de vacas y asi el numero de ordeños/vaca. Recordamos que se recomienda el uso de buena alimentación dentro del tambo como un incentivo para los animales. Se puede utilizar suplemento con concentrados (Jago et al., 2007) o de lo contrario algo de ración(Nieman, 2012) para aumentar las visitas y ocupación de la máquina. Sería también un estímulo adicional el tener acceso al agua cerca del galpón de ordeño, para obtener ordeños con frecuencia y regularidad (Jago et al., 2002). La sombra y el refugio podrían ser de ayuda también como para cambiar los patrones del animal y aumentar el número de ordeños, sobre todo en días muy calurosos o fríos. La influencia de los factores climáticos sobre el sistema automático de ordeñe, se discutirá mas adelante.

Manejo del pastoreo en operaciones de ordeño automatico:se ha demostrado que la incorporacion de sistemas de pastoreo, es critica para el trafico de vacas y la performance del AMS (Jago et al., 2002, 2007). En un estudio reciente se exploró acerca de la preferencia de las vacas cuando se les adiciona un estimulo, aumentando su motivación para visitar el galpón de ordeño (Steensma, 2012). Como era de esperar, el tráfico de vacas aumentóhacia las mezclas forrajeras (utilizadas como estímulo) cuando estas se encontraban disponibles. Pero el tráfico hacia el AMS no mejoró cuando se aumentó la separación entre la parcela de pastoreo y la mezcla forrajera. Además, la selectividad del pastoreo se vio significativamente reducida al encontrarse demasiado separados, así mismo se redujo el tráfico hacia el tambo por el mismo motivo. En este estudio se utilizó un sistema de pastoreo de doble sentido, como para controlar la ubicación y tamaño de la pastura asignada, dos veces por día (AM-PM). Con esto se trató de aumentar el tráfico hacia el tambo, debido a que las vacas debían de caminar hacia el otro potrero de mezcla forrajera asignado, y para ello debían pasar por el galpón de ordeño, pero esto no se observó.

A partir de esto se creó una hipótesis que plantea, que si se aumenta la asignación de pasturas por día pasando de dos veces cada 12 horas a 3 cada 8 horas, resultaría en sesiones de pastoreo más cortas, favoreciendo el tráfico hacia el tambo y consecuentemente la ocupación de la máquina (Lyons et al., en prensa). Se concluyó también, que con la asignación de pastoreo tres veces por día en lugar de dos, se reducen los intervalos de ordeño aumentando la producción diaria (Lyons et al., en prensa).

En materia de tambos, la asignación de pasturas, hace referencia a un pastoreo dirigido, debido a que se diseña cuántas veces por día y en qué lugar del establecimiento. El principal objetivo de este tipo de pastoreo, es el aumento del tráfico de vacas, llevando a un aumento de la utilización del AMS, mejorando la ingesta y el nivel de pasturas utilizado. Igualmente se debe tener cuidado con este manejo. Estudios realizados en Nueva Zelanda y Australia, han demostrado que cuando la asignación de pastoreo se realiza sin exactitud, ya sea de manera excesiva o limitada, reduce las visitas al tambo y por tanto la producción(Jago et al., 2002; Davis et al., 2007).

En los últimos años, fueron desarrolladas nuevas tecnologías para la medición de pasturas. Esta tecnología incluye, métodos sónicos, placas electrónicas, medidas rápidas de pasturas como el GPS y equipo laser (Laurence et al., 2007; King et al., 2010).

La mayoría de los implementos utilizados para la medición de las pasturas, incluyen un software el cual computariza la biomasa de la pastura, midiendo la altura del pasto antes y después del pastoreo (figura 6). La precisión de la lectura depende mayormente de la utilización del equipo correcto y la calibración del mismo. Su aplicación en un

