

La limpieza en los sistemas de ordeño automático

E. Schuiling*

La limpieza en los sistemas de ordeño automáticos (AMS) resulta una cuestión de gran importancia para la calidad higiénica de la leche. Se conocen diversos métodos y procedimientos de limpieza en los sistemas convencionales de ordeño, los cuales son aplicados a los sistemas de ordeño automático. En el presente trabajo se presenta la diversidad de opciones de limpieza de los sistemas de ordeño automático. Las diferencias más significativas se dan para el tipo de procedimiento (por circulación del agua o limpieza con agua caliente), para el tiempo empleado y consumos de agua y de energía. El tiempo de lavado varía entre 37 y 130 minutos por día, para frecuencias de limpieza estándares, mientras que el consumo de agua puede variar entre 284 a 495 L / día.

El efecto de la frecuencia de lavado se estudió por comparación entre sistemas de 2 o 3 lavados por día, durante un período de 9 semanas cada uno de ellos. Cuando se llevaron a cabo rutinas con 3 lavados diarios, la calidad bacteriológica de la leche resultó significativamente mejor para recuento bacteriano total (RBT), coliformes, termófilos y psicrófilos. No obstante, la diferencia observada para el RBT fue pequeña: 13 versus $10 \cdot 10^3$ ufc / ml, respectivamente. Por tanto, en ambos casos la media de RBT se mantuvo muy por debajo del límite superior del rango considerado para la leche de primera calidad. Se concluye, entonces, que con dos limpiezas diarias podría resultar suficiente para obtener una leche de buena calidad, aunque el método de limpieza empleado debe optimizarse, así como ser sometido a un control y mantenimiento adecuados. Sin embargo, la realización de tres lavados diarios reduce el riesgo de un aumento del crecimiento bacteriano en la instalación de ordeño.



Con el objeto de prevenir la transferencia de microorganismos patógenos a través de las pezoneras, los sistemas de ordeño automáticos cuentan con un sistema de lavado de las mismas. El efecto del lavado de pezoneras sobre la eliminación de patógenos se evaluó en un equipo de ordeño automático, utilizando agua fría o un producto desinfectante. Se eliminaron el 98,4% y el 98,9% de patógenos, respectivamente, que expresado como la reducción del logaritmo resultó en 1,80 y 2,26. La mayor eliminación de patógenos obtenida con el uso del desinfectante no compensó el incremento en el riesgo de contaminación de la leche ordeñada.

Para evaluar el efecto de la limpieza de pezoneras sobre la proporción de nuevas infecciones, se sometieron a ordeño un total de 46 animales, utilizando pezoneras contaminadas deliberadamente. Una vez infectadas, se limpiaron los manguitos de uno de los pares del juego de ordeño situados diametralmente opuestos, no realizándose en el otro. No se observó infla-

mación en ninguno de los cuarterones de la ubre. El efecto del lavado de pezoneras sobre la tasa de nuevas infecciones no pudo establecerse.

Por tanto, dado que el lavado de pezoneras elimina la mayor parte de las poblaciones bacterianas de las mismas, no influye sobre la capacidad de los sistemas automáticos de ordeño y puede realizarse con un bajo volumen de agua, no parecen existir razones que indiquen que éste no debiera llevarse a cabo.

Introducción

La calidad de la leche es una cuestión de igual importancia tanto en los sistemas automáticos de ordeño como en los convencionales. La eficacia de los sistemas de lavado en las instalaciones tradicionales de ordeño es bien conocida gracias a la investigación, así como a través de la experiencia y la metodología de ensayo – error, dando como resultado distintos procedimientos de limpieza de las instalaciones de ordeño. El diseño de los métodos de limpieza en los sistemas de ordeño automatizado se basan principalmente en estos conocimientos. Para una mejor

* Applied Research, Animal Sciences Group, Wageningen UR
Ponencia presentada en el II Symposium Internacional sobre Ordeño Robotizado celebrado en Lelystad (Países Bajos). Traducción Departamento de Ciencia Animal y los Alimentos-UAB

comprensión de los procedimientos de lavado en los sistemas de ordeño automáticos, en el presente trabajo se evalúan y comparan las distintas alternativas en base al consumo de agua, detergentes y tiempo empleado.

