

**EFFECTO DE LOS RETIRADORES AUTOMÁTICOS DE
PEZONERAS Y DEL TIPO DE PULSACIÓN EN EL ORDEÑO
MECÁNICO DE PEQUEÑOS RUMIANTES**



Miguel Hernández

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Escuela Politécnica Superior de Orihuela

Departamento de Tecnología Agroalimentaria

TESIS DOCTORAL

Joel Bueso Ródenas

**EFFECTO DE LOS RETIRADORES AUTOMÁTICOS DE
PEZONERAS Y DEL TIPO DE PULSACIÓN EN EL ORDEÑO
MECÁNICO DE PEQUEÑOS RUMIANTES**



UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Escuela Politécnica Superior de Orihuela

Departamento de Tecnología Agroalimentaria

Tesis doctoral presentada por: Joel Bueso Ródenas

Directores: José Ramón Díaz Sánchez

Gema Romero Moraleda



**EFFECTO DE LOS RETIRADORES AUTOMÁTICOS DE PEZONERAS Y DEL TIPO DE
PULSACIÓN EN EL ORDEÑO MECÁNICO DE PEQUEÑOS RUMIANTES**

Tesis doctoral realizada por Joel Bueso Ródenas, licenciado en Veterinaria en la Universidad de Murcia y Máster Universitario en Investigación en Ciencia, Tecnología y Control de los Alimentos en el Departamento de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández de Elche, para la obtención del grado de Doctor.

Fdo.: Joel Bueso Ródenas

Orihuela, ____ de _____ de 2014.



José Ramón Díaz Sánchez, Dr. Ingeniero Agrónomo, Catedrático de Escuela Universitaria y Director del Departamento de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández de Elche,

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral titulada “EFECTO DE LOS RETIRADORES AUTOMÁTICOS DE PEZONERAS Y DEL TIPO DE PULSACIÓN EN EL ORDEÑO MECÁNICO DE PEQUEÑOS RUMIANTES” de la que es autor el licenciado en Veterinaria y M. Sc. en Investigación en Ciencia, Tecnología y Control de los Alimentos, Joel Bueso Ródenas ha sido realizada bajo la dirección del Dr. José Ramón Díaz Sánchez, Catedrático de Escuela Universitaria y la Dra. Gema Romero Moraleda, profesor contratado doctor, ambos del Departamento de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández de Elche; la considero conforme en cuanto a forma y contenido para que sea presentada para su correspondiente exposición pública.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente certificado

Orihuela, ____ de _____ de 2014.

Fdo.: Dr. José Ramón Díaz Sánchez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis directores de tesis doctoral, Dr. José Ramón Díaz Sánchez y Dra. Gema Romero Moraleda, el haberme dado la oportunidad de realizar esta tesis. Todo el trabajo realizado previamente a mi llegada allanó mi camino, nuestro camino.

A los investigadores y trabajadores del CERSYRA de Valdepeñas, de AGRAMA y de la UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO, en especial a Ramón Arias, Ana Rodríguez, Francesco Tangorra y Antoniotto Guidobono-Cavalchini, tanto en lo profesional como en lo personal.

Al personal de las granjas donde se ha desarrollado la parte experimental de esta tesis doctoral: Amparo, Manuel, Adriana, Cirilo, Juan Francisco, Vasile, Major, Reduán. Y en especial a Ángel de Valdepeñas y a Hamed de Roccaforte Ligure, ¡que grandes investigadores se ha perdido la ciencia!

A todos los becarios del Departamento de Tecnología Agroalimentaria, muchas gracias por esos ratos en la cafetería, pasillos etc., en especial a Ángel Calín y a Lorena Trigueros, se os ha echado de menos en la recta final.

A todos los jóvenes cerebros fugados que andan perdidos por Europa, en especial a mis amigos Ross y Juanmita. Siempre habéis dado un grado de objetividad a todo esto.

A las personas que han colaborado en la sala de ordeño y/o el laboratorio, que son innumerables: Raquel, Piluca, Alfonso, Elena, Jordi, Irene, Lorena, Boni, Félix, Amparo, María, Manuel, Adriana, Ramón, José Ramón del CERSYRA, Ana...seguro que me dejo a alguien. Ha sido un trabajo de equipo, siempre, impensable sin vuestra ayuda.

Un párrafo especial merecen Alfonso Navarro y Elena Pérez, mis manos izquierda y derecha, mi cabeza muchos días, vuestro nombre podría estar escrito en el lomo de esta tesis.

A lo más importante de mi vida, mi familia: Mamá, Papá, Edu, Carmen, David, Lucía, Paquita, Miguel, Camilo, Wendy, Margarita y Jimena.

A mi contrapeso, la que lleva el timón de mi barco, mi serenidad, lo mejor de mi vida, MARÍA.

INDICE

Capítulo 1: Introducción

- 1.1. Importancia socioeconómica y situación actual de los pequeños rumiantes de aptitud lechera.
- 1.2. Aspectos del ordeño mecánico de pequeños rumiantes.
 - 1.2.1. Componentes de la máquina de ordeño de pequeños rumiantes.
 - 1.2.2. Aspectos técnicos y de manejo.
 - 1.2.3. Ordeño mecánico y estado sanitario.
- 1.3. Nuevas tecnologías desarrolladas para mejorar la eficacia del ordeño de los pequeños rumiantes.
 - 1.3.1 Retiradores automáticos de pezoneras.
 - 1.3.2 Pulsadores de nueva generación.

Capítulo 2: Objetivos.

Capítulo 3: Materiales y métodos

- 3.1. Granjas empleadas
- 3.2. Rutina de ordeño
- 3.3. Variables analizadas.
 - 3.3.1. Eficacia del ordeño.
 - 3.3.2. Estado sanitario de la glándula mamaria.
 - 3.3.3 Composición química de la leche.
 - 3.3.4 Estado del pezón
 - 3.3.5. Caídas del nivel de vacío

Capítulo 4: Publicaciones.

Artículos publicados

- 4.1 Effect of one automatic cluster remover (ACR) setting on milking efficiency on Murciano-Granadina goats.

- 4.2. Effect of The Settings of two Automatic Cluster Removers (ACRs) on the Milking Efficiency of Manchega Ewes.

Artículos remitidos a revisión

- 4.3. Effect of the Automatic Cluster Removers (ACRs) in the Milking of Murciano-Granadina Goats during Lactation.
- 4.4. Effect of automatic cluster removers on milking efficiency and teat condition of Manchega ewes.
- 4.5. Effect of the type of pulsation (alternative and simultaneous) and the vacuum level on milking efficiency of Alpine goats.

Capítulo 5: Resultados y discusión.

Capítulo 6: Conclusiones.

Capítulo 7: Referencias bibliográficas.



Según lo establecido en la normativa de Doctorado de la Universidad Miguel Hernández para la defensa de una tesis doctoral con mención internacional es necesario: *“Que parte de la tesis doctoral, al menos el resumen y las conclusiones, se haya redactado y sea presentado en una de las lenguas habituales para la comunicación científica en su campo de conocimiento, distinta a cualquiera de las lenguas oficiales en España.”* En este caso se ha escogido la lengua inglesa.

ABSTRACT

Milking operations constitute the foremost part of the work in a dairy farm. Recently, several automatisms have been implemented in the milking parlors to reduce the time dedicated to this labor. In addition, these devices have allowed controlling the sanitary and productive status of the animals, improving the management of the herd and increasing the profitability of the farm. Two clear examples of this new technology, recently implemented in the small ruminant milking parlors, are the automatic cluster removers and the new generation pulsators which allow easily choosing between alternative or simultaneous pulsation.

Five studies have been developed: four related with the optimal setting of the automatic cluster removers (four in short term and four in long term) and one in short term to study the type of pulsation employed.

To study the effect in short term of the automatic cluster removers in the milking of Murciano-Granadina goats, two experiments with latin square design were developed, one in early lactation and other in late lactation whose objectives were study the effect of several combinations of milk flow threshold (100,150, 200 and 250 g/min) and delay time (10, 15 and 20 s) on milking efficiency, milking routine and the vacuum drops. It was observed that the use of milk flow threshold 100 or 150 g/min

and delay time 10 s resulted in lower double cluster attachment frequency, obtained similar milk fractioning results without involving an increasing of the milking duration and reducing the vacuum drops. With these conclusions, a long term experiment was conducted to know the effect on milk yield and milking fractioning, milking duration (individual and per groups), milk composition, sanitary status of the mammary gland and teat-end status comparing the best settings in the short term study (100 and 150 g/min and delay time 10 s) with conventional milking employing manual cluster removal. It was observed that the use of automatic cluster removers with these settings showed results of milking efficiency similar to those obtained with manual cluster removal, besides reducing the effect of the machine milking on the teat-end status and the vacuum drops, preserving the sanitary status of the mammary gland and the milk composition.

To study the short term effect of the automatic cluster removers on Manchega ewes, two latin square design experiments were developed, one employing a high line milking machine and other employing a low line milking machine with the same objectives of the study developed in Murciano-Granadina goats. The results showed that milk flow threshold 150g/min combined with long delay time (20 s) obtained the highest values of machine milk and the use of milk flow threshold 200 g/min combined with short delay time (10 s) obtained the shortest values of milking duration. Also, milk flow threshold 100 g/min did not increase values of machine milk and milk flow threshold 250g/min did not reduce milking duration, so both were discarded. Similar to what was done in goats, it was developed a long term experiment with the same objectives, comparing the settings that obtained the best results in the short term experiments (milk flow threshold 150 g/min and delay time 20 s and milk flow

threshold 200 g/min and delay time 10 s) with conventional milking using manual cluster removal. In this case, it was observed that the use of automatic cluster removers in the milking of Manchega ewes, set with optimal parameters (milk flow threshold 150 g/min and delay time 20 s) showed better milking efficiency than conventional milking, and reduced the effect of the machine milking on the teat end-status and the vacuum drops, preserving the sanitary status of the mammary gland and the milk composition.

Thus, it was concluded that the implementation of automatic cluster removers in small ruminants milking parlors allows increasing work efficiency and an improvement of the working conditions of the operators, preserving the sanitary status of the mammary gland of the animals and holding the income related to the quantity and quality of the milk extracted.

With the aim of studying the new generation pulsators, the previous lines of the research group were continued. A latin square short term experiment was developed in Alpine goats to study the effect of the combination of two types of pulsation (alternative and simultaneous) and two vacuum levels (38 and 42 kPa) on the milking efficiency (milking fractioning and milking duration) and the changes in the vacuum level in the short milk tubes (average vacuum level and vacuum drops). It was observed that the use of alternative pulsation involved higher average vacuum level and minor vacuum drops in the short milk tubes. This fact involved a reduction of the milking duration only in the morning milkings when 42 kPa were employed, coinciding with higher differences of average milk flow. It was concluded that the use of alternative pulsation could offer some advantages respect to simultaneous pulsation in

situations related to high milk flow (morning milkings, high yield animals, early lactation) or when the use of parameters (high vacuum level) or parlor design (high line) involves a high probability that milk occupies the entire section of the tubes in the milking unit.



RESUMEN

El tiempo dedicado al ordeño en una explotación lechera supone una gran parte de la carga laboral diaria. En los últimos años se han introducido diferentes automatismos en las salas de ordeño con el objetivo de reducir el tiempo dedicado a esta tarea. Adicionalmente estos dispositivos han permitido realizar un control productivo y sanitario de los animales, que permite mejorar la gestión del rebaño y, por tanto, aumentar la rentabilidad de la explotación. Dos ejemplos claros de estas nuevas tecnologías que se han introducido recientemente en las salas de ordeño de pequeños rumiantes han sido los retiradores automáticos de pezoneras y los pulsadores de nueva generación que permiten elegir fácilmente entre pulsación alterna o simultánea.

Se han realizado 5 estudios: 4 relacionados con la programación óptima de los retiradores automáticos de pezoneras (2 a corto plazo y 2 a largo plazo) y uno a corto plazo orientado a estudiar el tipo de pulsación empleada.

Para el estudio del efecto a corto plazo de los retiradores automáticos de pezoneras en el ordeño de cabras Murciano-Granadinas se realizaron dos experimentos con diseño en cuadrado latino, uno al principio de la lactación y otro al final, cuyos objetivos fueron estudiar el efecto de varias combinaciones de flujo de corte (100,150, 200 y 250 g/min) y tiempo de demora (10, 15 y 20 s) sobre la eficacia del ordeño, la rutina de ordeño y las caídas del nivel de vacío. Se observó que con el empleo de un flujo de corte de 100 ó 150 g/min y un tiempo de demora de 10 s se obtenía una menor frecuencia de doble puesta de pezoneras, consiguiendo resultados similares de fraccionamiento de la leche ordeñada, sin implicar un aumento del tiempo

de ordeño y reduciendo los valores de las caídas del nivel de vacío. Con estas conclusiones se diseñó un experimento para conocer el efecto a largo plazo sobre la producción y fraccionamiento de la leche, los tiempos de ordeño (individual y por lotes), la composición química de la leche, el estado sanitario de la glándula mamaria y el estado del pezón comparando los parámetros que obtuvieron mejores resultados a corto plazo (flujo de corte de 100 ó 150 g/min y un tiempo de demora de 10 s) con el ordeño convencional mediante retirada manual de pezoneras. Se observó que el empleo de retiradores automáticos de pezoneras programados con los parámetros adecuados ofreció una eficacia del ordeño similar al ordeño convencional con retirada manual de pezoneras, además de reducir el efecto del ordeño mecánico en el estado del pezón y de las caídas del nivel de vacío durante el ordeño, manteniendo el estado sanitario de la glándula mamaria y la composición de la leche ordeñada.

Para el estudio del efecto a corto plazo de los retiradores automáticos de pezoneras en el ordeño de ovejas Manchegas se realizaron dos experimentos con diseño en cuadrado latino, uno en una instalación con conducción de leche en línea alta y otro en una instalación en línea baja con el mismo objetivo que los desarrollados en cabras Murciano-Granadinas. En los resultados se observó que el empleo de flujo de corte 150 g/min y tiempos de demora elevados (20 s) obtuvo los valores más altos de leche ordeñada y el empleo de flujo de corte de 200 g/min y tiempos de demora reducidos (10 s) obtuvo los menores valores de tiempo de ordeño. Además, el flujo de corte 100 g/min no aumentó los valores de leche ordeñada y el flujo de corte 250 g/min no disminuyó el tiempo de ordeño, por lo que fueron descartados. Similarmente a lo desarrollado en ganado caprino, se realizó un experimento a largo plazo con los

mismos objetivos, comparando los parámetros que obtuvieron mejores resultados a corto plazo (flujo de corte 150 g/min y tiempo de demora 20 s y flujo de corte de 200 g/min y tiempo de demora 10 s) con el ordeño convencional mediante retirada manual de pezoneras. En este caso se observó que el empleo de retiradores automáticos de pezoneras en el ordeño de ovejas de raza Manchega, programados con los parámetros adecuados (flujo de corte 150 g/min y tiempo de demora 20 s), ofreció una mejor eficacia que el ordeño convencional con retirada manual de pezoneras además de reducir el efecto del ordeño mecánico en el estado del pezón y de las caídas del nivel de vacío durante el ordeño, manteniendo el estado sanitario de la glándula mamaria.

Se concluye, por tanto, que la instalación de retiradores automáticos de pezoneras en las salas de ordeño de pequeños rumiantes permite aumentar la eficiencia del trabajo desarrollado y la mejora de las condiciones laborales de los operarios, preservando el estado sanitario de la glándula mamaria de los animales y manteniendo, por tanto, los ingresos derivados de la cantidad y calidad de la leche ordeñada.

Para el estudio de los pulsadores de nueva generación, se continuó la línea de investigación del equipo investigador y se realizó un experimento a corto plazo con diseño en cuadrado latino cuyo objetivo fue conocer el efecto de la combinación de dos tipos de pulsación (alterna y simultánea) y dos niveles de vacío (42 y 38 kPa) sobre la eficacia del ordeño (fraccionamiento de la leche y tiempo de ordeño) y las variaciones de los niveles de vacío en los tubos cortos de leche (nivel medio de vacío y caída del nivel de vacío). Se observó que el empleo de pulsación alterna supuso mayores niveles de vacío medio y menores caídas del nivel de vacío en los tubos cortos

de leche, aunque esto se tradujo en una reducción del tiempo de ordeño únicamente en el ordeño de la mañana cuando se emplearon 42 kPa, coincidiendo con las mayores diferencias encontrada en cuanto a flujo de leche. Se concluyó que el uso de la pulsación alterna en la práctica puede ofrecer ciertas ventajas respecto de la pulsación simultánea en situaciones de elevado flujo de leche (ordeño de la mañana, animales con alta producción o inicio de la lactación entre otros) o cuando el uso de parámetros (empleo de altos niveles de vacío) o el diseño de la sala (uso de línea media o alta) provocan una mayor probabilidad de que se produzcan tapones de leche en el juego de ordeño.



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.





1.1. Importancia socioeconómica y situación actual de los pequeños rumiantes de aptitud lechera.

Ganado caprino lechero.

La producción total de leche de cabra, a pesar de representar un pequeño porcentaje respecto del total de kg de leche producida, ha tenido en los últimos 20 años (1992-2012) un notable aumento del 68%. Este es un dato especialmente representativo del auge que ha tenido este producto si tomamos como referencia la producción de leche de vaca, que ha aumentado un 35% durante el mismo periodo (FAOSTAT, 2014).

Del total del censo caprino en el mundo, menos de la mitad (30,9%; 197.463.071 cabezas) corresponde a ganado caprino lechero. El continente asiático lidera la lista del censo del ganado caprino lechero con un 54% de los animales, seguido de África con un 36% del censo mundial. En el tercer y cuarto puesto y con un censo similar quedan el continente americano y Europa con un 4,5% cada uno. Oceanía posee un censo de ganado caprino prácticamente nulo (FAOSTAT, 2014).

En cuanto a los datos de producción de leche, Asia sigue liderando los datos de producción con un 58% de la leche producida, siguiéndole África con un 24%. Europa ocupa la tercer plaza con un 14% y América le sigue con un 3%. Es llamativo el dato de Europa que triplica su porcentaje respecto del porcentaje del censo de animales, lo que da una idea de la especialización a la producción de leche que tiene los individuos de este continente. En concreto, la media mundial de producción de leche por animal es de aproximadamente 90 Kg mientras que la Europea es de 280 Kg (FAOSTAT, 2014).

En Europa existe un censo de ganado caprino lechero de 7.121.616 cabezas y la mayor parte de este censo se concentra en los países mediterráneos. Grecia ocupa el primer lugar con un 46% (3.275.943 cabezas) del censo seguido de España con un 17% (1.210.674 cabezas), Francia con un 13% (925.810 cabezas) e Italia con un 9% (640.945 cabezas). De nuevo la especialización hacia la producción lechera hace que, en cantidad de leche producida, el orden de países se vea alterado. En este caso Francia ocupa el primer lugar con 624.000 t, seguido de España con 443.000 t y Grecia con 407.000 t y, por último, Italia con 280.000 t. Según datos de la FAO la producción anual media por cabeza de Francia está en 686 kg, mientras que la de Grecia es de 122 kg. España queda en una posición intermedia con 352 Kg (FAOSTAT, 2014).

La producción de leche de cabra en España está distribuida de forma muy desigual. El 80% del total de leche de cabra producida se agrupa en solo tres comunidades autónomas; Andalucía (48%), Canarias (20%), y Castilla la Mancha (12%). En el otro extremo se encuentran Navarra, Cantabria, Baleares, País Vasco, Asturias y La Rioja; entre las seis comunidades solo suman el 0,46% del total de leche producida. La Comunidad Autónoma de la Región de Murcia produce el 3,74% y la Comunidad Valenciana el 1,9% (MAGRAMA, 2014).

La principal raza española de cabra de aptitud lechera es la Murciano-Granadina con un censo de 167.000 cabezas (FEAGAS, 2014), siendo el tamaño medio de explotación de 472 cabras (MAGRAMA, 2014). Se trata de una raza cosmopolita, de tamaño medio y con elevados rendimientos queseros debido a la composición de su leche. Las producciones medias en animales de 2º parto en adelante son de 530 litros por lactación normalizada (210 días), las medias de grasa oscilan entre 5,6-5,8 % y las de proteína entre 3,6-3,8% (ACRIMUR, 2014).

Ganado ovino lechero

El ganado ovino lechero mundial ha experimentado un aumento de su censo en un 26% durante el periodo 1992-2012 alcanzándose las 210.709.691 cabezas. Éste se distribuye de manera diferente a como lo hace el total del censo de ganado ovino. En la distribución del censo de ganado ovino lechero por continentes, Asia lidera con un 50,5%, seguido de África con un 34% y Europa con un 14%. América tiene una escasa cabaña de ganado ovino lechero con el restante 1,5%. El total del censo del ganado ovino de Oceanía corresponde a ovino de carne. (FAOSTAT, 2014)

Similarmente a lo descrito en ganado caprino, Europa tiene un ganado ovino más especializado en la producción de leche, y, por ello, como productora de leche a nivel mundial se sitúa en segunda posición con un 30% del total de leche producida, adelantando a África, que produce el 23%. Asia, con un 46,7%, sigue liderando la lista.

De nuevo, similarmente a lo descrito en ganado caprino el ganado ovino lechero ha experimentado una tendencia hacia la especialización, esto es especialmente relevante en Europa, donde la producción anual media por cabeza de ganado era de 79 Kg en el año 1992 y de 97 kg en el año 2012(FAOSTAT, 2014).

En Europa, existen 31 millones de cabezas de ganado ovino destinadas a la producción de leche. La mayor parte del ganado ovino de leche se agrupa entre Rumania y Grecia con un 27 y un 23%, respectivamente. Le siguen Italia, con un 17% y España con un 9%. Francia y Albania poseen ambas un 4% del censo ovino lechero Europeo. Es llamativo que si observamos los datos de productividad anual por cabeza de ganado aparezcan países con censos mucho más bajos: la lista la lidera Austria con 425 kg, le sigue Suiza con 407 kg, Malta con 212 kg, Francia ocupa el cuarto puesto con

212 kg y España se sitúa quinta con 193 kg. La explicación a esto es la alta especialización hacia la producción lechera de las razas criadas en dichos países (FAOSTAT, 2014).

En España la leche de oveja en el año 2012 representó el 7,8% del total de leche producida en el país. La producción de leche de oveja en España se encuentra distribuida de forma muy desigual, el 91% del total de leche de oveja producida se agrupa solo en dos comunidades autónomas: Castilla La Mancha (26%) y Castilla León (65%). En el otro extremo se encuentran Asturias, Cantabria, Baleares, Cataluña, La Rioja, Comunidad Valenciana, Canarias, Andalucía y Aragón; entre todas ellas únicamente suman el 2,5% del total de leche producida (MAGRAMA, 2014).

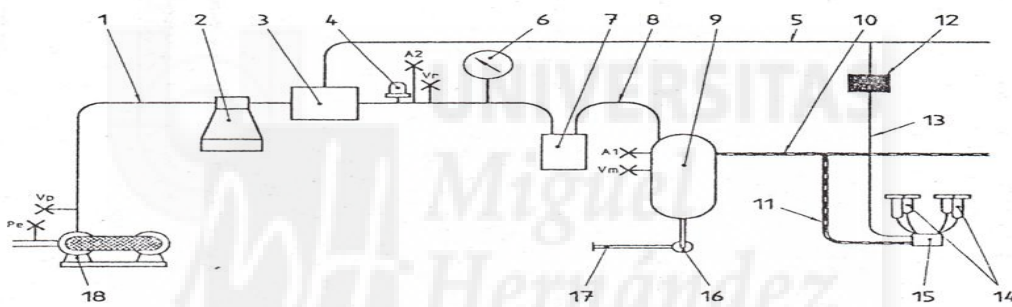
La oveja Manchega es la primera raza lechera en España en cuanto a censo (153.000 cabezas), superando a razas extranjeras como la Assaf (145.000 cabezas) y la segunda si incluimos las razas de aptitud cárnica tras la Rasa Aragonesa (540.000 cabezas, FEAGAS 2014). La oveja Manchega es un animal con un acusado dimorfismo sexual, perfil convexo, proporciones alargadas y de tamaño más bien grande. Esta raza se distribuye por buena parte de las provincias españolas (Madrid, Comunidad Valenciana, Castilla y León, etc.), pero alcanza la mayor concentración en Castilla-La Mancha, a la que debe su nombre. La cantidad de leche producida por oveja y lactación (195 kg) se ha incrementado considerablemente en los últimos años por la intensificación de las explotaciones. La calidad físico-química de su leche hace que ésta sea el producto necesario y fundamental para la transformación en Queso con denominación de origen Manchego (AGRAMA).

1.2. Aspectos del ordeño mecánico de pequeños rumiantes.

1.2.1. Componentes de la máquina de ordeño de pequeños rumiantes.

La norma UNE 68048:1998 define la máquina de ordeño como una instalación completa de ordeño mecánico que comprende los sistemas productores de vacío y pulsación, una o varias unidades de ordeño y otros componentes (Figura 1). El objetivo del ordeño mecánico es la obtención, con la ayuda de una máquina, de la mayor cantidad de leche, de máxima calidad, que técnicamente sea posible, sin dañar al animal.

Figura 1. Componentes básicos de la máquina de ordeño con conducción de leche



1: Conducción principal de vacío. 2: Interceptor. 3: Tanque balance. 4: Regulador. 5: Conducción de vacío de pulsación. 6: Vacuómetro. 7: Depósito sanitario. 8: Conducción vacío ordeño. 9: Receptor. 10: Conducción de leche. 11: Tubo largo de leche. 12: Pulsador. 13: Tubo largo de pulsación. 14: Pezoneras. 15: Colector. 16: Bomba de leche. 17: Evacuación de leche. 18: Grupo motor-bomba de vacío. A1 y A2: puntos de conexión para un medidor de caudal de aire. Vm, Vr y Vp: puntos de conexión para medir el nivel de vacío. Pe: punto de conexión para medir la presión de aire en el escape. Fuente: UNE 68048:1998.

Sistema de vacío

Este sistema está formado por componentes por cuyo interior solo circula aire.

A. Grupo Motor-Bomba de vacío: el motor es el elemento que acciona la bomba de vacío y permite su funcionamiento. La bomba es el componente que genera el vacío necesario (diferencia de presiones entre el interior y el exterior de la conducción) para abrir el esfínter del pezón, extraer la leche de la glándula mamaria y arrastrarla hasta el receptor. A su vez, es el responsable del funcionamiento de otros componentes de la máquina (pulsadores) y del accionamiento de algunos automatismos de la sala como los retiradores automáticos de pezoneras. Actualmente se utilizan bombas rotativas (de paletas), bombas de alveolos o de anillo líquido. Recientemente han aparecido en el mercado bombas de turbina, que se caracterizan por funcionar en seco, sin aceite y sin agua, y por presentar un desgaste prácticamente nulo.

B. Conducciones de aire: se diferencia entre conducción principal de aire, situada entre la bomba de vacío y el depósito sanitario, y conducción de pulsación que conecta la conducción principal de vacío con los pulsadores.

C. Interceptor: recipiente que se encuentra situado en la conducción principal de vacío, es necesaria su instalación para evitar la entrada de líquidos u otros residuos sólidos a la bomba que puedan deteriorarla.

D. Tanque distribuidor: recipiente situado en la conducción principal de aire entre el interceptor (o la bomba de vacío) y el depósito sanitario, cuya función es actuar como colector de las conducciones. Su instalación es opcional.

E. Regulador y sensor: la función del regulador es la de mantener constante el nivel de vacío en la instalación de ordeño durante el ordeño, para ello debe permitir o limitar la entrada de aire atmosférico según las circunstancias de cada momento

(ordeño, entradas de aire, etc.). El regulador debe estar lo más cerca posible de las unidades de ordeño para que pueda equilibrar el nivel de vacío lo más rápidamente posible, por ello, se suele montar entre el interceptor y receptor. Actualmente se usan reguladores accionados a distancia que determinan el nivel de vacío en un punto diferente del que actúan con el fin de que no influyan las fluctuaciones que se producen por efecto de la regulación.

F. Vacuómetro: Es un instrumento, normalmente mecánico, que mide el vacío al que está sometido el aire en el interior de la instalación. Los vacuómetros son medidores de presión diferencial (vacío), es decir, de diferencia de presiones entre el interior y el exterior de la instalación. Debe estar colocado en la conducción principal de vacío entre el regulador y la unidad final y en un lugar de fácil visibilidad para el operario del ordeño.

G. Depósito sanitario: recipiente situado entre el sistema de vacío y el sistema de leche, cuya función es conectar el receptor con el sistema de vacío y limitar el paso de líquidos y otros contaminantes entre los dos sistemas. Están provistos de una válvula de drenaje y una válvula de corte de vacío controlado por el nivel de líquido que pueda quedar en su interior.

Sistema de pulsación.

El pulsador es el componente de la instalación de ordeño responsable de realizar el intercambio entre vacío y presión atmosférica en la cámara de pulsación de la pezonera, permitiendo con ello la alternancia de succión y masaje del pezón. Se describen más detalladamente en el apartado **1.3.2. Pulsadores de nueva generación.**

Conducción de leche y unidad final

Es la conducción que transporta leche y vacío durante el ordeño, y que tiene la doble misión de proporcionar vacío para el ordeño y de llevar la leche a la Unidad Final. La conducción de leche se puede instalar a diferentes alturas, tal y como se describe en el punto 1.2.2. La Unidad Final es un recipiente sometido a vacío al que llega la conducción que transporta la leche procedente de las unidades de ordeño y donde se produce la separación de la leche ordeñada y del aire a nivel de vacío. Está provista de un extractor (bomba de leche) que evacua la leche y los líquidos de limpieza y desinfección que circulan por el sistema.

Juegos de ordeño

El juego de ordeño es el conjunto que comprende las pezoneras y el colector (Norma UNE 68048:1998). El colector es la pieza que reúne las pezoneras para formar un juego de ordeño y que las conecta al tubo largo de leche y al tubo largo de pulsación (Norma UNE 68048:1998). Es el elemento que recoge la leche del juego de ordeño y lo introduce en el tubo largo de leche. Si la conducción de leche es en línea alta es necesario disponer de un colector para facilitar la evacuación de leche, sin embargo en línea baja puede ser eliminado. Según Le Du (1989), en pequeños rumiantes este elemento no es necesario en las instalaciones con conducción de leche en línea baja y se puede sustituir por una simple pieza en forma de “Y”, con este diseño se dificultaría la circulación cruzada de leche entre pezones debido a la admisión de aire por uno de los manguitos en la operación de apurado a máquina. En los últimos años se ha tendido a montar colectores de mayor peso y volumen y con

entrada de aire, con el objeto de facilitar la evacuación de la leche, indispensable en línea alta, y disminuir las fluctuaciones cíclicas de vacío a nivel del pezón.

La pezonera es el conjunto que comprende una copa rígida, un manguito de ordeño y un tubo corto de pulsación y puede incluir un tubo corto de leche y un conector o un visor (Norma UNE 68048:1998). Las pezoneras y, más en concreto, los manguitos, constituyen el punto de unión entre el animal y la máquina. Su función consiste en aplicar el vacío al orificio del pezón y retirar la leche del animal y, por ello es uno de los componentes más importantes. La copa es una carcasa rígida que mantiene tenso el manguito de ordeño (Norma UNE 68048:1998). Se suele construir de PVC rígido (anteriormente se utilizaba el acero inoxidable), con los extremos adaptados para acomodarse a la forma del manguito y posee un pequeño tubo lateral que conecta la cámara de pulsación (espacio entre el manguito y la copa) con el tubo corto de pulsación. El manguito de ordeño es un manguito flexible compuesto de una embocadura y un cuerpo que puede llevar integrado un tubo corto de leche (Norma UNE 68048:1998). Influye de forma importante en el estado sanitario de la glándula mamaria y del pezón, y sobre los rendimientos en el ordeño al afectar al apurado, tiempos de ordeño, deslizamientos y caídas de pezoneras. Suelen estar fabricados de materiales flexibles, como la silicona, que minimizan los efectos producidos por el trepado de las pezoneras al favorecer una mejor adherencia al pezón.

Los juegos de ordeño más modernos poseen una válvula automática que interrumpe el vacío cuando se caen o desprenden por una coz del animal y además permiten ordeñar con una sola pezonera por juego mientras la otra permanece cerrada. Existen dos modelos de válvulas en función de su ubicación y modo de

accionamiento, las que se encuentran en el colector (cortan el vacío al golpear éste con el suelo) y las que se encuentran integradas en la parte inferior de las pezoneras.

Automatismos

En los últimos años se han introducido diferentes automatismos en las salas de ordeño que han permitido aumentar los rendimientos horarios, además de realizar una gestión integral de la explotación. Esta tendencia a la automatización del ordeño se debe a varios factores como son la mejora de las condiciones laborales y sociales de los operarios, el aumento de sus ingresos económicos y la mejora del producto obtenido, que se ajusta más a los criterios de calidad físico-químicos e higiénico-sanitarios que exige la industria láctea y que viene marcada por las normativas europeas vigentes (Directivas 92/46/CEE y 94/71/CE). Los problemas de mano de obra asalariada que atraviesa la ganadería y la mejora de la condición de vida demandada por los trabajadores en el ámbito rural han producido que se realice una transformación, en primer lugar, de la mentalidad del propio ganadero que se encuentra más abierto a las nuevas ideas y, en segundo lugar, de las instalaciones que se tienen o se montan de nuevo. En este sentido, se ha mejorado el diseño de las granjas y se han automatizado diferentes funciones (alimentación, limpieza, ordeño) introduciéndose dispositivos tales como carros de alimentación, cepillos de limpieza automática del pasillo de alimentación, empujadores y más concretamente en la sala de ordeño otros como amarres de entrada y salida rápida, retiradores automáticos de pezoneras, medidores electrónicos de leche, identificación electrónica, detección automática de mamitis, etc., los cuales han permitido simplificar, acelerar y hacer más cómodas muchas de las tareas realizadas durante el ordeño y otras labores de la

explotación, ya sean manuales o de gestión. Los detalles específicos sobre automatismos se encuentran en el **apartado 1.3**.

1.2.2. Aspectos técnicos y de manejo.

Parámetros de pulsación y nivel de vacío

En comparación con el ganado vacuno, los pequeños rumiantes tradicionalmente se han ordeñado con un bajo nivel de vacío (40 a 44 kPa), altas frecuencias de pulsación (90 a 180 ppm) y una relación de 50-60%. Similarmente a lo sucedido en el ganado vacuno, el empleo de nuevos materiales como el plástico permitió una reducción del peso de los juegos de ordeño, lo que ha permitido reducir los niveles de vacío y establecerlos en ganado ovino en 36-38 kPa y en ganado caprino en 38-40 kPa (Billon et al., 1999). En ganado ovino, el empleo de estos niveles de vacío ha permitido reducir el recuento de células somáticas (RCS) y el número de infecciones intramamarias (Pazzona et al., 1993; Peris et al., 2003). En esta especie, el empleo de altas frecuencias de pulsación (180 ppm) asegura que se produzca el reflejo de eyección (Marnet et al., 1998; Marnet, 2002). Además esta frecuencia de pulsación ofreció menores valores de RCS que 120 ppm (Fernández et al., 1999) mientras que el número de infecciones intramamarias fue similar (Peris et al. 2003).

En un experimento realizado en cabras locales de Grecia se observó que el empleo de un nivel de vacío de 36 a 44 kPa, una frecuencia de pulsación de entre 90 y 120 ppm y una relación de pulsación del 65% optimizaba los valores de leche máquina, leche de apurado y tiempo de ordeño (Sinapis et al., 2000) respecto a relaciones de pulsación del 35%, frecuencia de pulsación de 120 ppm y nivel de vacío de 52 kPa. En

ganado caprino de razas Alpina y Saanen, la combinación de altas frecuencias de pulsación (90 a 120 ppm) con una alta relación de pulsación (60%) aumentó el flujo medio de emisión de leche, reduciendo el tiempo de ordeño, cuando se comparó con frecuencia de 60 ppm y relaciones del 50% (Billon et al., 2004). En trabajos recientes del equipo de investigación de la Escuela Politécnica de Orihuela se observó que, empleando instalaciones en línea baja, el empleo de un nivel de vacío de 40 kPa y 90 ppm aumentaba el flujo medio de emisión de leche durante el ordeño y reducía la fracción de leche residual cuando se comparó con niveles de vacío de 38 kPa y 120 ppm mientras que el estado sanitario de la glándula mamaria, los niveles de cortisol en leche y la composición química de la leche no se vieron afectados.

Un aspecto importante relacionado directamente con los parámetros de pulsación es el de la “curva de pulsación” que se genera en la cámara de pulsación de las pezoneras (Figura 2).

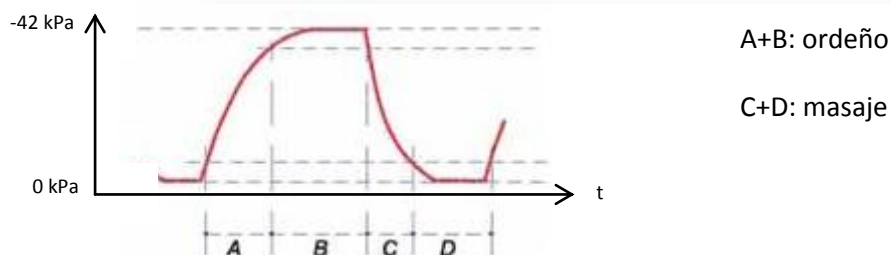


Figura 2: Curva de pulsación

Son escasos los estudios realizados en pequeños rumiantes sobre cómo afectan los parámetros de pulsación a dicha curva. La modificación de la relación de pulsación, en circunstancias normales, no afecta a las fases A y C (Peris et al., 2004). Sin embargo, aumentos de la frecuencia de pulsación, hacen que aumente la duración de A y C, y

por tanto aumenta el tiempo de transición entre la instauración de masaje y de ordeño. Lo más destacable en este aspecto es que se ha recomendado no utilizar altas relaciones de pulsación cuando se empleen altas frecuencias de pulsación, puesto que esta combinación tendría como consecuencia una reducción de la fase D (masaje), lo cual a pesar de poder elevar potencialmente el flujo medio de emisión de leche conllevaría un insuficiente masaje del pezón, no movilizándolo el edema que el ordeño tiende a provocar sobre los tejidos, aumentando la congestión y, en consecuencia, afectando potencialmente al estado sanitario de la ubre (Zecconi et al., 1992; Peris et al., 2003). Está ampliamente aceptado que la fase D (masaje) debe durar al menos 150 ms y representar un 15% del ciclo (UNE, 68058; 1998), con objeto de disminuir la incidencia de mamitis, además algunos trabajos también sugieren que las fases de transición A y C deberían situarse en niveles moderados, en torno a 14-16% y 12% del ciclo, respectivamente (Billon y Gaudin, 2001).

Otro aspecto importante que afecta directamente a la curva de pulsación es el estado de los pulsadores. Los pulsadores electromagnéticos ofrecen condiciones más seguras y fiables. La suciedad en las entradas de aire atmosférico (filtros sucios u obstruidos) o las fugas en las conducciones de pulsación harán que se modifique la duración y/o los niveles de vacío de las diferentes fases de la curva. Tubos de pulsación largos y estrechos tendrán repercusiones similares, “aplanando” la curva de pulsación (Peris et al., 2004). La norma UNE 68050: 1998 especifica que la diferencia entre el vacío de trabajo al nivel de la unidad final y el vacío máximo de la cámara de pulsación debe ser menor o igual a 2 kPa.

Altura de la conducción de leche

Un aspecto relevante de las máquinas de ordeño de pequeños rumiantes es la altura de la conducción de leche respecto del nivel de la plataforma donde se encuentran los animales. Así, se puede distinguir entre tres alturas de conducción:

-línea alta, donde la conducción se encuentra a más de 1,25 m del nivel del suelo de la plaza que ocupa el animal

-línea media, en el que la conducción se encuentra entre 0 y 1,25 m por encima del animal

-línea baja, donde la conducción está situada por debajo del nivel donde se encuentra el animal.

En un estudio realizado por Diaz et al. (2004) en ovejas de raza Manchega no se observaron diferencias entre conducciones en línea media y conducciones en línea baja en ninguna de las variables estudiadas: producción de leche, fraccionamiento de la leche ordeñada, tiempo de ordeño, caídas de pezoneras, recuento de células somáticas y composición química de la leche. Según Manzur et al (2012), en un estudio realizado en cabras Murciano-Granadinas, en condiciones adecuadas de ordeño la línea media no afectó al estado sanitario, a la producción y composición de la leche, al tiempo de ordeño ni al estado del pezón. Estos autores concluyen que no existen entre ambas alturas de conducción razones suficientemente importantes como para no instalar salas de ordeño con conducciones en línea media, sobre todo teniendo en cuenta que esto permite un menor inversión inicial y, además, facilita la instalación de automatismos en la sala de ordeño.

Aptitud al ordeño. Frecuencia y rutina del ordeño.