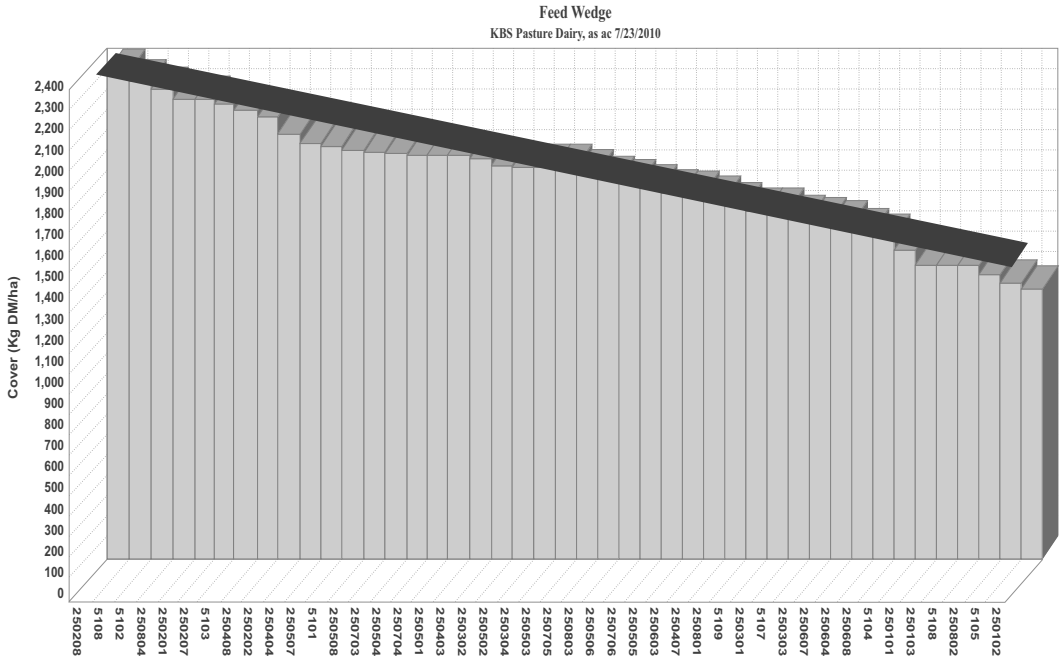

Figure 6. Medidor rápido de pasture basado en GPS y sensores laser (izuierda). Datos georeferenciados de biomasa predicta (± 1 m) y tasa de crecimiento de la pasture apropiadamente predicta(R2>0.80) basada en la altura de estas y los cambios de bio masa predictos sobre el tiempo (derecha).

tambo, reduce el tiempo que se requiere en la estimación de la cobertura vegetal presente. Hoy en día, aquellos establecimientos que utilizan estas tecnologías de medida de pastura, mejoran la utilización de los potreros, aumentando así la producción láctea, la eficiencia del AMS y el tráfico de vacas.

Reflexión final

la mayoría de los establecimientos que utilizan, o pretenden utilizar el sistema de ordeño automático en los próximos años, deberán consecuentemente enfrentarse a los desafíos que presenta este sistema, para mejorar la utilización y eficiencia de la máquina. Yo creo, que una vez que se implementa el sistema, la manera más efectiva de utilizarlo sobre todo en sistemas con base pastoril, se fundamenta en un correcto manejo de las tasas de stock, un buen tráfico de animales, intervalos apropiados entre ordeños y optimización del tiempo de utilización de la máquina. Reconozco que el AMS va a seguir provocando impacto en materia de producción láctea. Igualmente, para lograr una buena eficiencia del sistema, los productores deben aplicar un sistema de evaluación de todas las alternativas existentes para la optimización del AMS (por ejemplo, realizar ordeños con mayor frecuencia o aumentar las tasas de stock) enfatizándose en la productividad de todo el establecimiento y la rentabilidad del mismo.

Referencias bibliográficas

- Allen, D.B., DePeters, E.J., and R. C. Laben. 1986. Three times a day milking: effects on milk production, reproductive efficiency and udder health. J. Dairy Sci., 69: 1441–1446.
- Andre, G., P. B. M. Berentsen, B. Engel, C. J. A. M. de Koning, and A. G. J. M. Oude Lansink. 2010. Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. J. Dairy Sci., 93 :942–953.
- Bach, A., and I. Busto. 2005. Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. J. Dairy Sci., 72: 101-106.
- Bargo, F., L. D. Muller, E. S. Kolver, and J. E. Delahoy.2003. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. J. Dairy Sci. 86:1-42.
- Bargo, F., L. D. Muller, J. E. Delahoy, and T. W. Cassidy. 2002. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. J. Dairy Sci. 85:2948-2963.
- Bruckmaier, R. M., and M. Hilger. 2001. Milk ejection in dairy cows at different degrees of udder filling. J. Dairy Res., 68: 369–376.
- Castro, A., J.M. Pereira, C. Amiama, and J. Bueno. 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. J. Dairy Sci., 95: 929–936
- Davis, K.L., W.J. Fulkerson and S.C. Garcia. 2007. Automatic Milking. In: The University of Sydney Dairy Research Foundation. Current Topics in Dairy Production, 12: 120-131.
- Davis, S. R., V. C. Farr, P. J. A. Copeman, V. R. Carruthers, C. H. Knight, and K. Stelwagen. 1998. Partitioning of milk accumulation between cisternal and alveolar compartments of the bovine udder: Relationship to production loss during once daily milking. J. Dairy Res,. 65: 1–8.
- De Koning, C.J.A.M. 2010.Automatic milking - common practice on dairy farms.Proceedings of the first North American conference on precision dairy management. March 2-5, Toronto, Ontario, pp 52-67.
- De Koning, C.J.A.M., and J. Rodenburg. 2004. Automatic milking: State of the art in Europe and North America. In: A. Meijering, H. Hogeveen and C.J.A.M. De Koning (Eds). Proceedings of the international symposium on automatic milking, a better understanding, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp 311-320.

Erdman, R.A., and M. Varner. 1995. Fixed yield responses to increased milking frequency. J. Dairy Sci., 78: 1199–1203.