Una diferencia importante con respecto al ordeño tradicional es que los sistemas de ordeño robotizado trabajan de forma continua las 24 horas del día, y bajo estas premisas tanto la capacidad como la eficiencia del sistema son importantes. Estudios recientes han puesto de manifiesto que las tareas de limpieza no deberían postponerse demasiado en el tiempo ya que, si no se ha efectuado el lavado, la calidad de la leche tiende a disminuir a partir de las 8 horas de realizarse el ordeño (Verheij, 1992; Ordolff et al, 1992). Así, en muchos países europeos se demandan tres lavados diarios en los sistemas de ordeño automático. Sin embargo, cara a incrementar la capacidad de ordeño, algunas instalaciones se limpian únicamente dos veces al día, con éxito variable. De este modo, se requiere una mayor información sobre los efectos de la frecuencia de lavado en los sistemas de ordeño automatizado.

Una de las patologías de mayor importancia en la producción animal son las mamitis. Un gran número de vacas de leche son infectadas cada año. Cada animal infectado constituye una fuente potencial de propagación de los agentes patógenos de la enfermedad y la máquina de ordeño resulta ser una posible vía de transmisión. El papel de la máquina de ordeño como vector de la enfermedad aún no está claro y, entre otros factores, depende del tipo de agente patógeno de que se trate. En las salas de ordeño convencionales es una práctica recomendable ordeñar aquellos animales infectados o sospechosos de serlo en último lugar, justo antes de proceder al lavado de la instalación. En los sistemas de ordeño automáticos resulta prácticamente imposible poder ordeñar a los animales según el estatus sanitario de la ubre. Con objeto de minimizar el papel de la máquina de ordeño como vector transmisor, se puede realizar un lavado con agua de las pezoneras después de cada ordeño. De este modo se pueden eliminar la mayoría de los microorganismos patógenos presentes tras

Tabla 1. Resumen de las características más importantes de los distintos sistemas de limpieza en los equipos de ordeño automático

Sistema de ordeño automático (Cód.)	1	2	3	4	5	6
LIMPIEZA DEL SISTEMA						
Circulación (C) / agua caliente (AC)	C	C	C	AC	AC	AC
Tiempo de lavado (min)	35	30	20	17	15	9
Consumo de agua (L)	75	70	90	70	90	70
Control automático ⁽¹⁾	t	td	t	t	td	-
LIMPIEZA DE LA UNIDAD DE ORDEÑO						
Tiempo de lavado (min)	10	1	9	10	2	4
Consumo de agua (L)	15	0,9	30	12	20	20
LIMPIEZA DE PEZONERAS						
Tiempo de lavado (min)	0,25	1	0,4	0,5	0,13	0,17
Consumo de agua (L)	0,14	0,9	1	0,75	0,5	0,75
CONSUMOS DIARIOS ESTIMADOS⁽²⁾						
Tiempo (min)	130	93	83	76	50	37
Agua (L)	284	347	495	353	395	373
Energía (kWh)	2,4	1,6	2,4	4,2	4,2	4,2

(1) t = temperatura del líquido de limpieza; d = concentración de detergente

(2) basado en 3 limpiezas del sistema, 2,5 limpiezas de unidad de ordeño y 150 limpiezas de pezoneras.

Para estas últimas no se realizó cálculo del consumo de tiempo, suponiendo que la limpieza de pezoneras no supone espera para el ordeño.

la visita de un animal infectado a la máquina. No obstante, el efecto del lavado de pezoneras sobre la tasa de nuevas infecciones se desconoce aún.

Sistemas de limpieza, procedimientos y estrategias

En este estudio se revisan, de forma general, los sistemas y procedimientos de limpieza en los sistemas automáticos de ordeño en base a la información recabada de los propios fabricantes en todas las marcas comerciales disponibles. Pese a las diferencias entre los sistemas, los procedimientos de limpieza resultan bastante similares (Schuling et al, 2001). Se pueden distinguir tres tipos de procedimiento:

- Limpieza del sistema: el sistema de ordeño completo, el cual puede constar de una o más unidades de ordeño, es lavado, desinfectado y aclarado. El proceso consta de tres ciclos diferentes: 1) pre-lavado; 2) lavado y desinfección; 3) aclarado.
- Limpieza de la unidad de ordeño: la unidad de ordeño (desde las pezoneras hasta la conducción de leche) se somete a un aclarado con objeto de eliminar restos de leche (p.e.: leche contamina-

da) o bien para evitar que los residuos lácteos desecados se acumulen en la instalación.