Las características anatomofisiológicas de la glándula mamaria influyen en la aptitud al ordeño mecánico. En el ganado vacuno, la leche se almacena aproximadamente en un 60% en la región alveolar de la glándula mamaria mientras que el restante 40% se almacena en la región cisternal (Ayadi et al., 2003). En el ganado ovino la leche de la región cisternal supone un 60% (McKusick et al., 2002) y en el ganado caprino esta fracción puede suponer hasta el 80%. (Marnet y McKusick, 2001; Salama et al., 2004; Torres et al., 2013). Estas grandes cisternas de la glándula mamaria de los pequeños rumiantes en contraste con el ganado vacuno otorgan un carácter diferenciador en lo que al ordeño mecánico se refiere. Así, gran parte de la leche sintetizada por el animal estaría disponible para su extracción, ya sea por la cría lactante o por la máquina de ordeño, previamente a que se produzca el reflejo de eyección. Por esta razón, en el ganado caprino, el tiempo que transcurre desde que se inicia el ordeño hasta que se libera oxitocina y se produce dicho reflejo no suele condicionar la curva de emisión de leche en la misma medida en la que lo hace en el ganado vacuno. En el ganado ovino se produce una situación intermedia, dado que si el reflejo de eyección se produce al inicio del ordeño, la curva no se ve alterada aparentemente, de tal modo que se simultanean la emisión de leche y la bajada de leche desde la región alveolar, alargándose la fase de meseta de la curva de emisión de leche. En el caso de que el reflejo de eyección se produzca posteriormente, se puede apreciar la existencia de dos máximos en la evolución del caudal de leche ordeñada, lo que se conoce como curva de emisión bimodal u ovejas de “2 picos” (Villagrà et al., 2007). Este segundo pico se relacionaría con la fracción de leche alveolar que se libera hacia la cisterna tras el reflejo de eyección. En último lugar quedarían los animales que

no presentan reflejo de eyección durante el ordeño, es decir solamente se produce el ordeño de la fracción cisternal, cuya curva presenta solamente un máximo y son lo que se conoce como ovejas de “un pico”. Anatómicamente, la ubre de la especie ovina es ligeramente diferente que la de la especie caprina, ya que en la primera el pezón no suele situarse en la parte más baja de la porción mamilar de la glándula. Así, por norma general, cuanto más alejado esté el pezón de esta posición, mayor será la fracción de leche obtenida durante el apurado a máquina (Such, 1990) si es que se realiza esta acción. En el ganado caprino la emisión de leche, como se ha mencionado previamente, no está tan influenciada por el reflejo de emisión de leche, dado que la mayor parte de la leche presente en la ubre está situada en la región cisternal (Torres et al., 2013). De esta forma, otros factores propios del animal que influirían en la curva de emisión de leche serían caracteres morfológicos como los ángulos de inserción, la longitud del pezón o la dureza del esfínter (Peris et al., 1994).

Por consiguiente, tanto en ganado ovino como ganado caprino una adecuada curva de emisión de leche implicará un rápido y completo vaciado de la glándula mamaria con un alto flujo de emisión de leche y un buen reflejo de emisión. A todo ello afectará el tamaño y forma de la glándula y la posición, los ángulos de implantación y el tamaño de los pezones (Labussière et al., 1969; Bruckmaier et al., 1994, 1997; Marnet et al., 1998, 1999). Así lo más deseado serán las ubres globosas, correctamente implantadas y de grandes cisternas, con pezones de tamaño medio y sensibles a los estímulos para permitir la apertura completa y rápida del esfínter con bajos niveles de vacío (Capote et al., 2006).

Los estudios realizados en ganado caprino sobre la frecuencia de ordeño son diversos. Tradicionalmente las cabras en España se han ordeñado una vez al día y los

estudios realizados en estas razas indican una buena adaptación a esta frecuencia de ordeños, con pérdidas que fluctúan entre el 6% de la raza Canaria (Capote et al., 2006) y el 18% en la raza Murciano-Granadina (Salama et al., 2003), observándose en este último estudio que las mayores pérdidas se encontrarían en animales de menos de 4 lactaciones y al inicio de la lactación. Estos autores afirman que, en cualquier caso, la práctica de un ordeño al día en esta raza aumentaría la productividad de la granja por la reducción de la carga laboral, mejorándose la calidad de vida de los ganaderos. Estudios recientes en cabras de raza Alpina (Komara et al., 2009) y otros con cabras de raza Saanen (Wilde and Knight, 1990; Boutinaud et al., 2003) han mostrado mayores pérdidas (hasta el 36%). Estos resultados sugieren que las razas con altas producciones de leche no se adaptarían a esta frecuencia de ordeño.

En ganado ovino también se han realizado diversos estudios sobre la frecuencia de ordeños (Rovai, 2001; Marnet y McKusick, 2001; McKusick et al., 2002; Castillo et al., 2008a; Castillo et al., 2008b; Pulido et al., 2012). Las razas especializadas en la producción de leche (Awassi, Sarda) soportan mejor una reducción de la frecuencia de ordeño que las razas de aptitud mixta leche-carne (Manchega, Dorset, cruces). A pesar de ello, aún en las razas del primer grupo, la práctica de un ordeño diario ocasionó pérdidas de producción de leche de entre el 18%, en ovejas de raza Awassi (McKusick et al., 2002), y el 24%, en ovejas de raza Sarda (Nudda et al., 2002). Marnet y Komara (2008) concluyen que la realización de un solo ordeño diario solamente es factible en cabras, no así en ovejas. Estos mismos autores añaden que estrategias como ordeños cada 16 h, además de que obtienen valores de producción de leche similares a ordeños cada 12 horas (McKusick et al., 2002), complican el reparto horario de las tareas y obligan a trabajar en horario nocturno, lo cual, además, aumenta los costes laborales.

Más recientemente, se han realizado estudios sobre la omisión de algunos ordeños en ovejas Manchega y Lacaune donde se concluye que las pérdidas de leche en individuos a partir de la primera mitad de la lactación o con gran capacidad cisternal son reducidas (Castillo et al., 2008a; Castillo et al., 2008b; Castillo et al., 2009).

El ganado caprino, por su conformación morfológica y su aptitud predominantemente lechera se ha caracterizado por menores fracciones de apurado que el ganado ovino. En los estudios realizados en cabras de raza Griega (Sinapis, 2000; Katanos et al., 2005) se observan fracciones de apurado a máquina del 17% respecto del total de leche ordeñada. En cabras Tinerfeñas (Capote et al., 2006) esta fracción puede alcanzar un 18% y en cabras Murciano-Granadinas un 6,7% (Manzur et al. 2012). Así, la realización de apurados a máquina en el ordeño de cabras ha sido una cuestión que ha quedado de alguna forma a elección del ganadero y según el tipo de conformación morfológica del animal, no así en la oveja, donde prácticamente todos los ganaderos seguían una rutina que incluía masaje y apurado. En esta especie, tradicionalmente, se han empleado rutinas complejas que incluían la realización de dobles puestas de pezoneras, masajes intermedios y repasos a mano, y más recientemente se han utilizado rutinas más simples como la de puesta de pezoneras, apurado a máquina y retirada. Incluso, en la actualidad, en las explotaciones más automatizadas, la instalación de retiradores automáticos de pezoneras (ACRs) permite al operario no tener que realizar esta operación y en algunas de estas explotaciones se descarta la realización de apurados a máquina, con el fin de aumentar los rendimientos horarios. Respecto a la eliminación del apurado a máquina se encuentran en la bibliografía resultados diversos. En los estudios realizados en ovejas de raza Sarda y Lacaune, la supresión del apurado a máquina en animales con gran

capacidad cisternal supuso una gran reducción del tiempo de ordeño sin afectar a la producción de leche (Labussière, 1988). En un estudio realizado en ovejas de raza Poll Dorset no se encontraron diferencias significativas de producción de leche entre animales ordeñados con repaso a máquina y animales ordeñados con una rutina simple de puesta y retirada (Knight y Gosling, 1995). Sin embargo, según Molina et al. (1989), la supresión de 1 o de los 2 repasos a máquina en el ordeño de ovejas de raza Manchega supone una pérdida de producción del 8 y del 15% respectivamente, aunque añaden que en el caso de las ovejas de doble pico de emisión de leche, estas se veían reducidas al 3 y al 9 % respectivamente, sugiriendo estos autores que estas ovejas podrían dejar de ser repasadas. McKusick et al. (2003), añaden que la eliminación del repaso no afecta a la composición de la leche ni al recuento de células somáticas y además incrementa en 15 y 28 ovejas el número de animales ordeñados por hora cuando se emplean uno y dos ordeñadores, respectivamente.

1.2.4. Ordeño mecánico y estado sanitario.

En ganado vacuno la mayor parte de las infecciones intramamarias se producen por patógenos ambientales (De Visscher et al., 2014), es decir, agentes cuyo principal reservorio es el ambiente en el que viven los animales. Contrariamente, en los pequeños rumiantes, éstas se producen por agentes cuyo principal reservorio son las glándulas mamarias infectadas de otros animales (Paterna et al., 2014). Por tanto, el momento crítico en el cual se van a producir estas infecciones va a ser el ordeño (Ziluaga et al., 1998). En pequeños rumiantes la mamitis suele estar causada por bacterias del género estafilococos (*S. aureus* y estafilococos coagulasa negativos) que penetran en el interior de la glándula a través del canal del pezón (Bergonier y

Berthelot, 2003). Estos gérmenes, además de ubicarse en el interior de las glándulas infectadas, también sobreviven y colonizan el canal y la piel de los pezones, tanto más si estos presentan heridas o lesiones (Ziluaga et al., 1998).

La transmisión de gérmenes hasta el exterior o el interior de la glándula mamaria se clasifican en dos tipos. En primer lugar se encontraran las transmisiones pasivas, por contacto directo con un manguito con leche que tenga agentes patógenos, tras ordeñar animales infectados. En segundo lugar, las transmisiones activas por situaciones en las que intervienen fluctuaciones en el nivel de vacío a la altura del pezón, que pueden impulsar o aspirar gérmenes en dirección hacia el pezón (Le Du, 1989; Rasmussen et al., 1994; Billon et al., 1998). Además, un incorrecto funcionamiento o empleo de la máquina de ordeño, puede afectar al estado del pezón provocando lesiones o alteraciones en los diferentes mecanismos del mismo, propiciando la aparición de nuevas infecciones (Hamann y Osteras, 1994).

Las fluctuaciones del nivel de vacío en el juego de ordeño pueden dar lugar a situaciones en las que el flujo de leche retrocede con cierta fuerza en sentido inverso, produciendo que la leche se deposite sobre el pezón, o incluso, si el canal del pezón se encuentra abierto, la leche puede atravesar esta primera barrera de defensa física y alcanzar regiones más altas como la cisterna del pezón (Billon et al., 1998). Las fluctuaciones de vacío se han clasificado en dos tipos: fluctuaciones cíclicas debidas a la alternancia de vacío y masaje en el pezón, es decir, al movimiento del manguito y fluctuaciones no cíclicas que se producen en operaciones como la puesta y retirada de pezoneras, en los apurados o durante las caídas de pezoneras, ya sean debidas a deslizamientos o a patadas (O'Shea et al., 1987). Asociados a las fluctuaciones de vacío han sido estudiados, en pequeños rumiantes, dos mecanismos que potencialmente

podrían propagar infecciones entre distintas glándulas mamarias. En primer lugar los llamados “flujos inversos” (Billon et al., 1998). Éstos se producen cuando la leche existente en los tubos cortos de leche no es evacuada y en el momento en el que el manguito se abre se produce un aumento del vacío a esta altura, haciendo que la leche que se encuentra en los tubos cortos de leche sea aspirada en sentido inverso. En segundo lugar, “impactos” (Le Du, 1989), en éstos se ven involucradas las dos pezoneras de un mismo juego de ordeño y se producen cuando una de las pezoneras es retirada bruscamente, ya sea por una caída de pezoneras o un apurado o retirada de pezoneras incorrecta. Ello genera una brusca caída del vacío en el colector y que pequeñas gotitas de leche sean aspiradas y propulsadas a gran velocidad contra el extremo del otro pezón del mismo juego de ordeño. Si el impacto tiene lugar cuando el manguito se encuentra en posición abierta, las gotitas de leche contaminadas pueden llegar a depositarse en el propio canal e incluso pueden llegar a atravesarlo, introduciéndose los gérmenes en la cisterna del pezón (O’Shea et al., 1984). Estos fenómenos son especialmente importantes ya que, si se producen al final del ordeño, no se da la oportunidad que la leche potencialmente contaminada que ha retrocedido sea ordeñada de nuevo. Existiría un tercer fenómeno que solamente ha sido descrito en ganado vacuno (Rasmussen, 1994) que es llamado “gradiente de presión inversa” y que se produciría cuando el vacío dentro del pezón fuera mayor que el que existe en el exterior del mismo, produciéndose una aspiración de leche hacia el interior de la glándula mamaria.

En los estudios realizados en la presente tesis doctoral (estudios 3 y 4) y otros desarrollados en cabras Murciano-Granadinas (Manzur et al., 2012), no se ha observado un efecto de las fluctuaciones de vacío en el estado sanitario de la glándula

mamaria. Distintos estudios realizados en ganado vacuno (Mein et al., 1986, Hamann et al., 1994) señalan que para alterar los mecanismos de defensa del pezón y, consecuentemente el estado sanitario de la glándula mamaria de los animales (Zecconi et al., 1992; Peris et al., 2003) es necesaria una asociación de caídas del nivel de vacío a factores como pulsaciones inadecuadas, manguitos deteriorados, apurados a máquina intensos y retiradas de pezoneras sin corte previo de vacío de forma crónica, factores que no se produjeron en los estudios realizados en esta tesis doctoral ni en el de Manzur et al. (2012). A pesar de ello, no parecen necesarios posteriores estudios para confirmar lo ya observado en ganado vacuno (Mein et al., 1986, Hamann et al., 1994), el potencial efecto negativo que tienen las fluctuaciones de vacío en el estado sanitario de la glándula mamaria de los pequeños rumiantes.

Por su parte, el nivel de vacío empleado ha resultado tener un gran efecto en el estado sanitario de la glándula mamaria de los animales. En ganado caprino, Lu et al. (1991) y Sinapis et al. (2000), coinciden en observar una clara disminución del RCS al descender el nivel de vacío de 52 kPa a 44-45 kPa; además en ambos trabajos también se aprecia una tendencia a disminuir el RCS al pasar de 44-45 kPa a 36-38 kPa. Adicionalmente, Ronningen y Lunden (1999), en un trabajo desarrollado a nivel de campo, también encuentra que las explotaciones de ganado caprino que ordeñan con un vacío a nivel del colector inferior a unos 40 kPa, presenta menores RCS en la leche. En ganado ovino, varios trabajos han demostrado que al reducir el nivel de vacío hasta niveles en torno a 36-40 kPa, el RCS también tiende a disminuir (Le Du, 1983; Pazzona et al., 1993; Fernández et al., 1999; Sinapsis et al., 2005) o a reducirse ligeramente el número de infecciones intramamarias (Peris et al., 2003). Gonzalo et al. (2005) en un

estudio realizado en leche de tanque de granjas de ovino de Castilla y León encontraron una relación positiva significativa entre el RCS y el nivel de vacío.

El ordeño mecánico puede producir una alteración en la dinámica de los fluidos en los tejidos del pezón, y como consecuencia un efecto negativo en los mecanismos de defensa del pezón (Paulrud et al., 2005). Los cambios en el estado del pezón pueden indicar desajustes en la máquina de ordeño e incrementar el riesgo de nuevas infecciones intramamarias (Hamann et al., 1994). La ecografía de pezones antes y después del ordeño ha resultado ser una excelente herramienta para evaluar los cambios producidos por el ordeño en el estado del pezón (Alejandro et al., 2014a).

Un nivel de vacío excesivo, un inadecuado masaje del pezón y la realización de sobreordeño pueden ser responsables de provocar alteraciones importantes en la punta del pezón. Respecto al masaje del pezón, éste dependerá en gran medida de las características de la pulsación y del manguito. Está ampliamente aceptado que la fase D (masaje) debe durar al menos 150 ms y representar un 15% del ciclo (UNE, 68058; 1998), además Billon y Gaudin, (2001) sugieren que las fases de transición A y C deberían situarse en torno al 14-16% y 12% del ciclo, respectivamente. Manguitos demasiado duros provocarán lesiones en el pezón al ejercer una excesiva carga compresiva (Mein et al., 2003). Un uso de los manguitos más allá de su vida útil producirá alteraciones en los tejidos del pezón en caprino (Alejandro et al., 2014b). El diámetro del cuerpo del manguito debería ser 1-2 mm menor que el diámetro medio de los pezones del rebaño, medidos antes del ordeño, con objeto de limitar la edematización que sufren las paredes del pezón (Mein, 1992). Además los manguitos deberían tener la longitud efectiva suficiente para poderse colapsar por debajo del extremo del pezón, lo cual se consigue utilizando manguitos diseñados

específicamente para la especie (Alejandro et al., 2014b). Una correcta posición del manguito realizará el masaje correctamente (Alejandro et al., 2014b).

Respecto del sobreordeño, su práctica afecta negativamente al estado del pezón, tanto a corto plazo (edema; Hamann et al., 1994) como a largo plazo (hiperqueratosis, callosidad). En ganado caprino y ovino un sobreordeño de 2 minutos produce una mayor congestión y edema de las paredes del pezón así como también incrementa la longitud del canal del pezón (Alejandro et al., 2014b). Sin embargo, el efecto directo de un moderado sobreordeño sobre la incidencia de infección intramamaria no ha podido ser demostrada en muchos trabajos experimentales (O'Shea, 1987), excepto cuando se ha asociado a otros defectos de la máquina de ordeño (Mein et al., 1986). En cualquier caso, es recomendable evitar el sobreordeño, por los posibles efectos que pueda tener a largo plazo sobre el estado sanitario de la ubre.

1.3. Nuevas tecnologías desarrolladas para mejorar la eficacia del ordeño de los pequeños rumiantes.

Medidores electrónicos de leche

En la mayor parte de las explotaciones de pequeños rumiantes, los ganaderos solamente conocían el valor productivo exacto de sus animales cuando se realizaba el control lechero oficial. Los medidores que usualmente han sido utilizados para el control lechero de los animales son de tipo volumétrico. Éstos presentan el inconveniente de que ocupan bastante espacio y entorpecen las labores diarias de ordeño además de presentar una ardua tarea para los controladores por su transporte y montaje. Posteriormente aparecieron los medidores porcentuales que presentan un

menor tamaño y un manejo más fácil, a pesar de ello su montaje en algunas instalaciones no es cómodo y precisan de una total verticalidad para su correcto funcionamiento.

Actualmente, en las explotaciones más modernas cuentan con medidores electrónicos de leche. Estos equipos fueron diseñados en principio para el ganado vacuno y han sido adaptados recientemente por las distintas casas comerciales para su utilización en pequeños rumiantes. Constan de un sensor que mide la cantidad de leche obtenida durante el ordeño y envía el valor a una caja de control donde es procesada. La información obtenida puede ser mostrada parcialmente en la pantalla del medidor o puede ser guardada en una base de datos de un ordenador para, posteriormente, ser utilizada en la gestión de la explotación. La tecnología que utilizan los sensores para determinar la cantidad de leche ordeñada se basa en la medición del volumen, del peso o de otra propiedad que permita estimarla, como puede ser la determinación de la cantidad de luz absorbida por los componentes de la leche en el infrarrojo cercano o la conductividad eléctrica. Dispositivos como el medidor mm25® (DeLaval®, Tumba, Suecia) utilizado en los estudios 2 y 4 ofrecen, además de los valores de leche ordeñada, el tiempo de ordeño y algunos detalles sobre la cinética de emisión de leche y de la rutina de ordeño llevada a cabo. Además están homologados por el ICAR.

Recientemente han aparecido en el mercado sistemas portátiles electrónicos (Lactocorder®, Balgach, Suiza), que pueden ser utilizados por los núcleos de control de leche. Además de la producción de leche individual, registran los datos de cinética de emisión de leche (tiempo de ordeño, posible sobreordeño, flujos medio y máximo) así como otros datos de especial relevancia como la conductividad eléctrica de la leche, e

incluso, con esta misma tecnología, se puede controlar la temperatura del agua y la concentración de los desinfectantes utilizados en el lavado de la máquina tras el ordeño.

1.3.1. Retiradores automáticos de pezoneras (ACR, automatic cluster removers)

Uno de los avances más recientes en ordeño mecánico ha sido la implantación de sistemas de retirada automática de pezoneras (automatic cluster removers, ACR). Estos sistemas se definen como “dispositivos que cortan de manera automática el vacío en el juego de ordeño y, en función del caudal de leche y/o del tiempo, lo retiran” (UNE 68048,1998). Los sistemas de retirada automática de pezoneras constan de un dispositivo de corte automático de vacío (DCAV) y de un dispositivo que retira las pezoneras y las pone a disposición del operario para su colocación en otro animal, aunque frecuentemente, en las salas de ordeño de pequeños rumiantes, se encuentra solamente el primer componente, quedando el juego de ordeño suspendido por una cinta.

Como es el caso de otros muchos dispositivos, los primeros DCAV se instalaron en salas de ordeño de ganado vacuno. Los DCAV en esta especie se programan para que corten el vacío en el juego de ordeño cuando ha transcurrido un tiempo de demora (TD) tras alcanzar un flujo de leche programado o flujo de corte (FC). El objetivo de programar los dispositivos con TD es no interrumpir el ordeño en caso de una bajada momentánea del flujo de leche por causas ajenas al vaciado de la glándula mamaria, ya que en caso de recuperarse el flujo de emisión de leche por encima del nivel del FC programado, el ordeño continuará con normalidad.

La mayoría de los retiradores automáticos comercializados pueden ofrecer, además, otras opciones: posibilidad de retirada manual, arrastre posterior al corte de vacío de la leche que queda en el juego de ordeño y corte del sistema de pulsación. Un dispositivo añadido muy interesante en línea alta, con el fin de agilizar el ordeño y aumentar el rendimiento horario, consiste en unos bastidores articulados que basculan con ayuda de unos cilindros y de los que se suspende el juego de ordeño. De esta forma, se produce la retirada del juego de ordeño y el cilindro del bastidor se acciona basculando hacia la plataforma contraria, poniendo el juego de ordeño a disposición del ordeñador para que, de nuevo, sea colocado a otro animal.

La utilización de DCAV permite que un operario pueda hacerse cargo de un mayor número de unidades de ordeño ya que reduce la atención del ordeñador para diagnosticar el fin de ordeño minimizando el riesgo de que se produzca sobreordeño (Tangorra et al., 2010) y, por consiguiente, beneficiando al estado sanitario de la glándula mamaria (Peris et al., 2003). Además, la potencial disminución del número de operarios durante el ordeño podría suponer un aumento de la rentabilidad de la explotación (Tangorra et al., 2007).

Estudios realizados sobre ACR en ganado vacuno

En ganado vacuno se ha comprobado que, teniendo en cuenta los parámetros clásicos de programación (FC 200 g/min, Sagi, 1978) el aumento de FC hasta 800 g/min (Edwards et al., 2013) permite acortar el tiempo empleado en el ordeño sin que se vea afectada la producción de leche, el estado sanitario de la glándula mamaria ni la composición de la leche. Sin embargo, este aumento del FC puede venir acompañado de aumentos en los valores de leche de apurado manual, por lo que no deberían sobrepasarse determinados valores máximos.

Sagi (1978), en ganado vacuno, comparó la eficacia del ordeño programando el DCAV a un FC de 200 g/min con uno de 400 g/min, sin valorar el TD, encontrando que el tiempo de ordeño de la segunda programación se redujo en 0,68 min sin afectar a los valores de producción de leche, aunque sí que encontró que el FC de 200 g/min disminuyó los valores de leche de apurado manual. Rasmussen (1993) encontró valores de producción de leche similares al comparar FC de 200 g/min y TD de 18 s con FC de 400 g/min y TD de 12 s, aunque con este último se redujo el tiempo de ordeño en 0,5 min. Además el FC de 400 g/min minimizó los cambios en la punta del pezón producidos por el ordeño sin que el estado sanitario de la glándula mamaria y la composición de la leche se vieran afectados. Reid y Stewart (1997) compararon, sin valorar el TD, un FC de 320 g/min con un FC de 590 g/min obteniendo con este último una reducción en el tiempo de ordeño de 1,4 min por vaca y una reducción del tiempo total de ordeño del rebaño de 30 a 60 min sin encontrar diferencias significativas en la producción de leche. Stewart *et al.* (2002) obtuvieron que el aumento del FC desde 500 g/min a 640 g/min, en una granja, y de 730 g/min a 820 g/min, en otras cuatro, junto con un descenso del TD desde 12 a 3 s en las cinco granjas, disminuyó el tiempo de ordeño sin afectar significativamente a los valores de producción de leche. Magliaro y Kensinger (2005) compararon tres combinaciones de FC y TD: 480 g/min y 25 s, 600 g/min y 20 s y 800 g/min y 15 s observando que el FC de 600 g/min acortaba significativamente el tiempo de ordeño en 0,4 min respecto al FC de 480 g/min pero no tenía diferencias con el de 800 g/min, además el FC de 600 g/min obtuvo valores de producción de leche superiores (0,6 a 6 kg) al de 800 g/min pero similares al de 480 g/min. En la misma línea, Jago *et al.* (2010) compararon FC de 200 g/min y 400 g/min, ambos con un TD de 7 s, y concluyeron que el FC de 400 g/min redujo el tiempo de

ordeño por animal sin afectar a los valores de producción de leche, al estado sanitario de la glándula mamaria ni a los cambios en la punta del pezón producidos por el ordeño. Además, concluyeron que programar, adicionalmente, un tiempo máximo de ordeño por animal redujo el tiempo de ordeño sin afectar a los valores de producción de leche. Esta programación eliminaba el efecto sobre el tiempo de ordeño de lotes de animales que suponía el ordeño de los animales más lentos. Sin embargo, en la misma línea que lo encontrado por Sagi (1978), en las vacas ordeñadas con FC de 400 g/min hubo algunos animales que tuvieron valores de leche de apurado manual inaceptables (mayores de 0,5 kg) tras la activación del DCAV. Edwards et al. (2013) concluyen que el empleo combinado de rutinas de ordeño sin estimulación previa con el uso de ACR programados con FC 800 g/min favorece la reducción del tiempo que el animal permanece en la sala de ordeño. En este sentido, la reducción generalizada del tiempo de ordeño individual permitiría un aumento de los animales ordeñados por hora y, en consecuencia, una reducción del tiempo total de ordeño del rebaño.

De los estudios mencionados se concluye que el empleo de FC entre 400 y 600 g/min permite optimizar la relación entre tiempo de ordeño y leche máquina, reduciendo los efectos del ordeño mecánico en el estado del pezón y manteniendo en niveles óptimos el estado sanitario de la glándula mamaria y la composición de la leche. En cualquier caso, según Rasmussen (2004), cuando se utilizan los mismos valores de FC y TD, dos DCAV diferentes no obtendrán, necesariamente, los mismos resultados, pudiendo existir diferencias debidas a la altura de la conducción de leche de la instalación (línea alta o línea baja), los parámetros de pulsación y de vacío y la distancia que existe entre las pezoneras y el dispositivo medidor de flujo de leche.

Estudios realizados sobre ACR en pequeños rumiantes

Los DCAV de las salas de ordeño de pequeños rumiantes, igual que en las salas de ordeño de ganado vacuno, se pueden programar por flujo, por tiempo o por una combinación de ambos. Usualmente, estos parámetros se programan basándose en la experiencia personal y subjetiva de los distribuidores de equipos de ordeño o realizando una adaptación de los parámetros recomendados para razas foráneas y para ganado vacuno. Según la información proporcionada por los distribuidores de máquinas de ordeño (Delaval Equipos y Gea Farm Technologies, comunicación personal) y contrastada con asociaciones de ganaderos asesoradas por el equipo investigador (Nucolemur, Amurval y UAG, comunicación personal), en las explotaciones de pequeños rumiantes españolas los DCAV se han programado usualmente con una combinación de tiempo y flujo, de manera que se programan con el fin de que el corte de vacío se realizase transcurridos de 10 a 20 s (TD) desde que se alcanza un FC que solía estar comprendido entre 100 y 250 g/min.

Tangorra et al. (2010) realizaron un estudio en cabras Saanen, comparando FC de 70 g/min y un TD de 10 s con el ordeño sin el uso de DCAV. Las cabras del primer grupo alcanzaron cifras medias de producción significativamente mayores (1,82 Kg frente a 1,68 Kg) y una mejor persistencia de la producción de leche durante la lactación, sugiriendo que esta mayor persistencia pudo deberse a una reducción del sobreordeño en el lote que se ordeñó con el uso de DCAV. Sin embargo, no estudiaron variables de gran importancia como los niveles de vacío durante el ordeño o el estado sanitario de la glándula mamaria. En los trabajos de campo realizados por el equipo investigador en algunas ocasiones se ha observado DCAV que en algunas ganaderías están programados solamente por tiempo de ordeño (datos sin publicar). La programación por tiempo de ordeño, que ha sido recomendada en algunos casos en

ganado vacuno (Jago et al., 2010), podría acarrear un apurado deficiente de la glándula mamaria o, por el contrario, una alta probabilidad de sufrir sobreordeño en función del nivel productivo del animal. Dada las variabilidades interindividuales encontradas de producción de leche y tiempo de ordeño en los pequeños rumiantes, la forma más recomendable de programar un DCAV es que actúe por combinación de FC y TD.

1.3.2. Pulsadores de nueva generación

El pulsador es el componente de la instalación de ordeño que realiza la transición entre vacío y presión atmosférica en la cámara de pulsación de la pezonera, permitiendo con ello la alternancia de succión y masaje en el pezón. Tradicionalmente, los pulsadores empleados han sido de tipo neumático, los cuales utilizan el vacío de la sala para su funcionamiento, trabajan de forma independiente y su coste es relativamente bajo. Sin embargo, la mayoría trabajan con parámetros invariables y además presentan el gran inconveniente de que se descompensan fácilmente debido al desgaste, a la humedad y sobre todo cuando cambia el nivel de vacío, ya sea de forma voluntaria o por fallos en el regulador (Billon, 2004). Por ello necesitan labores de mantenimiento frecuentes.

Actualmente los pulsadores mayormente comercializados son de tipo electrónico cuya principal diferencia práctica con los de tipo neumático es que no se descompensan con tanta facilidad y que se pueden modificar los parámetros de pulsación: frecuencia de pulsación y relación de pulsación. Los parámetros óptimos de pulsación en ganado caprino son una frecuencia de pulsación de entre 90 y 120 ppm y una relación de pulsación del 60% (Sinapis et al., 2000). En ganado ovino los

parámetros más adecuados son frecuencia de pulsación 120-180 ppm, nivel de vacío 36-40 KPa, y relación de pulsación del 50% (Fernández et al., 1999).

Los pulsadores electrónicos de más reciente incorporación son los comandados electrónicamente por una caja central. En éstos, los cambios de parámetros se pueden realizar de forma conjunta y además se pueden programar en cascada, de forma que exista entre ellos un ligero retardo en los ciclos de apertura y cierre con el fin de que las necesidades de vacío para su funcionamiento se repartan en el tiempo. Según Billon et al. (2004), los pulsadores electrónicos son más caros, pero dado que su necesidad de mantenimiento es menor conducen a condiciones de ordeño más controladas ya que el riesgo de que se desajusten es menor. Por lo tanto, recomienda utilizar la pulsación electrónica en lugar de la neumática. Los pulsadores más modernos de ganado vacuno pueden, incluso, estar conectados al sensor de flujo de leche, de manera que cuando se detecta un elevado flujo de leche, con el fin de favorecer la extracción, se aumenta la relación de pulsación y se disminuye la frecuencia de pulsación. Una variante añadida, que también está presente en los pequeños rumiantes, permite realizar una estimulación mecánica del pezón aumentando la frecuencia de pulsación hasta 300 ppm durante periodos de 30 s.

Tradicionalmente, en las salas de ordeño de pequeños rumiantes se ha instalado un pulsador por cada dos o más juegos de ordeño, haciendo que en las dos pezoneras de cada juego de ordeño se simultaneen en el tiempo los ciclos de apertura y cierre de la cámara de pulsación (pulsación simultánea), lo que se traduce en que las fases de masaje y succión sucedan a la vez en cada pezonera de un mismo juego de ordeño. Actualmente existen pulsadores con cuatro canales que usan un canal del pulsador para cada pezonera o salas de ordeño en las que se instala un pulsador por

cada juego de ordeño. Esto último significa que en cada pezonera de un mismo juego de ordeño se alternen en el tiempo las fases de masaje y succión, permitiendo al ganadero realizar pulsación alterna en vez de pulsación simultánea.

En ganado vacuno son escasos los artículos sobre el efecto de la pulsación alterna en el ordeño mecánico. Schlaib (1996) describe en vacuno que la pulsación alterna reduce las fluctuaciones de vacío y produce un flujo de leche más regular. O'Callaghan (1998) y Gleeson et al. (2004) coinciden en que no existen diferencias en la comparación directa entre ambos tipos de pulsación en el estado del pezón tras el ordeño mecánico ni en la producción de leche. Sin embargo, O'Callaghan (1998) encontró mayores niveles de vacío en la punta del pezón durante la fase de ordeño cuando se combinaron pulsación simultánea y pezoneras con manguitos de embocadura ancha que cuando se combinaron pulsación simultánea y manguitos con embocadura estrecha. Por su parte, Gleeson et al. (2004), en una comparación similar, encontraron que el uso de pezoneras con manguitos con embocadura estrecha y pulsación alterna reducía el tiempo de ordeño. Explican estos autores que el mayor tiempo de ordeño podría ser debido a una mayor penetración del pezón en el manguito debido a los mayores niveles de vacío en la punta del pezón que se alcanzan cuando se combinan pulsación simultánea y pezoneras con manguitos de embocadura ancha. En un estudio posterior realizado en laboratorio con un simulador de flujo de leche, O'Callaghan (2004) encuentra que empleando pulsación alterna se reducía el nivel de vacío en la fase de succión dentro de un ciclo de pulsación, así como las fluctuaciones de vacío durante un ciclo completo.

En ganado ovino, Billon (2004) asegura que no hay razones técnicas para utilizar pulsación alterna cuando se emplean juegos de ordeños y manguitos modernos

ya que el vacío en la punta del pezón y el movimiento de los manguitos es similar entre ambos tipos de pulsación. Según este autor, la única razón que justificaría el empleo de pulsación alterna sería cuando se emplean tubos cortos de leche de pequeño diámetro y colectores de pequeño volumen con el fin de evitar la inundación de estos últimos. Así, el empleo de pulsación alterna haría que el flujo de leche llegara desde cada tubo corto de forma alternada en el tiempo.

En ganado caprino, los estudios relativos al tipo de pulsación son escasos. Díaz et al. (2005) realizaron un experimento con caprino de raza Florida en una sala con conducción de leche en línea alta en el cual se compararon ambos tipos de pulsación. Se encontró que el empleo de pulsación alterna redujo en gran medida la duración del ordeño (4,6 vs 3,2 min), y ofreció valores de RCS menores que la pulsación simultánea ($1,1 \times 10^6$ vs $1,8 \times 10^6$ células/mL, respectivamente). Sin embargo, en este experimento no se estudiaron variables de gran importancia como la variación de los niveles de vacío en el juego de ordeño y el efecto en el estado del pezón, que podrían haber sido las responsables de los diferentes valores de RCS encontrados entre ambos tipos de pulsación.

En trabajos recientes realizados en cabras de raza Murciano-Granadina por el equipo investigador con ambos tipos de pulsación durante una lactación completa no existieron diferencias significativas en las variables de eficacia del ordeño ni en las relativas a la composición de la leche y el estado del pezón (datos sin publicar). En el análisis de los niveles de vacío en los tubos cortos de leche se observó que el empleo de pulsación alterna en línea alta causó menores caídas del nivel de vacío (7,5 kPa) que el ordeño con pulsación simultánea (9,9 kPa). Sin embargo, en línea baja no se observaron estas diferencias (Romero et al., 2012). A pesar de ello, en ninguna prueba

se observaron diferencias en el estado sanitario de los animales entre los dos tipos de pulsación (datos sin publicar).





Capítulo 2: Objetivos





El objetivo general de esta tesis doctoral ha consistido en estudiar diferentes aspectos de las nuevas tecnologías introducidas recientemente en el ordeño mecánico de pequeños rumiantes. En este sentido, se ha estudiado, en primer lugar, en ganado caprino y ovino, las variables de funcionamiento de los retiradores automáticos de pezoneras y su efecto sobre la eficacia del ordeño, la producción y la calidad de la leche y el estado sanitario de la glándula mamaria (estudios 1, 2, 3 y 4). En segundo lugar, se ha estudiado en ganado caprino el efecto del tipo de pulsación (alterna o simultánea) sobre la eficacia del ordeño mecánico (estudio 5).

El objetivo específico del **estudio 1** consistió en conocer la programación de los retiradores automáticos de pezoneras más adecuada para el ordeño de cabras de raza Murciano-Granadina con alta producción (inicio de lactación) y baja producción (final de lactación). Para ello, se estudió el efecto de varias combinaciones de flujo de corte (100, 150, 200 y 250 g/min) y tiempo de demora (10, 15 y 20 s) sobre la eficacia del ordeño (tiempo de ordeño y fraccionamiento de la leche durante el ordeño), la rutina de ordeño y las fluctuaciones de vacío.

El objetivo específico del **estudio 2** consistió en conocer la programación de los retiradores automáticos de pezoneras más adecuada para el ordeño de ovejas de raza Manchega en máquinas de ordeño con conducción de leche en línea alta y en máquinas de ordeño con conducción de leche en línea baja. Para ello, se estudió el efecto de varias combinaciones de flujo de corte (100, 150, 200 y 250 g/min) y tiempo de demora (10, 15 y 20 s) en dos retiradores automáticos de pezoneras diferentes sobre la eficacia del ordeño (tiempo de ordeño y fraccionamiento de la leche ordeñada), la rutina de ordeño (caídas de pezoneras y dobles puestas de pezoneras) y las fluctuaciones de vacío.

El objetivo específico del **estudio 3** consistió en estudiar a lo largo de una lactación completa el efecto de los retiradores automáticos de pezoneras en el ordeño de cabras Murciano-Granadinas sobre la producción y fraccionamiento de la leche, los tiempos de ordeño (individual y por lotes), la composición química de la leche, el estado sanitario de la glándula mamaria y el estado del pezón comparando los parámetros que obtuvieron mejores resultados a corto plazo (flujo de corte 100 g/min y tiempo de demora 10 s y flujo de corte 150 g/min y tiempo de demora 10 s) con el ordeño convencional mediante retirada manual de pezoneras.

El objetivo específico del **estudio 4** consistió en estudiar a lo largo de una lactación completa el efecto de los retiradores automáticos de pezoneras en el ordeño de ovejas de raza Manchega sobre la producción y fraccionamiento de la leche, los tiempos de ordeño (individual y por lotes), la composición química de la leche, el estado sanitario de la glándula mamaria y el estado del pezón comparando los parámetros que obtuvieron mejores resultados a corto plazo (flujo de corte 150 g/min y tiempo de demora 20 s y flujo de corte 200 g/min y tiempo de demora 10 s) con el ordeño convencional con retirada manual de pezoneras y apurado a máquina.

El objetivo específico del **estudio 5** consistió en estudiar el efecto del tipo de pulsación empleada (alterna o simultánea) a la eficacia del ordeño (tiempo de ordeño y fraccionamiento de la leche) y a los niveles de vacío en los tubos cortos de leche de cabras de raza Alpina empleando dos niveles de vacío diferentes (38 y 42 kPa) y retiradores automáticos de pezoneras.

Capítulo 3: Materiales y métodos





3.1 Granjas empleadas

3.1.1. Granja EPSO-UMH.

Los estudios 1, 2 (uno de los experimentos) y 3 se desarrollaron en la Granja Docente y Experimental de Pequeños Rumiantes de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández (UMH) que alberga 250 cabras de raza Murciano-Granadina y 80 ovejas de raza Manchega.

La granja está formada por una nave principal cubierta donde se encuentran los animales, un almacén, una sala de lactancia artificial, una sala para machos, una sala de ordeño, una sala de máquinas y una lechería. Adosados a la nave hay 2 apriscos y un corral para los animales de reposición. En la lechería hay dos tanques verticales de 850 L cada uno. La leche recogida se destina a la fabricación de queso. Los animales se encuentran en estabulación libre, con acceso libre a la paja y al agua y el alimento se suministra en forma de ración unifeed (ración equilibrada). La granja tiene una clasificación sanitaria oficialmente indemne de brucelosis (M4) y libre de otras enfermedades de declaración obligatoria. Además los análisis realizados en leche de tanque son negativos a *Mycoplasma spp.*

El ritmo reproductivo llevado a cabo en las cabras de la granja de la UMH es de 1 parto al año, realizándose el manejo con dos lotes productivos, es decir, dos parideras al año, en Marzo y en Septiembre. Tras el parto de las madres, las crías son separadas de la madre de forma que la alimentación de los cabritos es mediante lactancia artificial y las madres pasan a ser ordeñadas mecánicamente. La rutina de ordeño empleada en aquellos animales que no forman parte del experimento es la de puesta y retirada mediante DCAV (FC 150 g/min y TD 10 s) y sellado de pezones tras el ordeño mediante la aplicación de una solución yodada en vaso. Este ordeño se realiza

una vez al día como es habitual en esta raza y en esta región geográfica. En el caso de las ovejas, el ritmo reproductivo practicado en la granja es de 3 partos en 2 años. Generalmente se realiza lactancia natural y destete a los 35 días. Las madres, tras el periodo de calostro, pasan a ser ordeñadas dos veces al día, a las 8:00 y a las 17:00 h.

La sala de ordeño de esta granja cuenta con 2 plataformas, 12 puestos de ordeño en cada plataforma, un equipo de ordeño instalado en Línea Baja (1X12x12) y otro en Línea Alta (2x12x12). Ambos equipos han sido montados por la casa Gea Farm Technologies (figura 3). En el caso concreto de esta sala la conducción de leche en línea baja está situada 50 cm por debajo de los animales y la de línea alta 175 cm por encima de los animales. Los amarres instalados en la sala permiten la entrada secuencial de los animales, su separación y la salida agrupada de estos.