- Ferster, C. B., and B.F. Skinner. 1957. Schedules of reinforcement. Appleton-Century-Crofts Inc., NY.
- García, S,C., A.,D. William, J. Fulkerson, R. Nettle, S. Kenny and D. Armstrong. 2007. FutureDairy: a national, multidisciplinary project to assist dairy farmers to manage future challenges –methods and early findings. Australian Journal of Experimental Agriculture, 47: 1025–1031
- Garcia, S. C., and W. J. Fulkerson. 2005. Opportunities for future Australian dairy systems: a review. Aust J ExpAgr., 45: 1041-1055.
- Hogeveen H., W. Ouweltjes, C.J.A.M. de Koning and K. Stelwagen. 2001. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. Livestock Production Science, 72: 157–167.

Hogeveen, H., Miltenburg, J.D., Den Hollander, S., and K. Frankena, 2000. A longitudinal study on the influence of milking three times a day on udder health and milk production. In: Hogeveen, H., Meijering, A. (Eds.). Proc. Int. Symp. on Robotic Milking. Wageningen Pres, Wageningen, the Netherlands, pp. 297–298.

- Jago, J. and J. Bruke. 2010. Automatic milking in pastoral systems. Prooceedings of the Second North American Conference on Robotic Milking. March 2-5, 2010. Toronto, Canada. pp 36-37.
- Jago, J. G., K. L. Davis, P. J. Copeman, I. Ohnstad, and M. M. Woolford. 2007. Supplementary feeding at milking and minimum milking interval effects on cow traffic and milking performance in a pasture-based automatic milking system. J. Dairy Res., 74: 492–499.
- Jago, J. G., P. Copeman, K. Bright, D. McLean, I. Ohnstad, and M. M. Woolford. 2002. An innovative farm system combining automated milking with grazing. Pro-

ceedings of the New Zealand society of animal production, 62: 115-119.

- Ketelaar-de Lauwere, C. C., A. H. Ipema, E. N. J. van Ouwerkerk, M. M. W. B. Hendriks, J. H. M. Metz, J. P. T. M. Noordhuizen, and W. G. P. Schouten. 1999. Voluntary automatic milking in combination with grazing of dairy cows: Milking frequency and effects on behaviour. Applied Animal Behaviour Science, 64: 91-109.
- King, W.M., G.M. Rennie, D.E. Dalley, R.A. Dynes and M.P. Upsdell. 2010. Pasture Mass Estimation by the C-DAX Pasture Meter: Regional Calibrations for New Zealand. Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium 2010, pp 233-238.
- Klei, L.R., Lynch, J.M., Barbano, D.M., Oltenacu, P.A., Lednor, A.J., and D.K. Bandler. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. J. Dairy Sci., 80: 427–436.
- Kolver, E.S and Muller, L.D. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or total mixed ration. J. Dairy Sci. 81: 1403-1411.

Lawrence, H.; Yule, I.; Murray, R. 2007: Pasture Monitoring Technologies. Proceedings of the S I D E Conference, 8 :126-131.

- Lyons, N. A., K. L. Kerrisk, and S. C. Garcia. 2013. Comparison of two systems of pasture allocation on milking intervals and total daily milk yield of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. J. Dairy Science, (In press).
- Nieman, C., S.A. Utsumi, D.K. Beede and J. Rowntree. 2012. Effects of stocking rate, supplement strategy and breed in a pasture-based automatic milking system. Journal of Dairy Science 95 (2): 235.
- Nieman, C.M. 2012. Effects of stocking rate and supplementation on pasture utilization, cow performance, and rumen environment in a pasture based automatic milking system. Master of Science Thesis, Department of Animal Science, Michigan State University. November, 2012. 124 p.
- Oudshoorn, F.W. 2009. Innovative technology and sustainable development of organic dairy farming: The case of automatic milking systems in Denmark. PhD Dissertation, Animal Production Systems. Wageningen University, The Netherlands. 141 p.
- Ouweltjes, W. 1998. The relationship between milk yield and milking interval in dairy cows. Livest. Prod. Sci., 56: 227–232.
- Rotz, C.A., C.U. Coiner and K.J. Soder. 2003. Automatic milking systems, farm size and milk production. J. Dairy Sci., 86: 4167-4177.
- Steensma, K.M. 2012. Foraging behavior of dairy cattle in a pasture-based system with automated milking. Master of Science Thesis, Department of Animal Science, Michigan State University. November, 2012. 78 p.
- Stockdale, C. R., 2000. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria.Aust J ExpAgr., 40: 913-921.
- Utsumi, S. 2011. Strategies to increase the efficiency of automatic milking and milk production from high producing dairy cows: Lessons learned at the Kellogg Biological Station's pasture dairy research center. The University of Sydney dairy research foundation, current topics in dairy production ,16: 32-43.
- Utsumi, S.A., and D.K. Beede. 2012. Performance of dairy cows managed with automatic milking and three contrasting feeding systems. Journal of Dairy Science, 95: 581.