- Limpieza de pezoneras: para prevenir la transmisión de agentes patógenos (mamitis) entre animales durante el ordeño, se practica un lavado de las pezoneras.

En la **Tabla 1** se presenta una revisión de las distintas características de los sistemas de ordeño automático, basadas en la información proporcionada por los fabricantes de los equipos. Algunos de los sistemas pueden integrar dos (o más) unidades de ordeño en la misma instalación. En estos casos el consumo de agua se calcula por unidad de ordeño perteneciente a un sistema de dos unidades.

Una diferencia importante entre los sistemas de ordeño automatizado es el procedimiento de lavado: circulación del agua versus lavado con agua caliente. Este último conlleva un menor tiempo de lavado con respecto a los equipos que utilizan la circulación del agua: en estos es necesario un mayor tiempo de exposición al producto desinfectante. Otro factor implicado en el tiempo de lavado es el periodo necesario para el secado de la instalación entre los tres ciclos de lavado.

El consumo diario de agua varió desde 284 hasta 495 litros. La limpieza de pezo-

neras marcó, en gran medida, las diferencias obtenidas entre las distintas marcas de los equipos utilizados. El consumo de energía depende principalmente del tipo de procedimiento de limpieza: el uso de agua caliente conlleva un mayor gasto.

En la práctica, el consumo de agua puede variar con respecto a los datos presentados, especialmente, cuando el gasto de agua se mide en base al tiempo y no volumétricamente. En estos casos, la presión en la conducción del agua tiene una notable influencia sobre el volumen.

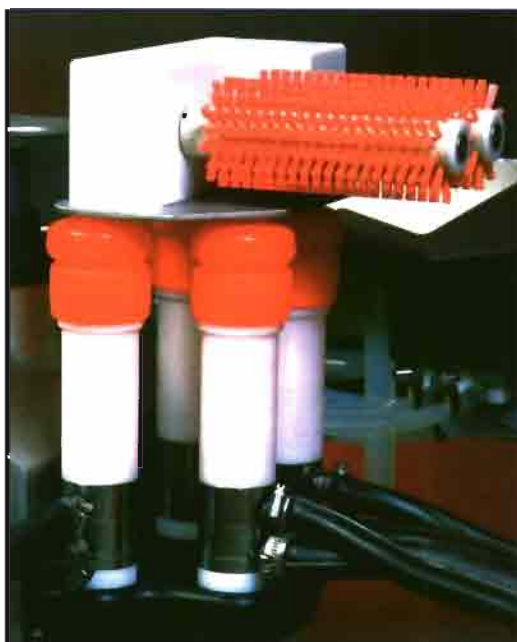
El lavado en los sistemas AMS se inicia automáticamente. Sin embargo, el filtro de leche ha de reponerse de forma manual. Es preferible retirar el filtro usado antes de la limpieza y poner uno nuevo una vez finalizado el proceso de lavado. No obstante, esto no resulta práctico de modo que, generalmente, se realiza el cambio de filtro antes del lavado. Cabe decir que, en algunos casos, el operario podrá cambiar los filtros en el momento que le convenga.

Material y métodos

Frecuencia de lavado

Se estudió el efecto de distintas frecuencias de lavado (2 vs. 3 limpiezas del sistema / día) en explotaciones comerciales. Las granjas fueron seleccionadas por la calidad de su leche pasado el sexto mes de lactación (media de RBT ≤ 15 , sin acusadas variaciones) y por su buena voluntad de participación en el proyecto bajo las condiciones experimentales. El equipo de ordeño se sometió a lavado con una frecuencia de 2 veces / día durante un período de 9 semanas y de 3 veces / día durante el mismo tiempo. El orden con que se asignó la frecuencia de lavado fue aleatorio. Durante ambos períodos de 9 semanas se analizó la calidad de la leche ordeñada: TBC en cada ordeño, coliformes, poblaciones bacterianas termófilas y psicrófilas una vez cada dos semanas. El punto crioscópico de la leche se evaluó también quincenalmente.

En cada una de las explotaciones se evaluaron el sistema de limpieza y las condiciones higiénicas del equipo automático de ordeño al inicio de la experien-



cia, al cambio de frecuencia de lavado y al finalizar el período experimental. Este análisis consistió en la medición de los volúmenes, concentraciones y temperaturas de los líquidos de limpieza así como la eficiencia del aclarado durante un único lavado. Las condiciones higiénicas de la instalación se determinaron de forma visual y a través de mediciones de ATP.