Figura 3. Sala de ordeño de la granja EPSO-UMH. Equipo instalado en línea baja (1X12x12) a la derecha y equipo instalado en línea alta (2x12x12) a la izquierda.

La máquina de ordeño está equipada con juegos de ordeño TopFlow® (con versiones intercambiables, una para cabras y otra para ovejas), pulsadores de nueva generación (StimoPuls Apex M® Gea Farm Technologies, Bönen, Alemania) y con DCAV (Lactoflow®, Gea Farm Technologies, Bönen, Alemania) integrados en un estimador electrónico de la producción de leche individual (Dematron60®, Gea Farm Technologies, Bönen, Alemania). Los parámetros de pulsación y los de los DCAV son controlados por un programa informático (DAIRY PLAN®) que a su vez lleva un registro de los datos productivos de cada uno de los animales ordeñados.

El retirador automático de pezoneras de GEA Farm Technologies consta de un medidor de flujo de leche que se sitúa en la unión del tubo largo de leche con la conducción de leche y una membrana con forma de campana en una pieza anexa. Esta membrana queda suspendida por el propio vacío de la instalación mediante una conducción de 2 mm de diámetro en el momento en el que se acciona el vacío en el juego de ordeño. Una vez alcanzada la programación seleccionada en el programa informático (DairyPlan) para el fin del ordeño (incluso si se desea interrumpir el vacío a criterio del operario de ordeño) se interrumpe el vacío que mantiene la membrana, y por el vacío que llega por la conducción de leche, la membrana se coloca interrumpiendo la conexión entre la conducción de leche y el juego de ordeño (Figura 4). En el caso de las instalaciones en línea alta dicha membrana se coloca en el colector con el objetivo de que no se derrame la leche presente en el tubo largo de leche.

Para los estudios 1 y 3, el ordeño de las cabras se realizó con un nivel de vacío de 40 kPa, frecuencia de pulsación 90 ppm y una relación de pulsación del 60%. La parte del estudio 2 llevada a cabo en esta granja se realizó con un nivel de vacío de 38 kPa, frecuencia de pulsación 180 ppm y una relación de pulsación del 50%.

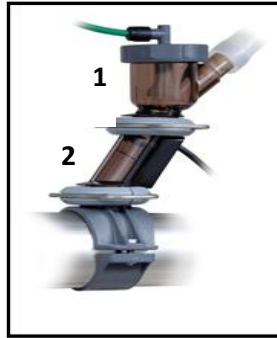


Figura 4. Detalle de DCAV Lactoflow® (Gea Farm Technologies, Bönen, Alemania). 1: cuerpo del DCAV; 2: sensor de flujo de leche.

3.1.2. Granja AGRAMA-CERSYRA

Los estudios 2 (uno de los dos experimentos) y 4 se realizaron en la Finca La Nava del Conejo en el término municipal de Valdepeñas, Ciudad Real, gestionada por la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega (AGRAMA), utilizando animales del Rebaño Nacional Manchego (CERSYRA).

La explotación alberga 600 ovejas de raza Manchega y cuenta con cuatro naves para alojar el ganado. La instalación de ordeño comprende sala de ordeño, lechería con un tanque de leche con capacidad para 850 L y sala de máquinas totalmente separadas. La alimentación se realiza mediante una ración equilibrada a base de mezcla de granos de cereal y alfalfa deshidratada que se administra dos veces al día. Además, los animales disponen de paja de cereal y agua ad libitum. La leche recogida se destina a la fabricación de queso. La granja tiene una clasificación sanitaria oficialmente indemne de brucelosis (M4) y libre de enfermedades de declaración obligatoria.

El ritmo reproductivo practicado en la granja es de 3 partos en 2 años y las cubriciones se hacen mediante inseminación artificial y remontas en los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre, con una duración de 35 días. Existen 4 lotes de modo que

las parideras se producen en Marzo, Junio, Septiembre y Diciembre. Generalmente tras el parto los corderos se crían con sus madres 15 días. A continuación pasan a “media leche” donde las madres se ordeñan 1 vez al día, permaneciendo los corderos con sus madres únicamente por la noche. Una vez destetados (35 días), las madres pasan a ser ordeñadas dos veces al día, a las 8:00 h y a las 17:00 h. Los animales se encuentran en estabulación libre durante la lactación y se realiza pastoreo cuando están “secas”. La rutina de ordeño empleada en aquellos animales que no forman parte del experimento es la de puesta y retirada automática, posterior apurado a máquina y sellado de pezones tras el ordeño mediante la aplicación de una solución yodada mediante pulverización.

La instalación de ordeño cuenta con una sala tipo CASSE con dos plataformas, 18 plazas por plataforma, conducción de leche en línea alta con 18 juegos de ordeño (2x18x18, DeLaval®, Tumba, Suecia, figura 5). Además, la sala cuenta con dos amarres de salida rápida lateral. La máquina de ordeño está equipada con pulsadores de nueva generación EP100® (DeLaval®, Tumba, Suecia), encontrándose un pulsador por cada dos juegos de ordeño y con DCAV (DeLaval SG®, Tumba, Suecia) asociados a medidores de producción de leche mm25® (DeLaval®, Suecia), situados a una altura de 2,5 m respecto de las pezoneras, estando todos comandados por un programa informático (Alpro Windows®).



Figura 5. Detalle de sala de ordeño 2x18x18 de la granja AGRAMA-CERSYRA (elaboración propia).

El funcionamiento de los DCAV es similar al de la granja EPSO-UMH (**apartado 3.1.1.**), así, el accionamiento de dichos DCAV se sitúa en el colector del juego de ordeño, donde también se encuentra la válvula de corte de vacío. El ordeño en los experimentos desarrollados en esta granja se realizó con un nivel de vacío de 40 kPa, una frecuencia de pulsación 180 ppm y una relación de pulsación del 50%.

3.1.3. Granja Castello di Roccaforte (Alessandria, Italia)

El estudio 5 se llevó a cabo en la granja Castello di Roccaforte sita en el término municipal de Roccaforte Ligure en la región de Piemonte (Norte de Italia).

La granja alberga 600 cabras de raza Alpina y está formada por dos naves cubiertas donde se encuentran los animales y otra nave como almacén de alimentos. Anexa a una de las naves se encuentra una sala de lactancia artificial y un corral para los animales de reposición. Dispone también de lechería, donde hay un tanque horizontal de 2500 litros. La leche recogida se destina a la fabricación de queso en la

misma explotación. Los animales se encuentran en estabulación libre, con acceso libre a la paja y al agua y el alimento se suministra en forma de ración unifeed.

El ritmo reproductivo llevado a cabo en la granja Castello di Roccaforte es de 1 parto al año, realizándose el manejo con dos lotes productivos, es decir, dos parideras al año, en Marzo y en Septiembre. Tras el parto, las crías permanecen con las madres durante 5 días para su encalostramiento. Posteriormente son separadas de la madre de forma que la alimentación de los cabritos es mediante lactancia artificial. La rutina de ordeño empleada en aquellos animales que no forman parte del experimento es la de puesta y retirada mediante DCAV (FC 150 g/min y TD 10 s) y sellado de pezones tras el ordeño mediante la aplicación de una solución yodada en vaso. Este ordeño se realiza dos veces al día a las 6:00 AM y a las 5:00 PM como es habitual en esta raza y en esta región geográfica.

Esta explotación cuenta con una máquina de ordeño de la marca Royal® (Bellagio, Italia) en una sala tipo Casse 2x16x16 con conducción de leche en línea baja y juego de ordeño Vanguard® de la marca Interpuls®, (Albinea, Italia). La máquina de ordeño está equipada con 16 pulsadores (8 en cada plataforma) de 2 + 2 salidas (LP30®, Interpuls®, Albinea, Italia, figura 6), estando conectado cada pulsador a dos juegos de ordeño. Los medidores de producción de leche son el modelo AfiFree® de la marca AfiMilk® (Kibbutz, Israel) y los retiradores automáticos de pezoneras son de la marca Royal®.



Figura 6. Detalle de pulsador LP30® (Interpuls, Albinea, Italia). Fuente: Interpuls.

El funcionamiento del prototipo desarrollado por Royal® en colaboración con AfiMilk® sigue un esquema similar al desarrollado por Gea Farm en las instalaciones en línea baja (**apartado 3.1.1**), estando la membrana situada en el cuerpo del medidor de caudal de leche. En este caso, adicionalmente, existe un elemento suspensorio del juego de ordeño a modo de brazo mecánico que mantiene las pezoneras en posición vertical durante el desarrollo del ordeño. Una vez alcanzadas las condiciones programadas para el final del ordeño, se interrumpe el vacío y el brazo mecánico tracciona del juego de ordeño hacia atrás favoreciendo la retirada de pezoneras propiamente dicha y colocando las pezoneras para su colocación en los animales de la siguiente tanda de ordeño (Figura 7). Sin embargo, como en este caso no existe conexión con el pulsador, éste no detiene su funcionamiento.

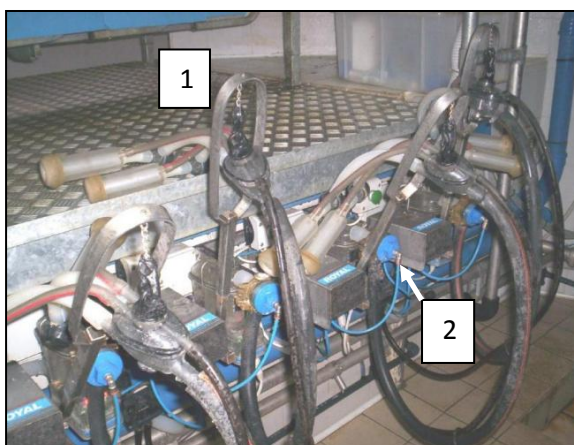


Figura 7. Detalle de juegos de ordeño de la granja Castello di Roccaforte. 1: brazo mecánico. 2:DCAV instalado junto al sensor de flujo de leche (elaboración propia).

Los parámetros de ordeño empleados con cabras en esta granja fueron: frecuencia de pulsación de 90 ppm y una relación de pulsación del 60%. Se programó una duración mínima del ordeño de 60 s. El nivel de vacío empleado fue de 38 ó 42 kPa, según el lote de animales ordeñado.

3.2. Rutina de ordeño.

La rutina de ordeño seguida durante los experimentos en los días que no se realizaba muestreo de eficacia del ordeño en los tratamientos de retirada manual de pezoneras consistió en: puesta de pezoneras, ordeño a máquina, apurado a máquina, y retirada manual de pezoneras. En los tratamientos de retirada manual de pezoneras el operario podía actuar en cualquier momento tanto si se producía una caída de pezoneras como para realizar el apurado a máquina. La rutina de ordeño seguida en los tratamientos en los que la retirada de pezoneras se realizaba de forma automática fue similar a la anterior, a excepción de que la retirada de pezoneras se realizó por accionamiento del DCAV y no se realizaba apurado a máquina. Además, en estos

tratamientos, el operario solamente podía intervenir en caso de una caída de pezoneras o para realizar una única segunda puesta de pezoneras si detectaba un apurado insuficiente de la glándula mamaria tras la activación del DCAV (esta última operación solamente se realizó en los estudios 1, 2 y 3).

La rutina de ordeño realizada los días de muestreo de las variables relativas a la eficacia del ordeño incluyó: puesta de pezoneras, ordeño a máquina, retirada de pezoneras por actuación del DCAV o retirada manual (registro de leche máquina y tiempo de ordeño individual), apurado manual de la ubre (registro de la leche de apurado a mano) y aplicación intravenosa de 4 UI de oxitocina y extracción manual de la leche (registro de la fracción residual). En el caso de los estudio 2 (en uno de los experimentos) y 4 no se extrajo esta última fracción (figura 8). En el caso del estudio 5, tras la retirada por actuación del DCAV, el apurado de la ubre se realizó mediante una segunda puesta de pezoneras y un apurado a máquina y no se extrajo la fracción de leche residual. Finalmente en todos los estudios y en todos los ordeños, hubiera muestreo o no, se realizó desinfección de pezones con solución yodada por inmersión o por pulverización.



Figura 8: Detalles de la rutina de ordeño en los muestreos de eficacia del ordeño de ovejas de raza Manchega (ordeño a máquina, retirada automática de pezoneras, apurado manual, pesado de le leche de apurado manual, desinfección de pezones).

3.3. Variables estudiadas

3.3.1. Variables relativas a la eficacia del ordeño.

Las variables registradas en los días de muestreo fueron:

-Leche máquina (LM, kg): cantidad de leche ordeñada desde la puesta de pezoneras hasta la activación final del DCAV o hasta la retirada manual de pezoneras. Fue medida con un dispositivo Lactocorder® (Lactocorder®, Suiza) en el caso de los estudios 1 y 2. En el caso del estudio 2 (en uno de los experimentos) y del estudio 4, esta variable fue medida con el dispositivo mm25® (DeLaval®, Suecia). En el caso del estudio 5, se registró mediante el dispositivo AfiFlow® (AfiMilk®, Kibbutz, Israel).

-Leche de apurado manual (LAM, g): cantidad de leche extraída de forma manual después de finalizar el ordeño a máquina y una vez retiradas las pezoneras;

-Leche residual (LR, g): cantidad de leche extraída de forma manual tras la inyección endovenosa de 4 UI de oxitocina (Dalmatocina®, Fatro Iberica, Barcelona, España).

-Leche total extraída fue la suma de leche máquina y leche de apurado manual en el estudio 4.

-Potencial productivo (PP, kg), se calculó como la suma de leche máquina, leche de apurado manual y leche residual en el estudio 3.

Las fracciones de leche de apurado manual y leche residual se pesaron en todos los estudios con una báscula digital de precisión ± 1 g (BC-200, Fagor, España).

El tiempo de ordeño individual (min) fue el que transcurrió entre la puesta inicial de pezoneras y el momento en que finalizaba el ordeño a máquina y se retiraban las pezoneras de forma manual o mediante DCAV. En este caso, incluyendo la posible doble puesta de pezoneras. Fue registrado con un cronómetro digital (HS-70W, Casio,

Japón) en los estudios 1, 2 y 3. En el caso del estudio 4 fue registrado por el dispositivo mm25[®] (DeLaval[®], Suecia). En el caso del estudio 5, se registró mediante el dispositivo AfiFlow[®] (AfiMilk[®], Kibbutz, Israel).

Adicionalmente, en el estudio 4, los valores de leche máquina y tiempo de ordeño de todos los ordeños practicados durante el periodo experimental fueron registrados por el dispositivo mm25[®] (DeLaval, Suecia) y almacenados por el software Alpro Windows[®] (DeLaval, Suecia).

En el caso de los estudios 1 y 3, a partir de los valores de LM, LA y LR se calculó su importancia relativa respecto a la cantidad total de leche producida por el animal (PP = LM + LAM + LR): fracción de leche máquina (FLM, %, = $LM \times 100 / PP$), fracción de leche de apurado, (FLAM, %, = $LA \times 100 / PP$) y fracción de leche residual (FLR, %, = $LR \times 100 / PP$).

En el caso del estudio 5, a partir de los valores de LM y tiempo de ordeño individual se calculó el flujo medio de leche: LM / tiempo de ordeño.

3.3.2. Variables relativas a la rutina del ordeño estudiadas:

En los estudios 1,2 y 3 se determinaron, además, las siguientes variables:

-Frecuencia de doble puesta de pezoneras (FDP): la doble puesta de pezoneras se realizaba cuando, una vez accionado el DCAV, el operario veía conveniente colocar de nuevo el juego de ordeño debido a que quedaba en la ubre gran cantidad de leche.

-Frecuencia de caídas de pezoneras (FCP): Se entiende como caídas de pezoneras aquellas situaciones en las que, sin que se active el DCAV, las pezoneras se desprenden de los pezones de los animal.

En el caso de los estudios 2 y 4 se estudió también el tiempo de ordeño por plataforma (min) que fue el que transcurrió desde la puesta de pezoneras del animal que entraba en el primer punto de ordeño de la plataforma de ordeño hasta la retirada de pezoneras del animal cuyo ordeño terminó en último lugar. Se registró con un cronómetro digital (HS-70W, Casio, Japón).

Más detalles específicos aparecen en el apartado **Publicaciones**.

3.3.3. Estado sanitario de la glándula mamaria.

El estado sanitario de la glándula mamaria se estudió en los muestreos del período pre-experimental en todos los experimentos para realizar la separación en lotes. Además, en el caso de los estudios 3 y 4 se empleó como una variable a estudiar dentro de sus objetivos. Se evaluó mediante análisis bacteriológico y recuento de células somáticas (RCS) de cada glándula mamaria. La toma de muestras se llevó a cabo antes del ordeño. Para el análisis bacteriológico se desecharon los primeros chorros de leche y se tomaron a mano muestras de 5 mL de leche de cada glándula, tras una limpieza exhaustiva del pezón con alcohol de 70°. Seguidamente, se tomaron muestras de 50 mL de leche para el RCS a las que se les añadió azidiol. Las muestras se mantuvieron a 4°C por un máximo de 4 h hasta el análisis bacteriológico. El análisis bacteriológico se realizó mediante la siembra de 20 µL en placas de agar sangre (5% sangre de cordero; Biomerieux, Lyon, Francia). Las placas fueron incubadas en condiciones aerobias a 37°C y examinadas a las 24 h, 48 h y 72 h. Los cultivos microbiológico que tuvieron 5 o más colonias idénticas fueron considerados como positivos. En el caso de los estudios 1 y 3, el RCS se analizó en el laboratorio interprofesional lechero de la Comunidad Valenciana (LICOVAL, España) mediante el método fluoro-opto-electrónico (Fossomatic 5000, Foss Electric, Suecia). En el caso de

los estudios 2 y 4 se empleó el mismo método en el laboratorio interprofesional lechero de Castilla-La Mancha (LILCAM, España). La clasificación sanitaria de la glándula mamaria y del animal se ha definido en los apartados de Materiales y Métodos de cada publicación, en función de la especie animal y de los controles realizados, a partir de los análisis bacteriológicos y de RCS (ver apartado **Publicaciones**).

3.3.4. Composición química de la leche.

En el caso del estudio 3 (realizado en cabras de raza Murciano-Granadina) la composición química de la leche incluyó el contenido en grasa, proteína, lactosa y materia seca, estando expresados sus resultados en % de materia húmeda. Para la recogida de muestras se programaron los dispositivos Lactocorder[®] para tomar 50 mL de leche de cada animal. Posteriormente dichas muestras se analizaron mediante un equipo MilkoScan[®] (Foss Electric A/S, Hillerød, Dinamarca) en el laboratorio de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

En el caso del estudio 4 (realizado en ovejas de raza Manchega), la composición química de la leche incluyó el contenido en grasa, proteína y lactosa, estando expresados sus resultados en % de materia húmeda. Para la recogida de muestras se programaron los dispositivos mm25[®] (DeLaval[®], Suecia) para tomar 50 mL de leche de cada animal. Posteriormente dichas muestras se analizaron mediante el equipo MilkoScan[®] (Foss Electric A/S, Hillerød, Dinamarca) en el laboratorio interprofesional lechero de Castilla-La Mancha (LILCAM, España).

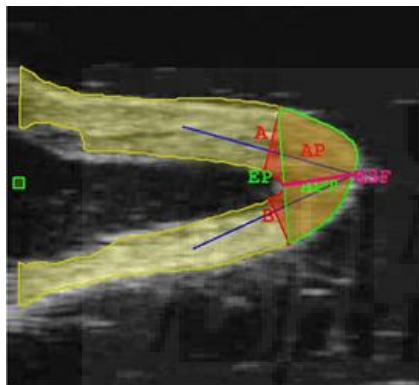
3.3.5. Estado del pezón

La técnica de ecografía incluyó la utilización de un recipiente transparente cilíndrico y abierto por su parte superior, de 54 mm de diámetro exterior, 53 mm de diámetro interior y 80 mm de altura, fabricado en polipropileno transparente que se llenaba de agua.

El pezón era sumergido en el agua de este recipiente para favorecer la correcta transmisión de los ultrasonidos hasta el pezón. El agua debía estar a una temperatura de 37 °C para no alterar el espesor de los tejidos por reacciones a temperaturas inferiores o superiores a la temperatura corporal. Previamente a la realización de las ecografías se limpiaba la zona periférica del pezón con agua a 37 °C y luego se secaba. El objetivo de este procedimiento fue evitar restos de partículas o sustancias que pudieran distorsionar la imagen que ofrece el ecógrafo. Se utilizó gel de contacto para cubrir la pared del recipiente de inmersión del pezón en contacto con la sonda del ecógrafo.

Se empleó un ecógrafo portátil (Agroscan[®], Ecm, Noveko International Inc. Francia). Se realizaron ecografías antes y después del ordeño en el pezón derecho de cada animal mediante una sonda lineal de 5 MHz de frecuencia empleando una profundidad de 8 cm. Se utilizó una capturadora de imagen y un software específico (Real DVD Studio Gold[®], NPG Technology, Spain) para digitalizar la secuencia de video del ecógrafo en un ordenador. Posteriormente se utilizó un software de edición de videos (Ulead Video Studio[®], Corel, Canadá), para seleccionar el fotograma que coincidiera con un plano sagital al nivel del esfínter del pezón y por último, otro software (Ecopezón[®]) encargado de realizar las mediciones (figura 9) sobre las imágenes: Espesor de la pared superior (A, cm) e inferior (B, cm) del pezón, medidos a

1 y 1,5 cm de la punta del pezón, en cabras y ovejas respectivamente. A partir de ellos se calculó el espesor medio de la pared del pezón (AB, cm) como valor promedio de A y B; Espesor del pezón (EP, cm): distancia comprendida entre ambas caras externas de la pared del pezón, medido donde comienza la cisterna del pezón; Longitud del esfínter (ESF, cm): distancia comprendida desde la punta del pezón hasta el inicio de la cisterna; Área de las paredes (AP, cm²): abarca las dos paredes hasta la medida A y B (1 cm de la punta del pezón); Área de la punta del pezón (APT, cm²): área que abarca desde la punta del pezón hasta la línea trazada para marcar EP (inicio de la cisterna del pezón).



- A: Espesor de la pared superior.
- B: Espesor de la pared inferior.
- EP: Espesor del pezón.
- APT: Área de la punta.
- AP: Área de las paredes.
- ESF: Longitud del esfínter.

Figura 9: detalle de las variables relativas al estado del pezón.

A partir de las medidas realizadas antes del ordeño y después del ordeño se obtuvieron los incrementos de espesor y de área de las variables descritas, expresados en porcentaje, mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Incremento (I) \%} = \left[\frac{\text{Medida después del ordeño} - \text{Medida antes del ordeño}}{\text{Medida antes del ordeño}} \right] \times 100$$

Incremento del espesor de las paredes del pezón (IAB, %); Incremento del área del pezón (IAP, %); Incremento del área total del pezón (IAPT, %); Incremento del espesor del pezón (IEP, %); Incremento de la longitud del esfínter del pezón (IESF, %).

3.3.6. Variables relativas al nivel de vacío en los tubos cortos de leche

Las variables relacionadas con la variación del nivel de vacío en los tubos cortos de leche durante el ordeño en los estudios 1 al 4 se registraron mediante el dispositivo Pulsotest Comfort® (GeaFarm Technologies®, Bönen, Alemania) durante los días de adaptación a los tratamientos estudiados en animales escogidos al azar. En el caso de los estudios 1 y 2 las mediciones se realizaron en los tubos cortos de leche durante el TD. En el caso de los estudios 3 y 4 las mediciones se realizaron incluyendo el apurado a máquina en los tratamientos en los que la retirada de pezoneras se realizaba de forma manual e incluyendo el TD en los tratamientos en los que la retirada de pezoneras se realizaba mediante DCAV. Las variables registradas fueron nivel de vacío máximo (kPa) y mínimo (kPa). A partir de estas variables se calculó la caída del nivel de vacío (kPa) como la diferencia entre el valor de las dos anteriores.

Las variables relacionadas con la variación del nivel de vacío en los tubos cortos de leche durante el ordeño en el estudio 5 se registraron con el dispositivo Vadia® (Biocontrol, Rakkestad, Noruega). Las mediciones se realizaron en los dos tubos cortos de leche durante todo el ordeño, desde la puesta de pezoneras hasta la retirada automática. El software del dispositivo Vadia® distingue tres fases del ordeño: tiempo de espera hasta la eyección de leche, fase principal del ordeño y fase de bajo flujo de leche. Las variables registradas fueron el nivel de vacío medio durante la fase principal

del ordeño (kPa) y la caída del nivel de vacío (diferencia entre los niveles máximo y mínimo alcanzados durante el ordeño, kPa).



Capítulo 4: Publicaciones

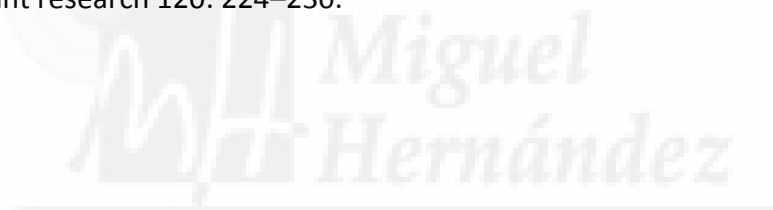




Artículos publicados

4.1 Effect of one automatic cluster remover (ACR) setting on milking efficiency on Murciano-Granadina goats. Bueso-Rodenas, J., Romero, G., Roca, A., Díaz, J.R. 2014. *Livestock Science*: 161, 193-200.

4.2 Effect of the settings of two ACRs on the milking efficiency of Manchega ewes. Bueso-Rodenas, J., Romero, G., Arias, R., Rodríguez, A.M., Díaz, J.R. 2014. *Small ruminant research* 120: 224–230.



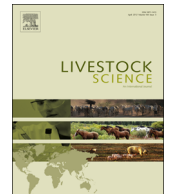




ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Livestock Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/livsci

Effect of one automatic cluster remover (ACR) setting on milking efficiency on Murciano–Granadina goats



J. Bueso-Ródenas, G. Romero, A. Roca, J.R. Díaz*

Departamento de Tecnología Agroalimentaria, Universidad Miguel Hernández de Elche, Carretera de Beniel, km 3.2, 03312 Orihuela, Alicante, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 October 2013

Received in revised form

11 January 2014

Accepted 13 January 2014

Keywords:

Goat

Murciano–Granadina

Milking

Automatic cluster remover

Vacuum

ABSTRACT

In recent years there has been an increasing deployment of automatic vacuum cutting devices (component of automatic cluster removers, ACR) for milking parlors of dairy goats. However, there is a lack of scientific studies regarding optimal settings (milk flow threshold, MF and delay time, DT) for the milking of Murciano–Granadina goats. The aim of this study was to assess the effect of different combinations of operating parameters of an automatic vacuum cutting device (LactoFlow[®], Gea Farm Technologies, Bonn, Germany) on milking efficiency (milking duration and milk fractioning), milking routine (cluster falls and double cluster attachment) and mean vacuum drop. To achieve this goal, 3 groups of 28 goats were each used to conduct two tests, one at the beginning and one at the end of the lactation. A four Latin square design was used in each test and each Latin square had a duration of 6 days. The assays combined sequentially one MF (250, 200, 150 and 100 g/min) and three DT (10, 15 and 20 s). MF 150 g/min at the beginning of lactation and MF 100 g/min at the end of lactation achieved similar milk yield fractionation results. These results did not involve an increase in milking duration. Moreover, minor double cluster attachment frequency and minor mean vacuum drop were observed in the same MF.

On the other hand, milking duration and mean vacuum drop increased when DT was higher than 10 s in a single MF, but milk fractioning was not improved. The results indicate that the combination of MF 100 or 150 g/min and DT 10 s are the most suitable settings for the operation of the automatic vacuum cutting device to milk Murciano–Granadina goats. Additional studies are needed to assess the effect of the automatic vacuum cutting device on the milking time of the entire herd, physical and chemical composition of the milk, health status of the mammary gland and total milk production.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

The implementation of automatic vacuum cutting devices (AVCD, component of the ACR, automatic cluster removers) represents one of the most recent advances in small ruminant milking machines. Its use is justified by the reduction of farm workers during the milking process and also by the fact that the risk of over-milking is minimized (Tangorra et al., 2010),

which improves the health of the mammary gland (Peris et al., 2003) and, consequently, the profitability of the farm.

The AVCD are programmed to interrupt the vacuum in the clusters when a delay time (DT) has been spent after reaching a set milk flow threshold (MF). The aim of DT is to avoid the interruption of the milking process when a momentary milk flow drop occurred. If the mammary gland is still full and the milk flow increases above MF programmed, milking continues normally. Theoretically, the decrease of MF together with the increase of DT are related to an increase in milking duration and machine milk yield and also a decrease of the hand-stripping milk.

* Corresponding author. Tel.: +34 966749707; fax: +34 966749677.
E-mail address: jr.diaz@umh.es (J.R. Díaz).

Several combinations of MF (from 0.2 kg/min to 0.82 kg/min) and DT (from 3 s to 25 s) have been tested in different cattle breeds (Edwards et al., 2013; Jago et al., 2010; Rasmussen, 1993; Reid and Stewart, 1997; Sagi, 1978; Stewart et al., 2002). These authors concluded that values of MF ranging between 0.4 and 0.6 kg/min optimize milking duration and milk yield. Furthermore, they observed that by increasing MF and reducing DT made it possible to reduce milking duration and improve the teats end status preserving both the health status of the mammary gland and milk composition. Some authors (Edwards et al., 2013; Jago et al., 2010; Rasmussen, 1993) additionally pointed out that an increase in MF could imply an increase in hand-stripping milk, other authors (Magliaro and Kensinger, 2005) also found a decline in machine milk yield using a MF of 0.8 kg/min. Although the impacts of mean vacuum drop on the health status of the mammary gland have been extensively studied (Billon et al., 1998; Galton et al., 1988; Rasmussen et al., 1994), the effect of the variation of MF and DT on mean vacuum drop has not been studied.

In goats, studies regarding the optimal combination of MF and DT of AVCD are scarce. The AVCD settings used in Spanish goats milking parlors are not based on scientific studies, the distributors of milking equipment use parameters according their experience or parameters used in foreign goat breeds. Tangorra et al. (2010) compared a MF of 70 g/min and 10 s DT with milking without using AVCD in Alpine goats. They observed that the goats in the first group reached average milk yield significantly higher than in the group without AVCD (1.82 kg/day vs 1.68 kg/day) and also greater persistence of milk production during lactation that could be due to a reduction of over-milking. According distributors of milking equipment (DeLaval and Gea Farm Technologies, personal communication) and in our experience advising livestock producers (Murcia Dairy Control, Murciano–Granadina Goat Breeders Association and Mediterranean Food, personal communication), in Murciano–Granadina goat farms, AVCD are normally programmed to stop the vacuum after a DT of 10–20 s once a MF between 100 and 250 g/min has been reached.

The goal of this study was to assess the effect of different combinations of MF (100, 150, 200 and 250 g/min) and DT (10, 15 and 20 s) on the efficiency of milking (milking duration and milk fractioning), the milking routine and the mean vacuum drop during milking. This data was used to determine the best AVCD settings for the milking of Murciano–Granadina goats in high production (beginning of lactation) and in low production (end of lactation).

2. Materials and methods

2.1. Facilities and animal handling

The study was conducted in the teaching and research farm of the Polytechnic School of Orihuela of Miguel Hernández Elche University (Spain).

During all the study, Murciano–Granadina goats were fed twice a day with the same ration (mixture of cereal grains and alfalfa hay). Water was offered ad libitum. Milking was done once a day, as routinely in this breed in Southeast Spain at 9:00 AM.

A Gea Farm Technologies[®] (Bönen, Germany) low line milking machine was employed in a 1 × 12 × 12 Casse type design parlor. TopFlow[®] liners were employed. The milking machine was equipped with AVCD (LactoFlow[®], Gea Farm Technologies, Bönen, Germany) that were installed next to an electronic milk meter (Dematron60[®], Gea Farm Technologies, Bönen, Germany). The milking parameters used were vacuum level of 40 kPa, 90 pulse/min and a pulsation ratio of 60%.

2.2. Experimental design

Two identical tests, the first at the beginning of lactation (high yield) and the second at the end of lactation (low yield), were undertaken. In each test, 4 Latin square design experiments were made. Furthermore, each test was preceded by a pre-experimental control.

The first pre-experimental control was conducted in the 3rd ± 1 postpartum week and included two sampling days spaced 1 week apart. 120 goats from the same calving date were milked setting the AVCD to stop the vacuum at MF 200 g/min and DT 15 s. Health status of the mammary gland, milking duration and machine milk yield were recorded in each animal. The goats that did not have signs of clinical mastitis and had values of machine milk yield higher than 0.75 kg ($N=84$) were selected for the first test. For this test the animals were divided into 3 groups of 28 animals according to their parity, machine milk yield, milking duration and health status of the mammary gland (see Section 2.4). The other pre-experimental control, which preceded the second test, aimed to ensure that all animals were correctly in lactation and that the groups were balanced regarding to the average values of machine milk and health status of the mammary gland. At the start of the first test, 5 animals suffered intramammary infection in group 1, 6 in group 2 and 6 in group 3. Additionally there was one animal with nonspecific mastitis in each group. At the beginning of the second test, 9 animals suffered intramammary infection in group 1, 9 in group 2 and 8 in group 3. Additionally there were 2 animals with nonspecific mastitis in groups 1 and 2, and 1 in group 3.

The experimental period of each test lasted 24 days and included four Latin square performed sequentially. The first test was undertaken from the 4th ± 1 to the 8th ± 1 week postpartum and the second test from the 22th ± 1 to 26th ± 1 week postpartum. The Latin squares lasted 6 days each and one MF (100, 150, 200 and 250 g/min) was tested with three DT (10, 15 and 20 s) during these. In each Latin square each group of animals was milked for 2 days with the same combination of AVCD parameters (MF and DT). The first day of each combination was employed to habituate the animals to the experimental conditions and the second day was employed to collect data. In all the study, AVCD was set to not interrupt the vacuum for a minimum milking duration of 50 s.

2.3. Milking routine and variables analyzed

The milking routine during the sampling days included the following phases: (i) cluster attachment, (ii) mechanical milking (recording machine milk and milking duration),

(iii) cluster removal through AVCD action, (iv) hand-stripping (recording hand-stripping milk) and (v) manual extraction of residual milk after intravenous administration of 4 IU of oxytocin (Dalmatocina[®], Fatro Ibérica, Barcelona, Spain). Cluster falls during milking were recorded and then reattached. Similarly, if AVCD acted and there was milk in the mammary gland, the cluster was reattached, registering a double cluster attachment. Finally, teats were immersed in iodine solution. The same milking routine was used on non-sampling days, with the difference that hand-stripping milk and residual milk were not taken.

Machine milk (kg) was the amount of milk from cluster attachment to AVCD activation. It was recorded by a Lactocorder[®] device (Lactocorder, Balgach, Switzerland), which was connected between the long milk tube and AVCD. Milking duration (min) was defined as the time from cluster attachment to AVCD activation and it was recorded by a digital timer (HS-70 W, Casio[®], Japan). Hand-stripping milk (kg) and residual milk (kg) were weighed with a ± 1 g precision digital scale (BC-200, Fagor[®], Spain). To know the relative importance of the recorded variables in relation to total milk produced by the animal, new variables were calculated from the values of machine milk, hand-stripping milk and residual milk. Total milk (machine milk + hand-stripping milk + residual milk), machine milk fraction (machine milk \times 100/total milk, %), hand-stripping milk fraction (hand-stripping milk \times 100/total milk, %) and residual milk fraction (residual milk \times 100/total milk, %) were computed.

Vacuum related variables were recorded on the first day of each Latin Square in random animals. Twenty vacuum level measurements within each of the tested combinations of AVCD were recorded using Pulsotest Comfort[®] device (Gea-Farm Technologies[®], Bönen, Germany). The measurements were performed in the short milk tubes during the DT. The variables recorded were maximum vacuum level (kPa) and minimum vacuum level (kPa). From their values, mean vacuum drop (maximum vacuum level – minimum vacuum level, kPa) was calculated.

2.4. Sanitary status of the mammary gland

The health status of the mammary gland was evaluated in the two pre-experimental tests. This evaluation included

bacteriological analysis and somatic cell count (SCC) of each mammary gland using milk samples obtained before milking. For bacteriological analysis foremilk was discarded, the teats were cleaned with 70% alcohol and samples of 5 mL of milk from each gland were taken. For SCC analysis, 50 mL samples of milk were taken and azidol was added to them. Samples were kept at 4 °C for up to 4h until bacteriological analysis. Bacteriological analysis was performed by seeding 20 μ L of milk in blood agar plates (5% sheep blood, Biomerieux, Lyon, France). The plates were incubated aerobically at 37 °C and examined at 24 h, 48 h and 72 h. Microbiological cultures showing 5 or more identical colonies were considered positive. The SCC was analyzed in the dairy professional laboratory in Valencia (LILCOVAL, Spain) by the fluoro-opto-electronic method (Fossomatic 5000, Foss Electric, Sweden). It was determined that a gland showed intramammary infection when the bacteriological analysis was positive and unspecific mastitis when the bacteriological analysis was negative but the RCS exceeded 1,500,000cells/mL in both controls. In addition, animals were classified as affected by mastitis when mastitis was observed in at least one of the mammary glands.

2.5. Statistical analysis

For each test the relationship between the dependent variables (milking duration, machine milk fraction, hand-stripping milk fraction, residual milk fraction) and the operating parameters of the AVCD (MF and DT) was studied using a linear mixed model (Proc GLIMMIX, SAS V 9.2., 2002). Fixed effects were MF (100, 150, 200 and 250 g/min), DT (10, 15 and 20 s), day of sampling (1–3) nested to MF and finally, the interaction of MF and DT. The covariable machine milk was considered in the milking duration analysis. In addition, the relationship between milking duration and the operating parameters of the AVCD were assessed using a linear mixed model (Proc GLIMMIX, SAS V 9.2., 2002). This model included DCA (2 levels: yes or no), MF, DT, sampling day nested to MF, the interaction of MF and DT, and the interaction of DCA with DT as fix effects. In all models the animal was considered as the random effect and a “compound symmetry” type

Table 1

Results of the statistical analysis (*F*-value and *P*-value) of the studied effects on milking duration and the variables related to milk fractioning.

Test	Effect	MD		MMF		HSMF		RMF	
		F	P	F	P	F	P	F	P
1	MF	28.66	< 0.01	7.72	< 0.01	5.51	< 0.01	0.94	0.21
	DT	8.07	< 0.01	2.81	0.06	1.54	0.21	1.58	0.21
	DT \times MF	2.08	0.06	0.4	0.87	0.72	0.64	2.54	0.02
	DAY (MF)	2.22	0.02	1.88	0.09	1.86	0.09	2.06	0.04
	MM	64.28	< 0.01						
2	MF	6.56	0.03	3.61	0.02	1.03	0.38	5.95	< 0.01
	DT	11.41	< 0.01	0.2	0.81	0.44	0.64	1.85	0.16
	DT \times MF	1.31	0.25	1.93	0.08	1.51	0.17	1.93	0.08
	DAY (MF)	5.79	< 0.01	1.08	0.36	0.62	0.72	6.77	< 0.01
	MM	173.4	< 0.01						

MF: milk flow threshold; DT: delay time; DAY: sampling day; MM: machine milk yield; MD: milking duration; MMF: machine milk fraction; HSMF: hand-stripping milk fraction; RMF: residual milk fraction.

covariance structure was employed to consider measures repeated over time in the same animal.

To study the relation between the operating parameters of the AVCD (MF and DT) and the variables of the milking routine, double cluster attachment frequency and

cluster falls frequency Chi-square analysis (Proc Freq, SAS V 9.2., 2002) was computed.

Finally, maximum vacuum level, minimum vacuum level and mean vacuum drop were analyzed using a general linear model (Proc GLM, SAS V 9.2., 2002)

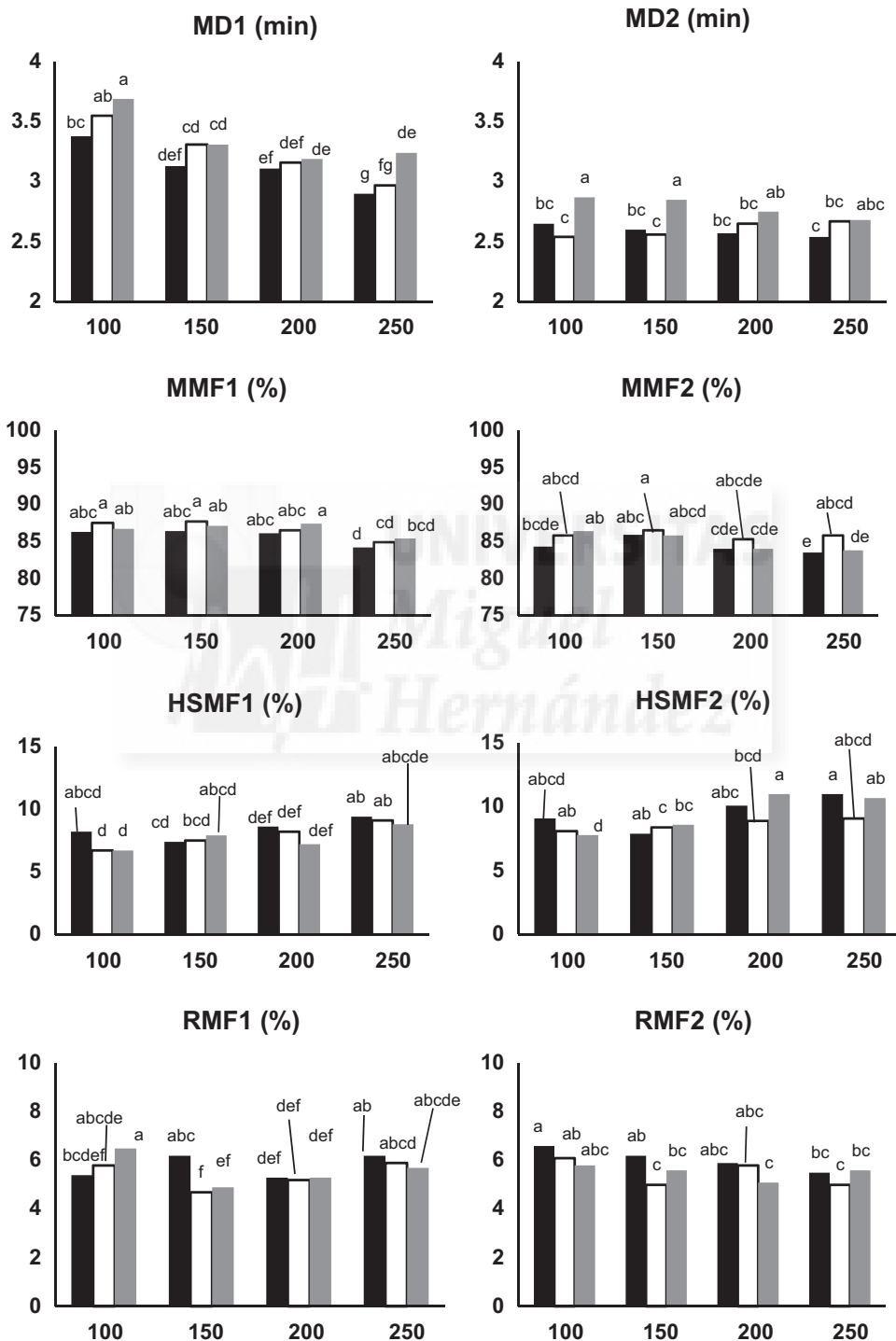


Fig. 1. Effect of milk flow rate (100, 150, 200 and 250 g/min) and delay time (■= 10 s; □= 15 s; ■= 20 s) on milking duration (MD), machine milk fraction (MMF), hand-stripping milk fraction (HSMF) and residual milk fraction (RMF) in both tests (1 and 2). a–f: results in the same variable and test with different letters differ at $P < 0.05$.

considering MF and the interaction between DT and MF as factors.

3. Results

The statistical analysis revealed that MF had a significant effect ($P < 0.05$) on the variables machine milk fraction and milking duration in both periods as well as on hand-stripping milk fraction in early lactation and on residual milk fraction in late lactation. The two tests coincided that DT was significant to milking duration. The interaction between DT and MF was significant in early lactation to residual milk fraction. However, this interaction was not significant on milking duration, machine milk fraction and hand-stripping milk fraction in the tests performed. Sampling day nested to MF had a significant effect on milking duration and residual milk fraction in both tests (Table 1). In addition, the statistical analysis showed that the double cluster attachment effect was significant in the analysis of milking duration in both tests (F -value = 172.24 and P -value < 0.05 in Test 1; F -value = 108.73 and P -value < 0.05 in Test 2).

Maximum differences in milking duration were observed in both tests between extreme settings of AVCD: MF 250 g/min with DT 10 s and MF 100 g/min with 20 s DT (0.79 min in early lactation and 0.33 min in late lactation). Moreover, milking duration tended to increase as DT increased, independently of the MF value. This increase was significant in MF 100 and 250 g/min (0.34 min between DT of 10–20 s) in early lactation and MF 100 g/min (0.25 min between DT of 10–20 s) in late lactation (Fig. 1).

Although the differences found were biologically small, it was observed that greater values of machine milk fraction corresponded with lower values of MF. In early lactation, MF 250 g/min and 10 s DT reached significant lower values of machine milk fraction (differences from 1.9% to 3.5%) than every combination in MF 100, 150 and 200 g/min. Similarly, in late lactation, MF 250 g/min and DT 10 s resulted in lower machine milk fraction (between 2.5% and 3%) than every combination related to MF 150 g/min and the combinations of DT 15 and 20 s in MF 100 g/min (Fig. 1).

Contrary to machine milk fraction, higher values in hand-stripping milk fraction were related to higher MF values. Both periods revealed maximum differences in the extreme combinations of MF and DT (2.7% between MF 100 g/min with DT 20 s and MF 250 g/min with DT 10 s in the first period; 3.2% between the same combinations in the second period). Interestingly, the increase of DT for a fixed MF did not represent a significant decrease in hand-stripping milk fraction values in any period (Fig. 1).

Despite of the fact that MF and DT nested to MF had effect on residual milk fraction, there was no trend of variation of this variable when MF and DT were changed. Moreover, the differences obtained between combinations of MF and DT were low (maximum of 1.6% in early lactation and 1.2% in late lactation, Fig. 1).

No significant differences were found in double cluster attachment frequency or cluster fall frequency. However, in early lactation, double cluster attachment frequency was almost double for MF of 250 g/min ($n=26$) and MF of

200 g/min ($n=22$) compared to MF of 100 g/min ($n=13$) and MF of 150 g/min ($n=16$). Moreover, in late lactation, double cluster attachment frequency in MF 250 ($n=17$) and 200 g/min ($n=22$) showed higher values than in MF 100 ($n=9$) and 150 g/min ($n=11$). Milking duration was always greater when double cluster attachment was made than when just a single attachment was needed (Table 2). When double cluster attachment was needed, milking

Table 2

Effect of double cluster attachment (DCA), milk flow threshold and delay time on milking time in both tests (means \pm standard error).

DCA	MF (g/min)	DT (s)	MD (early lactation)	MD (end of lactation)		
Without DCA	100	10	3.32 \pm 0.13ef (77) [*]	2.49 \pm 0.13f (81)		
		15	3.30 \pm 0.13ef (82)	2.49 \pm 0.13 f (81)		
		20	3.42 \pm 0.13ef (80)	2.77 \pm 0.13ef (81)		
		150	10	3.09 \pm 0.13fg (81)	2.55 \pm 0.13ef (80)	
			15	3.33 \pm 0.13ef (79)	2.51 \pm 0.13f (80)	
			20	3.30 \pm 0.13ef (76)	2.71 \pm 0.13ef (81)	
	200	10	3.16 \pm 0.13fg (78)	2.53 \pm 0.13f (76)		
		15	3.08 \pm 0.13fg (78)	2.52 \pm 0.13f (6)		
		20	3.10 \pm 0.13fg (74)	2.58 \pm 0.13ef (78)		
		250	10	2.82 \pm 0.14g (75)	2.44 \pm 0.13f (79)	
			15	2.89 \pm 0.14g (75)	2.50 \pm 0.13f (79)	
			20	3.11 \pm 0.14fg (76)	2.53 \pm 0.13f (77)	
	With DCA	100	10	3.96 \pm 0.23cde (7)	2.94 \pm 0.44def (3)	
			15	4.96 \pm 0.35ab (2)	3.45 \pm 0.26d (3)	
			20	5.29 \pm 0.23a (4)	4.86 \pm 0.33a (3)	
			150	10	3.85 \pm 0.31de (3)	3.77 \pm 0.29bcd (4)
				15	3.86 \pm 0.31cde (5)	4.34 \pm 0.36abc (4)
				20	4.71 \pm 0.35abc (8)	4.40 \pm 0.24ab (3)
200		10	3.68 \pm 0.23e (6)	3.07 \pm 0.28de (8)		
		15	4.53 \pm 0.26bcd (6)	4.12 \pm 0.27abc (6)		
		20	4.71 \pm 0.23bc (10)	3.44 \pm 0.22d (8)		
		250	10	3.48 \pm 0.26ef (9)	3.68 \pm 0.23cd (5)	
			15	3.24 \pm 0.28efg (9)	3.77 \pm 0.23bcd (5)	
			20	4.41 \pm 0.25bcd (8)	3.68 \pm 0.24cd (7)	

MF: milk flow threshold; DT: delay time; MD (min): milking duration. a b c d e f g: Means in the same column with different letters differ at $P < 0.05$. Total observations: 2016.

^{*} Double cluster attachment frequency (n).

Table 3

Effect of milk flow threshold (MF) and delay time (DT) on maximum vacuum level (MAXVL), minimum vacuum level (MINVL) and its difference (mean vacuum drop, MVD) (mean \pm standard error).

MF (g/min)	DT (s)	MAXVL (kPa)	MINVL (kPa)	MVD (kPa)	Observations
100	10	39.76 \pm 0.05c	38.27 \pm 0.26a	1.49 \pm 0.25a	20
	15	39.26 \pm 0.05a	37.60 \pm 0.26b	1.66 \pm 0.25a	20
	20	39.30 \pm 0.05a	37.49 \pm 0.26b	1.81 \pm 0.25a	20
150	10	39.35 \pm 0.05a,b	37.71 \pm 0.26b	1.65 \pm 0.25a	20
	15	39.46 \pm 0.05b	37.61 \pm 0.26b	1.85 \pm 0.25a	20
	20	39.65 \pm 0.05c	37.68 \pm 0.26b	1.95 \pm 0.25a	20
200	10	39.98 \pm 0.05d	38.18 \pm 0.26a	1.79 \pm 0.25a	20
	15	39.92 \pm 0.05d	36.93 \pm 0.26c	2.99 \pm 0.25b	20
	20	39.95 \pm 0.05d	36.69 \pm 0.26c	3.26 \pm 0.25b	20
250	10	39.99 \pm 0.05d	38.29 \pm 0.26a	1.77 \pm 0.25a	20
	15	39.96 \pm 0.05d	36.85 \pm 0.26c	3.13 \pm 0.25b	20
	20	39.98 \pm 0.05d	36.79 \pm 0.26c	3.19 \pm 0.25b	20

a b c d: Means in the same column with different letters differ at $P < 0.05$.

duration increased in 1.13 min ($P < 0.05$) in early lactation (4.29 vs 3.16 min, with double cluster attachment and with single attachment, respectively) and 1.24 min in late lactation (3.79 vs 2.55 min, with double cluster attachment and with single attachment, respectively). Milking duration differences found between the different combinations of MF and DT were reduced when only the results of single cluster attachment were taken into account. Moreover, when double cluster attachment was needed, the use of DT 20 s, milking duration was greatly increased for every MF tested (Table 2). The values of cluster fall frequency were not homogeneously distributed among treatments and no significant differences were found (data not shown).

Maximum vacuum level increased as MF increased; however the maximum differences between combinations of MF and DT were small (0.73 kPa in MF 250 g/min and DT 10 s vs MF 100 g/min and DT 15 s; Table 3). The smallest values of minimum vacuum level were recorded with the combinations of MF 200 or 250 g/min and DT 15 or 20 s, finding significant differences with other combinations. MF 200 or 250 g/min combined with DT 15 or 20 s gave mean vacuum drop values significantly higher than the other combinations (from 2.99 kPa at MF 200 g/min and 15 s to 3.26 kPa at MF 200 g/min and DT 20 s; Table 3) showing that mean vacuum drop increases as MF and DT increases.

4. Discussion

The use of MF 150 g/min in early lactation and MF 100 g/min in late lactation corresponded to a maximum increase of milking duration in 0.41 min and 0.33 min, respectively, compared to the use of MF 200 and 250 g/min. According to experiments developed in dairy cows, this increase was lower than initially expected. Furthermore, the increase in DT was associated with an unexpected large increase of milking duration. This increase was larger than the differences between different DT programmed (10 s). On the other hand, the effect of a double cluster attachment on milking duration was remarkable. Double cluster attachment prolonged milking duration individually, which in practice would imply a

delay in the exit of the animals milked in the same row and, therefore, an increase in the time employed to milk the entire herd. This effect is undesirable since one of the objectives of the installation of AVCD is the reduction of the time dedicated to milk animals. The increase in double cluster attachment frequency showed in MF 200 and 250 g/min may be due to the individuals whose milk emission flow drops to values below 200 g/min when there is still a lot of milk in the mammary gland. This situation has been observed especially in animals on their third or fourth lactation that show large development of the mammary gland cistern and whose nipples were implanted above the base of the gland. Commercial farms without AVCD normally deal with these animals by applying a double cluster attachment and machine stripping in the milking routine. The combined use of vertical stabilizers systems of the udder and AVCD as described by Tangorra et al. (2010) could minimize the double cluster attachment frequency and the hand-stripping milk fraction in the milking of these animals.

The differences found in the results of machine milk fraction, hand-stripping milk fraction and milking duration suggest that the milk flow rate declines quickly to the level of MF 150 g/min at the beginning of lactation and MF 100 g/min at the end lactation. Therefore, from these MFs, milking duration increases significantly without involving an increase in machine milk fraction.

There was not a clear variation of residual milk fraction values when the operating parameters of AVCD (MF and DT) were modified. This situation indicates that, using AVCD, the variation of MF and DT does not affect the physiological milk ejection reflex typically observed during machine milking of Murciano–Granadina goats. Nevertheless, this observation could not be extended to individuals of other goat breeds, especially those with different compartmentalization of the mammary gland (Saanen, Salama et al., 2004; Wilde and Knight, 1990).

Mean vacuum drop was higher using DT of 15 and 20 s than using DT of 10 s in the MF 200 and 250 g/min due to the increase of the measurement time. Longer measurement time may produce higher vacuum level falls (lower minimum vacuum level values), especially in the MF that still have a

significant milk flow in short tubes. However, these differences seem not to be enough high to increase the probability of intramammary infections (Billon et al., 1998). Despite of this fact, further studies are needed to confirm this hypothesis.

Overall, the large differences recorded in dairy cattle between different settings in the AVCD have not been observed in Murciano–Granadina goat. Thus, it can be deduced that the optimal settings of the AVCD for this breed are among the studied levels as it has been described in dairy cows (Magliaro and Kensinger, 2005). Rasmussen (1993), Reid and Stewart (1997), Stewart et al. (2002) and Magliaro and Kensinger (2005) observed in different cow breeds that an increase in MF resulted in milking duration decreases while machine milk was not affected. Despite the difference between MF in the present study reached 150 g/min (extreme values of 100 and 250 g/min), which is in the range of the studies carried out in cows (90–600 g/min; Edwards et al., 2013; Jago et al., 2010; Rasmussen, 1993; Reid and Stewart, 1997; Sagi, 1978; Stewart et al., 2002), the large differences in milking duration and milk yield between cows and goats have to be taken into account. The bigger values found in cows made it easy to find differences between AVCD combinations. On the other hand, in some of these studies (Magliaro and Kensinger, 2005) the highest MF was combined with the lowest DT and vice versa, which initially makes it easy to find differences amongst different combinations of AVCD settings.

Despite the small differences found in values of hand-stripping milk fraction between different AVCD combinations, the results found were consistent with those of Rasmussen (1993), Jago et al. (2010) and Edwards et al. (2013). Thus, the lowest MF (100 and 150 g/min) had the lowest values of hand-stripping milk fraction (although no significant differences were observed in the present study). In this study, the performance of the milking routine, the possibility to reattach the clusters as in a commercial herd, could have overlapped the differences in the values of hand-stripping milk fraction between the different AVCD settings. The purpose of achieving an optimal gland emptying is twofold: first, in short term, to extract the maximum amount of milk possible and secondly, in long term, to avoid the inhibition of milk secretion (Peaker, 1980; Stelwagen et al., 1994; Wilde et al., 1995) caused by an insufficient gland emptying that could affect the lactation curve. In this sense, it is important to make an optimal emptying between 2nd and 12th weeks of lactation (Salama et al., 2003; Wilde and Knight, 1990).

The strategy to achieve the advantages that installation of AVCD offers should attempt to minimize the need to execute a double cluster attachment, and, consequently, reduce the milking time of groups of animals. Depending on the discussed results, these objectives have been reached employing MF 100 and 150 g/min. Also, the balance between milking duration and machine milk fraction and the lowest values of hand-stripping milk fraction are found in these MFs (150 g/min at early lactation and 100 g/min at late lactation).

5. Conclusions

The lowest MF tested (100 and 150 g/min) achieved similar results of machine milk fraction and hand-stripping

milk fraction, without involving an increase in milking duration. These MFs also showed lower frequency of double cluster attachment at early (high yield) and late lactation (low yield) than MF 200 and 250 g/min, which in practice reduces the values of milking time of the entire herd. Milking duration and mean vacuum drop increased when DT was higher than 10 s to a single MF, but milk fractioning was not improved. Further studies are needed to study how AVCD affects the milking time of the total herd, production and composition of the milk and the sanitary status of the mammary gland.

Conflict of interest statement

We wish to confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication and there has been no significant financial support for this work that could have influenced its outcome.

We confirm that the manuscript has been read and approved by all named authors and that there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed. We further confirm that the order of authors listed in the manuscript has been approved by all of us.

We confirm that we have given due consideration to the protection of intellectual property associated with this work and that there are no impediments to publication, including the timing of publication, with respect to intellectual property. In so doing we confirm that we have followed the regulations of our institutions concerning intellectual property.

We understand that the corresponding author is the sole contact for the editorial process (including Editorial Manager and direct communications with the office). He is responsible for communicating with the other authors about progress, submissions of revisions and final approval of proofs. We confirm that we have provided a current, correct email address which is accessible by the corresponding author and which has been configured to accept email from jr.diaz@umh.es.

Acknowledgments

This study was part of the program of research AGL2009-10695 funded by “Ministerio de Ciencia e Innovación” of Spanish Government. The authors thank Mr. Ross Ashley Machin for English language assistance.

References

- Billon, P., Sauvee, O., Menard, J.L., Gaudin, V., 1998. Effects of milking and of the milking machine on somatic cells counts and intramammary infections on dairy cows. In: Proceedings of 5th Renc. Rech. Ruminants. INRA-Institut de L'Élevage, Paris, France, pp. 305–312.
- Edwards, J.P., Jago, J.G., Lopez-Villalobos, N., 2013. Milking efficiency for grazing dairy cows can be improved by increasing automatic cluster remover thresholds without applying premilking stimulation. *J. Dairy Sci.* 96, 3766–3773.
- Galton, D.M., Aneshansley, D.J., Peterson, L.G., Czarniecki, C.S., Scott, N.R., 1988. Pressure gradients across the teat canal during machine milking. In: Proceedings of Milking Systems and Milking Management Symposium, NE Regional Agricultural Engineering Services, Ithaca, NY, p. 114.

- Jago, J.C., Burke, J., Williamson, J.H., 2010. Effect of automatic cluster remover settings on production, udder health, and milking duration. *J. Dairy Sci.* 93, 2541–2549.
- Magliaro, A.L., Kensinger, R.S., 2005. Automatic cluster remover settings affects milk yield and machine-on time in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 148–153.
- Peaker, M., 1980. The effect of raised intramammary pressure on mammary function in the goat in relation to the cessation of lactation. *J. Physiol.* 301, 415–428.
- Peris, C., Díaz, J.R., Balasch, S., Beltran, M.C., Molina, M.P., Fernandez, N., 2003. Influence of vacuum level and overmilking on udder health and teat thickness changes in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 86, 3891–3898.
- Rasmussen, M.D., 1993. Influence of switch level of automatic cluster removers on milking performance and udder health. *J. Dairy Res.* 60, 287–297.
- Rasmussen, M.D., Frimer, E.S., Decker, E.L., 1994. Reverse pressure gradients across the teat canal related to machine milking. *J. Dairy Sci.* 77, 984–993.
- Reid, D., Stewart, A., 1997. The effects on parlor performance by variations of detacher settings. In: *Proceedings of the 36th Annual Meetings of the National Mastitis Council*, pp. 101–104.
- Sagi, R., 1978. Milk flow rate and end of milking detectors. In: *Proceedings of the 17th Annual Meetings of the National Mastitis Council*, pp. 328–334.
- Salama, A.A.K., Such, X., Caja, G., Rovai, M., Casals, R., Albanell, E., Marín, M.P., Martí, A., 2003. Effects of once versus twice daily milking throughout lactation on milk yield and milk composition in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 86, 1673–1680.
- Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Peris, S., Sorensen, A., Knight, C.H., 2004. Changes in cisternal udder compartment induced by milking interval in dairy goats milked once or twice daily. *J. Dairy Sci.* 87, 1181–1187.
- Stelwagen, K., Davis, S.R., Farr, V.C., Prosser, C.G., Sherlock, A., 1994. Mammary epithelial cell tight junction integrity and mammary blood flow during an extended milking interval in goats. *J. Dairy Sci.* 77, 426–432.
- Stewart, S., Godden, S., Rapnicki, P., Reid, D., Johnson, A., Eicker, S., 2002. Effects of automatic cluster remover settings on average milking duration, milk flow, and milk yield. *J. Dairy Sci.* 85, 818–823.
- Tangorra, F.M., Costa, A., Guidobono Cavalchini, A., 2010. Preliminary results of a field study on goats milk yield and lactation persistency as affected by automatic cluster removals. In: *Proceedings of the International Conference Ragusa SHWA2010*, pp. 592–598.
- Wilde, C.J., Knight, C.H., 1990. Milk yield and mammary function in goats during and after once-daily milking. *J. Dairy Res.* 57, 441–447.
- Wilde, C.J., Addey, C.V.P., Boddy, L.M., Peaker, M., 1995. Autocrine regulation of milk secretion by a protein in milk. *Biochem. J.* 305, 51–58.





Effect of the settings of two automatic cluster removers (ACRs) on the milking efficiency of Manchega ewes



J. Bueso-Ródenas^a, R. Arias^b, A.M. Rodríguez^c, G. Romero^a, J.R. Díaz^{a,*}

^a Departamento de Tecnología Agroalimentaria, Universidad Miguel Hernández (UMH), Ctra. de Beniel km 3.2, 03312 Orihuela, Alicante, Spain

^b Centro Regional de Selección y Reproducción Animal (CERSYRA), Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha, Avda. del Vino, 10, 13300 Valdepeñas, Ciudad Real, Spain

^c Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega (AGRAMA), Instalaciones del ITAP, Avda. Gregorio Arcos s/n, 02006 Albacete, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 January 2014

Received in revised form 15 May 2014

Accepted 16 May 2014

Available online 27 May 2014

Keywords:

Manchega ewes

Automatic cluster removers

Milk fractioning

Milking duration

ABSTRACT

The implementation of automatic vacuum cutting devices (AVCDs, component of the ACRs, automatic cluster removers) represents one of the most recent advances in small ruminant milking machines. However, there is a lack of scientific studies regarding optimal settings (milk flow threshold, MF, and delay time, DT) for the milking of Manchega ewes. The aim of this study was to assess the effect of different combinations of operating parameters of two AVCDs (LactoFlow[®]-Dematron[®] of GeaFarm Technologies[®] and SG[®]-mm25[®] of DeLaval[®]) on milking efficiency (milking time and milk fractioning), milking routine (cluster falls and double cluster attachment) and mean vacuum drops. Two tests were performed including several latin square design experiments. Regarding LactoFlow[®]-Dematron[®] installed in a low-line milking machine, four MF (100, 150, 200 and 250 g/min) were combined with three DT (10, 15 and 20 s) employing 45 ewes on a research farm and regarding SG[®]-mm25[®] installed in high-line milking machine, two MF (150 and 200 g/min) were combined with three DT (10, 15 and 20 s) employing 54 ewes on a commercial farm. According to the results, regarding Dematron[®]-Lactoflow[®], it was appreciable that the employment of MF 100 g/min increased milking duration without improving the milk fractioning and the employment of MF 250 g/min did not reduce milking duration. The minimum differences between MF 150 and 200 g/min showed in this test suggest that these levels would be located within the optimal setting of this AVCD. On the other hand, regarding SG[®]-mm25[®], two strategies could be considered, the use of MF 150 g/min combined with high DT to extract the maximum amount of milk or the use of MF 200 g/min combined with short DT to optimize the time employed. Regarding milking routine, no differences were found in any of the test. The increase of both MF and DT showed higher values of mean vacuum drops in the two tests performed.

Further studies are needed to study how AVCD affects the milking time of the total herd, production and composition of the milk and the sanitary status of the mammary gland of Manchega breed ewes.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

In the last years there has been an increase in the automation of the installations in small ruminant farms

* Corresponding author. Tel.: +34 966749707; fax: +34 966749677.
E-mail address: jr.diaz@umh.es (J.R. Díaz).

that has allowed improvement of the efficiency and the working conditions of the farm operators. One of the most recently developed automations was the automatic cluster removers (ACRs). ACRs have been defined as devices that stop the vacuum in the milking unit, removing it according to milk flow or time (ISO Standard 3918, 2006). The use of automatic vacuum cutting devices (AVCD, component of ACR) allows a reduction of the number of operators during milking which benefits the economic profitability of the farm (Tangorra et al., 2007). Besides, AVCD reduces the risk of producing overmilking (Tangorra et al., 2010) and consequently protects the health status of the mammary gland (Peris et al., 2003).

AVCD can be set by milk emission flow, milking time or a combination of both parameters. In studies developed by this research group in dairy sheep farms, AVCD set only by milking time (for example 2 min) have been observed. This setting type, which has been suggested in some cases for dairy cows (Jago et al., 2010), could produce an uncompleted level of milking of the mammary gland or could reach a high risk of overmilking depending of the production level of the animal. Given the characteristic interindividual variability of Manchega ewes, the most advisable way to set the AVCD is to interrupt the vacuum in the clusters when a delay time (DT) has been spent after reaching a set milk flow threshold (MF). If during DT, the milk flow increases above the programmed MF, milking continues normally, avoiding an early removal, for example, in ewes with bimodal (two peaks) milk emission flow.

In dairy cows, traditionally a MF of 200 g/min has been employed (Sagi, 1978). In later studies it has been noted that an increase of MF to values of 600 g/min reduces milking duration without affecting machine milk values, preserving both sanitary status of the mammary gland and milk composition (Reid and Stewart, 1997; Stewart et al., 2002; Jago et al., 2010). However, the increase of MF to 800 g/min could reduce machine milk values (Magliaro and Kensinger, 2005). Besides, some studies (Rasmussen, 1993; Jago et al., 2010; Edwards et al., 2013) have pointed out that an increase in MF may imply an increase in the values of the hand-stripping milk fraction. Therefore, in dairy cows, there is a range of MF between 400 and 600 g/min that optimizes milking duration and machine milk yield. According to Rasmussen (2004), using the same levels in MF and DT and two different ACRs, the same result will not necessarily be obtained, with the possibility to find differences due to the pulsation parameters, vacuum level and the length of the conduction between the teat cups and the milk flow meter device.

In small ruminants, Tangorra et al. (2007) observed that the use of ACR in the milking of Alpine breed goats reduced the milking duration and the need for staff in the milking parlor. In a second study, Tangorra et al. (2010) found higher values of machine milk yield in goats milked with ACR, suggesting that this result could be due to the reduction in overmilking obtained with the employment of these devices. However, the health status of the animals and the teat-end status were not studied. In Murciano-Granadina goats, Bueso-Ródenas et al. (2012) affirmed that the employment of MF of 100 and 150 g/min simplifies

the milking routine (minor double cluster attachment frequency) compared to MF of 200 and 250 g/min, which in practice reduces the values of milking time of the entire herd. These authors affirm, too, that milking time increased in every MF tested when DT was higher than 10 s but milk fractioning was not improved.

Some distributors of milking equipment (DeLaval® and GeaFarm Technologies®, personal communication) recommend, for the milking of dairy ewes, values of MF and DT that range from 100 to 250 g/min and from 10 to 20 s respectively, however there are no scientific references on this subject. The aim of this study was to assess the effect of different combinations of MF and DT in two different AVCDs (SG®-mm25® of DeLaval® and Lactoflow®-Dematron® of GeaFarm Technologies®) on the milking efficiency (milking duration and milk fractioning), the milking routine (cluster falls and double cluster attachment) and the mean vacuum drops during milking of Manchega ewes.

2. Materials and methods

2.1. Facilities and animal handling

Two tests (Test1 and Test2) were performed; the first in a research farm and the second in a commercial farm. The animals of both farms were fed twice a day with the same ration (mixture of cereal grains and alfalfa hay). Water was offered *ad libitum*. Milking was practiced twice a day, at 8:00 h and 17:00 h, as routinely on Manchega ewes farms. The pulsation parameters used were the same on both farms: 180 puls/min and a pulsation ratio of 50%. In Test1 the vacuum level was 38 kPa and in Test2 40 kPa.

Test1 was performed in the research and teaching farm of the Polytechnic School of Orihuela of Miguel Hernandez de Elche University (Spain). This farm has a Gea-Farm Technologies® (Bönen, Germany) low-line milking machine installed in a 1 × 12 Casse type milking parlor. The milking machine was equipped with AVCD (Lactoflow®, Gea-Farm Technologies®, Germany) adjacent to an electronic milk meter (Dematron6®, Gea-Farm Technologies, Bönen, Germany) and both were 1 m below the teat cups (TopFlow®, Gea-Farm Technologies, Bönen, Germany).

Test2 was performed in the installations of the Manchega Ewe National Herd, placed in Valdepeñas (Spain), managed by AGRAMA (National association of breeders of Manchega ewe). This farm has a DeLaval® (Tumba, Sweden) high-line milking machine installed in a 2 × 18 Casse type milking parlor. The milking machine was equipped with AVCD placed in the collector associated to an electronic milk meter (mm25®, DeLaval) positioned 2.5 m above the teat cups (SG-TF100®).

2.2. Experimental design

2.2.1. Animal selection

Prior to Test1, using the morning milking, a preexperimental sampling with a group of 60 ewes with the same lambing date (35 ± 5 days postpartum) setting the AVCD with a MF of 150 g/min and a DT of 15 s was performed. In this sampling, milking duration, machine milk yield and somatic cell count (SCC) were recorded. Moreover, animals with asymmetries from previous pathological processes were discarded. For SCC analysis, 50 ml samples of milk were taken and azidiol was added to them. Samples were kept at 4 °C for up to 24 h until analysis in the dairy professional laboratory in Valencia (LICOVAL, Spain) by the fluoro-opto-electronic method (Fossomatic 5000, Foss Electric, Sweden). Thus, 45 animals whose milking duration was lower than 4 min, machine milk yield higher than 0.5 kg and whose mammary glands were free of clinical mastitis and had a SCC lower than 400,000 cells/ml were selected.

These 45 ewes were distributed in 3 lots according to their parity and their values of machine milk yield and milking duration (Lot 1: 5 primiparous ewes, 3 in second lambing, 3 in third lambing and 4 in fourth lambing, machine milk yield = 0.79 ± 0.05 kg, milking duration = 1.87 ± 0.08 min; Lot 2: 4 primiparous ewes, 4 in second lambing, 3

in third lambing, 3 in fourth lambing and 1 in fifth lambing, machine milk yield = 0.78 ± 0.05 kg, milking duration = 1.90 ± 0.08 min; Lot 3: 5 primiparous ewes, 4 in second lambing, 3 in third lambing, 3 in fourth lambing, machine milk yield = 0.79 ± 0.05 kg, milking duration = 1.92 ± 0.08 min).

Prior to Test2, a preexperimental sampling similarly to what was done in Test1 with a group of 124 ewes with the same lambing date (55 ± 5 days postpartum) was performed. In Test2, SCC was analyzed by the same method employed in Test1 in the dairy professional laboratory of Castilla-La Mancha (LILCAM, Spain). After the preexperimental sampling, following the same criteria of Test1, 54 ewes were selected and divided in 3 lots (Lot 1: 4 primiparous ewes, 6 in second lambing, 4 in third lambing, 3 in fourth lambing and 1 in fifth lambing, machine milk yield = 1.12 ± 0.03 kg, milking duration = 2.45 ± 0.07 min; Lot 2: 4 primiparous ewes, 7 in second lambing, 4 in third lambing, 2 in fourth lambing and 1 in fifth lambing, machine milk yield = 1.12 ± 0.03 kg, milking duration = 2.48 ± 0.07 min; Lot 3: 4 primiparous ewes, 6 in second lambing, 4 in third lambing, 3 in fourth lambing and 1 in fifth lambing, machine milk yield = 1.10 ± 0.03 kg, milking duration = 2.36 ± 0.07 min).

2.2.2. Experimental design

Test1 was composed of 4 experiments with latin square design performed sequentially. In each latin square, one MF (100, 150, 200 and 250 g/min) and 3 DT (10, 15 and 20 s) were tested since these values are the most recommended by the distributors of milking equipment (DeLaval and Gea-Farm Technologies, personal communication). Test2 was composed of two experiments with latin square design. In each latin square, one MF (150 and 200 g/min) and 3 DT (10, 15 and 20 s) were tested.

In each Latin square, each group of animals was milked for two days with the same combination of AVCD parameters (MF and DT). The first day of each combination was employed to habituate the animals to the experimental conditions and the morning milking of the second day was employed to collect data, one record of each variable per animal per combination of AVCD. In all the study, AVCD was set to not interrupt the vacuum for a minimum milking duration of 50 s.

2.2.3. Milking routine and variables analyzed

In both tests, the milking routine during the sampling days included the following phases: (i) cluster attachment, (ii) mechanical milking (recording machine milk yield and milking duration), (iii) cluster removal through AVCD action and (iv) hand-stripping (recording hand-stripping milk) in a bucket. Additionally, in Test1, the recording of residual milk was extracted after intravenous administration of 4 IU of oxytocin (Dalmatocina[®], Fatro Ibérica, Barcelona, Spain). As in a commercial farm would be done, cluster falls during milking were recorded and then reattached. Similarly, if AVCD acted and there was a significant amount of milk that a reattachment could extract, a double cluster attachment was realized immediately and recorded. Finally, teats were immersed in iodine solution. The same milking routine was used on non-sampling days, with the difference that hand-stripping milk and residual milk were not taken.

Machine milk yield (kg) was the amount of milk from cluster attachment to AVCD activation. It was recorded by a Lactocorder[®] device (Lactocorder, Balgach, Switzerland) in Test1 and mm25[®] (DeLaval, Tumba, Sweden) in Test2. Milking duration (min) was defined as the time from cluster attachment to AVCD activation and it was recorded by a digital timer (HS-70 W, Casio[®], Japan). If a reattachment was done, milking duration included its duration also. Hand-stripping milk (kg) and residual milk (kg) were weighed with a ± 1 g precision digital scale (BC-200, Fagor[®], Spain).

In order to assess the relative importance of the recorded variables in relation to total milk extracted from the animal, new variables were calculated from the values of machine milk yield, hand-stripping milk and residual milk. In Test1, machine milk fraction ($\% = \text{machine milk yield} \times 100 / [\text{machine milk yield} + \text{hand-stripping milk} + \text{residual milk}]$), hand-stripping milk fraction ($\% = \text{hand-stripping milk} \times 100 / [\text{machine milk yield} + \text{hand-stripping milk} + \text{residual milk}]$) and residual milk fraction ($\% = \text{residual milk} \times 100 / [\text{machine milk yield} + \text{hand-stripping milk} + \text{residual milk}]$) were computed. In Test2, machine milk fraction ($\% = \text{machine milk yield} \times 100 / [\text{machine milk yield} + \text{hand-stripping milk}]$) and hand-stripping milk fraction ($\% = \text{hand-stripping milk} \times 100 / [\text{machine milk yield} + \text{hand-stripping milk}]$) were computed.

Vacuum related variables were recorded on the first day of each Latin Square in random animals. Twenty vacuum level measurements within each of the tested combinations of AVCD were recorded using a Pulsotest Comfort[®] device (GeaFarm Technologies[®], Bönen, Germany).

The measurements were performed in the short milk tubes during the DT. The variables recorded were maximum vacuum level (kPa) and minimum vacuum level (kPa). From their values, mean vacuum drop (maximum vacuum level – minimum vacuum level, kPa) was calculated.

2.2.4. Statistical analysis

For each test the relationship between the dependent variables (milking duration, machine milk fraction, hand-stripping milk fraction, residual milk fraction) and the operating parameters of the AVCD (MF and DT) was studied using a linear mixed model (Proc GLIMMIX, SAS V 9.2., 2002). Fixed effects were MF (4 levels in Test1: 100, 150, 200 and 250 g/min; 2 levels in Test2: 150 and 200 g/min), DT (3 levels: 10, 15 and 20 s), day of sampling (3 levels: 1–3) nested to MF and the interaction between MF and DT. Additionally, the covariable machine milk yield was considered in the milking duration analysis. In all models the animal was considered as random effect and a “compound symmetry” type covariance structure was employed to consider measures repeated over time in the same animal.

To study the relation between the operating parameters of the AVCD (MF and DT) and the variables of the milking routine, double cluster attachment frequency and cluster falls frequency, Chi-square analysis (Proc Freq, SAS V 9.2., 2002) was computed.

Finally, maximum vacuum level, minimum vacuum level and mean vacuum drop were analyzed using a general linear model (Proc GLM, SAS V 9.2., 2002) considering MF, DT and the interaction between DT and MF as factors.

3. Results

In Test1, the analysis revealed that machine milk yield had effect on milking duration ($F = 64.28$; $P < 0.01$). MF had effect on milking duration ($F = 9.12$; $P < 0.01$) but had no effect on machine milk fraction ($F = 1.39$; $P = 0.25$), hand-stripping milk fraction ($F = 1.58$; $P = 0.20$) and residual milk fraction ($F = 2.59$; $P = 0.06$). In the same test, DT had effect on milking duration ($F = 8.27$; $P < 0.01$) but not on machine milk fraction ($F = 1.56$; $P = 0.22$), hand-stripping milk fraction ($F = 1.31$; $P = 0.28$) and residual milk fraction ($F = 0.37$; $P = 0.7$). The interaction between DT and MF had no effect on any variable in this test (milking duration: $F = 0.59$, $P = 0.74$; machine milk fraction: $F = 0.48$, $P = 0.83$; hand-stripping milk fraction: $F = 0.18$, $P = 0.98$; residual milk fraction: $F = 1.16$, $P = 0.34$). Finally, in Test1, sampling day nested to MF had effect on milking duration ($F = 2.3$; $P = 0.02$) and residual milk fraction ($F = 0.37$; $P = 0.02$) but not on machine milk fraction ($F = 1.30$; $P = 0.24$) and hand-stripping milk fraction ($F = 1.32$; $P = 0.23$).

Similar results were found in Test2, machine milk yield had effect on milking duration ($F = 67.58$; $P < 0.01$) and MF had effect on milking duration ($F = 15.45$; $P < 0.01$) but not on machine milk fraction ($F = 2.67$; $P = 0.11$). DT had effect on milking duration ($F = 9.91$; $P < 0.01$) but not on machine milk fraction ($F = 2.34$; $P = 0.1$). Again, the interaction between DT and MF had no effect on any variable (milking duration: $F = 0.21$, $P = 0.81$; machine milk fraction: $F = 0.48$, $P = 0.83$). In this test, sampling day nested to MF had no effect on milking duration ($F = 0.4$; $P = 0.81$) and machine milk fraction ($F = 1.5$; $P = 0.2$). Finally, as residual milk was not extracted in Test2, the studied effects offered the same values of F and P in the results of the statistical analysis performed on machine milk fraction and hand-stripping milk fraction.

In Test1, when MF was decreased, milking duration tended to increase (Table 1). Thus, higher values of milking duration were found in MF 100 and 150 g/min than in MF 200 and 250 g/min. It was similarly observed that when DT

Table 1Effect of milk flow threshold and delay time on milking duration and milk fractioning in both tests (means \pm standard error).

Test	AVCD settings		Variables			
	MF (g/min)	DT (s)	MD (min)	MMF (%)	HSMF (%)	RMF (%)
1	100	10	1.74 \pm 0.08 bc	75.7 \pm 2.0 ab	10.6 \pm 1.2 ab	13.7 \pm 1.4 a
		15	1.77 \pm 0.08 bc	76.5 \pm 2.0 ab	11.1 \pm 1.2 ab	12.4 \pm 1.4 abc
		20	1.90 \pm 0.08 a	78.1 \pm 2.0 a	10.1 \pm 1.2 ab	11.8 \pm 1.4 abc
	150	10	1.75 \pm 0.08 bc	77.5 \pm 2.0 ab	10.9 \pm 1.2 ab	11.6 \pm 1.4 abc
		15	1.77 \pm 0.08 bc	76.4 \pm 2.0 ab	10.6 \pm 1.2 ab	13.0 \pm 1.4 ab
		20	1.80 \pm 0.08 ab	79.2 \pm 2.0 a	9.4 \pm 1.2 b	11.4 \pm 1.4 abc
	200	10	1.61 \pm 0.08 d	76.7 \pm 2.0 ab	11.8 \pm 1.2 ab	11.5 \pm 1.4 abc
		15	1.59 \pm 0.08 d	76.4 \pm 2.0 ab	12.3 \pm 1.2 a	11.3 \pm 1.4 abc
		20	1.74 \pm 0.08 bc	78.3 \pm 2.0 ab	11.3 \pm 1.2 ab	10.4 \pm 1.4 c
	250	10	1.61 \pm 0.08 d	74.8 \pm 2.0 b	12.6 \pm 1.2 a	12.6 \pm 1.4 abc
		15	1.66 \pm 0.08 cd	76.5 \pm 2.0 ab	11.5 \pm 1.2 ab	12.0 \pm 1.4 abc
		20	1.74 \pm 0.08 bc	75.4 \pm 2.0 b	10.8 \pm 1.2 ab	13.8 \pm 1.4 a
2	150	10	2.31 \pm 0.08 bc	86.4 \pm 1.1 ab	13.6 \pm 1.1 ab	
		15	2.37 \pm 0.08 ab	85.6 \pm 1.1 ab	14.4 \pm 1.1 ab	
		20	2.47 \pm 0.08 a	87.5 \pm 1.1 a	12.5 \pm 1.1 b	
	200	10	2.14 \pm 0.08 d	86.1 \pm 1.1 ab	13.9 \pm 1.1 ab	
		15	2.25 \pm 0.08 cd	84.3 \pm 1.1 b	15.7 \pm 1.1 a	
		20	2.35 \pm 0.08 bc	85.6 \pm 1.1 ab	14.4 \pm 1.1 ab	

MF: milk flow threshold; DT: delay time; MD: milking duration; MMF: machine milk fraction; HSMF: hand-stripping milk fraction; RMF: residual milk fraction.