Eliminación de patógenos

La eliminación de gérmenes patógenos se evaluó en un sistema de ordeño automático de la firma Gascoigne Melotte, situado en Waiboerhoeve, Lelystad (Holanda).

Se llevaron a cabo dos controles en días diferentes. Cada uno de los controles estuvo constituido por 6 series: en las tres primeras las pezoneras se enjuagaron con agua fría, mientras que en las tres últimas se añadió un producto desinfectante (ácido paracético) en el agua. Antes del control, se procedió a la limpieza del sistema automático de ordeño.

En cada serie las pezoneras se contaminaron con una suspensión de *Streptococcus agalactiae* en leche pasteurizada ($@1,5 \times 10^6$ ufc / ml). La cepa de *S. agalactiae* se obtuvo de una ubre clínicamente infectada.

Se aplicaron 10 ml de la suspensión en los manguitos de las pezoneras, ejecutando un único movimiento circular para proporcionar así una película uniforme de

leche infectada en toda la superficie interior de los mismos. Toda vez que se realizaba esta operación, un par de manguitos del juego de ordeño situado de forma alterna se enjuagaba según el procedimiento estándar del sistema automático de ordeño, mientras que el otro par no recibía enjuague alguno. El número de microorganismos patógenos en los manguitos fue determinado a partir de muestras de su interior. Éstas se recogieron procediendo a dibujar dos círculos con el frotis, aproximadamente 10 cm por debajo de la boca del manguito. Los frotis se analizaron para determinar el número de *S. agalactiae*.

Al término de cada serie, el juego de ordeño fue desinfectado y aclarado con agua fría.

Tasa de nuevas infecciones

El efecto de la limpieza de pezoneras sobre la tasa de nuevas infecciones se estudió en un sistema de ordeño automático de la firma Gascoigne Melotte, instalado en la granja experimental de Waiboerhoeve, Lelystad (Schuiling et al, 2004). Los animales utilizados para el experimento fueron acostumbrados al ordeño automático. Éstos se seleccionaron de entre los efectivos de un rebaño de 50 vacas teniendo en cuenta que presentarían una buena sanidad de ubres, determinada por el recuento de células somáticas, conductividad y bacteriología de muestras de leche previamente analizadas.

La prueba se realizó durante un ordeño de tarde (día 0). Todas las pezoneras del sistema de ordeño automático se contaminaron con una suspensión de *Streptococcus agalactiae*, procediendo de forma análoga a la prueba de control de eliminación de patógenos.

Las pezoneras se colocaron manualmente para asegurar que su ajuste se realizaba sin retrasos y / o repeticiones del proceso. La limpieza de pezones, tal y como se realiza normalmente en este modelo de ordeño automático, se inactivó con el objeto de evitar el enjuague de los pezones y los manguitos tras la colocación de pezoneras, el cual podría ocasionar una eliminación de patógenos no deseada

en este caso. El aire inyectado en el tubo corto de leche también se bloqueó durante la sesión, cara a conseguir unas condiciones sub – óptimas de ordeño y un mayor riesgo de infección.

En esta experiencia, los animales se ordeñaron con el sistema automático dos veces al día, comenzando dos días antes de la contaminación de las pezoneras y continuando durante 8 días después de ésta. Durante el ordeño de la tarde del día 1, se recogieron 1, 2, 3, 5 y 7 muestras de leche de todos los cuarterones de los animales y se analizaron para los parámetros recuento de células somáticas (RCS) y patógenos. Los valores de conductividad medidos durante el ordeño fueron efectuados por el propio equipo de ordeño automático. Las muestras de leche recabadas el día previo a la infección de las pezoneras (día – 1) se utilizaron como control final para determinar el estado sanitario de las ubres.

Resultados

Frecuencia de limpieza

Un total de trece explotaciones participaron en la experiencia. En cada una de ellas el proceso de limpieza del sistema se evaluó antes del comienzo de las pruebas: en 6 casos este proceso tuvo que ajustarse para mejorar la concentración del líquido de lavado o bien para alcanzar las especificaciones del fabricante.

En el momento del cambio de frecuencia de lavado y al final de la prueba se repitieron las comprobaciones sobre el proceso de limpieza, evaluando así mismo, las condiciones higiénicas de la instalación. No se encontraron problemas o defectos.

Para el análisis estadístico los recuentos bacterianos se transformaron en base al logaritmo decimal, obteniendo así una distribución normal. Los resultados que se

presentan en la **Tabla 2** fueron convertidos de nuevo a ufc / ml.