In Test1, MMF, %, = $MM \times 100/[MM + HSM + RM]$, HMF, %, = $HM \times 100/[MM + HSM + RM]$, RMF, %, = $RM \times 100/[MM + HSM + RM]$.

In Test2, MMF, %, = $MM \times 100/[MM + HSM]$ and HSMF, %, = $HSM \times 100/[MM + HSM]$.

Test1: LactoFlow®-Dematron® installed in a low-line milking machine; research farm; total observations: 540; animals employed: 45.

Test2: SG®-mm25® installed in high-line milking machine; commercial farm; total observations: 324; animals employed: 54.

a, b, c, d: means in the same test in a column with different letters differ at $P < 0.05$.

was increased for a particular MF, milking duration tended to increase too, proving significant differences between DT 10 and 20 s in the MF 100 (0.16 min), 200 (0.13 min) and 250 g/min (0.13 min). In Test2, significant differences (0.33 min) between extreme settings (MF 150 g/min and DT 20 s vs MF 200 g/min and DT 10 s) were found. Also, significant differences between DT 10 and 20 s in the same MF were found (0.16 min in MF 150 g/min and 0.21 in MF 200 g/min). The differences between extreme settings (MF 100 g/min and DT 20 s vs MF 250 g/min and DT 10 s in test1; MF 150 g/min and DT 20 s vs MF 200 g/min and DT 10 s in Test2) were similar (0.29 min \approx 0.33 min) in both tests (Table 1).

In Test1, significant differences ($P < 0.05$) were observed in machine milk fraction between MF 100 or 150 combined with DT 20 s and MF 250 g/min combined with DT 10 or 20 s (until 4.4%). However, from 200 g/min, the decrease in MF did not involve higher values in machine milk fraction. On the other hand, machine milk fraction tended to increase when DT was increased, thus, DT 20 s in MF 100, 150 and 250 g/min showed the highest values for the given MF values. In Test2, there were no differences between different MF. Also, in Test 2, differences between different DT for the same MF were not found. However, MF 150 g/min combined with DT 20 s obtained the highest values with significant differences (3.2%) between this combination and MF 200 g/min combined with DT 15 s (Table 1).

In Test1, the average values of hand-stripping milk fraction in MF 150 g/min were lower ($P < 0.05$) than in MF 200 (difference of 1.5%). It was also observed that DT 20 s offered the lowest values of hand-stripping milk fraction in every single MF. Nonetheless, although significant ($P < 0.05$), the differences observed were low (up to 3.2%).

In Test2, the results of hand-stripping milk fraction were complementary to the results of machine milk fraction, due to residual milk was not extracted (Table 1).

The results of residual milk fraction in Test1 showed that the combination of MF 200 g/min and DT 20 s offered significant differences compared to the MF 100, 150 and 250 g/min combined respectively with DT 10, 15 and 20 s. Moreover, for a particular MF, the increase of DT oscillated the values of hand-stripping milk fraction, increasing in some cases and decreasing in others. Despite these results, it was no possible to find changes in the settings of MF and DT that could improve the results of this variable (Table 1).

The analysis of double cluster attachment and cluster falls frequency did not show significant differences in any test. The values of cluster falls were homogeneously distributed amongst the studied combinations. The values of double cluster attachment in both tests were very low and there was no relation between these values and the variation of the settings of MF and DT (Table 2).

Although maximum vacuum level showed significant differences between different settings of AVCD, there was no trend of variation of its values when MF or DT were modified. Besides, the differences obtained were small (0.25 kPa in Test1 and 0.15 kPa in Test2). In both tests, minimum vacuum level decreased when MF and DT increased. Thus, the minimum values of minimum vacuum level were reached when DT 20 s was combined with MF 250 and 200 in Test1 and Test2, respectively. These results implied that the increase in both MF and DT involved an increase in mean vacuum drop values, thus, MF 250 g/min in Test1 and MF 200 in Test2, combined with DT 20 s showed the highest values of mean vacuum drop in their respective test (3.15 and 6.56 kPa, respectively, Table 3).

Table 2

Effect of milk flow threshold (MF) and delay time (DT) on cluster fall frequency (CFF) and double cluster attachment frequency (DCAF).

Test	Variable	MF (g/min)	DT (s)			Total	P
			10	15	20		
1	CFF	100	2	4	5	11	NS
		150	5	5	6	16	NS
		200	4	3	6	13	NS
		250	5	7	5	17	NS
	DCAF	100	0	0	0	0	NS
		150	1	1	0	2	NS
		200	2	0	1	3	NS
2	CFF	150	1	5	2	8	NS
		200	2	2	1	5	NS
	DCAF	150	0	1	1	2	NS
		200	0	0	0	0	NS

Observations in test1: 540; observations in test2: 324; NS: not significant ($P > 0.05$).

4. Discussion

As initially expected, the results obtained in this study showed an increase in machine milk fraction when a reduced MF and high DT were employed and a decrease in milking duration when a high MF and reduced DT were combined. Thus, in both tests, the combination of MF 150 g/min and DT 20s showed the highest values of machine milk fraction and MF 200 g/min and DT 10s obtained the most reduced milking duration. In Test1, the employment of MF 100 g/min did not improve the values of machine milk fraction and hand-stripping milk fraction but milking duration was increased, especially when it was combined with DT 20s. In the same test, the use of MF 250 g/min did not offer smaller values of milking duration. Taking into account these results, the milk flow emission during the milking of Manchega breed ewes would decrease progressively until MF was between 200 and 150 g/min, and, from these levels, descend fast,

ceasing readily. Therefore, the employment of MF lower than 150 g/min did not obtain a better emptying of the mammary gland.

The results of this study would be similar to those observed in dairy cows by Magliaro and Kensinger (2005), Jago et al. (2010) and Edwards et al. (2013): there is an optimal range from which the employment of lower MF does not improve the quantity of milk extracted and increases the values of milking duration. To surpass this point, besides increasing milking duration, increases the risk of realize overmilking, affecting the teat end status and, in consequence, the health status of the mammary gland. Thus, in Manchega breed ewes, the best setting to obtain the higher quantity of milk employing an optimal milking duration would be between MF 200 and 150 g/min. Subsequently, within this range, the employment of MF 200 g/min combined with short DT would reduce milking duration and the employment of MF 150 g/min combined with high DT would improve the milk fractioning. These two strategies must be valued by the breeder, comparing the cost of the time employed and the cost of the non-extracted milk, taking into account that the price of ewe milk is higher than the milk of other species, and even higher if this milk is destined to the manufacture of cheese classified as protected designation of origin.

In the present study, the milking duration of each group of animals was not recorded but the differences in individual milking duration obtained (maximum of 0.31 min per animal) suggest that it could be possible to find differences in the milking duration of the entire herd depending on the different AVCD combinations studied as Reid and Stewart (1997) described in dairy cows.

It is remarkable that the differences observed in milking duration depending of the different AVCD settings studied in Test2 are higher than those observed in Test1. Although there were a lot of differences between both tests, this fact could be explained, firstly, because of the higher production level of the animals employed in Test2 that could

Table 3

Effect of milk flow threshold (MF) and delay time (DT) on maximum vacuum level (MAXVL), minimum vacuum level (MINVL) and their difference (mean vacuum drop, MVD) (means \pm standard error).

Test	MF (g/min)	DT (s)	MAXVL (kPa)	MINVL (kPa)	MVD (kPa)	Observations
1	100	10	37.82 \pm 0.06 abc	37.15 \pm 0.3 a	0.67 \pm 0.3 a	20
		15	37.71 \pm 0.06 a	36.94 \pm 0.3 a	0.77 \pm 0.3 a	20
		20	37.8 \pm 0.06 abc	37.06 \pm 0.3 a	0.74 \pm 0.3 a	20
		10	37.79 \pm 0.06 ab	36.38 \pm 0.3 ab	1.40 \pm 0.3 ab	20
		15	37.87 \pm 0.06 abc	36.46 \pm 0.3 a	1.41 \pm 0.3 ab	20
		20	37.72 \pm 0.06 a	35.92 \pm 0.3 bc	1.8 \pm 0.3 bc	20
	200	10	37.96 \pm 0.06 c	35.83 \pm 0.3 bcd	2.12 \pm 0.3 bcd	20
		15	37.85 \pm 0.06 abc	35.42 \pm 0.3 cde	2.42 \pm 0.3 cde	20
		20	37.95 \pm 0.06 bc	35.55 \pm 0.3 cdef	2.56 \pm 0.3 de	20
		10	37.8 \pm 0.06 abc	35.20 \pm 0.3 cde	2.6 \pm 0.3 de	20
		15	37.82 \pm 0.06 abc	34.68 \pm 0.3 f	3.14 \pm 0.3 de	20
		20	37.83 \pm 0.06 abc	34.68 \pm 0.3 f	3.15 \pm 0.3 e	20
2	150	10	39.79 \pm 0.05 ab	34.38 \pm 0.3 a	5.41 \pm 0.31 a	20
		15	39.87 \pm 0.05 b	34.46 \pm 0.3 a	5.41 \pm 0.31 a	20
		20	39.72 \pm 0.05 a	33.92 \pm 0.3 ab	5.8 \pm 0.31 ab	20
	200	10	39.96 \pm 0.05 b	33.83 \pm 0.3 ab	6.12 \pm 0.31 ab	20
		15	39.85 \pm 0.05 ab	33.42 \pm 0.3 b	6.42 \pm 0.31 b	20
		20	39.95 \pm 0.05 b	33.38 \pm 0.3 b	6.56 \pm 0.31 b	20

a, b, c, d, e: means in the same column with different letters differ at $P < 0.05$.

increase the differences between different combinations of MF and DT. This situation has been described by Magliaro and Kensinger (2005) when comparing their results with other studies in dairy cows. Secondly, the experimental conditions in Test2 (electronic milk meter placed 2.5 m above the teat cups) made it detect the decrease in milk flow later than in Test1 (electronic milk meter placed 1 m below the teat cups). In consequence, the AVCD in Test2 could interrupt the vacuum when the milk flow has greatly decreased at the level of the teat cups. This difference would confirm what had been suggested by Rasmussen (2004) regarding the importance of the distance between the teat cups and the milk meter to interrupt the vacuum at the optimal moment.

Contrary to what was observed by Bueso-Ródenas et al. (2012), in both tests, DT 20 s for a single MF showed lower values of hand-stripping milk fraction than DT 10 s. Thus, the means of hand-stripping milk fraction ranged from 9.4 to 12.5%, similar values to those obtained in other studies made in Manchega ewes (8–11%, Villagrà et al., 2007). As it has been described in Sarda, Lacaune (Labussière, 1988) and Dorset Horn (Knight and Gosling, 1995) ewes, it is possible that the employment of simple routines, avoiding machine stripping, could obtain optimal values of hand-stripping milk fraction compared with routines that include manipulation of the mammary gland at the end of the milking. Additionally, there was a low frequency of double cluster attachment and differences in this variable between the studied combinations were non-existing. This last fact suggests that, in opinion of the operators at the studied levels in both tests, the employment of AVCDs obtains a good emptying of the mammary gland. This good extraction of the milk, would avoid the accumulation of milk in the mammary gland that could inhibit its synthesis (Peaker, 1980; Stelwagen et al., 1994; Wilde et al., 1995) affecting the yield of the entire cycle of lactation (Wilde and Knight, 1990). Nevertheless, to confirm this hypothesis, an experiment during an entire lactation should be done.

The variation of MF and DT had no effect on cluster falls frequency in any test. The results of this variable in Test2 (1.5%), according other works realized in Manchega ewes (Peris et al., 2003), were satisfactory. However, there was a high frequency of cluster falls in Test1 (10.5%).

As described in previous studies (Díaz et al., 2004; Manzur et al., 2012) the milking machines with high-line pipes show higher values of the mean vacuum drop. Thus, the highest values of mean vacuum drop observed in Test2 were due to the performance of the milking machine. Longer measurement time may produce higher vacuum level falls, hence, in both tests, the increase of DT corresponded with an increase in mean vacuum drop. Additionally, the use of higher MF showed higher values of mean vacuum drop. This can be explained due to a persisting milk flow in the short tubes in these MF that can disturb the correct arrival of the vacuum to the teat cups. Anyway, the small differences found between the different combinations of MF and DT in the same test do not suggest that the settings of the AVCD could increase the risk of intramammary infections (Billon et al., 1998), although further studies are needed to confirm it.

5. Conclusions

According to these results, regarding Dematron®-Lactoflow® installed in low-line milking machine, it is appreciable that the employment of MF 100 g/min increased milking duration without improving the milk fractioning and the employment of MF 250 g/min did not reduce milking duration and showed worse results of milk fractioning. The minimum differences between MF 150 and 200 g/min showed in Test1 suggest that the optimal setting of this AVCD would be found at these levels. On the other hand, regarding SG®-mm25® installed in high-line milking machine, two strategies could be considered: a MF of 150 g/min combined with a high DT to extract the maximum amount of milk or to use a MF of 200 g/min combined with a short DT to optimize the time employed.

Further studies are needed to study how AVCDs affect the milking duration of the total herd, production and composition of the milk and the sanitary status of the mammary gland of Manchega breed ewes.

Conflict of interest

The authors wish to confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication and there has been no significant financial support for this work that could have influenced its outcome.

Acknowledgments

This study was part of the program of research AGL2009-10695 funded by “Ministerio de Ciencia e Innovación of Spain”. The authors acknowledge Mr. Roberto Gallego and Mr. Oscar García of AGRAMA for the supervision of the animal handling and Dr. Bonastre Oliete of CERSYRA for her collaboration in the field work. The authors also thank Mr. Ross Ashley Machin for English language assistance.

References

- Billon, P., Sauvee, O., Menard, J.L., Gaudin, V., 1998. Effects of milking and of the 423 milking machine on somatic cells counts and intramammary infections on dairy cows. In: Proc. 5th Renc. Rech. Ruminants, INRA-Institut de L'Elevage, Paris, France, pp. 305–312.
- Bueso-Ródenas, J., Romero, G., Roca, A., Navarro, A., Díaz, J.R., 2012. Effect of automatic cluster removers in the milking of Murciano-Granadina goats. In: XI International Conference in Goats: 104, Las Palmas de Gran Canaria, Spain.
- Díaz, J.R., Peris, C., Rodríguez, M., Molina, M.P., Fernandez, N., 2004. Effect of milking pipeline height on machine milking efficiency and milk quality in sheep. *J. Dairy Sci.* 87, 1675–1683.
- Edwards, J.P., Jago, J.G., Lopez-Villalobos, N., 2013. Milking efficiency for grazing dairy cows can be improved by increasing automatic cluster remover thresholds without applying premilking stimulation. *J. Dairy Sci.* 96, 3766–3773.
- ISO Standard 3918, 2006. *Milking Machines Installations. Glossary of Terms.*
- Jago, J.G., Burke, J., Williamson, J.H., 2010. Effect of automatic cluster remover settings on production, udder health, and milking duration. *J. Dairy Sci.* 93, 2541–2549.
- Knight, T.W., Gosling, L.S., 1995. Effects of milking frequency and machine-stripping on the yield and composition of milk from Poll Dorset ewes. *N. Z. J. Agric. Res.* 38, 123–130.
- Labussière, J., 1988. Review of physiological and anatomical factors influencing the milking ability of ewes and the organization of milking. *Livest. Sci.* 18, 253–274.

- Magliaro, A.L., Kensinger, R.S., 2005. Automatic cluster remover settings affects milk yield and machine-on time in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 148–153.
- Manzur, A., Díaz, J.R., Mehdid, A., Fernández, N., Peris, C., 2012. Effect of mid-line or low-line milking systems on milking characteristics in goats. *J. Dairy Res.* 79, 375–382.
- Peaker, M., 1980. The effect of raised intramammary pressure on mammary function in the goat in relation to the cessation of lactation. *J. Physiol.* 301, 415–428.
- Peris, C., Díaz, J.R., Balasch, S., Beltran, M.C., Molina, M.P., Fernandez, N., 2003. Influence of vacuum level and overmilking on udder health and teat thickness changes in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 86, 3891–3898.
- Rasmussen, M.D., 1993. Influence of switch level of automatic cluster removers on milking performance and udder health. *J. Dairy Res.* 60, 287–297.
- Rasmussen, M.D., 2004. Overmilking and teat condition. In: *Proceedings of the 43th Annual Meetings of the National Mastitis Council*, pp. 169–175.
- Reid, D., Stewart, A., 1997. The effects on parlor performance by variations of detacher settings. In: *Proceedings of the 36th Annual Meetings of the National Mastitis Council*, pp. 101–104.
- Sagi, R., 1978. Milk flow rate and end of milking detectors. In: *Proceedings of the 17th Annual Meetings of the National Mastitis Council*, pp. 328–334.
- Stelwagen, K., Davis, S.R., Farr, V.C., Prosser, C.G., Sherlock, A., 1994. Mammary epithelial cell tight junction integrity and mammary blood flow during an extended milking interval in goats. *J. Dairy Sci.* 77, 426–432.
- Stewart, S., Godden, S., Rapnicki, P., Reid, D., Johnson, A., Eicker, S., 2002. Effects of automatic cluster remover settings on average milking duration, milk flow, and milk yield. *J. Dairy Sci.* 85, 818–823.
- Tangorra, F.M., Zaninelli, M., Mercandino, L., 2007. Effect of automatic cluster removal on parlor performance and unit cost of milking in dairy goats. In: *Proceedings of XXXII CIOSTA-CIGR: "Advances in labour and machinery management for a profitable agriculture and forestry"*, pp. 639–646.
- Tangorra, F.M., Costa, A., Guidobono Cavalchini, A., 2010. Preliminary results of a field study on goats milk yield and lactation persistency as affected by automatic cluster removals. In: *Proceedings of the International Conference Ragusa SHWA2010*, pp. 592–598.
- Villagrà, A., Balasch, S., Peris, C., Torres, A., Fernández, N., 2007. Order of sheep entry into the milking parlour and its relationship with their milkability. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 108, 58–67.
- Wilde, C.J., Knight, C.H., 1990. Milk yield and mammary function in goats during and after once-daily milking. *J. Dairy Res.* 57, 441–447.
- Wilde, C.J., Addey, C.V.P., Boddy, L.M., Peaker, M., 1995. Autocrine regulation of milk secretion by a protein in milk. *Biochem. J.* 305, 51–58.

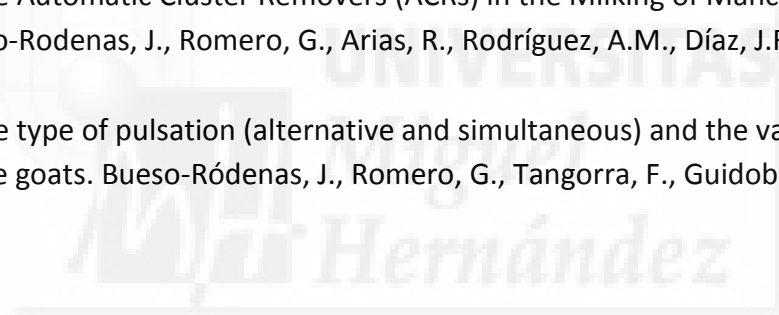


Artículos remitidos a revisión

4.3. Effect of the Automatic Cluster Removers (ACRs) in the Milking of Murciano-Granadina Goats during Lactation. Romero, G., Bueso-Rodenas, J., Gascó, P., Díaz, J.R.

4.4. Effect of the Automatic Cluster Removers (ACRs) in the Milking of Manchega Ewes during Lactation. Bueso-Rodenas, J., Romero, G., Arias, R., Rodríguez, A.M., Díaz, J.R.

4.5. Effect of the type of pulsation (alternative and simultaneous) and the vacuum level on milking efficiency Alpine goats. Bueso-Ródenas, J., Romero, G., Tangorra, F., Guidobono-Cavalchini, A., Díaz, J.R.





Manuscript Number:

Title: EFFECT OF AUTOMATIC CLUSTER REMOVERS (ACRs) ON THE MILKING OF MURCIANO-GRANADINA GOATS DURING LACTATION

Article Type: Research Paper

Keywords: automatic cluster removers, Murciano-Granadina goat, milking fractioning, milking duration.

Corresponding Author: Dr. José Ramón Díaz, Professor

Corresponding Author's Institution: Universidad Miguel Hernández

First Author: Gema Romero

Order of Authors: Gema Romero; Joel Bueso-Ródenas; María Pilar Gascó; José R Díaz

Manuscript Region of Origin: SPAIN

Abstract: Automation of milking installations, in addition to reduction of working times, allows a higher control of the mammary gland sanitary status, increasing available information and farm profitability. One of the most recently developed advances in small ruminants machine milking is the implementation of automatic cluster removers (ACRs). The aim of this study was to discover the effect on the milking of Murciano-Granadina goats over an entire lactation period by using this type of devices, set up with two different combinations of milk flow threshold (MF) and delay time (DT), and comparing them with the traditional method using manual cluster removal. During a 15 day pre-experimental period, the animals were milked without ACRs and sampling was performed to select 96 goats and distribute them into 3 groups of similar characteristics according to their parity, milk yield, milking duration and mammary gland sanitary status. Later, each group was milked for a duration of 7 months in 3 different conditions: one with manual cluster removal, the second setting the ACRs at MF 100 g/min and DT 10 s, and the third setting the ACRs at MF 150 g/min and DT 10 s. Samplings of milking fractioning, milking duration, milk composition, sanitary status of the mammary gland, teat-end status and vacuum level in the short milk tubes during milking were performed. It was noted that the use of ACR set at MF 100 or 150 g/min and DT 10 s did not affect the results of milking fractioning and individual milking duration of the animals. Although there were no differences in the sanitary status of the mammary gland and milk composition, the milking with manual cluster removal caused a higher teat-end oedema and increased the mean vacuum drops. It was concluded that the implementation of ACR and its use with the given MF and DT was as effective as milking with cluster removal performed by an experienced milker. Furthermore, with cluster removal being automatic, the conditions of the workers would be improved, keeping up the sanitary status of the animals and the income from milk quantity and quality, so the ACRs could be installed in the milking parlours, substituting the manual cluster removal.

HIGHLIGHTS

- 1) The effect of the ACRs in the milking of Murciano-Granadina goats was studied.
- 2) ACRs were as effective as the milking with manual cluster removal.
- 3) ACRs preserved the sanitary status of the animals and maintained milk quality.
- 4) ACRs could be installed in the farms, improving the conditions of the workers.



1 **EFFECT OF AUTOMATIC CLUSTER REMOVERS (ACRs) ON THE**
2 **MILKING OF MURCIANO-GRANADINA GOATS DURING LACTATION**

3 **G. Romero, J. Bueso-Ródenas, M.P. Gascó, J.R. Díaz¹**

4 Departamento de Tecnología Agroalimentaria. Universidad Miguel Hernández de
5 Elche. Ctra. de Beniel km 3.2. 03312 Orihuela (Alicante). Spain.

6 ¹Corresponding author: José Ramón Díaz Sánchez. Departamento de Tecnología
7 Agroalimentaria. Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH). Ctra. de Beniel km
8 3.2. 03312 Orihuela (Alicante).Tel: +34 96674 9728. Fax: +34 96674 9677.

9 E-mail: jr.diaz@umh.es

10



11 **ABSTRACT**

12

13 Automation of milking installations, in addition to reduction of working times,
14 allows a higher control of the mammary gland sanitary status, increasing available
15 information and farm profitability. One of the most recently developed advances in
16 small ruminants machine milking is the implementation of automatic cluster removers
17 (ACRs). The aim of this study was to discover the effect on the milking of Murciano-
18 Granadina goats over an entire lactation period by using this type of devices, set up with
19 two different combinations of milk flow threshold (MF) and delay time (DT), and
20 comparing them with the traditional method using manual cluster removal. During a 15
21 day pre-experimental period, the animals were milked without ACRs and sampling was
22 performed to select 96 goats and distribute them into 3 groups of similar characteristics
23 according to their parity, milk yield, milking duration and mammary gland sanitary
24 status. Later, each group was milked for a duration of 7 months in 3 different
25 conditions: one with manual cluster removal, the second setting the ACRs at MF 100
26 g/min and DT 10 s, and the third setting the ACRs at MF 150 g/min and DT 10 s.
27 Samplings of milking fractioning, milking duration, milk composition, sanitary status of
28 the mammary gland, teat-end status and vacuum level in the short milk tubes during
29 milking were performed. It was noted that the use of ACR set at MF 100 or 150 g/min
30 and DT 10 s did not affect the results of milking fractioning and individual milking
31 duration of the animals. Although there were no differences in the sanitary status of the
32 mammary gland and milk composition, the milking with manual cluster removal caused
33 a higher teat-end oedema and increased the mean vacuum drops. It was concluded that
34 the implementation of ACR and its use with the given MF and DT was as effective as
35 milking with cluster removal performed by an experienced milker. Furthermore, with

36 cluster removal being automatic, the conditions of the workers would be improved,
37 keeping up the sanitary status of the animals and the income from milk quantity and
38 quality, so the ACRs could be installed in the milking parlours, substituting the manual
39 cluster removal.

40 **Keywords:** automatic cluster removers, Murciano-Granadina goat, milking fractioning,
41 milking duration.

42

43

INTRODUCTION

44

45 Current milking operations, including animal handling, proper milking labour
46 and installation cleaning, represent the foremost part of the work in a dairy farm
47 (Edwards et al., 2013). For this reason, automated installation is a choice on the rise
48 because it not only reduces working times, but also allows closer monitoring of animal
49 health and productive status, increasing the useful information available for farm
50 management (Jago et al., 2010). One of the most recent breakthroughs in small
51 ruminant milking machines is the implementation of automatic cluster removers
52 (ACRs). ACRs have been defined as devices that stop the vacuum in the milking unit,
53 removing it according to milk flow or time (ISO Standard 3918, 2006).

54

55 The effect of ACRs in the milking of dairy cows has been widely studied. Thus,
56 it has been found that the use of MF (milk flow threshold) from 400 to 600 g/min
57 optimises the relation between milking duration and milk yield, reducing the effects of
58 machine milking on teat-end status and maintaining adequate sanitary status of the
59 mammary gland and milk composition (Sagi, 1978; Magliaro and Kensinger, 2005;
60 Jago et al., 2010). However, it is remarkable that there are no studies in dairy cows that
60 combined a fixed MF with different DTs (delay time). Edwards et al. (2013) concluded

61 that the use of ACR set at MF 800 g/min, combined with milking routines without
62 stimulation of the mammary gland prior to milking, reduces the time that the animals
63 spend in the milking parlour. In this sense, the generalised reduction of the milking
64 duration of each animal would thus allow a reduction of the total time needed to milk
65 the entire herd (Reid and Stewart, 1997) and an increase in the number of animals
66 milked per hour (Edwards et al., 2012). Despite this fact, Stewart et al. (2002) pointed
67 out that the time that the animals remain in a CASSE type milking parlour is always
68 conditioned by the presence of animals that show the highest individual milking
69 duration.

70 Studies regarding the effect of automatic vacuum cutting devices (AVCDs,
71 component of the ACR) in the milking of small ruminants are scarce. In Manchega
72 ewes, Bueso-Ródenas et al. (2014a) carried out a study with different MFs (100, 150,
73 200 and 250 g/min) and DTs (10, 15 and 20 s) in two different AVCDs. The main
74 conclusions were that the optimal combination of MF and DT for the milking of
75 Manchega ewes is located between 150 g/min and 20 s and 200 g/min and 10 s, with a
76 balance existing between both combinations between milk yield and milking duration.
77 In dairy goats, Tangorra et al. (2010) carried out a long lasting experiment in Alpine
78 goats, comparing traditional milking using manual cluster removal and the use of a
79 device that combined an AVCD set up with MF 70 g/min and DT 10 s and a system that
80 stabilised the milking unit. In this experiment, it was observed that the goats milked
81 with the device cited showed higher milk yield values, although other important
82 variables for the profitability of the farms, such as the sanitary status of the mammary
83 gland or the composition of the milk, were not studied. In a short-term experiment
84 carried out by this research group (Bueso-Ródenas et al., 2014b) with different MFs
85 (100, 150, 200, and 250 g/min) and DTs (10, 15, and 20 s), it was concluded that the

86 optimal settings for the AVCDs in the milking of Murciano-Granadina goats was the
87 combination of MF between 100 and 150 g/min and DT 10 s. The use of higher MFs
88 required the execution of a second cluster attachment more frequently to achieve
89 optimum emptying of the mammary gland, and, consequently, increasing milking
90 duration. On the other hand, milking duration and mean vacuum drop increased when
91 DT was higher than 10 s in a single MF, but milking fractioning was not improved.

92 The aim of this study was to assess the effect of the AVCDs on the milking of
93 Murciano-Granadina goats over one lactation with regard to milk yield and fractioning,
94 milking duration (individual and per groups of animals), milk composition, sanitary
95 status of the mammary gland, vacuum level in the short milk tubes and teat-end status,
96 comparing the parameters that obtained the best results in the previous short-term
97 experiment (Bueso-Ródenas et al., 2014b: MF 100 and 150 g/min and DT 10 s) with
98 conventional milking (manual cluster removal).

100 MATERIALS AND METHODS

101

102 *Facilities and Animal Handling*

103 The study was conducted at the teaching and research farm of the Escuela
104 Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández, Spain). During the
105 study, Murciano-Granadina goats were fed twice a day with the same ration (mixture of
106 cereal grains and alfalfa hay). Water was offered ad libitum. Milking was done once a
107 day, as routinely in this breed in Southeast Spain, at 0900 a.m. This farm has a Gea-
108 Farm Technologies® (Bönen, Germany) low-line milking machine installed in a 1 × 12
109 × 12 Casse type milking parlour. The milking machine was equipped with AVCD
110 (Lactoflow®) adjacent to an electronic milk meter (Dematron60®, Gea-Farm

111 Technologies, Bönen, Germany). Both were connected to the teat-cups (TopFlow®)
112 through a 1 m long milk tube. The milking parameters used were vacuum level of 40
113 kPa, 90 pulsations/min and a pulsation ratio of 60%.

114

115 ***Experimental Design***

116 ***Pre-experimental period.*** A pre-experimental period of 15 days was included in
117 order to select the animals that would be included in the study and to determine the
118 initial conditions of such animals. A first sampling was done in a group of 140 goats
119 with similar parturition date (4 ± 1 postpartum weeks) in which milking fractioning,
120 milking duration and sanitary status of the mammary gland were recorded. From the
121 results, 96 goats with milk yield higher than 0.75 kg, milking duration less than 7 min
122 and free of clinical mastitis were selected. The selected animals were distributed into 3
123 groups of 32 animals according to parity, milk yield, mammary gland health status and
124 milking duration.

125 During the pre-experimental period, all the animals were milked without the use
126 of AVCDs and the milking units were removed manually, based on the judgment of an
127 experienced milker. In this period, 5 samplings were done in 5 different non-
128 consecutive days. The samplings included (i) sanitary status of the mammary gland; (ii)
129 efficiency of milking (milking duration and milking fractioning); (iii) teat-end status;
130 (iv) vacuum drops during milking; and (v) milking duration of each row of animals.

131 ***Experimental period.*** The experimental period lasted 7 months, during which
132 each group of animals was milked according to milking conditions that were assigned at
133 the beginning of this period. Three different treatments were tested; one of them was
134 employed as a control (TC: conventional milking without AVCDs) and the other two to
135 assess two AVCD settings: MF 100 g/min and DT 10 s (T100) and MF 150 g/min and

136 DT 10 s (T150). Every month, 5 samplings were carried out, similar to what was
137 performed in the pre-experimental period. Samplings were performed on 5 different
138 non-consecutive days. In the case of the teat-end status, due to technical matters only 6
139 samplings were done.

140 The milking routine in TC included cluster attachment, machine milking,
141 machine stripping and manual cluster removal at the end of the milking. Finally, teats
142 were immersed in an iodine solution. In TC, the milker could act during the milking to
143 reattach the cluster in the case of falloff or to perform the machine stripping. The
144 milking routine followed in T100 and T150 was similar to TC, with the exception that
145 the cluster removal was performed by AVCDs activation and machine stripping was not
146 carried out. Additionally, in both groups of goats the milker could only act if the cluster
147 fell off or to reattach the clusters if the AVCD functioned and there was a significant
148 amount of milk that a reattachment could extract. In T100 and T150, AVCD was set to
149 not interrupt the vacuum for a minimum milking duration of 50 s.

150

151 ***Variables Analysed***

152 ***Sanitary status of the mammary gland.*** The mammary gland health status was
153 evaluated through bacteriological analysis and SCC of each mammary gland using milk
154 samples obtained before milking. For bacteriological analysis, foremilk was discarded,
155 the teats were cleaned with 70% alcohol and 5 mL samples of milk from each gland
156 were taken. For SCC analysis, 50 mL samples of milk were taken and azidiol was added
157 to them. Samples were kept at 4°C for up to 4 h until bacteriological analysis.
158 Bacteriological analysis was performed by seeding 20 µL of milk in blood agar plates
159 (5% sheep blood, Biomerieux, Lyon, France). The plates were incubated aerobically at
160 37 °C and examined at 24, 48, and 72 h. Microbiological cultures showing 5 or more

161 identical colonies were considered positive. The SCC ($\times 10^3$ cells/mL) was analysed in
162 the interprofessional dairy laboratory in Valencia (LICOVAL, Spain) by the fluoro-
163 opto-electronic method (Fossomatic 5000, Foss, Hillerød, Denmark).

164 Classification of the sanitary status of the mammary glands followed the system
165 of Díaz et al. (2011). It was determined that a gland showed intramammary infection
166 when the bacteriological analysis was positive. When the bacteriological analysis was
167 negative but the SCC exceeded 1,000,000 cells/mL, it was considered unspecific
168 mastitis. If the bacteriological analysis was negative and the SCC exceeded 1,000,000
169 cells/mL in both mammary glands from only one sampling, and returned to normal
170 values in the following sampling, it was considered not to be due to pathological causes
171 and was classified as free of mastitis. Finally, animals were classified as mastitis-free
172 when both mammary glands had this condition.

173 ***Efficiency of milking (milking fractioning and milking duration) and milk***
174 ***composition.*** The milking routine during the sampling day included the following
175 phases: cluster attachment, machine milking (recording milked milk and milking
176 duration), cluster removal through AVCD or milker, including machine stripping,
177 depending on the treatment, hand-stripping (recording hand-stripping milk) and manual
178 extraction of residual milk after intravenous administration of 4 IU of oxytocin
179 (Dalmatocina®, FatroIbérica, Barcelona, Spain). Cluster falls during milking (due to
180 kicks or slips) were recorded and then reattached. Similarly, if AVCD acted and there
181 was milk in the mammary gland, the cluster was reattached, registering a double cluster
182 attachment. Finally, teats were immersed in an iodine solution.

183 The variables related to milking fractioning were as follows: (i) milked milk
184 (kg), was the amount of milk since cluster attachment to AVCD activation (in the case
185 of T100 and T150, including a possible double cluster attachment) or to manual cluster

186 removal (in the case of TC). It was recorded by a Lactocorder® device (Lactocorder,
187 Balgach, Switzerland), which was connected between the long milk tube and the
188 AVCD; (ii) hand-stripping milk (kg), was the amount of milk extracted by hand when
189 the machine milking was finished; (iii) residual milk (g), was the amount of milk
190 extracted by hand after intravenous administration of 4 IU of oxytocin (Dalmatocina®,
191 FatroIbérica, Barcelona, Spain). Hand-stripping milk and residual milk were weighed
192 with a ± 1 g precision digital scale (BC-200, Fagor®, Spain); (iv) total milk produced
193 (kg) was the result of the sum of milked milk, hand-stripping milk and residual milk.

194 Individual milking duration (min) was the time from cluster attachment to the
195 moment machine milking was finished: due to AVCD activation (in the case of T100
196 and T150, including a possible double cluster attachment) or to manual cluster removal
197 (in the case of TC). The milking duration of a row (min) lasted from the cluster
198 attachment of the animal that was milked by the first milking unit to the last cluster
199 removal of the row. Both variables were recorded by a digital timer (HS-70W, Casio®,
200 Japan).

201 Milk composition included its content in fat, protein, lactose and dry matter,
202 expressed in % of wet matter. Lactocorder® devices were set to obtain 50 mL of milk
203 from the milking of each animal. On the same day these samples were analysed by a
204 MilkoScan® device (Foss, Hillerød, Denmark).

205 ***Teat-end status.*** To study the teat-end status of the goats, a portable ultrasound
206 device (Agroscan® AL, ECM, Noveko International Inc., Angoulême, France) was
207 used. Ultrasound scans of the right teat of each animal were performed before and after
208 milking with a linear probe at 5 MHz frequency and 8 cm depth, according to the
209 methodology of Díaz et al. (2013a). The sonographic images obtained were recorded
210 and digitally scanned with Real DVD Studio Gold® software (NPG Technology,

211 Spain). Later, video editor software (Ulead Video Studio®, Corel, Canada) was used to
212 take a frame of the sagittal plane of the teat-end at the level of the teat sphincter.
213 Finally, another software (Ecopezón®, Universidad Miguel Hernández de Elche, Spain)
214 was used to measure the following variables: (a) teat wall thickness (TWT): 2 lines were
215 traced along the middle axis of the two teat walls and at 1cm a line was drawn
216 perpendicular to it, measuring the width (cm) of each wall (upper and lower) to obtain
217 the mean value of both measurements; (b) teat thickness (TT, cm): distance between
218 both sides of the teat in a section at the level of the inner of the teat canal;(c) teat wall
219 area (TWA, cm²): area covering both walls (upper and lower) to a distance of 1cm from
220 the teat end, including the teat end area; (d) teat end area (TEWA, cm²): area from the
221 inner to the outer end of the teat canal. (e) teat canal length (TCL, cm): distance from
222 the inside to the outside of the teat canal. From the values recorded in the scans before
223 the cluster attachment and after their removal, the percentage increase of each variable
224 was computed according to the following mathematical formula:

$$225 \text{ Increase \%} = [(Value\ after\ milking - Value\ before\ milking) / Value\ after\ milking] \times 100$$

226
227
228 Increase in teat wall thickness (ITWT, %), Increase in teat thickness (ITT, %), Increase
229 in teat wall area (ITWA, %), Increase in teat end area (ITEWA, %) and Increase in teat
230 canal length (ITCL, %).

231 ***Vacuum level variables.*** The variables related to the variation of vacuum level
232 were recorded using Pulsotest Comfort® device (GeaFarm Technologies®, Bönen,
233 Germany). Every month, twenty vacuum level measurements within each of the groups
234 were recorded. The measurements were performed in the short milk tubes including the
235 DT in T100 and T150, and the machine stripping in TC. The variables recorded were

236 maximum vacuum level (kPa) and minimum vacuum level (kPa). From their values,
237 mean vacuum drop (maximum vacuum level - minimum vacuum level, kPa) was
238 calculated.

239

240 *Statistical analysis*

241 Variable SCC was transformed ($LSCC = \log_{10} SCC$) to achieve normality of
242 distribution (Ali and Shook, 1980). In addition, the milkings were classified according
243 to their duration, marking those where individual milking duration was higher than 3.5
244 min.

245 To determine the initial characteristics of the three groups of animals included in
246 the experiment, a general linear model (Proc GLM, SAS 9.2., 2012) was applied to the
247 values of the pre-experimental period of the dependent variables related to (i) efficacy
248 of milking (individual milking duration, milking duration of each row, machine milk,
249 hand-stripping milk and residual milk), (ii) milk composition (Fat, Protein, Lactose, Dry
250 Matter) and (iii) teat-end status (ITWT, ITT, ITWA, ITEWA and ITCL) considering
251 each group of animals (1, 2, 3) as a factor.

252 To study the association between the treatments utilised (TC: manual cluster
253 removal; T100: MF 100 g/min and DT 10 s; T150: MF 150 g/min and DT 10 s) and the
254 dependent variables related to (i) efficacy of milking (individual milking duration,
255 milked milk, hand-stripping milk and residual milk), (ii) milk composition (fat, protein,
256 lactose and dry matter) and (iii) teat-end status (ITWT, ITT, ITWA, ITEWA and ITCL)
257 a linear mixed model (Proc GLIMMIX, SAS 9.2., 2012) was used. Fixed effects
258 included: treatment (3 levels: TC, T100 and T150), month of lactation (7 levels: 1-7)
259 and their respective pre-experimental covariables (values of each variable recorded in
260 the pre-experimental period). The covariable milked milk in each sampling was

261 considered in the milking duration analysis. In all models, the animal was considered as
262 a random term and a "compound symmetry" covariance structure was used to consider
263 repeated measures over time in the same animal. The model using this hierarchical
264 structure provided the best fit for the data when compared to different models
265 considering other covariance and hierarchical structures (as assessed using Bayesian and
266 Akaike information criteria). In addition, the effect of double cluster attachment in the
267 milking duration of T100 and T150 was studied. With this objective, a linear mixed
268 model (Proc GLIMMIX, SAS 9.2., 2012) was used. Fixed effects were the double
269 cluster attachment (2 levels: yes or not) the treatment (3 levels: TC, T100 and T150),
270 lactation month (7 levels: 1-7) and the values of individual milking duration recorded in
271 the pre-experimental period. In all cases, the effects of sanitary status of the mammary
272 gland, parity and the interaction between treatment and month of lactation were not
273 included in the model, as they were not significant.

274 To study the association of the treatment (TC, T100 and T150) with the number
275 of new cases of mastitis, the double cluster attachment frequency, cluster fall frequency
276 and frequency of milkings where individual milking duration was higher than 3.5 min,
277 Chi - square analyses (Proc Freq. SAS 9.2., 2012) were computed.

278 Finally, a general linear model (Proc GLM, SAS 9.2., 2012) was used to study
279 the association of the treatment (TC, T100 and T150) with the milking duration of a
280 row, the maximum vacuum level, the minimum vacuum level and the mean vacuum
281 drop, considering the month of lactation and each treatment as factors.

282

283

RESULTS

284

285 Analysis of the values from the pre-experimental period of the dependent
286 variables related to efficacy of milking (individual milking duration, row milking
287 duration, machine milk, hand-stripping milk and residual milk), milk composition (fat,
288 protein, lactose and dry matter) and teat-end status (ITWT, ITT, ITWA, ITEWA and
289 ITCL) showed that, initially, there were no significant differences between the three
290 groups studied in the experiment.

291

292 ***Milking efficiency and milk composition***

293 The treatment had no effect on the variables regarding milking fractioning,
294 excluding residual milk ($P < 0.01$, Table 1). Despite this, the differences found in the
295 values of the means of residual milk between TC and T100, although significant, were
296 not outstanding (44 g), with no differences between T150 and the other two treatments
297 (Table 2).

298 Similar to what was observed in the variables related to milking fractioning, the
299 treatment had no effect on the individual milking duration. In the analysis carried out
300 (only considering T100 and T150) to determine the effect of the double cluster
301 attachment on the individual milking duration, it was observed that this second
302 attachment had a significant effect ($P = 23.38$; $P = 0.01$) and increased the individual
303 milking duration by 0.39 min.

304 The milking duration of each row was affected by the treatment applied ($F =$
305 227.32 ; $P < 0.01$). Thus, significantly higher values ($P < 0.01$) were found in T150 than
306 in TC and T100 (differences of 1.44 and 1.49 min respectively, Table 2). This result
307 was related to a higher frequency of individual milkings which duration was higher than
308 3.5 min in T150 (29.1%) than in TC (19.6%) and T100 (17.4%), when the results of the
309 entire lactation were considered (Table 2).

310 Regarding the variables related to the milking routine, the treatment did not have
311 a significant effect on the frequency of cluster falls, so its values were similar in the
312 three groups of animals throughout the experimental period (TC = 13.8%, T100 = 15.2
313 % and T150 = 14.7 %). Similarly, the treatment was not significant in the analysis of the
314 frequency of double cluster attachment (6.7% and 6.6% in T100 and T150,
315 respectively).

316 The variables related to the milk composition, fat, protein and lactose were not
317 affected by the treatment (Table 1). Scant differences were found (0.5%) in the means
318 comparison of dry matter, with T150 obtaining lower values ($P < 0.05$) than the other
319 two treatments, but no differences were obtained between TC and T100 (Table 2).

320

321 *Sanitary status, teat-end status and vacuum levels during milking*

322 The SCC variable was not affected by the treatment and remained in reduced
323 values in the three groups of animals throughout the experimental period. Moreover, the
324 number of new cases of mastitis during lactation was low (4 animals in TC, 5 animals in
325 T100 and 1 animal in T150) and it was not related with the treatment applied ($F = 7.27$;
326 $P = 0.84$, Table 3).

327 The increments of areas and thicknesses after the machine milking (ITWT, ITT,
328 ITWA, ITEWA and ITCL) were affected by the treatment used, their pre-experimental
329 values and the month of lactation ($P < 0.01$, Table 1). Thus, the average values of the
330 variables ITWA, ITCL and ITT of TC were significantly higher than the other two
331 treatments (T100 and T150). Also, TC again showed values of IWT and ITEWA
332 significantly higher than those of T150. Finally, in all the variables related to the teat-
333 end status, T100 showed no significantly higher values than T150 (Table 3).

334 Variables related to the vacuum level in the milk short tubes were affected by
335 the treatment used ($P < 0.05$). TC showed values of vacuum level drop significant
336 higher ($P < 0.01$) than T100 and T150 (differences of 5.28 and 5.6 kPa respectively,
337 Table 3), with no significant differences between T100 and T150. As the differences
338 observed in maximum vacuum level were very small, the differences found in the
339 values of vacuum drop during milking were due to lower values of the minimum
340 vacuum level observed in TC, with significant differences ($P < 0.01$) between this
341 treatment and those where AVCD was used (differences of 5.85 and 5.66 kPa with
342 T150 and T100, respectively, Table 3).

343

344

DISCUSSION

345

346 The results of the variables related to milking fractioning obtained in this
347 experiment were similar to those observed in other similar experiments carried out in
348 Murciano-Granadina goats by this research group (Díaz et al., 2013b).

349

350 The use of AVCDs did not involve remarkable differences compared to milking
351 with manual cluster removal. In this sense, a milking routine that included machine-
352 stripping did not increase the milked milk values or reduce those of hand-stripping milk,
353 obtaining a similar level of emptying of the mammary gland after the milking in all the
354 treatments applied. This similar level of emptying maintained the values of the total
355 milk produced by the animals, avoiding the inhibition of milk synthesis throughout
356 lactation that has been described in other works due to the non extraction of a part of the
357 milk contained in the mammary glands (Wilde and Knight, 1990; Salama et al., 2003).
358 This absence of differences in the values of the milking fractioning does not agree with
the results obtained by Tangorra et al. (2010). In this study, the group of goats milked

359 with AVCDs reached significantly higher average milk yield (1.82 kg/d vs 1.68 kg/d)
360 and also greater persistence of milk production during lactation than the group milked
361 without AVCDs. The results were attributed to the use of a vertical stabiliser of the
362 milking unit in the group of animals milked with AVCDs which, in the opinion of the
363 authors, could have a beneficial effect on some variables not studied, such as teat-end
364 status and sanitary status of the mammary gland.

365 Regarding milking routine, the frequency of cluster falls was similar in all the
366 treatments studied, so the use of AVCDs set up with the selected parameters (MF 100
367 and 150 g/min and DT 10 s) did not involve any disadvantage compared to manual
368 cluster removal. In the case of the frequency of double cluster attachment, when
369 AVCDs were used, reduced values of this variable were found, showing similar results
370 to what was observed in the short-term experiment carried out by the research group
371 (Bueso-Ródenas et al., 2014b). In the cited study, it was concluded that these MFs were
372 optimal due to the lowest frequency of double cluster attachment shown compared to
373 the other MFs studied (200 and 250 g/min). This fact entailed a decrease in the
374 individual milking duration without involving a decrease in machine milk fraction,
375 which is confirmed in the present long-term experiment.

376 The values of individual milking duration were similar in all the treatments
377 applied; thus, the milking with AVCDs did not reduce the individual milking duration.
378 This fact does not agree with what was described by Tangorra et al. (2007) in milking
379 parlours with a higher number of milking units. Although further studies would be
380 needed to confirm this hypothesis, it is notable that with the use of larger milking
381 parlours than those used in this study (1 X 12 X 12), as described by Tangorra et al.
382 (2007), milking without AVCDs would require a greater number of milkers to remove
383 the clusters at the end of the milking of each animal. This situation would not happen if

384 AVCDs were implemented in the milking parlour, as the cluster removal would be
385 automated, thus achieving a higher milking parlour performance (number of animals
386 milked per hour per milker). Following this hypothesis, the larger the milking parlour,
387 the more obvious the advantages of using AVCDs compared to manual cluster removal
388 would be.

389 The milking duration of a row was significantly higher in T150 than in the other
390 two treatments, due to the higher frequency of individual milkings whose duration was
391 greater than 3.5 min. Thus, the higher probability in the case of T150 that these animals
392 were distributed in different rows caused the increase in the duration of the milking of a
393 row. This situation was described by Stewart et al. (2002) who pointed out that the
394 duration of the milking of a row depends on the milking duration of the slowest
395 animals.

396 Due to the non-existing differences in the results of milking fractioning,
397 individual milking duration and the variables related to the milking routine (cluster
398 double attachments and cluster falls), it can be asserted that cluster removal by AVCDs
399 was equally effective as manual removal performed by an experienced milker.

400 The absence of significant effects of the treatment on the milk composition
401 agrees with the results observed in dairy cows (Rasmussen, 1993; Jago et al., 2010). So,
402 again, the utilisation of AVCDs did not involve differences regarding the conventional
403 milking with manual cluster removal. Thus, the milk composition values of the three
404 groups of animals varied similarly and according to the typical pattern of goat lactation,
405 showing increasing values as the lactation advanced and the milk production decreased,
406 which assumed the concentration of the components (Goetsch et al., 2011).

407 The mechanical milking can produce alterations in the teat end, oedema in the
408 short term and hyperkeratosis in the long term, and these changes are related to the

409 establishment of new intramammary infections (Hamann et al., 1994). Ultrasound scans
410 have been used previously to evaluate overmilking and changes in the teat end
411 (Alejandro et al., 2014). In this study, the results of the variables related to the teat end
412 status ITWT, ITWA and ITEWA were similar to those observed by Díaz et al. (2013a)
413 following the same method in similar milking conditions (vacuum level of 40 kPa, 90
414 pulsations/min and a pulsation ratio of 60%). The most remarkable results were the
415 significantly higher values of ITT, ITWA and ITCL observed in goats milked with
416 manual cluster removal, which points to an increased level of congestion compared to
417 goats milked with AVCDs. Despite this fact, the absence of differences between the
418 three treatments regarding these variables before the milking denotes a similar recovery
419 of the teat-end status during the time between two milkings.

420 Several ways of transmission of pathogen agents between animals, such as
421 reverse flow, impacts or reverse pressure gradients, are related to the changes in vacuum
422 level in the short milk tubes during milking (Rasmussen et al., 1994; Billon et al.,
423 1998). In this study, the mean vacuum drops in T100 and T150 were similar to those
424 previously observed by this research group with the same combination of MF and DT
425 (1.49 ± 0.25 and 1.65 ± 0.25 kPa respectively, Bueso-Ródenas et al., 2014b). Milking
426 with manual cluster removal offered higher values of mean vacuum drop than the
427 milking with AVCDs, which was due to the increase of milk flow (Le Du, 1977;
428 Ambord and Bruckmaier, 2010) and the air inlets that are observed during the handling
429 of the udder in the machine stripping phase.

430 Despite the results of the teat-end status and the mean vacuum drops during the
431 milking without AVCDs, the three tested treatments provided similar results for the
432 variables related to the mammary gland sanitary status, both the SCC and the number of
433 new cases of mastitis. This absence of differences correlates with the results of milking

434 fractioning. Because the mammary gland status was similar, the synthesis and secretion
435 of milk was not differently affected, so the three groups of animals showed similar
436 results for total milk produced throughout lactation. At any rate, given the results
437 pertaining to the variables related with teat-end status, the benefits of milking with
438 AVCDs to the sanitary status of the mammary gland must not be ignored. In this sense,
439 it is remarkable that in the case of animals that are milked more frequently, such as
440 cows, ewes or other goat breeds, the risks derived from milking animals whose teat-
441 ends are not recovered are higher (Hamann and Østerås, 1994; Neijenhuis et al., 2001).
442 Regarding mean vacuum drops observed in TC, although they were higher than those
443 found in T100 and T150, they were relatively reduced (7.69 ± 0.66 kPa), similar (3.5-
444 12.4 kPa) to what was observed by Manzur et al. (2012) in Murciano-Granadina goats,
445 who also found no differences in the mammary gland sanitary status. Several studies
446 (Mein et al., 1986, Hamann et al., 1994) remark that to alter the defence mechanisms of
447 the teat-end and, therefore, the sanitary status of the mammary gland of the animals
448 (Zecconi et al., 1992; Peris et al., 2003) it is necessary to combine the vacuum drops
449 with pulsation failures, deteriorated liners, rough stripping and cluster removal without
450 previous interruption of the vacuum, conditions that were never practiced in this study.
451 Finally, considering the risks for the teat-end status and mammary gland health (Mein et
452 al., 1986, Hamann et al., 1994), it is remarkable that as the milking conditions are more
453 likely to produce overmilking and vacuum drops (non-qualified milkers or an excessive
454 relation between the number of animals being milked and the number of milkers), the
455 use of AVCDs has more advantages compared to conventional milking with manual
456 cluster removal.

457

458

CONCLUSIONS

459

460 The use of AVCDs showed similar values of the variables related to milking
461 fractioning, milking routine and the individual milking duration when compared to
462 milking with manual cluster removal. In addition, it significantly reduced the effects of
463 the machine milking on the teat-end status and the vacuum drops during milking,
464 maintaining both the sanitary status of the mammary gland and the milk composition.
465 Therefore, the implementation of AVCDs and their use with the MFs and DT studied
466 was as effective as the milking with cluster removal done by an experienced milker.
467 These devices could be installed in milking parlours, substituting the manual cluster
468 removal, improving the conditions of the workers, preserving the sanitary status of the
469 animals and maintaining the income from milk quantity and quality. Finally, although
470 further studies are needed to confirm this hypothesis, the larger the milking parlour, the
471 more obvious the advantages of the implementation of AVCDs compared to the manual
472 cluster removal would be.

473

474

ACKNOWLEDGMENTS

475

476 This study was part of the research programme AGL2009-10695 funded by the
477 Spanish Government Ministry of Science and Innovation. The authors thank Mr. Ross
478 Ashley Machin for English language assistance.

479

480

REFERENCES

481

482 Alejandro, M., Roca, A., Romero, G., Díaz, J.R. 2014. Effects of overmilking and liner
483 type and characteristics on teat tissue in small ruminants. J. Dairy Res. 81,215-222.

484

485 Ali, A.K., Shook, G.E. 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration
486 in milk. *J. Dairy Sci.* 63, 487-490.

487

488 Ambord, S., Bruckmaier, M. 2010. Milk flow dependent vacuum loss in highline
489 milking systems: Effects on milking characteristics and teat tissue condition. *J. Dairy*
490 *Sci.* 93, 3588-3594.

491

492 Billon, P., Sauvee, O., J. Menard, L., Gaudin, V. 1998. Effects of milking and of the
493 milking machine on somatic cells counts and intramammary infections on dairy cows.
494 In: *Proceedings of 5th Renc. Rech. Ruminants.* INRA-Institut de L'Elevage, pp. 305–
495 312.

496

497 Bueso-Rodenas, J., Romero, G., Arias, R., Rodríguez, A.M., Díaz, J.R. 2014a. Effect of
498 the settings of two automatic cluster removers (ACRs) on the milking efficiency of
499 manchega ewes. *Small Rumin. Res.* 120, 224-230

500

501 Bueso-Rodenas, J., Romero, G., Roca, A., Díaz, J.R. 2014b. Effect of one automatic
502 cluster remover (ACR) setting on the milking of Murciano-Granadina goats. *Livest. Sci.*
503 161, 193-200.

504

505 Díaz, J.R., Romero, G., Muelas, R., Sendra, E., Pantoja, J.C.F. 2011. Influence of
506 variation factors on Electrical Conductivity of milk in Murciano-Granadina goats. *J.*
507 *Dairy Sci.* 94, 3885-3894.

508

509 Díaz, J.R., Alejandro, M., Peris, C. 2013a. Use of ultrasound scanning to estimate teat
510 wall thickness in Murciano-Granadina goats. *Livest. Sci.* 155, 114-122.
511

512 Díaz, J.R., Alejandro, M., Romero, G., Peris, C., Fernández, N. 2013b. Variation in
513 milk cortisol during lactation in Murciano-Granadina goats. *J. Dairy Sci.* 96, 97-205.
514

515 Edwards, J.P., Lopez-Villalobos, N., Jago, J.G. 2012. Increasing platform speed and the
516 percentage of cows completing a second rotation improves throughput in rotary dairies.
517 *Anim. Prod. Sci.* 52, 969-973.
518

519 Edwards, J.P., Jago, J.G., Lopez-Villalobos, N. 2013. Milking efficiency for grazing
520 dairy cows can be improved by increasing automatic cluster remover thresholds without
521 applying premilking stimulation. *J. Dairy Sci.* 96, 3766-73.
522

523 Goetsch, A.L., Merkel, R.C., Gipson, T. 2011. Factors affecting goat milk production
524 and quality. *Small Rumin. Res.* 101, 55-63.
525

526 Hamann, J., Osteras, O. 1994. Special aspects. Teat tissue reactions to machine milking
527 and new infection risk. *IFD Bulletin* 297, 35-41.
528

529 Hamann, J., Burvenich, C., Mayntz, M., Osteras, O., Haider, W. 1994. Machine-
530 induced changes in the status of the bovine teat with respect to the new infection risk.
531 *IFD Bulletin* 297, 23-32.
532

533 Jago, J.G., Burke, J., Williamson, J.H. 2010. Effect of automatic cluster remover
534 settings on production, udder health, and milking duration. *J. Dairy Sci.* 93, 2541–2549.
535

536 Le Du, J. 1977. La machine à traite: incidence des facteurs associés au fonctionnement
537 du manchon. *Ann. Méd. Vét.* 121, 309-321.
538

539 Magliaro, A.L., Kensinger, R.S. 2005. Automatic cluster remover setting affects milk
540 yield and machine-on time in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 148–153.
541

542 Manzur, A., Díaz, J.R., Mehdid, A., Fernández, N., Peris, C. 2012. Effect of mid-line or
543 low-line milking systems on milking characteristics in goats. *J. Dairy Res.* 79, 375–382.
544

545 Mein, G.A., Brown, M.R., Williams, D.M. 1986. Effects on mastitis of overmilking in
546 conjunction with pulsation failure. *J. Dairy Res.* 53, 17-22.
547

548 Neijenhuis, F., Klungel, G.H, Hogeveen, H. 2001. Recovery of cow teats after milking
549 as determined by ultrasonography scanning. *J. Dairy Sci.* 84, 2599-2606.
550

551 ISO Standard 3918, 2006. *Milking Machines Installations. Glossary of Terms.*
552

553 Peris, C., Díaz, J.R., Balasch, S., Beltran, M.C, Molina, M.P., Fernandez, N. 2003.
554 Influence of vacuum level and overmilking on udder health and teat thickness changes
555 in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 86, 3891-3898.
556

557 Rasmussen, M.D. 1993. Influence of switch level of automatic cluster removers on
558 milking performance and udder health. *J. Dairy Res.* 60, 287–297.
559

560 Rasmussen, M.D., Frimer, E.S., Decker, E.L. 1994. Reverse pressure gradients across
561 the teat canal related to machine milking. *J. Dairy Sci.* 77, 984–993.
562

563 Reid, D., Stewart, A. 1997. The effects on parlor performance by variations of detacher
564 settings. In: *Proceedings of the 36th Annual Meetings of the National Mastitis Council*,
565 pp. 101–104.
566

567 Sagi, R. 1978. Milk flow rate and end of milking detectors. In: *Proceedings of the 17th*
568 *Annual Meetings of the National Mastitis Council*, pp. 328–334.
569

570 Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Peris, S., Sorensen, A. Knight, C.H. 2004. Changes
571 in cisternal udder compartment induced by milking interval in dairy goats milked once
572 or twice daily. *J. Dairy Sci.* 87, 1181-1187.
573

574 Stewart, S., Godden, S., Rapnicki, P., D. Reid, D., A. Johnson, A., S. Eicker, S. 2002.
575 Effects of automatic cluster remover settings on average milking duration, milk flow,
576 and milk yield. *J. Dairy Sci.* 85, 818-823.
577

578 Tangorra, F.M., Zaninelli, M. Mercandino, L. 2007. Effect of automatic cluster removal
579 on parlor performance and unit cost of milking in dairy goats. In: *Proceedings of XXXII*
580 *CIOSTA-CIGR*, pp. 639-646.
581

582 Tangorra, F.M., Costa, A., Guidobono-Cavalchini, A. 2010. Preliminary results of a
583 field study on goats milk yield and lactation persistency as affected by automatic cluster
584 removals. In: Proceedings of the International Conference Ragusa SHWA 2010, pp.592–
585 598.

586

587 Wilde, C.J., Knight, C.H. 1990. Milk yield and mammary function in goats during and
588 after once-daily milking. *J. Dairy Res.* 57, 441-447.

589

590 Zecconi, A., Hamann, J., Bronzo, V., Ruffo, G. 1992. Machine-induced teat tissue
591 reactions and infection risk in a dairy herd free from contagious mastitis pathogens. *J.*
592 *Dairy Res.* 63, 361-368.

593



Table 1. Results of the statistical analysis (F-value and P-value) of the studied effects on milking fractioning, milking duration, LSCC, teat end status and milk composition.

Variable	Treatment		Month		V0	
	F	P	F	P	F	P
MM	1.51	0.22	54.17	<0.01	168.40	<0.01
HSM	1.53	0.22	6.33	<0.01	16.96	<0.01
RM	5.81	<0.01	10.10	<0.01	53.66	<0.01
TM	1.47	0.33	36.21	<0.01	142.23	<0.01
MD	0.72	0.89	3.42	<0.01	91.34	<0.01
LSCC	0.01	0.98	2.15	0.04	136.33	<0.01
ITWT	6.62	<0.01	10.25	<0.01	33.84	<0.01
ITWA	6.37	<0.01	10.18	<0.01	30.65	<0.01
ITEWA	8.17	<0.01	11.85	<0.01	45.76	<0.01
ITT	6.72	<0.01	20.38	<0.01	55.20	<0.01
ITCL	8.36	<0.01	11.18	<0.01	32.61	<0.01
Fat	1.81	0.16	49.26	<0.01	22.86	<0.01
Protein	1.59	0.20	108.12	<0.01	158.16	<0.01
Lactose	0.09	0.91	58.26	<0.01	97.14	<0.01
Dry Matter	2.39	0.09	66.51	<0.01	33.94	<0.01

Month: month of lactation; V0: value of each variable in the pre-experimental sampling. MM: milked milk; HSM: hand-stripping milk; RM: residual milk; TM: total milk; MD: milking duration; LSCC: \log_{10} of somatic cell count; ITWT: percentage variation after milking of teat wall thickness; ITWA: percentage variation after milking of teat wall area; ITEWA: percentage variation after milking of teat end wall area; ITT: percentage variation after milking of teat thickness; ITCL: percentage variation after milking of teat canal length.

1 **Table 2.** Effect of the different treatments (means \pm standard error) on variables related
 2 to milking efficiency and milk composition.

3

VARIABLE	TC	T100	T150	SL
Goats (n)	32	32	32	
MM (kg)	1.90 \pm 0.06	2.00 \pm 0.06	2.00 \pm 0.06	ns
HSM (g)	86 \pm 14	84 \pm 14	90 \pm 14	ns
RM (g)	127 \pm 13 a	83 \pm 13 b	102 \pm 13 a b	**
TM (kg)	2.11 \pm 0.1	2.17 \pm 0.1	2.19 \pm 0.1	ns
MD (min)	3.27 \pm 0.12	3.28 \pm 0.12	3.44 \pm 0.12	ns
RT (min)	5.21 \pm 0.21 a	5.16 \pm 0.20 a	6.65 \pm 0.21 b	**
MD > 3.5 (%)	19.6 a	17.4 a	29.1 b	**
Fat (%)	5.75 \pm 0.18	5.74 \pm 0.17	5.34 \pm 0.17	ns
Protein (%)	3.90 \pm 0.04	3.97 \pm 0.04	3.88 \pm 0.04	ns
Lactose (%)	4.13 \pm 0.02	4.14 \pm 0.02	4.14 \pm 0.02	ns
Dry Matter (%)	14.73 \pm 0.21 ab	14.76 \pm 0.20 a	14.20 \pm 0.21 b	*

4 TC: manual cluster removal; T100: automatic cluster removal set with milk flow threshold 100 g/min; T150:
 5 automatic cluster removal set with milk flow threshold 150 g/min; SL: significance level; MM: milked milk; HSM:
 6 hand-stripping milk; RM: residual milk; TM: total milk; MD: milking duration. RT: row time. MD>3.5: frequency of
 7 milking whose MD was >3.5 min.

8 a b c: values in the same line with different letters differ at P<0.05(*) or P<0.01(**). ns: not significant.

9 Total observations: 672.

10

Table 3. Effect of the different treatments (means \pm standard error) on variables related to sanitary status of the mammary gland, teat end status and vacuum levels during milking.

VARIABLE	TC	T100	T150	SL
SCC (x 10 ³ cel /mL)	420 \pm 35	415 \pm 35	428 \pm 35	ns
MASTNC (n)	4	5	1	ns
ITWT (%)	67.02 \pm 3.2 a	57.53 \pm 3.2 ab	50.53 \pm 3.2 b	**
ITWA (%)	34.80 \pm 1.87 a	28.20 \pm 1.86 b	25.56 \pm 1.89 b	**
ITEWA (%)	119.80 \pm 6.17 a	94.08 \pm 6.10 ab	85.70 \pm 6.12 b	**
ITT (%)	22.97 \pm 1.34 a	17.35 \pm 1.30 b	16.46 \pm 1.33 b	**
ITCL (%)	92.85 \pm 4.22 a	78.34 \pm 4.19 b	68.71 \pm 4.13 b	**
MAXVL (kPa)	39.34 \pm 0.04 a	39.74 \pm 0.04 c	39.60 \pm 0.04 b	*
MINVL (kPa)	31.66 \pm 0.66 a	37.32 \pm 0.66 b	37.51 \pm 0.66 b	**
MVD (kPa)	7.69 \pm 0.66 a	2.41 \pm 0.66 b	2.09 \pm 0.66 b	**

TC: manual cluster removal; T100: automatic cluster removal set with milk flow threshold 100 g/min; T150: automatic cluster removal set with milk flow threshold 150 g/min; SL: significance level; SCC: antilog₁₀ of LSCC; MASTNC: number of new cases of mastitis during the experiment; ITWT: percentage variation after milking of teat wall thickness; ITWA: percentage variation after milking of teat wall area; ITEWA: percentage variation after milking of teat end wall area; ITT: percentage variation after milking of teat thickness; ITCL: percentage variation after milking of teat canal length; MAXVL: maximum vacuum level; MINVL: minimum vacuum level; MVD: mean vacuum drop. ns: not significant.

a b c: values in the same line with different letters differ at P<0.05(*) or P<0.01(**). ns: not significant.

Total observations: 672.



**Effect of automatic cluster removers on milking efficiency
and teat condition of Manchega ewes**

Journal:	<i>Journal of Dairy Science</i>
Manuscript ID:	JDS-14-9098
Article Type:	Research
Date Submitted by the Author:	12-Nov-2014
Complete List of Authors:	Bueso-Ródenas, Joel; Universidad Miguel Hernández, Tecnología Agroalimentaria Romero, Gema; Universidad Miguel Hernández, Tecnología Agroalimentaria Arias, Ramón; CERSYRA, Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural Rodríguez, Ana María; Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega, DÍAZ, JOSE RAMON; UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ, TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA
Key Words:	Automatic cluster removers, Manchega ewes, milking fractioning, milking duration

SCHOLARONE™
Manuscripts

ScholarOne support: (434) 964 4100



1 INTERPRETIVE SUMMARY

2

3 **Effect of automatic cluster removers on the milking of Manchega ewes.** By Bueso-
4 Ródenas et al. One of the most recently developed advances in small ruminants machine
5 milking has been the implementation of automatic cluster removers (ACRs). In this
6 study the effect of ACRs in the milking of Manchega ewes was more efficient than the
7 milking with ACR done by an experienced milker, preserving the sanitary status of the
8 mammary gland and maintaining the income from milk quantity and quality.

9

10

11 AUTOMATIC CLUSTER REMOVERS IN THE MILKING OF EWES

12

13

14 **Effect of automatic cluster removers on milking efficiency and teat condition of**
15 **Manchega ewes**

16

17 **Bueso-Ródenas, J. ^{*}, G. Romero ^{*}, R. Arias[†], A.M. Rodríguez[‡] and J.R. Díaz ^{*1}**

18 ^{*}Dpto. Tecnología Agroalimentaria. Universidad Miguel Hernández (UMH). Ctra. de
19 Beniel km 3.2. 03312 Orihuela (Spain).

20 [†]Centro Regional de Selección y Reproducción Animal (CERSYRA). Consejería de
21 Agricultura y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha. Avda. del Vino, 10. 13300.
22 Valdepeñas (Spain).

23 [‡]Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega
24 (AGRAMA). Instalaciones del ITAP. Avda. Gregorio Arcos s/n. 02006 Albacete
25 (Spain).

26 ¹Corresponding author: jr.diaz@umh.es

27

28 **ABSTRACT**

29

30 Milking operations represent more than 50% of the work on a dairy ewe farm.
31 The implementation of ACRs (automatic cluster removers) is a choice on the rise, as it
32 allows the operator to avoid manual cluster detachments, simplifying the milking
33 routines. The aim of this study was to discover the effect on the milking of Manchega
34 ewes over an entire lactation period by using this type of devices, set up with two
35 different combinations of milk flow threshold (MF) and delay time (DT), and
36 comparing them with the traditional method using manual cluster removal. During a 15
37 d pre-experimental period, the animals were milked without ACRs and sampling was
38 performed to select 108 ewes and distribute them into 3 groups of similar characteristics
39 according to their parity, milk yield, milking duration and mammary gland sanitary
40 status. Later, each group was milked for a duration of 4 months in 3 different
41 conditions: one with manual cluster removal, the second setting the ACRs at MF 150
42 g/min and DT 20 s, and the third setting the ACRs at MF 200 g/min and DT 10 s.
43 Samplings of milking fractioning, milking duration, milk composition, mammary gland
44 sanitary status, teat-end status and vacuum level in the short milk tubes during milking
45 were performed. The use of ACRs limited the vacuum drops in the short milk tubes and
46 the edema in the teat end after milking, preserving the sanitary status of the mammary
47 gland and the milk composition. Moreover, it was noted that the use of ACRs set with
48 MF 150 g/min and DT 20 s was more efficient than the conventional milking with
49 manual cluster removal, as it obtained a similar amount of extracted milk but took less
50 time. On the other hand, the use of ACRs set with MF 200 g/min and DT 10 s, although

51 it involved a higher reduction in individual milking duration and the milking duration of
52 groups of animals, offered substantially reduced extracted milk values (losses of 0.11 kg
53 of milk per ewe), a factor that could affect farm profitability.

54

55

56 **Keywords:** Automatic cluster removers, Manchega ewes, milking fractioning, milking
57 duration.

58

59

INTRODUCTION

60

61 Milking operations constitute more than 50% of the work on a dairy ewe farm
62 (Olechnowicz, 2012). With the aim of reducing the time spent on these tasks, several
63 studies on the simplification of milking routines have been carried out (Labussière,
64 1988; Molina et al., 1989; Knight and Gosling, 1995). Complex routines including
65 double cluster attachments, intense stimulation of the udder and hand-stripping were
66 substituted by simpler routines such as cluster attachment, brief machine stripping and
67 cluster detachment. Moreover, the elimination of the machine-stripping phase has been
68 proposed in those particular breeds selected for their milkability. Thus, in studies
69 conducted in Sarda and Lacaune breeds, elimination of the machine-stripping phase in
70 animals with a large milk storage capacity reduced the milking duration, while milk
71 yield was not affected (Labussière, 1988). In Poll Dorset breed ewes, no significant
72 differences in milk yield were found among animals that were machine-stripped and
73 animals milked following simple routines which only included cluster attachment and
74 cluster detachment (Knight and Gosling, 1995). In Manchega breed ewes, according
75 Molina et al. (1989), the elimination of one or both daily machine-strippings in ewes

76 with bimodal (two peaks) milk emission flow only represented losses from 3 to 9%,
77 respectively. These authors suggested that animals with this milk emission pattern
78 should be not machine-stripped. McKusick et al. (2003) added that the elimination of
79 machine-stripping did not affect the milk composition or the somatic cell count and
80 allowed a reduction in working times. Thus, in farms of these breeds, if simple routines
81 are applied, avoiding machine-strippings, the implementation of ACRs (automatic
82 cluster removers) could be an interesting choice, as it allows the operator to avoid
83 carrying out the manual cluster detachments.

84 The use of ACRs adjusted with optimal levels of their operating parameters
85 (milk flow threshold, MF, and delay time from which MF is reached, DT), has been
86 very suitable in dairy cows to reduce the milking duration, while maintaining the
87 income from milk quantity and quality (Rasmussen, 1993; Reid and Stewart, 1997;
88 Magliaro and Kensinger, 2005; Edwards et al., 2013).

89 In milking parlors for small ruminants, where ACRs are present, usually only
90 AVCDs (automatic vacuum cutting devices) are implemented. In dairy goats, the use of
91 simple routines and AVCDs reduces the need for staff during the milking procedures,
92 which is related to better profitability of the farm (Tangorra et al., 2007). According to
93 Tangorra et al. (2010), the use of these devices reduces the risk of overmilking, which
94 improves the sanitary status of the mammary gland (Peris et al., 2003). In a previous
95 experiment carried out by this research group (Bueso-Ródenas et al., 2014a), it was
96 concluded that the optimal settings for the AVCDs in milking Murciano-Granadina
97 goats was the combination of MF between 100 and 150 g/min and DT 10 s. The use of
98 higher MFs required more frequent second cluster attachments, and, consequently,
99 significantly increased milking duration. Moreover, when DT was higher than 10 s in a
100 single MF, milking duration and mean vacuum drop increased, but machine milk

101 fraction was not improved. In a following study developed on Murciano-Granadina
102 goats it was noted that the use of AVCDs set at MF 100 or 150 g/min and DT 10 s did
103 not affect the results of milking fractioning and individual milking duration of the
104 animals when comparing with manual cluster removal. Although there were no
105 differences in the sanitary status of the mammary gland and milk composition, the
106 milking with manual cluster removal caused a higher teat-end oedema and increased the
107 mean vacuum drops. It was concluded that the implementation of AVCDs and its use
108 with the given MF and DT was as effective as milking with cluster removal performed
109 by an experienced milker (unpublished data).

110 Along similar lines, the implementation of AVCDs in milking parlors for dairy
111 ewes is a choice on the rise. In Manchega ewes, Bueso-Ródenas et al. (2014b) carried
112 out a study in two different AVCDs with different MFs and DTs. The main conclusions
113 were that when AVCDs were installed in a high-line milking machine the combination
114 of MF 150 g/min and DT 20s achieved the best milking fractioning values and the
115 combination of MF 200 g/min and DT 10 s achieved the smallest values for milking
116 duration. On the other hand, regarding an AVCD installed in a low line milking
117 machine, the use of MF 100 g/min did not improve the milking fractioning and the use
118 of MF 250 g/min did not reduce the milking duration. Thus, it was concluded that the
119 optimal setting was the combination of MF and DT between 150 g/min and 20 s and
120 200 g/min and 10 s, with a balance existing between both combinations between milk
121 yield and milking duration. Moreover, in both experiments the milking routine was not
122 affected by the AVCD settings and the vacuum drops were deeper when high MF and
123 DT were employed.

124 There is a lack of studies that compare the milking with this kind of devices and
125 milking with manual cluster removal. The aim of this study was to assess the effect of

126 the AVCDs on the milking of Manchega ewes during one lactation in terms of milk
127 yield and milking fractioning, milking duration (individual and per groups of animals),
128 milk composition, mammary gland health status, vacuum level in the short milk tubes
129 and teat-end status, comparing the parameters that obtained the best results in the
130 previous short-term experiment (Bueso-Ródenas et al., 2014b: MF 150 combined with
131 DT 20 s and 200 g/min combined with DT 10 s) with conventional milking (manual
132 cluster removal).

133

134 MATERIALS AND METHODS

135

136 *Facilities and Animal Handling*

137 The experiments were performed at the facilities of the Manchega Ewe National
138 Herd, located in Valdepeñas (Spain), managed by AGRAMA (National Manchega Ewe
139 Breeders Association). The animals were fed twice a day with the same ration (mixture
140 of cereal grains and alfalfa hay) and water was offered ad libitum. Milking was
141 practiced twice a day, at 0800 h and 1700 h, as routinely on Manchega ewe farms. This
142 farm has a DeLaval® (Tumba, Sweden) high-line milking machine installed in a 2 x 18
143 x 18 Casse type milking parlor. The milking machine was equipped with AVCD
144 (DeLaval SG® Tumba, Sweden) placed in the collector and linked to an electronic milk
145 meter (mm25®, DeLaval, Tumba, Sweden). The milk meters were connected through a
146 long milk tube 2.5 m long to the teat cups (Almatic G50+®, DeLaval, Tumba, Sweden).
147 The pulsation parameters used were 180 puls/min and a pulsation ratio of 50%, the
148 vacuum level was 40 kPa.

149

150 *Experimental design*

151 *Pre-experimental period.* A pre-experimental period of 15 d was implemented
152 to select the animals to be included in the study and determine the initial conditions of
153 these animals. A first sampling was done in a group of 150 ewes with similar parturition
154 date (4 ± 1 postpartum weeks) in which milking fractioning, milking duration and
155 mammary gland sanitary status were recorded. From the results, 108 ewes with milk
156 yield higher than 0.85 kg, milking duration less than 5 min and free of clinical mastitis
157 were selected. The selected animals were distributed into 3 groups of 36 animals
158 according to parity, milk yield, milking duration and mammary gland health status.

159 During the pre-experimental period, all the animals were milked without the use
160 of AVCDs and the milking units were removed manually, based on the judgment of an
161 experienced milker. In this period, after the selection of the animals included in the
162 study, 4 samplings were done on 4 different non-consecutive days. The samplings
163 included (i) sanitary status of the mammary gland; (ii) milking fractioning, milking
164 duration and milk composition; (iii) teat-end status; and (iv) milking duration of each
165 row of animals. Samplings of the milk composition, sanitary status of the mammary
166 gland and teat end status were performed in the morning milking and samplings of
167 milking fractioning, milking duration and milking duration of each row of animals were
168 performed in both daily milkings (0800 h and 1700 h).

169 *Experimental period.* The experimental period lasted 4 months, during which
170 each group of animals was milked according to the milking conditions that were
171 assigned at the beginning of this period. Three different treatments were tested; one of
172 them was employed as a control (TC: conventional milking without AVCDs) and the
173 other two to assess two AVCD settings: MF 150 g/min and DT 20 s (T15020) and MF
174 200 g/min and DT 10 s (T20010). Every month, 4 samplings were carried out, similar to
175 what was performed in the pre-experimental period. Samplings were performed on 4

176 different non-consecutive days. In addition, every month, vacuum level measurements
177 within each of the groups were recorded. Similar to what was performed in the pre-
178 experimental period, samplings of the milk composition, mammary gland sanitary status
179 and teat end status were performed in the morning milking and samplings of milking
180 fractioning, milking duration and milking duration of each row of animals were
181 performed in both daily milkings.

182 The milking routine in TC included cluster attachment, machine milking,
183 machine stripping and manual cluster removal at the end of milking. Finally, teats were
184 immersed in an iodine solution. In TC, the milker could act during the milking to
185 reattach the cluster in the case of falloff or to perform the machine stripping. The
186 milking routine followed in T15020 and T20010 was similar to TC, with the exception
187 that the cluster removal was performed by AVCDs activation. Machine stripping and
188 double cluster attachments after AVCDs activation were never performed in T15020
189 and T20010. Finally, in both of these treatments, AVCDs were set to not interrupt the
190 vacuum for a minimum milking duration of 50 s.

192 *Analyzed Variables*

193 *Sanitary status of the mammary gland.* The mammary gland sanitary status was
194 evaluated through bacteriological analysis and SCC of each mammary gland using milk
195 samples obtained before milking. For bacteriological analysis, foremilk was discarded,
196 the teats were cleaned with 70% alcohol and 5 mL samples of milk from each gland
197 were taken. For SCC analysis, 50 mL samples of milk were taken and azidiol was added
198 to them. Samples were kept at 4°C for up to 4 h until bacteriological analysis.
199 Bacteriological analysis was performed by seeding 20 µL of milk in blood agar plates
200 (5% sheep blood, Biomerieux, Lyon, France). The plates were incubated aerobically at

201 37 °C and examined at 24, 48, and 72 h. Microbiological cultures showing 5 or more
202 identical colonies were considered positive. The SCC ($\times 10^3$ cells/mL) was analyzed in
203 the dairy interprofessional laboratory of Castilla-La Mancha (LILCAM, Spain) by the
204 fluoro-opto-electronic method (Fossomatic 5000, Foss, Hillerød, Denmark).

205 It was determined that a gland showed intramammary infection when the
206 bacteriological analysis was positive. When the bacteriological analysis was negative
207 but the SCC exceeded 400,000 cells/mL it was also considered mastitis. Finally,
208 animals were classified mastitis-free when both mammary glands had this condition.

209 ***Milking efficiency (milking fractioning and milking duration) and milk***
210 ***composition.*** Values of milked milk (MM, kg) and milking duration (MD, s) from every
211 milking during the experimental period were registered by the electronic milk meter
212 (mm25®, DeLaval) and stored by the corresponding software (Alpro Windows®,
213 DeLaval). MM and MD were, respectively, the amount of milked milk and the time
214 elapsed since cluster attachment to AVCD activation (in the case of T15020 and
215 T20010), or to manual cluster removal (in the case of TC).