En todas las poblaciones bacterianas analizadas existen diferencias significativas para 2 y 3 lavados diarios. La diferencia para el RBT es, no obstante, pequeña y en ambos casos se encuentra muy por debajo del límite de penalización (100 x 10³ ufc / ml). Sin embargo se dieron 8 ocasiones en 4 de las explotaciones en las que se superó el valor límite de 100: estos casos se repartieron equitativamente entre ambas frecuencias de lavado.

Tal y como se esperaba, el punto crioscópico de la leche resultó ser ligeramente superior a mayor número de limpiezas del sistema realizadas.

Eliminación de patógenos

La concentración de microorganismos patógenos en la suspensión utilizada para contaminar las pezoneras fue de 1,34 x 10³ ufc/ml. El número de *S. agalactiae* encontrados en las muestras tomadas de las pezoneras sometidas a lavado fue menor, en comparación con aquellas donde no se realizó lavado alguno: un 98,4% y un 98,9% de bacterias se eliminaron en el lavado de pezoneras con agua y con adición de desinfectante, respectivamente. Asimismo, el detrimento del logaritmo fue de 1,8 y 2,26 en cada caso.

Tasa de nuevas infecciones

Se sometieron a la prueba un total de 46 animales, distribuidos en 4 series de 10, 12, 12 y 12 vacas, respectivamente. Antes del comienzo de la prueba se analizaron muestras de leche de todos ellos.



En ningún caso hubo signos de infección, en base al recuento de células somáticas y presencia de patógenos. En algunas muestras se encontraron poblaciones minoritarias de microorganismos (estafilococcus inespecíficos) aunque no se observaron signos de infección teniendo en cuenta el recuento de células somáticas. No se encontraron *Streptococcus* en ninguna de las muestras tomadas antes del inicio de la experiencia.

Antes del comienzo de la primera serie, se incrementó la concentración de patógenos (*S. agalactiae*) de la suspensión utilizada para contaminar las pezoneras desde 0,5 x 10³ hasta 3 x 10³ ufc / ml, aumentando así el riesgo de infección.

En ningún caso se detectaron *S. agalactiae* de las muestras de leche de los cuarterones tomadas los días 1, 2, 3, 5 y 7. Ninguna de las vacas del experimento mostró un incremento significativo en el recuento de células somáticas. Asimismo, el robot de ordeño no detectó cambios en la conductividad de la leche de ninguno de los animales.

Una vez finalizada la experiencia, se puede concluir que no resulta posible generar nuevas infecciones con *S. agalactiae* ordeñando deliberadamente con pezoneras contaminadas, tanto si se procede al lavado de éstas tras la infección como si no.

Discusión

Obtener leche de buena calidad no es posible si no se cuenta con un equipo de ordeño adecuadamente limpio y desinfectado. Para mantener la instalación de ordeño en unas buenas condiciones higiénicas, la frecuencia de lavado, su eficacia y

Tabla 2. Efecto de la frecuencia de limpieza sobre la calidad de la leche

Frecuencia	2 veces / día	3 veces / día	Nivel de significación
PARÁMETRO DE CALIDAD			
RBT (x 10 ³ ufc / ml)	13	10	<0,001
Bacterias coliformes (ufc / ml)	173	13	<0,001
Bacterias termófilas (ufc / ml)	877	320	<0,001
Bacterias psicrófilas (ufc / ml)	1047	522	<0,001
Punto crioscópico (°C)	-0,520	-0,519	0,003

un diseño sanitario del sistema de ordeño automático resultan ser factores de gran importancia.

La frecuencia de limpieza de los sistemas automáticos se ha establecido en 3 lavados diarios, teniendo en cuenta recientes trabajos de investigación así como la normativa en muchos países europeos (Verheij, 1992; Frost et al., 1999). En algunos casos, los equipos se lavan únicamente 2 veces al día. Los estudios indican que una frecuencia de 3 lavados / día proporciona mejores resultados frente a 2 lavados / día, pero las diferencias son pequeñas. En el presente estudio se han encontrado indicios que estas diferencias dependen del tipo o marca comercial del sistema automático que se utilice, probablemente, debido a diferencias en el diseño sanitario de la instalación, la eficacia del lavado y el procedimiento de limpieza utilizado. Tras la instalación del equipo y durante su mantenimiento se debe prestar una mayor atención a las operaciones de limpieza en los sistemas de ordeño automático, labor que atañe tanto a los ganaderos como a los técnicos. En ocasiones, la configuración del software de los sistemas automáticos no se establece de acuerdo a las instrucciones, no se comprueban posteriormente los efectos de esta configuración en el ordeño y no se realiza una inspección del nivel higiénico de la instalación con frecuencia. La complejidad de los sistemas automáticos de ordeño en comparación con los sistemas convencionales hacen que resulte difícil comprender cómo éstos llevan a cabo el proceso de limpieza y dónde se ubican los puntos débiles.