216 In addition, once a month, sampling was performed to determine the amount of
217 milk remaining in the udder after cluster removal (hand-stripping milk, HSM, g) and the
218 composition of the milk. The milking routine during the sampling day of these variables
219 included the following phases: cluster attachment, machine milking (recording MM and
220 MD), cluster removal through AVCD or milker, including machine stripping depending
221 on the treatment and hand-stripping (recording HSM) and, finally, teats were immersed
222 in an iodine solution. HSM was weighed with a ± 1 g precision digital scale (BC-200,
223 Fagor®, Spain). Total milk extracted (TM, kg) was the result of the sum of MM and
224 HSM of both daily milkings. The milking duration of a row (RD, min) lasted from the
225 cluster attachment of the animal that was milked by the first milking unit to the last

226 cluster removal of the row. RD was recorded by a digital timer (HS-70W, Casio®,
227 Japan). All the preceding variables were recorded at the morning milking and at the
228 afternoon milking.

229 Milk composition included its content in fat, protein, and lactose, expressed in %
230 of wet matter. MM25® devices were set to obtain 50 mL of milk from the milking of
231 each animal. On the same day, these samples were analyzed in the dairy
232 interprofessional laboratory of Castilla-La Mancha (LILCAM, Spain) by a MilkoScan®
233 device (Foss, Hillerød, Denmark).

234 *Teat-end status.* To study the teat-end status of the goats, we used a portable
235 ultrasound device (Agroscan® AL, ECM, Noveko International Inc., Angoulême,
236 France). Ultrasound scans of the right teat of each animal were performed before and
237 after milking with a linear probe at 5 MHz frequency employing 8 cm depth, according
238 to the methodology of Díaz et al. (2013). The sonographic images obtained were
239 recorded and digitally scanned with the software Real DVD Studio Gold® (NPG
240 Technology, Spain). Later, video editor software (Ulead Video Studio®, Corel, Canada)
241 was used to take a frame of the sagittal plane of the teat-end at the level of the teat
242 sphincter. Finally, another software (Ecopezón®, Universidad Miguel Hernández de
243 Elche, Spain) was used to measure the following variables: (a) teat wall thickness
244 (TWT): 2 lines were traced along the middle axis of the two teat walls and at 1cm a line
245 was drawn perpendicular to it, measuring the width (cm) of each wall (upper and lower)
246 to obtain the mean value of both measurements; (b) teat thickness (TT, cm): distance
247 between both sides of the teat in a section at the level of the inner of the teat canal;(c)
248 teat wall area (TWA, cm²): area covering both walls (upper and lower) to a distance of
249 1cm from the teat end, including the teat end area; (d) teat end area (TEWA, cm²): area
250 from the inner to the outer end of the teat canal. (e) teat canal length (TCL, cm):

251 distance from the inside to the outside of the teat canal. From the values recorded in the
252 scans before the cluster attachment and after their removal, the percentage increase of
253 each variable was computed according to the following mathematical formula:

254

255
$$\text{Increase \%} = [(\text{Value after milking} - \text{Value before milking}) / \text{Value after milking}] \times 100$$

256

257 Increase of teat wall thickness (ITWT, %), Increase of teat thickness (ITT, %), Increase
258 of teat wall area (ITWA, %), Increase of teat end area (ITEWA, %), and Increase of teat
259 canal length (ITCL, %).

260 ***Vacuum level variables.*** The variables related to the variation of vacuum level
261 were recorded using Pulsotest Comfort® device (GeaFarm Technologies®, Bönen,
262 Germany). Every month twenty vacuum level measurements within each of the groups
263 were recorded. The measurements were performed in the short milk tubes including the
264 DT in T15020 and T20010, and the machine stripping in TC. The variables recorded
265 were maximum vacuum level (kPa) and minimum vacuum level (kPa). From their
266 values, mean vacuum drop (maximum vacuum level - minimum vacuum level, kPa)
267 was calculated.

268

269 ***Statistical analysis***

270 Variable SCC was transformed ($LSCC = \log_{10} SCC$) to achieve normality of
271 distribution (Ali and Shook, 1980).

272 To determine the initial characteristics of the three groups of animals included in
273 the experiment, a general lineal model (Proc GLM, SAS 9.2., 2012) was employed on
274 the values of the pre-experimental period of the dependent variables related to (i)
275 efficacy of milking (MD, RD, MM and HSM), (ii) milk composition (Fat, Protein,

276 Lactose) and (iii) teat-end status (ITWT, ITT, ITWA, ITEWA and ITCL) considering
277 each group of animals (1, 2, 3) as a factor.

278 Taking into account the daily records of MM and MD from both milkings, the
279 mean values of these variables on the previous and following week to the sampling days
280 were calculated. A linear mixed model (Proc GLIMMIX, SAS 9.2., 2012) was used to
281 determine the effect of the treatments on these variables. Fixed effects included:
282 treatment (3 levels: TC, T15020 and T20010), parity (primiparous and multiparous),
283 month of lactation (4 levels: 2-5) and their respective pre-experimental covariables
284 (values of each variable recorded in the pre-experimental period). In this case, the
285 effects of mammary gland sanitary status, the interaction between treatment and month
286 of lactation and the interaction between treatment and parity were not included in the
287 model, as they were not significant.

288 From the values of the monthly samplings, the association between the
289 dependent variables related to milking efficiency (MD, MM and HSM, from both
290 milkings, TM), milk composition (fat, protein, lactose) and LSCC and the treatments
291 applied was studied, using a similar model to the previous one.

292 The covariable MM in each sampling was considered in the milking duration
293 analysis in both previous models.

294 The association between the dependent variables related to teat-end status
295 (ITWT, ITT, ITWA, ITEWA and ITCL) and the treatments employed was studied
296 utilizing another linear mixed model (Proc GLIMMIX, SAS 9.2., 2012). Fixed effects
297 included treatment and month of lactation. In this case, parity and the values of each
298 variable recorded in the pre-experimental period were not included in the model, as they
299 were not significant.

300 In all models, the animal was considered as a random term and a "compound
301 symmetry" covariance structure was used to consider repeated measures over time in
302 the same animal. The model using this hierarchical structure provided the best fit for the
303 data when compared to different models considering other covariance and hierarchical
304 structures (as assessed using Bayesian and Akaike information criteria).

305 A general lineal model (Proc GLM, SAS 9.2., 2012) was used to study the
306 association of the treatment (TC, T15020, and T20010) with RD, considering the month
307 of lactation and treatment as factors.

308 To study the association of the treatment (TC, T15020, and T20010) with the
309 quantity of new cases of mastitis, Chi - square analyses (Proc Freq. SAS 9.2., 2012)
310 were computed.

311 Finally, a general lineal model (Proc GLM, SAS 9.2., 2012) was employed to
312 study the association of the treatment (TC, T15020, T20010) with the maximum
313 vacuum level, the minimum vacuum level and the mean vacuum drop, considering
314 treatment as factor.

315

316

RESULTS

317

318 The analysis carried out on the values of the pre-experimental period of the
319 dependent variables related to efficacy of milking (MD, RD, MM, HSM and TM), milk
320 composition (fat, protein and lactose) and teat-end status (ITWT, ITT, ITWA, ITEWA
321 and ITCL) showed that, initially, there were no significant differences between the three
322 groups used in the experiment.

323

324 *Milking fractioning and milking duration.*

325 The analysis of the sampling values showed that the treatment had a significant
326 effect ($P < 0.01$) on MM in the morning milking, on HSM and on MD in both daily
327 milkings. Nevertheless, the treatment had no effect on MM in the afternoon milking and
328 TM. The month of lactation had an effect on each of these variables; thus, decreasing
329 values were observed as lactation progressed. Parity had an effect on MM and HSM,
330 and greater values of these variables were observed in multiparous ewes. On the other
331 hand, parity had no effect on TM and MD. The interaction between treatment and
332 month of lactation had no significant effect on these variables, so the effect of the
333 treatment on them did not change during the lactation.

334 MM of the morning milkings recorded in the software associated with the
335 milking machine showed greater values in TC compared to T20010 (differences of 0.11
336 kg, $P < 0.05$). However, there were no differences between TC and T15020 or T15020
337 and T20010. No differences were found in the same variable in the afternoon milkings.
338 Regarding the values obtained in the monthly samplings, similar results were observed
339 in the morning milking. Nevertheless, in the afternoon milking, differences between TC
340 and the other two AVCD treatments were found (differences of 0.19 kg with respect to
341 T15020 and 0.17 kg with respect to T20010, Table 1).

342 Regarding HSM, TC obtained the lowest values, showing significant differences
343 in both daily milkings compared to the treatments that included AVCD. Differences of
344 102 g in the morning milking were observed with regard to both treatments and
345 maximum differences of 80 g with regard to T20010. Nevertheless, the greater values of
346 HSM in T15020 and T20010 did not involve a decrease in TM, as there were no
347 differences in this variable between the three treatments studied (Table 1).

348 With respect to MD, both in sampling days and in daily values recorded by the
349 software, differences between the three treatments were found. Thus, TC showed the

350 greatest values in the morning milking (differences of 26 and 45 s respect to T15020
351 and T20010, respectively) and in the afternoon milking (differences of 22 and 45 s
352 respect to T15020 and T20010, respectively). These results corresponded with the
353 values of RD, which was strongly affected by the treatment employed. Thus, the use of
354 AVCDs entailed a great reduction of the values of this variable. Differences in this
355 variable between TC and T15020 were up to 66 s if both daily milkings are taken into
356 account. Again, taking both daily milkings into account, the differences between
357 T20010 and TC were up to 142 s (Table 1).

358

359 *Milk composition, mammary gland sanitary status, teat end status and vacuum levels.*

360 Milk composition variables were affected by parity and month of lactation but
361 not by the treatment; thus, an increase of their values was observed while lactation
362 advanced and in multiparous ewes.

363 For mammary gland sanitary status, regarding SCC, no differences between the
364 three treatments studied or due to parity were found. Nevertheless, differences due to
365 the month of lactation were observed. This involved a general increase in the values of
366 SCC as the lactation advanced (from 56,000 cells /mL in the first month to 142,000
367 cells /mL in the last month). Moreover, the quantity of new cases of mastitis during the
368 lactation was very scarce: 8.3% of new cases in each treatment tested (Table 2).

369 The variables related to the teat end status were affected by the treatment. Every
370 variable analyzed, except ITWT, were significantly lower ($P < 0.05$) when AVCDs
371 were used. The month of lactation had effect on every variable, except on ITWA, but no
372 tendencies were observed throughout lactation (Table 2).

373 Regarding the vacuum levels in the short milk tubes, differences due to the
374 treatment were observed. Despite this, these differences were small in maximum

375 vacuum level (differences of 1.01 kPa between TC and T15020, and of 0.90 kPa
376 between T20010 and T15020). The values in the variable minimum vacuum level were
377 more relevant; differences between TC and the treatments that employed AVCDs were
378 significant (maximum differences were up to 7.72 kPa between T15020 and TC). This
379 latter fact implied that the utilization of TC entails higher values of mean vacuum drop
380 than T20010 and T15020 (differences of 6.74 kPa and 6.68 kPa, respectively, Table 2).

381

382

DISCUSSION

383

384 The differences found between both AVCD settings (T15020 and T20010) in
385 terms of the variables related to milking fractioning and milking duration agree with the
386 results found in previous studies (Bueso-Ródenas et al., 2014b). In that study, it was
387 concluded that the AVCD setups tested in the present long-term study optimized the
388 milking duration with no losses in the milk extracted.

389 When comparing MM results of the sampling days with those obtained in the
390 previous and in the following weeks to the sampling weeks, it is observed that there are
391 no differences between the values of that variable of the three treatments studied in the
392 morning milkings. On the other hand, when data of the afternoon milkings in the
393 sampling days are compared, it is remarkable that the AVCDs treatments obtained
394 smaller amounts of MM. However, this difference is not present in the data stored by
395 the software in the ordinary milkings. This situation is explained by the greater
396 extraction of HSM in the morning milking, thus, part of the milk included in HSM of
397 the morning milking in the sampling days would be MM of the afternoon milking in the
398 ordinary milkings.

399 The use of AVCDs set with the optimal parameters (T15020) in the milking of
400 Manchega ewes allowed us to obtain amounts of milked milk similar to those obtained
401 when manual cluster removal and machine-stripping was applied. The results obtained
402 when this AVCD set (T15020) was used concur with those found in Murciano-
403 Granadina goats by this research group (unpublished data) who found that cluster
404 removal by AVCDs set with MF 100-150 g/min and DT 10 s was equally effective as
405 manual removal performed by an experienced milker. However, in the present study,
406 the use of AVCD set with T20010 involved losses of 0.11 kg of milk per ewe in the
407 morning milking compared to conventional milking with manual cluster removal.

408 As expected, the performance of the machine-stripping in those animals milked
409 with manual cluster removal reduced the amount of HSM compared to those animals
410 milked with AVCDs. However, as mentioned previously, this situation did not involve a
411 reduction in MM results when the values stored in the software were taken into account,
412 which are representative of ordinary milkings. This would imply that the milk
413 remaining in the udder after automatic cluster removal is extracted in the following
414 milkings. Moreover, the greater amount of HSM found in the animals milked with
415 AVCDs did not involve a lower value of TM. This latter fact would imply that a lesser
416 emptying of the udder did not affect the milk synthesis course by its accumulation, as
417 observed in other works (Wilde and Knight, 1990; Salama et al., 2003).

418 The main explanation for the higher values found in T15020 and T20010 in the
419 HSM variable is found in the udder morphology of the ewes. In this specie there is a
420 significant quantity of animals whose teats are located above the base of the mammary
421 gland (Labussière, 1988; Bruckmaier et al., 1997). Taking into account that this
422 morphologic character is not related with the productive aptitude of the ewes
423 (Fernandez et al., 1995), in the long term, the solution to this drawback could be

424 including the udder morphology as a factor of the selection in each breed to improve its
425 adaptation to the machine milking, as is currently done in Manchega ewes or other
426 breeds of the same species (Marie-Etancelin et al., 2005).

427 The most relevant results in terms of milking efficiency were the differences
428 found in the variables MD and RD, especially in this latter variable. The results of MD
429 in T15020 and T20010 agree with those found in the previous short-term experiments
430 (Bueso-Ródenas et al., 2014b) and in similar studies carried out in dairy cows (Sagi,
431 1978; Stewart et al., 2002; Jago et al., 2010). The use of the AVCDs set with T15020
432 would be more efficient than the conventional milking with manual cluster removal, as
433 it obtained a similar amount of extracted milk but took less time. In the same line, the
434 utilization of AVCD set with MF 200 g/min and DT 10 s, although it would involve a
435 higher reduction of MD and RD, would offer values of milk extracted substantially
436 reduced (0.11 kg of milk per ewe), losses that could affect the profitability of the farm.

437 Machine milking can affect teat end status (Hamann, 1987). Alterations in the
438 teat end, such as edema or hyperkeratosis, are related to the establishment of new
439 intramammary infections (Hamann et al., 1994). In this study, the results of the
440 variables related to the teat end status ITWT, ITWA and ITEWA in TC were similar to
441 those observed by Alejandro et al. (2014) following the same method in similar milking
442 conditions (manual cluster removal, 90 pulsations/min and a pulsation ratio of 60%).
443 The most relevant result was that the ewes milked with AVCDs showed significant
444 minor results of ITWA, ITEWA, ITT and IESF. This meant that the animals milked
445 with manual cluster removal suffered a higher teat congestion or edema. This higher
446 congestion level was due to the longer MDs registered (Hamann et al., 1994) and
447 correspondent longer exposure of the teat to the vacuum. Moreover, in TC there would
448 be a bigger risk of the teat cups remaining attached with lower milk flows compared to

449 AVCDs, and longer MDs were registered, as it was shown previously, which would
450 also involve a higher congestion level (Mein et al., 2001). Finally, the performance of a
451 machine-stripping could potentiate the mentioned major congestion level (McKusick et
452 al., 2003).

453 Changes in vacuum level in the short milk tubes during milking (Rasmussen et
454 al., 1994; Billon et al., 1998) are related to several ways of transmission of pathogen
455 agents between animals, such as reverse flow, impacts or reverse pressure gradients. In
456 this long-term study, the values of vacuum drops found in T15020 and T20010 were
457 similar to those found in the previous short-term experiment with the same
458 combinations of MF and DT (6.1 ± 0.3 kPa y 5.8 ± 0.3 kPa respectively, Bueso-
459 Ródenas et al., 2014b). In this sense, the most remarkable result was that the milking
460 with manual cluster removal showed deeper vacuum drops than the milking with
461 AVCDs, as has been described in similar previous studies conducted in Murciano-
462 Granadina goats by the research group (data not published). These deeper vacuum drops
463 can be explained by several reasons. Firstly, in the final phases of the milking, when the
464 teat end cistern is empty, the teat loses turgidity and does not fill the liner capacity,
465 allowing air intakes (LeDu, 1977). This situation would not happen if AVCDs were
466 implemented, as the milking would finish before milk flow stops. Secondly, the
467 performance of machine strippings can force air intakes due to the manipulation of the
468 teat and an increase in the milk flow (Ambord and Bruckmaier, 2010), especially in
469 those animals whose teat ends are located above the base of the gland and still contain a
470 significant amount of milk before the machine stripping.

471 Despite the deeper vacuum drops and the higher congestion suffered by the teats
472 of the animals included in TC, the sanitary status of the animals milked in these
473 conditions was not affected (new cases of mastitis and SCC similar to those observed in

474 T15010 and T20020). Regarding vacuum level, in recent works carried out in
475 Murciano-Granadina goats (Manzur et al., 2012) similar values of the vacuum drops
476 (3.5-12.4 kPa) were not related with changes in the sanitary status of the mammary
477 gland). In dairy cows, Mein et al. (2004) pointed out that reverse milk flows capable of
478 producing transmission of an intramammary infection can only be produced when
479 reverse milk flows reach 6m/s speed. According to these authors, these situations have
480 only been observed when rough machine stripping is applied or when the clusters are
481 detached without previous vacuum shutting off, operations never practiced in the
482 current study. Regarding the higher congestion of the teat end, it has been observed
483 previously in Manchega breed ewes that the application of short overmilking (milking
484 1.5 to 2 min when milk flow has stopped) during medium duration periods (10 weeks)
485 did not cause changes in the mammary gland health status. The conditions practiced in
486 this study, applying careful machine-stripping, meant that the teats of the animals
487 included in TC were recovered prior to the following milking, as evidenced by the
488 absence of differences between the three treatments in the variables related to the teat
489 end status before milking (TWT before milking, TC: 0.47 ± 0.01 cm; T15020: $0.47 \pm$
490 0.01 cm; T20010: 0.48 ± 0.01 cm).

491 Milk composition can be affected by changes in mammary gland sanitary status
492 (Leitner et al., 2004) and in the productive level of the animals (Cuccuru et al., 2011). In
493 the present study, the absence of differences in the milk composition between the
494 different treatments tested agreed with the results observed in similar studies in dairy
495 cows (Rasmussen, 1993) and in those carried out in dairy ewes when comparing
496 routines with machine stripping and routines without machine stripping (Knight and
497 Gosling, 1994; McKusick et al., 2002). Moreover, this absence of differences between

498 the treatments tested would be concordant and similar to the results for mammary gland
499 sanitary status, which were not affected by the treatment employed.

500

501

CONCLUSIONS

502

503 The use of AVCDs in the milking of Manchega breed ewes set with the
504 optimum combination of MF and DT (150 g/min and 20 s respectively) achieved
505 amounts of MM similar to those obtained when manual cluster removal and machine-
506 stripping were used. Moreover, the use of AVCDs set with the parameters tested
507 reduced MD and RD, and also limited the vacuum drops in the short milk tubes and the
508 edema in the teat end after milking, preserving the sanitary status of the mammary gland
509 and the milk composition. However, although the use of AVCDs set with MF 200 g/min
510 and DT 10 allowed an additional reduction of milking duration, it involved a significant
511 loss in MM, which could affect the profitability of the farm and not offset the costs of
512 the installation of such devices.

513

514

ACKNOWLEDGMENTS

515

516 This study was part of the program of research AGL2009-10695 funded by
517 “Ministerio de Ciencia e Innovación”. The authors acknowledge Mr. Roberto Gallego
518 and Mr. Oscar García of AGRAMA for the supervision of the animal handling and Dr.
519 Bonastre Oliete of CERSYRA for her collaboration in the field work.

520

521

REFERENCES

522

- 523 Alejandro, M., M. Rodríguez, C. Peris, and J. R. Díaz. 2014. Study of ultrasound
524 scanning as method to estimate changes in teat thickness due to machine milking in
525 Manchega ewes. *Small Rumin. Res.* 119: 138–145.
- 526 Ali, A. K., and G. E. Shook. 1980. An optimum transformation for somatic cell
527 concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 63: 487-490.
- 528 Ambord, S., and M. Bruckmaier. 2010. Milk flow dependent vacuum loss in highline
529 milking systems: Effects on milking characteristics and teat tissue condition. *J. Dairy*
530 *Sci.* 93: 3588-3594.
- 531 Billon, P., O. Sauvee, J. L. Menard, and V. Gaudin. 1998. Effects of milking and of the
532 milking machine on somatic cells counts and intramammary infections on dairy
533 cows. Pages 305-312 in: *Proc. 5th Renc. Rech. Ruminants. INRA-Institut de*
534 *L'Elevage, Paris France.*
- 535 Bruckmaier, R. M., G. Paul, H. Mayer, and D. Schams. 1997. Machine milking of
536 Ostfriesian and Lacaune dairy sheep: udder anatomy, milk ejection and milk
537 characteristics. *J. Dairy Res.* 64: 163-172.
- 538 Bueso-Rodenas, J., G. Romero, A. Roca, and J. R. Díaz. 2014a. Effect of one automatic
539 cluster remover (ACR) setting on the milking of Murciano-Granadina goats. *Livest.*
540 *Sci.* 161:193-200.
- 541 Bueso-Rodenas, J., G. Romero, R. Arias, A. M. Rodríguez, and J. R. Díaz. 2014b.
542 Effect of the settings of two automatic cluster removers (ACRs) on the milking
543 efficiency of Manchega ewes. *Small Rumin. Res.* 120: 224-230.
- 544 Cuccuru, C., M. Meloni, E. Sala, L. Scaccabarozzi, C. Locatelli, P. Moroni, and V.
545 Bronzo. 2011. Effects of intramammary infections on somatic cell score and milk
546 yield in Sarda sheep. *N. Z. Vet. J.* 59: 128–131.
- 547

- 548 Díaz, J. R., M. Alejandro, and C. Peris. 2013. Use of ultrasound scanning to estimate
549 teat wall thickness in Murciano-Granadina goats. *Livest. Sci.* 155:114-122.
- 550 Edwards, J. P., J. G. Jago, and N. Lopez-Villalobos. 2013. Milking efficiency for
551 grazing dairy cows can be improved by increasing automatic cluster remover
552 thresholds without applying premilking stimulation. *J. Dairy Sci.* 96:3766-73.
- 553 Fernandez, G., P. Álvarez, F. San Primitivo, and L. F De la Fuente. 1995. Factors
554 affecting variation of the udder traits of dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 8: 842-849.
- 555 Hamann, J. 1987. Effect of Machine Milking on Teat End Condition - A Literature
556 Review. *IFD Bulletin* 215: 33-53.
- 557 Hamann, J., C. Burvenich, M. Mayntz, O. Osteras, and W. Haider. 1994. Machine-
558 induced changes in the status of the bovine teat with respect to the new infection risk.
559 *IFD Bulletin* 297: 23-32.
- 560 Jago, J. G., J. Burke, and J. H. Williamson. 2010. Effect of automatic cluster remover
561 settings on production, udder health, and milking duration. *J. Dairy Sci.* 93: 2541-
562 2549.
- 563 Knight, T. W., and L. S. Gosling. 1995. Effects of milking frequency and machine-
564 stripping on the yield and composition of milk from Poll Dorset ewes. *N. Z. J. Agric.*
565 *Res.* 38: 123-130.
- 566 Labussière, J. 1988. Review of physiological and anatomical factors influencing the
567 milking ability of ewes and the organization of milking. *Livest. Sci.* 18: 253-274.
- 568 Leitner, G., M. Chaffer, A. Shamay, F. Shapiro, U. Merin, E. Ezra, A. Saran, and N.
569 Silanikove. 2004. Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis in
570 sheep. *J. Dairy Sci.* 87:46-52.

- 571 McKusick, B. C., D. L. Thomas, Y. M. Berger, and P. G. Marnet. 2002. Effect of
572 milking interval on alveolar versus cisternal milk accumulation and milk production
573 and composition in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 85: 2197-2206.
- 574 McKusick, B. C., D. L. Thomas, and Y. M. Berger. 2003. Effect of omission of
575 machine stripping on milk production and parlor throughput in East Friesian dairy
576 ewes. *J. Dairy Sci.* 86: 680-687.
- 577 Magliaro, A. L., and R. S. Kensinger. 2005. Automatic cluster remover setting affects
578 milk yield and machine-on time in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88: 148-153.
- 579 Manzur, A., J. R. Díaz, A. Mehdid, N. Fernández, and C. Peris. 2012. Effect of mid-line
580 or low-line milking systems on milking characteristics in goats. *J. Dairy Res.* 79:
581 375-382.
- 582 Marie-Etancelin, C., J. M. Astruc, D. Porte, H. Larroque, and C. Robert-Granié. 2005.
583 Multiple-trait genetic parameters and genetic evaluation of udder-type traits in
584 Lacaune dairy ewes. *Livest. Sci.* 97: 211-218.
- 585 Mein, G. A., F. Neijenhuis, W. F. Morgan, D. J. Reinemann, J. E., Hillerton, J. R.,
586 Baines, I. Ohnstad, M. D. Rasmussen, L. Timms, J. S. Britt, R. Farnsworth, N. Cook,
587 and T. Hemling. 2001. Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy
588 herds: 1. Non-infectious factors. Pages 374-351 in *Proc. 2nd Int. Symp. Mast. Milk*
589 *Qual. NMC/AABP, Vancouver. National Mastitis Council, Inc., Madison, WI.*
- 590 Mein, G. A., D. J. Reinemann, N. Schuring, and I. Ohnstad. 2004. Milking machines
591 and mastitis risk: a storm in a teatcup. Pages 176-188 in *Proc. 43th Annu. Mtg.*
592 *National Mastitis Council, Charlotte, NC.*
- 593 Molina, M. P.; Such, X.; Fernández, N.; Caja, G.; Torres, A. 1989. Supresión del repaso
594 manual en el ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega. 1. Efecto sobre la
595 producción de leche y el fraccionamiento de la leche en el ordeño. Pages 655-679 in:

- 596 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz
597 Shefayim, Tel-Aviv, Israel.
- 598 Olechnowicz, J. 2012. The Course of Machine Milking in Small Ruminants. Milk
599 Production – An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and
600 Health:185-216.
- 601 Peris, C., J. R. Díaz, S. Balasch, M. C. Beltran, M. P. Molina, and N. Fernandez. 2003.
602 Influence of vacuum level and overmilking on udder health and teat thickness
603 changes in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 86: 3891-3898.
- 604 Rasmussen, M. D. 1993. Influence of switch level of automatic cluster removers on
605 milking performance and udder health. *J. Dairy Res.* 60: 287–297.
- 606 Rasmussen, M. D., E. S. Frimer, and E.L. Decker. 1994. Reverse pressure gradients
607 across the teat canal related to machine milking. *J. Dairy Sci.* 77: 984–993.
- 608 Reid, D., and A. Stewart. 1997. The effects on parlor performance by variations of
609 detacher settings. Pages 101–104 in Proc. 36th Annu. Mtg. National Mastitis
610 Council, Madison, WI.
- 611 Sagi, R. 1978. Milk flow rate and end of milking detectors. Pages 328-334 in Proc. of
612 the 17th Annu. Mtg. National Mastitis Council. Louisville, KY.
- 613 Stewart, S., S. Godden, P. Rapnicki, D. Reid, A. Johnson, and S. Eicker. 2002. Effects
614 of automatic cluster remover settings on average milking duration, milk flow, and
615 milk yield. *J. Dairy Sci.* 85: 818-823.
- 616 Tangorra, F. M., M. Zaninelli, and L. Mercandino. 2007. Effect of automatic cluster
617 removal on parlor performance and unit cost of milking in dairy goats. Pages 639-
618 646 in Proc. of XXXII CIOSTA-CIGR: “Advances in labor and machinery
619 management for a profitable agriculture and forestry” Nitra, Slovakia.

620 Tangorra, F. M., A. Costa, and A. Guidobono-Cavalcini. 2010. Preliminary results of a
621 field study on goats milk yield and lactation persistency as affected by automatic
622 cluster removals. Pages 592-598 in Proc. of the International Conference
623 SHWA2010, Ragusa, Italy.
624



625 **Table 1.** Effect of the different treatments employed (means \pm standard error) on
 626 variables related to milking fractioning and milking duration.

VARIABLE	TC	T15020	T20010
MM1 (kg)	0.74 \pm 0.02 a	0.68 \pm 0.02 a b	0.63 \pm 0.02 b
MM2 (kg)	0.50 \pm 0.02	0.51 \pm 0.02	0.49 \pm 0.02
Test Day MM1 (kg)	0.72 \pm 0.02 a	0.68 \pm 0.02 a b	0.64 \pm 0.02 b
Test Day MM2 (kg)	0.44 \pm 0.02 a	0.25 \pm 0.02 b	0.27 \pm 0.02 b
HSM1 (g)	34 \pm 16 a	136 \pm 16 b	136 \pm 16 b
HSM2 (g)	32 \pm 8 a	112 \pm 8 b	108 \pm 8 b
TM (kg)	1.21 \pm 0.03	1.18 \pm 0.03	1.16 \pm 0.03
MD1 (s)	140 \pm 3 a	121 \pm 3 b	95 \pm 3 c
MD2 (s)	127 \pm 3 a	104 \pm 3 b	82 \pm 3 c
TDMD1 (s)	138 \pm 3 a	118 \pm 3 b	95 \pm 3 c
TDMD2 (s)	102 \pm 2 a	81 \pm 2 b	74 \pm 2 c
RD1 (s)	230 \pm 5 a	212 \pm 5 b	166 \pm 5 c
RD2 (s)	203 \pm 5 a	155 \pm 5 b	125 \pm 5 c

627

628 TC: manual cluster removal; T15020: automatic cluster removal using milk flow threshold 150 g/min and
 629 delay time 20 s, T20010: automatic cluster removal using milk flow threshold 200 g/min and delay time
 630 10 s; "1" after each means morning milking; "2" means afternoon milking. MM: machine milk; HSM:
 631 hand-stripping milk; TM: total milk extracted; MD: milking duration; TDMD: test day milking duration;
 632 RD: milking duration of a row;

633 a b c: values in the same line with different letters differ at $P < 0.01$.

634

635 **Table 2.** Effect of the different treatments employed (means \pm standard error) on milk
636 composition, sanitary status of the mammary gland, teat end status and vacuum levels.

VARIABLE	TC	T15020	T20010	SL
Fat (%)	8.50 \pm 0.12	8.47 \pm 0.13	8.40 \pm 0.12	ns
Protein (%)	6.21 \pm 0.05	6.30 \pm 0.05	6.33 \pm 0.04	ns
Lactose (%)	4.60 \pm 0.03	4.57 \pm 0.03	4.59 \pm 0.03	ns
SCC (x 10 ³ cel /mL)	96 \pm 11	92 \pm 11	96 \pm 11	ns
MASTNC (n)	3	3	3	ns
ITWT (%)	28.89 \pm 3.46	22.09 \pm 3.57	25.16 \pm 3.49	ns
ITWA (%)	12.32 \pm 1.84 a	1.84 \pm 1.89 b	4.14 \pm 1.85 b	**
ITEWA (%)	38.99 \pm 4.4 a	17.67 \pm 4.5 b	16.88 \pm 4.5 b	**
ITT (%)	4.43 \pm 1.08 a	2.01 \pm 1.12 ab	0.01 \pm 1.09 b	**
ITCL (%)	45.34 \pm 4.00 a	26.49 \pm 4.11 b	23.17 \pm 4.03 b	**
MAXVL (kPa)	36.71 \pm 0.35 a	37.72 \pm 0.36 b	36.62 \pm 0.35 a	*
MINVL (kPa)	24.21 \pm 0.73 a	31.93 \pm 0.76 b	30.79 \pm 0.76 b	**
VD (kPa)	12.5 \pm 0.7 a	5.8 \pm 0.7 b	5.8 \pm 0.7 b	**

637

638 TC: manual cluster removal; T15020: automatic cluster removal using milk flow threshold 150 g/min
639 and delay time 20 s, T20010: automatic cluster removal using milk flow threshold 200 g/min and delay
640 time 10 s; SL: significant level; SCC: antilog₁₀ of LSCC; MASTNC: new cases of subclinical mastitis
641 during the experiment; ITWT: percentage variation after milking of teat wall thickness; ITWA:
642 percentage variation after milking of teat wall area; ITEWA: percentage variation after milking of teat
643 end wall area; ITT: percentage variation after milking of teat thickness; ITCL: percentage variation after
644 milking of teat canal length; MAXVL: maximum vacuum level; MINVL: minimum vacuum level; VD:
645 vacuum drop.

646 a b : values in the same line with different letters differ at $P < 0.05$ (*) or $P < 0.01$ (**). ns: not significant.





1 **EFFECT OF THE TYPE OF PULSATION (ALTERNATIVE AND**
 2 **SIMULTANEOUS) AND THE VACUUM LEVEL ON MILKING EFFICIENCY**
 3 **OF ALPINE GOATS**

4 **Bueso-Ródenas, J.¹, Romero, G.¹, Tangorra, F.², Guidobono-Cavalchini, A.², Díaz, J.R.^{1*}**

5 ¹Dpto. Tecnología Agroalimentaria. Universidad Miguel Hernández (UMH). Ctra. de
 6 Beniel km 3.2. 03312 Orihuela (Alicante).

7 ²Dipartimento di Scienze Veterinarie per la Salute, la Produzione Animale e la
 8 Sicurezza Alimentare. Università degli studi di Milano. Via Celoria, 10. 20133. Milano.

9 *Corresponding author: José Ramón Díaz Sánchez. Departamento de Tecnología
 10 Agroalimentaria. Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH). Ctra. de Beniel km
 11 3.2. 03312 Orihuela (Alicante).Tel: +34 96674 9728. Fax: +34 96674 9677. E-mail:
 12 jr.diaz@umh.es

13
 14 **ABSTRACT**

15 Nowadays, there are small ruminant's milking parlors which can be
 16 implemented with one pulsator per milking unit, or one pulsator with four channels per
 17 two milking units. This fact allows choosing simultaneous pulsation or alternative
 18 pulsation. There is a lack of studies regarding the combination of different vacuum
 19 levels and both types of pulsation.

20 The aim of this study was to know the effect of both types of pulsation
 21 (alternative and simultaneous) on the milking efficiency (milking fractioning and
 22 milking duration) of Alpine goats employing two different vacuum levels (38 and 42
 23 kPa). With this objective, an experiment in a commercial farm (Castello di Roccaforte,
 24 Roccaforte Ligure, Piemonte, Italy) was developed. A preexperimental period was

25 carried out and 164 goats with similar parturition date were selected and distributed into
26 two lots of 82 goats according their values of milk yield and milking duration. The
27 experimental period lasted 24 days and it was developed according a four latin square
28 design. In each latin square, one of both types of pulsation and both vacuum levels were
29 tested. Samplings regarding milking efficiency (milk yield, machine stripping milk and
30 milking duration) and variables related to vacuum levels in the milking unit were
31 recorded in the two milkings daily practiced, morning and afternoon. In the results it
32 was observed that the use of alternative pulsation reduced the vacuum drops and
33 increased the mean vacuum level measured in the short milk tubes. Moreover, in the
34 morning milking and when high vacuum levels (42 kPa) were employed, the use of
35 alternative pulsation reduced the milking duration. It was concluded that the use of
36 alternative pulsation offers some advantages respect to simultaneous pulsation in
37 temporary situations of high milk flow.

38 **Keywords:** Alpine Goats, Milking efficiency, Alternative Pulsation, Vacuum levels.

40 INTRODUCTION

41 Traditionally, small ruminant milking parlors were designed implementing one
42 pulsator per two or more milking units. This situation forces that the opening-closing
43 cycles in the pulsation chamber occur simultaneously in both teat cups of each milking
44 unit. This type of pulsation is denominated “simultaneous pulsation”. Currently, there
45 are milking parlors in which one pulsator per each milking unit is installed or one
46 pulsator with four channels can be installed per two milking units. In these cases,
47 milking and massage phases can occur alternatively in both different teat cups of each
48 milking unit. Thus, this type of pulsation is denominated “alternative pulsation”.

49 In studies developed in milking cows it has been observed that the use of
50 alternative pulsation could have some advantages respect to the use of simultaneous
51 pulsation. Thus, in this specie, Schlaib (1996) pointed that the alternative pulsation
52 reduces vacuum fluctuations and offers more regular milk flow. O'Callaghan (1998)
53 and Gleeson et al. (2004) did not find differences in teat end status after the machine
54 milking or in milk yield between both types of pulsation. However, differences were
55 found when alternative pulsation was combined with the use of narrow bore liners.
56 Thus, O'Callaghan (1998), employing a combination of alternative pulsation and
57 narrow bore liners, found values of vacuum level in the teat end during the milking
58 phase lower than when wide bore liners combined with simultaneous pulsation were
59 employed. In the same line, Gleeson et al. (2004), testing similar combinations, found
60 that the use of narrow bore liners and alternative pulsation reduced the milking duration.
61 In a subsequent experiment developed in laboratory conditions, O'Callaghan (2004)
62 found that the employment of alternative pulsation reduced the vacuum level during the
63 milking phase and the vacuum fluctuations.

64 In milking ewes, Billon (2004) pointed that the use of alternative pulsation is
65 preferable when small diameter short milk tubes and low capacity claws are employed
66 since this type of pulsation avoids the overflowing of such claws and facilitate the
67 income of vacuum to the teat cups, reducing the vacuum drops. Thus, the use of
68 alternative pulsation forces the milk flow to arrive alternatively to the claw, obtaining
69 more regular milk flow at this point.

70 In milking goats, studies regarding the type of pulsation are scarce. Díaz et al.
71 (2005) developed an experiment in Florida goats (autochthonous spanish breed)
72 employing a high-line milking machine and comparing both types of pulsation. In this
73 experiment the use of alternative pulsation showed a large reduction of the milking

74 duration (4.6 vs 3.2 min) and offered significant lower values of somatic cell count than
75 simultaneous pulsation (1.1×10^6 vs 1.8×10^6 cells/mL, respectively). Despite of this
76 fact, in this experiment, very important variables, as the changes of vacuum level in the
77 short milk tubes, which could be responsible of the results of somatic cell counts, were
78 not recorded.

79 In recent works developed by this research group in Murciano-Granadina goats
80 with both types of pulsation during a complete lactation, there were not significant
81 differences regarding variables related to milking efficiency, milk composition, or teat
82 end status (unpublished data). In the analysis of the changes of the vacuum level in the
83 short milk tubes when high-line was used, it was observed that the use of alternative
84 pulsation caused lower vacuum drops (7.5 kPa) than the use of simultaneous pulsation
85 (9.9 kPa). On the opposite, in the experiment developed in low line, this difference was
86 not observed (Romero et al., 2012). Despite of the values observed in the vacuum drops,
87 no differences in the sanitary status of the mammary gland were observed between both
88 types of pulsation.

89 Regarding the vacuum level employed in the milking of goats, in recent years it
90 has been observed a tendency to reduce its values from levels of 44 kPa to levels of 38-
91 40 kPa (Billon et al., 1999). Several studies (Lu et al. 1991, Sinapis et al., 2000) point
92 that a reduction of the vacuum level (from 52 kPa to 44-45 kPa and from 44-45 kPa to
93 36-38 kPa, respectively) takes to a reduction of the somatic cell counts.

94 In other recent works developed by this research group, it was observed that the
95 use of vacuum level of 40 kPa, compared with 38 kPa, offered higher values of the
96 mean milk flow and reduced the residual milk fraction while sanitary status of the
97 mammary gland, the milk cortisol level and the milk composition were not affected.

98 In the literature there is a lack of studies about the effect of both types of
99 pulsation combined with the variation of the vacuum level. The aim of this study was to
100 know the effect of both types of pulsation (alternative and simultaneous) on the milking
101 efficiency (milking fractioning and milking duration) and the changes of the vacuum
102 level in the short milk tubes in the milking of Alpine goats employing two different
103 vacuum levels (38 and 42 kPa).

104

105 **MATERIALS AND METHODS**

106

107 **Facilities and Animal Handling**

108 The experiments were developed in the commercial farm Castello di Roccaforte
109 located in Roccaforte Ligure, Piemonte (Italy). Alpine goats were fed twice a day with
110 the same ration (unifed), and water was offered ad libitum. The kids were weaned 30
111 days post-partum. Machine milking was practiced twice a day, as routinely in this breed
112 in this geographical area, at 6:30 AM and at 5:30 PM .

113 A Royal® (Bellagio, Italia) low line milking machine was employed in a
114 2x16x16 Casse parlor. This machine was equipped with vacuum regulator MVR®
115 (DeLaval®, Tumba, Suecia) and 16 pulsators (8 per row of animals) with 2 + 2
116 channels (LP30®, Interpuls®, Albinea, Italy). Moreover, this milking machine was
117 equipped with individual electronic identification devices placed in each milking unit
118 and milk meter devices AfiFree® (AfiMilk®, Kibbutz Israel), both controlled by
119 software AfiGoats® (AfiMilk®, Kibbutz, Israel). Milking units Vanguard®
120 (Interpuls®, Albinea, Italy) with automatic vacuum cutting shutoff systems and 120mL
121 volume claws were employed. The pulsation parameters used were: 90 puls/min and a
122 pulsation ratio of 60%.