Cuando el sistema automático está bien diseñado, desde un punto de vista higiénico-sanitario, la limpieza del sistema se optimiza y el proceso de lavado se controla adecuadamente, es posible producir leche de buena calidad realizando sólo 2 lavados / día. No obstante, la calidad de la leche disminuye por regla general. Los defectos de diseño o los fallos en el proceso de limpieza revelan antes este efecto y tiene una mayor persistencia. Con objeto de minimizar el riesgo, el ganadero debe-

ría considerar la realización de tres limpiezas del sistema diarias. Las ventajas de implantar una frecuencia de 2 lavados / día son el menor gasto de agua, energía y detergentes, además de permitir una mayor capacidad de ordeño de la instalación. Aún así, es posible llevar a cabo la limpieza durante aquellas horas del día con menor actividad de ordeño, de forma que la influencia sobre la capacidad de trabajo de la máquina sea lo más pequeña posible. Como consecuencia de las grandes diferencias existentes en los tiempos de lavado, esta influencia depende de la marca comercial del equipo automático de ordeño. En algunos casos, el tiempo de lavado se puede reducir optimizando el procedimiento de lavado.



El presente estudio revela que el lavado de pezoneras reduce el número de bacterias en las mismas. En la prueba, donde se utilizaron dosis con una alta concentración de patógenos (*S. agalactiae*), se pudieron eliminar un 98,4% y un 98,9% de patógenos lavando las pezoneras con agua o con un producto desinfectante, respectivamente. Los resultados, expresados como reducción logarítmica, fueron de 1,8 y 2,26 en cada caso. Así, la incorporación de un desinfectante en proceso de lavado aumenta la eliminación de bacterias, pero a consecuencia del limitado tiempo de exposición disponible, la desinfección de las pezoneras no es completa. Por otra parte, el uso de desinfectantes supone una serie de inconvenientes, derivados del riesgo de contaminación de la

leche. Teniendo esto en cuenta, el pequeño incremento en la eliminación de microorganismos patógenos no compensa el mayor riesgo de contaminación de los productos alimenticios y / o el mayor coste derivado de un sistema de lavado más complejo que proteja frente a la contaminación por desinfectantes.

El efecto del lavado de pezoneras sobre la tasa de nuevas infecciones no ha podido establecerse. En total, se ordeñaron 46 animales utilizando pezoneras previamente contaminadas, donde uno de los pares situados en diagonal fue sometido a lavado y el otro no. Ninguno de los animales evaluados mostró respuesta en ninguno de los cuarterones de la glándula mamaria: no se pudieron detectar patógenos en ninguna de las muestras de leche tomadas durante la semana posterior a la contaminación así como no se observaron cambios en el recuento de células somáticas ni en el valor de conductividad de la leche durante el mismo periodo.

Por tanto, el riesgo de producir nuevas infecciones cuando se ordeña con pezoneras contaminadas es demasiado pequeño como para revelar diferencias entre las pezoneras que han sido lavadas y aquellas que no, incluso en condiciones de ordeño sub-óptimas como las reproducidas en esta experiencia. Los microorganismos patógenos presentes antes del ordeño son eliminados durante el mismo. El mayor riesgo de nuevas infecciones se producirá durante la fase final del ordeño o una vez terminado éste, momento en el que el canal del pezón aún no se ha cerrado y ya no existe flujo de leche. De este modo, el efecto del lavado de pezoneras sobre la prevención de nuevas infecciones no debe sobreestimarse. Por otra parte, resulta obvio que la reducción del número de patógenos en las pezoneras mediante el lavado de éstas contribuye a disminuir el riesgo de nuevas infecciones. Como en los sistemas automáticos el lavado de pezoneras puede realizarse durante la salida de un animal del ordeño y la entrada del siguiente, no existe efecto sobre la capacidad de trabajo de la instalación.