123 Moreover, automatic cluster removers were set to interrupt the vacuum with a
124 milk flow threshold of 150 g/min, a delay time of 10 s and a minimum milking duration
125 of 60 s.

126

127 **Experimental design and variables analyzed**

128 *Experimental design*

129 A group of 180 goats with similar parturition date and the same management
130 conditions was employed to develop the experiment. The preexperimental period took
131 place in the 8th \pm 1 postpartum week. This period included two days with four
132 samplings: two morning milkings and two afternoon milkings. In the four samplings
133 developed, milking duration and milk yield were recorded. Moreover, in the morning
134 milking of the first day, animals with asymmetries in the udder morphology were
135 registered and a visual examination of the milk of each mammary gland was realized.
136 From this data, 164 goats that were free of clinical mastitis, whose udder had not
137 asymmetries from previous pathological processes, their daily milk yield were upper
138 than 1 kg, and whose average milking duration were shorter than 6 minutes were
139 selected. Goats that met these criteria were divided into two similar groups according
140 their parity and the values of milk yield and milking duration.

141 Four treatments were tested: alternative pulsation with 38 kPa (ALT38),
142 alternative pulsation with 42 kPa (ALT42), simultaneous pulsation with 38 kPa
143 (SIM38) and simultaneous pulsation with 42 kPa (SIM42). To practice milking with
144 simultaneous pulsation, both channels of the same side of the pulsator were connected
145 to both teat cups of one milking unit. To employ alternative pulsation, connections were
146 exchanged, so, both teat cups of one milking unit were connected to the channels

147 located in different sides of the pulsator. The vacuum level of the milking machine was
148 easily changed employing a screwdriver closing or opening the regulator.

149 The experimental period lasted 24 days and it was composed by 4 latin squares
150 of 6 days duration each. During one latin square, both lots of animals were milked with
151 the same type of pulsation, changing the vacuum level between each lot. Once every
152 combination (2 types of pulsation x 2 vacuum levels) were tested, and with the objective
153 to control the effect of the progress of the lactation on the results, the same experimental
154 design was repeated, testing again every combination according an inverse development
155 (cross-over design, table 1).

156 During each period of three days, each lot was milked according to the same
157 conditions. The first day was employed to habituate the animals to the experimental
158 conditions. The second and the third day were employed to collect data from the
159 morning milking and from the afternoon milking, respectively.

160 *Milking routine*

161 The milking routine followed in each sampling included cluster attachment,
162 machine milking (recording milk yield and milking duration), automatic cluster removal
163 and machine stripping (recording machine stripping milk) until udder was totally empty.
164 If cluster falls occurred, due to kicks or slips, quick cluster reattachments were made.
165 Milking routine accomplished during non-sampling days was the same, but machine
166 stripping milk was not extracted (like is usually milked in commercial farms where
167 automatic cluster removers are employed). Once milking was finished, teats were
168 immersed in iodine solution.

169 *Variables related to milking efficiency*

170 Milk yield (kg) and milking duration (min) were the milk extracted and the time
171 elapsed since the activation of the milking unit to the automatic cluster removal.

172 Machine stripping milk (g) was the amount of milk extracted employing a second
173 cluster attachment and the manipulation of the udder until its total emptying. These
174 three variables were recorded by AfiFree® devices (AfiMilk, Kibbutz, Israel) and their
175 values were registered and stored by software AfiGoats® (AfiMilk, Kibbutz, Israel).
176 From values of milk yield and milking duration, average milk flow was calculated
177 (average milk flow = milk yield / milking duration).

178

179 *Variables related to vacuum levels.*

180 Variables related to vacuum levels in the short milk tubes were registered on the
181 adaptation days (first day of each latin square). Twenty vacuum level measurements
182 within each of the tested combinations were recorded using Vadia® devices
183 (Biocontrol®, Rakkestad, Norway) in random selected animals. The measurements
184 were performed in the short milk tubes during the entire milking, since cluster
185 attachment to automatic cluster removal. Vadia® device software differentiates three
186 milking phases: delay time to milk flows, main milking phase and low milk flow phase.
187 The variables recorded were, average vacuum level during the main milking phase
188 (kPa) and vacuum level drop (difference between maximum and minimum vacuum
189 level during milking, kPa).

190

191 **Statistical analysis**

192 The association between the dependent variables related to milking efficiency
193 (milk yield, machine stripping milk, milking duration and mean milk flow) and the
194 treatments applied (ALT38, ALT42, SIM38, SIM42) was studied using a linear mixed
195 model (Proc GLIMMIX, SAS 9.2., 2012). Fixed effects included: type of pulsation
196 (alternative and simultaneous), vacuum levels (38 and 42 kPa), the sampling period (1

197 to 8) nested to the type of pulsation, and the interaction between vacuum level and the
198 type of pulsation. In addition, the covariable milk yield in each sampling was
199 considered in the milking duration analysis

200 The animal was considered as a random term, and a "compound symmetry"
201 covariance structure was used to consider repeated measures over time in the same
202 animal. The model using this hierarchical structure provided the best fit for the data
203 when compared to different models considering other covariance and hierarchical
204 structures (as assessed using Bayesian and Akaike information criteria).

205 Finally, a general lineal model (Proc GLM, SAS 9.2., 2012) was employed to
206 study the association of the treatment (ALT38, ALT42, SIM38, SIM42) with the mean
207 vacuum level and the vacuum drop, considering treatment as factor.

208

209 **RESULTS**

210 The type of pulsation had a significant effect on milking duration of morning
211 and afternoon milkings, the average milk flow in the morning milking and machine
212 stripping milk in afternoon milking. Period nested to the type of pulsation had
213 significant effect on both milking durations (morning and afternoon), both average milk
214 flows, and machine stripping milk in morning milking. Vacuum level had effect on
215 milking duration in the morning milking and on both average milk flows. The
216 interaction between the type of pulsation and the vacuum level had effect on milking
217 duration and the average milk flow in the morning milking. Covariable milk yield had
218 effect on milking duration values in the morning milking and on afternoon milking
219 (Table 2).

220 In the morning milking it was observed that the use of high vacuum levels
221 (ALT42 and SIM42) was related to a decrease of milking duration values (maximum

222 differences of 0.45 min). The significant interaction between pulsation and vacuum
223 level was due to the use of high vacuum level (42 kPa) with alternative pulsation
224 obtained a further reduction of the milking duration compared to simultaneous pulsation
225 (significant differences of 0.24 min). Milk yield values in the morning milking were not
226 affected by the treatment. Average milk flows were higher when ALT42 was employed
227 and related to the reduction of the milking duration (significant differences up to 0.05
228 kg/min and 0.08 kg/min were observed between this treatment and SIM42 and SIM38,
229 respectively). Regarding to machine stripping milk, no differences were observed
230 between the four treatments tested (Table 3).

231 In the afternoon milking, there were not differences between treatments in the
232 values of the variables milk yield and milking duration (SIM42 obtained the highest
233 values of milk yield, and ALT42 obtained the shortest values of milking duration,
234 although without significant differences). Moreover, significant higher values in the
235 variable average milk flow were observed when 42 kPa was employed (ALT42 y
236 SIM42): Differences between ALT42 and ALT38 were up to 0.02 kg/min, and 0.03
237 kg/min between SIM42 and SIM38. Regarding to machine stripping milk, it was
238 observed that the employment of alternative pulsation obtained higher values compared
239 to simultaneous pulsation, although with scarce differences: (differences of 30 g respect
240 to ALT38, and 17g respect to ALT42, Table 3).

241 In the results of the variables related to the vacuum levels in the short milk
242 tubes, it was observed that the average vacuum level during the main milking phase was
243 affected by both type of pulsation and vacuum level employed: ALT42 showed the
244 highest values. Moreover, significant differences between every treatment were
245 observed. Regarding the vacuum drops, this variable was not affected by the vacuum
246 level employed, being significant the type of pulsation: the treatments that employed

247 simultaneous pulsation showed higher values than those observed when alternative
248 pulsation was employed, with differences up to 1.19 kPa between SIM38 and ALT42
249 (Table 3).

250

251 **DISCUSSION**

252 Productive values observed in this study agree with those observed in other
253 studies developed in the same goat breed in similar conditions (Komara and Marnet,
254 2009). Moreover, no differences in variable milk yield were observed between different
255 vacuum levels tested similarly to the results observed in a short term experiment
256 developed by Sinapis et al. (2000) when vacuum levels of 36 and 45 kPa were tested in
257 the milking of local greek goats. In that study, it was observed that the employment of
258 high vacuum levels (52 kPa) corresponded with a decrease of the machine milk fraction,
259 and the authors proposed the use of vacuum levels between 36 and 44 kPa to maximize
260 the amount of milk contained in the mammary gland since total milk did not vary.

261 The significant effect of the vacuum level on the milking efficiency (milking
262 duration in the morning milking and average milk flow in both milkings) agrees with
263 the results observed in other studies developed in Alpine goats (Lu et al., 1991) where it
264 was observed that increasing the vacuum level from 38 to 45 kPa, increased the average
265 milk flow and decreased the milking duration. According the same authors, the use of a
266 vacuum level of 52 kPa increased average milk flow, but resulted in an increase in the
267 somatic cell count. On similar lines, in cow and ewes, increasing vacuum level has
268 involved increasing changes in the teat end status which can take to teat collapse and it
269 has been related to higher frequency of intramammary infections (O'Shea, 1987;
270 Hamann et al., 1994)

271 Respect to the type of pulsation employed, in recent studies of this research
272 group, it was observed that, when milking with a vacuum level of 40 kPa, there were
273 not differences between alternative and simultaneous pulsation regarding the variables
274 milking efficiency (milk yield and milking duration). In this current study, similar
275 aspects were observed since no differences in milk yield were observed between the
276 tested treatments. Moreover, when vacuum level was 38 kPa, no differences between
277 pulsation type were observed in any variable related to milking efficiency. Nevertheless,
278 when vacuum level of 42 kPa was employed, alternative pulsation showed a decrease in
279 milking duration and an increase in average milk flow in the morning milking.
280 According to these results, the use of alternative pulsation would show a higher milking
281 efficiency than simultaneous pulsation when there is a significant higher amount of milk
282 in the short milk tubes (morning milking and use of high vacuum levels). Differences
283 found in milking duration in this case (0.27 min per animal) could imply a decrease in
284 the time spent in the milking of the entire herd (Reid and Stewart, 1997; Edwards et al.,
285 2013). On the other hand, non-existing differences in machine stripping milk in the
286 morning milking and the scarce differences of the same variable in the afternoon
287 milking (maximum values of 30 g) would support the election of the treatment with best
288 milking efficiency results.

289 Values of vacuum drop observed in this current study are higher than those
290 observed in similar experiments developed in Murciano-Granadina goats (low line,
291 vacuum level, pulsation parameters) by this research group (Bueso-Ródenas et al.,
292 2014). It is possible that this difference was due to the higher productive levels of
293 Alpine goats, thus the larger milk flow emission in the short milk tubes would have
294 interrupted the vacuum as it has been described by Ambord and Bruckmaier (2010).
295 According to these authors, vacuum level drop depends on the amount of milk

296 contained in the short milk tubes at the moment, being more obvious when high milk
297 flows of the main milking phase are present, affirmation which would agree with the
298 results observed in this current study. This situation has been previously observed in
299 milking parlors installed in high-line (Díaz et al., 2004) and in low-line (Rasmussen et
300 al., 2000). Changes in vacuum level in the short milk tubes during milking are related to
301 several ways of transmission of pathogen agents between animals, such as reverse flow,
302 impacts or reverse pressure gradients (Le Du, 1989; Rasmussen et al., 1994; Billon et
303 al., 1998). Nevertheless, the magnitude of the vacuum drops observed in this study
304 could not imply risks for the mammary gland health status, according to what was
305 observed by this research group in previous unpublished works, and similar to what was
306 observed by Manzur et al. (2012) in Murciano-Granadina goats with similar drops (3.5-
307 12.4 kPa), who also did not find differences in the mammary gland health status..
308 Moreover, the higher changes in vacuum level in this current study have been observed
309 during the main milking phase and, according to what has been pointed by Billon et al.
310 (1998), the higher risk for the mammary gland health status is that these changes
311 occurred at the end of the milking when the milk cannot be removed again, so, the
312 pathogens transmitted can grow in the mammary gland between milkings.

313 The higher average vacuum level and the lower values of the vacuum drop
314 agrees with the higher average milk flow observed in the morning milking when this
315 type of pulsation was employed, since an optimal arrival of the vacuum implied a better
316 circulation of the milk. According with this idea and with what was pointed by Billon
317 (2004) and Schlaib (1996), alternative pulsation would offer a more regular milk flow.
318 Moreover, according to what was pointed by several studies, with a higher or more
319 constant vacuum at the teat level, such it has been observed in this current study when
320 alternative pulsation was employed, milk can be removed faster and maximum milk

321 flow increases (Baxter et al., 1950; Stewart and Schultz, 1958; Rasmussen et al., 1986).
322 Although additional experiments are needed to support this hypothesis, the use of
323 alternative pulsation would offer significant advantages in situations related to high
324 milk flows or in high-line milking machines where milk flow can occupy the entire
325 section of the long milk tubes.



326 CONCLUSIONS

327 The use of alternative pulsation implied higher average vacuum levels and a
328 reduction of the vacuum drops in the short milk tubes, although this only implied a
329 reduction of the milking duration in the morning milking when 42 kPa vacuum level
330 was used. It was concluded that the use of alternative pulsation offers some advantages
331 respect to simultaneous pulsation in temporary situations of high milk flow or when
332 milk flow can occupy the entire section of the milk tubes, like milking with high
333 vacuum level.

334

335 ACKNOWLEDGMENTS

336 This study was part of the program of research AGL2009-10695 funded by
337 “Ministerio de Ciencia e Innovación” in collaboration with Università degli studi di
338 Milano. The authors acknowledge workers of “*Castello di Roccaforte*” farm for the
339 supervision of the animal handling and their collaboration in the field work.

340 **REFERENCES**

341 Ambord, S., Bruckmaier, M. 2010. Milk flow dependent vacuum loss in highline
342 milking systems: Effects on milking characteristics and teat tissue condition. *Journal of*
343 *Dairy Science* 93: 3588-3594.

344

345 Baxter, E.S., Clarke, P.M., Dodd, F.H., Foot, A.S. 1950. Factors affecting the rate of
346 machine milking. *Journal of Dairy Research* 17: 117–127

347

348 Billon, P., Sauvee, O., J. Menard, L., Gaudin, V. 1998. Effects of milking and of the
349 milking machine on somatic cells counts and intramammary infections on dairy cows.
350 Proceedings of 5th Renc. Rech. Ruminants. INRA-Institut de L'Élevage, pp. 305–312.

351

352 Billon, P., Ronningen, O., Sangiorgi, E., Schuiling E. 1999. Quantitative requirements
353 of milking installations for small ruminants. A survey in different countries. *Milking*
354 and milk production of dairy sheep and goats. Proceedings of the Sixth International
355 Symposium on the milking of small ruminants, EAAP Publication no. 95.

356

357 Billon, P., 2004. The designing of small and medium sized milking machines for dairy
358 sheep. Proceedings of 10th Great Lakes Dairy Sheep Symposium, Eau Claire,
359 Wisconsin.

360

361 Bruckmaier, R.M., Ritter, C., Schams, D., Blum, J.W. 1994. Machine milking of dairy
362 goats during lactation: udder anatomy, milking characteristics, blood concentrations of
363 oxytocin and prolactin. *Journal of Dairy Research* 61: 457–466.

364

365 Bueso-Rodenas, J., Romero, G., Roca, A., Díaz, J.R. 2014. Effect of one automatic
366 cluster remover (ACR) setting on milking efficiency on Murciano–Granadina goats.
367 *Livestock science* 161: 193-200.

368

369 Díaz, J.R., Peris, C., Rodríguez, M., Molina, M.P., Fernández, N. 2004. Effect of
370 milking pipeline height on machine milking efficiency and milk quality in sheep.
371 *Journal of Dairy Science* 87: 1675-1683.

372

373 Díaz, J., García, D.E., Ares, J.L. 2005. Desarrollo de innovaciones tecnológicas para
374 mejorar las condiciones de producción de leche en las explotaciones caprinas.
375 *Proceedings of 30th Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia.*

376

377 Edwards, J.P., Jago, J.G., Lopez-Villalobos, N., 2013. Milking efficiency for grazing
378 dairy cows can be improved by increasing automatic cluster remover thresholds without
379 applying premilking stimulation. *Journal of Dairy Science* 96: 3766–3773.

380

381 Gleeson, D.E., O'Callaghan, E.J., Rath, M.V. 2004. Effect of liner design, pulsator
382 setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as
383 measured by ultrasonography. *Irish Veterinary Journal* 57: 289-296.

384

385 Hamann, J., Osteras, O. 1994. Special aspects. Teat tissue reactions to machine milking
386 and new infection risk. *IFD Bulletin* 297, 35-41.

387

- 388 Komara, M., Marnet, P.G. 2009. Endocrine responses and milk emission characteristics
389 in high yielding Alpine dairy goats under once daily milking management. *Small*
390 *Ruminant Research* 87: 64–69.
391
- 392 Lu, C.D., Potchoiba, M.J., Loetz, E.R. 1991. Influence of vacuum level, pulsation ratio
393 and rate on milking performance and udder health in dairy goats. *Small Ruminant*
394 *Research* 5:1-8.
395
- 396 Manzur, A., Díaz, J.R, Mehdid, A., Fernández, N., Peris, C. 2012. Effect of mid-line or
397 low-line milking systems on milking characteristics in goats. *Journal of Dairy Research*
398 *79*: 375–382.
399
- 400 McKusick, B.C., Thomas, D.L., Berger, Y.M., Marnet, P.G. 2002. Effect of milking
401 interval on alveolar versus cisternal milk accumulation and milk production and
402 composition in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 85: 2197-2206.
403
- 404 O'Callaghan, E.J. 1998. Effects of pulsation characteristics on machine yield, milking
405 time and cluster stability. *Irish Journal of Agricultural Research* 37:201-207.
406
- 407 O'Callaghan, E.J. 2004. Effects of the design of a milking unit on vacuum variations
408 during simulated milking. *Irish Journal of Agricultural Research* 43: 237-245.
409
- 410 O'Shea, J., 1987. Machine milking factors affecting mastitis. A literature review. *IDF*
411 *Bulletin.*, 215: 5-28.
412

- 413 Rasmussen, M.D. Madsen, N.P. 2000. Effects of milkline vacuum, pulsator airline
414 vacuum and cluster weight on milk yield, teat condition and udder health. Journal of
415 Dairy Science 83: 77–84.
416
- 417 Rasmussen, M.D., Frimer, E.S., Horvath, Z., Madsen, N.P., Klastup, O., Jensen, N.E.
418 1986. The milking system separate milk and air transport. Influence on yield,
419 milkability, milk quality, udder health, and vacuum conditions Ber. Statens
420 Husdyrbrugs-forsø 619: 1–50.
421
- 422 Rasmussen, M.D., Frimer, E.S., Decker, E.L. 1994. Reverse pressure gradients across
423 the teat canal related to machine milking. Journal of Dairy Science 77: 984–993.
424
- 425 Reid, D.A. and Stewart S. C. 1997. The effects on parlor performance by variations of
426 detacher settings. Pages 101–104. Proceedings of 36th Annu. Mtg. National Mastitis
427 Council, Madison, WI.
428
- 429 Romero G., Moya F., Bueso-Ródenas J., Alejandro M., Díaz J.R., 2012. Mechanical
430 milking efficiency under alternative and simultaneous pulsation in Murciano-Granadina
431 goats at late lactation. XI International Conference on Goats. Book of abstracts: 58.
432
- 433 Schlaib, G. 1996. Ordeño profesional. Alfa Laval Agri AB. Tumba, Sweden.
434
- 435 Sinapis, E., Hatziminaoglu, I., Marnet, P.G., Abas, Z., Bolou, A. 2000. Influence of
436 vacuum level, pulsation rate and pulsator ratio on machine milking efficiency in local
437 Greek goats. Livestock Science 64:175-181.

438

439 Stewart, W.E. Schultz L.H. 1958. The rate of machine milking of dairy cows. II. Effect

440 of vacuum and pulsation rate. *Journal of Dairy Science* 41: 849–856.



441

442 **Table 1. Schedule of the experiments according lot of animals, type of pulsation (alternative pulsation, PA or**
 443 **simultaneous pulsation, PS) and vacuum level (38 and 42 kPa).**

	Latin square 1		Latin square 2		Latin square 3		Latin square 4	
	Period 1:	Period 2:	Period 3:	Period 4:	Period 5:	Period 6:	Period 7:	Period 8:
	Day 1-3	Day 4-6	Day 7-9	Day 10-12	Day 13-15	Day 16-18	Day 19-21	Day 22-24
Lot 1	PA x 42	PA x 38	PS x 42	PS x 38	PS x 38	PS x 42	PA x 38	PA x 42
Lot 2	PA x 38	PA x 42	PS x 38	PS x 42	PS x 42	PS x 38	PA x 42	PA x 38

444

445

446

Table 2. Results of statistical analysis (F and P values) of the variables related to milking efficiency.

447

	MDM		MDA		MYM		MYA		AMFM		AMFA		MSMM		MSMA	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
pulsation	8.98	<0.01	4.5	0.03	1.53	0.22	0.73	0.39	19.36	<0.01	1.18	0.28	0.24	0.65	5.8	0.02
period(puls)	5.38	<0.01	3.74	<0.01	0.79	0.58	1.75	0.11	2.24	0.04	2.63	0.02	2.52	0.02	2.12	0.06
Vacuum	47.68	<0.01	3.67	0.08	0.43	0.51	1.54	0.22	45.05	<0.01	7.81	<0.01	0.30	0.58	3.63	0.06
puls*vac	7.04	<0.01	0.04	0.83	0.02	0.81	3.68	0.08	6.81	<0.01	0.02	0.88	0.01	0.98	0.01	0.93

448 period(puls): pulsation type nested to period of the experiment; puls*vac: interaction of vacuum level with type of pulsation; MDM: milking duration of the morning;

449 MDA: milking duration of the afternoon; MYM: milk yield in the morning; MYA: milk yield in the afternoon; AMFM: average milk flow in the morning; AMFA:

450 average milk flow in the afternoon; MSMM: machine stripping milk in the morning; MSMA: machine stripping milk in the afternoon.

451 **Table 3. Effect of the treatments studied on the milking efficiency and the**
 452 **variables related to vacuum levels in the short milk (means \pm standard error).**

VARIABLE	ALT38	ALT42	SIM38	SIM42	SL
MDM (min)	4.02 \pm 0.10 a	3.57 \pm 0.10 c	4.02 \pm 0.10 a	3.84 \pm 0.10 b	*
MDA (min)	3.47 \pm 0.09	3.33 \pm 0.09	3.48 \pm 0.09	3.43 \pm 0.09	NS
MYM (kg)	2.17 \pm 0.06	2.18 \pm 0.06	2.13 \pm 0.06	2.15 \pm 0.06	NS
MYA (kg)	1.77 \pm 0.05	1.75 \pm 0.05	1.74 \pm 0.05	1.82 \pm 0.05	NS
AMFM (kg/min)	0.54 \pm 0.01 b c	0.61 \pm 0.01 a	0.53 \pm 0.01 c	0.56 \pm 0.01 b	*
AMFA (kg/min)	0.51 \pm 0.01 b	0.53 \pm 0.01 a	0.50 \pm 0.01 b	0.53 \pm 0.01 a	*
MSMM (g)	170 \pm 13	175 \pm 13	175 \pm 13	179 \pm 13	NS
MSMA (g)	154 \pm 11 a	141 \pm 11 a	138 \pm 11 ab	124 \pm 11 b	*
AV (kPa)	33.18 \pm 0.10 c	37.39 \pm 0.07 a	32.49 \pm 0.15 d	36.48 \pm 0.11 b	**
VD (kPa)	4.34 \pm 0.09 b	4.31 \pm 0.07 b	5.50 \pm 0.25 a	5.20 \pm 0.22 a	**

453 ALT38: alternative pulsation and vacuum level 38 kPa; ALT42: alternative pulsation and vacuum level
 454 42 kPa; SIM38: simultaneous pulsation and vacuum level 38 kPa; SIM42: simultaneous pulsation and
 455 vacuum level 42 kPa; SL: significance level; MDM: milking duration in the morning; MDA: milking
 456 duration in the afternoon; MYM: milk yield in the morning; MYA: milk yield in the afternoon; AMFM:
 457 average milk flow in the morning; AMFA: average milk flow in the afternoon; MSMM: machine
 458 stripping milk in the morning; MSMA: machine stripping milk in the afternoon; MV: average vacuum
 459 level during main milking phase VD: vacuum drop.

460 a b c d: different letters in the same line show significant differences *(P<0,05) or ** (P<0.01). NS: not
 461 significant.

462



Capítulo 5: Resultados y discusión





Estudio 1. Estudio del efecto de un DCAV en la eficacia del ordeño de cabras de raza Murciano-Granadina al inicio y al final de la lactación.

La programación de los DCAV con FC 150 g/min, al inicio de la lactación, y de FC de 100 a 150 g/min, al final de la lactación, en el ordeño de cabras de raza Murciano-Granadina supuso, como máximo, un aumento de los tiempos de ordeño empleados en 0,3 min respecto a los FC de 200 y 250 g/min, incremento menor a lo que inicialmente se esperaba en función de lo encontrado en la bibliografía. El aumento del TD supuso un incremento de los valores de tiempo de ordeño mayor a lo que inicialmente se esperaba, dadas las diferencias entre los distintos TD programados (5 s). Sin embargo, se debe mencionar especialmente el efecto sobre el tiempo de ordeño que ha mostrado tener la realización de una segunda puesta de pezoneras, aspecto que ha sucedido con mayor frecuencia en los FC de 200 y 250 g/min (22 y 26 casos en el inicio de la lactación y 22 casos en ambos FC en el final de la lactación, respectivamente). La realización de una segunda puesta de pezoneras alargó el tiempo de ordeño individual (aumento de hasta 1,13 min), lo que en la práctica causaría la demora de la salida de los animales ya ordeñados en su misma plataforma de ordeño y, por consiguiente, aumentaría el tiempo total de ordeño del rebaño. Este efecto es indeseable ya que uno de los objetivos que se pretenden conseguir con la instalación de DCAV en las salas de ordeño es reducir el tiempo que el operario dedica al ordeño de los animales. El aumento de la frecuencia de doble puesta de pezoneras en los FC de 200 y 250 g/min pudo deberse a que en la raza Murciano-Granadina hay cabras cuyo flujo de emisión de leche desciende hasta valores inferiores a 200 g/min cuando aún queda una gran cantidad de leche en la glándula mamaria. Esta situación se ha observado, con mayor frecuencia, en animales de 3 ó 4 lactaciones con un gran

desarrollo de la cisterna de la glándula mamaria y cuyos pezones se encuentran implantados por encima de la base de la glándula. En las explotaciones comerciales sin DCAV, a este tipo de animales se les suele practicar una rutina de ordeño que incluye una segunda puesta de pezoneras y un apurado a máquina. Quizá el empleo combinado de sistemas de sujeción de la ubre y DCAV, como los descritos por Tangorra et al. (2010), minimizarían la frecuencia de doble puesta de pezoneras y la fracción de leche de apurado a mano en el ordeño de estos animales.

Las diferencias encontradas en los resultados del fraccionamiento de la leche durante el ordeño sugieren que el flujo de emisión de leche desciende rápidamente hasta que se alcanza el FC de 150 g/min al inicio de la lactación y el FC de 100 g/min al final de la lactación. Por ello, a partir de esos FC no se obtienen mejores resultados de fracción de leche máquina y leche de apurado a mano, mientras que el tiempo de ordeño aumenta significativamente.

Respecto de la fracción de leche residual, a pesar de las diferencias obtenidas entre programaciones (máximas de 1,6 % en el inicio de la lactación y 1,2 % en el final de la lactación), no se encontró una tendencia de variación de sus valores al modificar los parámetros de funcionamiento del DCAV (FC y TD). Esto indica que, en el ordeño con DCAV, la variación de los valores de FC y TD no afecta al reflejo de eyección y posterior bajada de leche que se puede producir durante el ordeño mecánico de cabras Murciano-Granadinas, pudiéndose ver afectado por otros factores. Es posible que en razas caprinas con una compartimentación de la glándula mamaria diferente (Saanen, Wilde y Knight, 1990, Salama et al., 2004) pueda haber diferencias en este aspecto.

El aumento de la caída del nivel de vacío empleando TD de 15 y 20 s con respecto a TD 10 s en los FC de 200 y 250 g/min (3,16 y 3,29 kPa, respectivamente) se debió al aumento del tiempo de ordeño cuando se han activado los DCAV, lo que produjo unas mayores caídas del nivel de vacío (menores valores de nivel de vacío mínimo), especialmente en estos FC en los que aún existe un flujo de leche considerable en los tubos cortos. En principio, y aunque serían necesarios otros estudios que lo confirmen, los FC de 200 y 250 g/min combinados con TD de 15 y 20 s podrían aumentar el riesgo de infecciones intramamarias al aumentar la probabilidad de que se originen fenómenos de flujo inverso o de impacto (O'Shea et al., 1987 y Billon et al., 1998).

En general, en cabras Murciano-Granadinas no se han observado las grandes diferencias descritas entre las combinaciones de parámetros de DCAV estudiadas que se han observado en otros estudios en ganado vacuno, especialmente al final de la lactación. Esta situación hace pensar que entre estos niveles se encuentra la programación óptima del DCAV para esta raza, de modo similar a como describen Magliaro y Kensinger (2005) en vacuno. En ganado vacuno, Rasmussen (1993), Reid y Stewart (1997), Stewart et al. (2002) y Magliaro y Kensinger (2005) obtuvieron que el aumento de FC disminuía el tiempo de ordeño manteniendo el valor de leche máquina. Es posible que el mayor tiempo de ordeño empleado y los mayores valores de producción de leche que existen en ganado vacuno faciliten encontrar mayores diferencias entre programaciones de DCAV. Es destacable, también, que en gran parte de los estudios mencionados, se emplean FC muy extremos, encontrándose diferencias entre FC estudiados desde 200 g/min (Sagi, 1978; Rasmussen, 1993) hasta 600 g/min (Edwards et al., 2013), mientras que en el presente estudio la diferencia entre FC

extremos es de 150 g/min (valores extremos de 100 y 250 g/min). Además, en algunos de estos estudios (Magliaro y Kensinger, 2005) se combinan los FC más elevados con los TD menores y viceversa, lo que, teóricamente, aumenta la probabilidad de encontrar diferencias entre las distintas combinaciones de programación de los DCAV.

A pesar de que las diferencias en los valores de fracción de leche de apurado a mano entre las distintas programaciones de DCAV fueron menores, éstos siguen la misma tendencia que los encontrados por Rasmussen, (1993), Jago et al., (2010) y Edwards et al. (2013) en ganado vacuno. Así, los FC menores (FC 100 y 150 g/min) obtuvieron los menores valores de leche de apurado a mano (sin diferencias significativas en este estudio). Mientras que en los estudios realizados en ganado vacuno solamente se realizaba una única puesta de pezoneras, en este estudio, se practicó una rutina de ordeño con la posibilidad de una segunda puesta de pezoneras tras la activación del DCAV, como se haría en un rebaño comercial, lo cual podría haber solapado las diferencias de la fracción de leche de apurado a mano existentes entre los tratamientos estudiados. El propósito de conseguir un óptimo apurado es doble: en primer lugar y a corto plazo, conseguir extraer la máxima cantidad de leche posible y en segundo lugar y a largo plazo, evitar una inhibición de la secreción lechera (Wilde et al., 1995; Peaker, 1980 y Stelwagen et al., 1994) por un vaciado insuficiente de la glándula que podría afectar a la curva de lactación. En este sentido, es importante realizar un óptimo apurado entre las semanas 2ª y 12ª de la lactación (Wilde y Knight, 1990; Salama et al., 2003).

En función de los resultados comentados, la estrategia para aprovechar las ventajas que se obtienen con la instalación de DCAV debe ir encaminada a minimizar la frecuencia de doble puesta de pezoneras, y, consecuentemente, reducir el tiempo de

ordeño de grupos de animales, lo que se ha obtenido con FC de 100 y de 150 g/min. Además en estos FC se encuentra el equilibrio entre tiempo de ordeño y leche ordeñada (150 g/min al inicio de la lactación y 100 g/min al final de la lactación) y son los mismos que registran los menores valores de leche de apurado.



Estudio 2

En el estudio del efecto de los retiradores automáticos de pezoneras en la eficacia del ordeño de las ovejas de raza Manchega se encontró un aumento del tiempo de ordeño cuando se utilizaron FC reducidos y TD elevados y un descenso de la fracción de leche máquina cuando se emplearon FC elevados y TD reducidos. Así, en los dos experimentos realizados (test), con el empleo de FC 150 g/min y TD 20 s se obtuvo la mayor cantidad de leche ordeñada (diferencias máximas de 4,4 % en línea baja y 3,2 % en línea alta) y con FC 200 g/min y TD 10 s se obtuvo el menor tiempo de ordeño (diferencias de 0,31 min en línea baja y 0,33 min en línea alta). En el Test 1, el empleo de FC 100 g/min no ofreció mejores valores de leche máquina y leche de apurado que el resto de FC, sin embargo, aumentó el tiempo de ordeño, especialmente al combinarse con TD de 20 s. En esta misma prueba, el empleo de FC 250 g/min no ofreció menores valores de tiempo de ordeño. Teniendo en cuenta estos resultados, el flujo de emisión de leche durante el ordeño de las ovejas de raza Manchega podría mantenerse en el tiempo hasta alcanzar niveles de FC de entre 200 y 150 g/min, a partir del cual desciende rápidamente, cesando el flujo y finalizando el ordeño, así, el uso de FC menores de 150 g/min no consigue un mejor apurado de la glándula mamaria.

Los resultados de este estudio seguirían la misma tendencia que los observados en ganado vacuno por Rasmussen (1993), Reid y Stewart (1997), Stewart et al. (2002), Magliaro y Kensinger (2005) y Edwards et al. (2013) y en ganado caprino por el equipo investigador (**ver estudio 1**): existe un punto de equilibrio a partir del cual el empleo de FC menores o TD mayores no mejora los resultados de leche extraída y aumenta los valores de tiempo de ordeño. Superar este punto de equilibrio, además de aumentar el

tiempo de ordeño, hace que aumente el riesgo de realizar sobreordeño y puede afectar al estado del pezón y, en consecuencia, al estado sanitario de la glándula mamaria (Peris et al., 2003). Así, en ganado ovino de raza Manchega, entre los FC 200 y 150 g/min se encontraría la combinación adecuada que permitiría obtener la mayor cantidad de leche máquina en un óptimo tiempo de ordeño. De esta forma, el empleo de FC 200 g/min combinado con TD cortos permitiría reducir el tiempo de ordeño y el empleo de FC 150 g/min combinado con TD altos mejoraría el fraccionamiento. La estrategia a utilizar debe ser valorada por el ganadero, comparando el valor del tiempo empleado con el valor de la leche no ordeñada teniendo en cuenta que el coste de la leche de oveja es mayor al de otras especies, aun superior si esta tiene como destino la fabricación de queso con denominación de origen.

En el presente estudio no se registró el tiempo total de ordeño de cada uno de los lotes pero las diferencias encontradas en tiempo de ordeño entre las distintas combinaciones de FC y TD (diferencias de hasta 0,33 min por animal) sugieren que podrían encontrarse diferencias en el tiempo total de ordeño del rebaño según la programación de los DCAV, tal y como encontraron Reid y Stewart (1997) en ganado vacuno.

Es destacable que las diferencias en tiempo de ordeño observadas en el Test 2 entre las distintas programaciones de FC y TD fueron mayores que las observadas en el Test 1. Esto se explicaría, en primer lugar, por el nivel productivo superior de los animales del Test 2 que pudo aumentar las diferencias entre las distintas programaciones, tal y como sugieren Magliaro y Kensinger (2005) al comparar sus resultados con otros estudios realizados en ganado vacuno. A esto se añadiría que las condiciones del Test 2 (DCAV a 2,5 m por encima de las pezoneras) hacen que el DCAV

detecte más tarde el descenso del flujo de emisión de leche que en Test 1 (DCAV a 1 m por debajo de las pezoneras). Como consecuencia, el DCAV de Test 2 podría realizar el corte de vacío cuando ha descendido en gran medida el flujo de leche a nivel de las pezoneras. Aunque serían necesarias pruebas adicionales para confirmar esta hipótesis, esto confirmaría lo sugerido por Rasmussen (2004) sobre la importancia que tiene la distancia que exista entre las pezoneras y el dispositivo medidor de flujo de leche para realizar el corte de vacío en el momento adecuado.

Los valores medios de leche de apurado oscilaron entre 9,4 y 12,5 %, valores que son similares a los obtenidos en ordeño sin DCAV en otros experimentos realizados en ovejas de raza Manchega (8-11%, Villagrà et al., 2007). Como ya se ha descrito en ovejas de raza Sarda y Lacaune por Labussière (1988) y en Dorset Horn por Knight y Gosling (1995) es posible que en ovejas de raza Manchega el uso de rutinas de ordeño simples, sin realización de repasos a máquina, permita obtener valores de leche de apurado óptimos. Adicionalmente en ambos test, se observó una baja frecuencia de doble puesta de pezoneras sin observarse diferencias entre las distintas combinaciones de FC y TD. Esto sugiere que, a juicio visual del operario y a los niveles de FC y TD estudiados en las dos pruebas, el empleo de DCAV consigue un correcto nivel de apurado de la glándula mamaria. Este nivel de apurado evitaría la acumulación de leche en la glándula que puede inhibir su síntesis (Peaker, 1980; Stelwagen et al., 1994; Wilde et al., 1995) afectando a la curva de lactación (Wilde y Knight, 1990).

Los mayores valores obtenidos en los valores de caída del nivel de vacío en el Test 2 (valores máximos en línea baja de 3,15 kPa y valores máximos en línea alta 6,56 kPa) se explican por la configuración en línea alta (Díaz et al., 2004; Manzur et al., 2012). Por otra parte, el aumento de la caída del nivel de vacío a medida que aumentó

FC (diferencia máxima de 2,48 kPa) se debió a la existencia de flujos de emisión de leche mayores lo cual aumenta la probabilidad de que la leche ocupe totalmente la sección de la conducción de leche (Le Du, 1977; Murgia y Pazzona, 1999), aspecto que dificulte la llegada del vacío a las pezoneras. En principio, y aunque serían necesarios otros estudios que lo confirmen, el empleo de FC y TD elevados podría aumentar el riesgo de infecciones intramamarias al aumentar la probabilidad de que se originen fenómenos de flujo inverso o de impacto (O'Shea et al., 1987 y Billon et al., 1998).



Estudio 3.

En el estudio del efecto a largo plazo de los retiradores automáticos de pezoneras en el ordeño de cabras de raza Murciano-Granadina comparado con la retirada manual de pezoneras, los resultados de las variables relativas al fraccionamiento de la leche obtenidos fueron similares a los encontrados en otros trabajos realizados en cabras Murciano-Granadinas por el equipo investigador (Díaz et al., 2013). El empleo de DCAV programados con FC 100 y 150 g/min y TD 10 s no implicó diferencias relevantes en los valores del fraccionamiento de la leche con respecto al ordeño con retirada manual de pezoneras (diferencias no significativas de 0,1 Kg con el tratamiento de retirada manual de pezoneras). En este sentido, la realización de apurado a máquina no ofreció mejores valores de leche máquina ni leche de apurado con respecto a la retirada con dispositivo de corte automático de vacío, por lo que el vaciado de la glándula obtenido con los parámetros de DCAV ensayados fue del mismo nivel que el obtenido con ordeño convencional. Esto, a su vez, permitió mantener los valores de potencial productivo de los animales en los tratamientos con FC 100 y 150 g/min (2,17 y 2,19 kg/animal respectivamente vs 2,11 kg/animal en el tratamiento con retirada manual de pezoneras, sin diferencias significativas), evitándose una inhibición de la secreción de leche a lo largo de la lactación debida a la no extracción de parte de la leche (Wilde y Knight, 1990; Salama et al., 2003). Esta ausencia de diferencias en los valores del fraccionamiento de la leche entre los distintos tratamientos realizados no concuerda con los resultados de Tangorra et al. (2010), quienes obtuvieron mayor producción y persistencia de la lactación con el empleo de DCAV, que estos mismos autores atribuyen al empleo añadido de un estabilizador del juego de ordeño en el lote ordeñado con DCAV y que

justifican que pudo tener un efecto beneficioso en variables no estudiadas como el estado del pezón o el estado sanitario de la ubre.

Respecto a la rutina de ordeño, la frecuencia de caída de pezoneras fue similar en todos los tratamientos, por lo que el empleo de DCAV con los parámetros ensayados no supuso ningún inconveniente en este aspecto. En cuanto a la frecuencia de doble puesta de pezoneras, al emplear DCAV (FC 100 y 150 g/min) se encontraron valores muy reducidos en ambos tratamientos y similares a los encontrados con estos flujos de corte en el estudio 1. En el mencionado estudio se concluyó que estos flujos de corte (150 y 100 g/min) eran los óptimos por ser los que ofrecieron los menores valores de frecuencia de doble puesta de pezoneras de entre todos los ensayados (250, 200, 150 y 100 g/min), lo cual reducía el tiempo de ordeño individual sin penalizar la fracción de leche máquina, lo cual se confirma en el presente estudio a largo plazo.

Los tiempos de ordeño individuales no presentaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos estudiados (3,27 min, 3,28 min y 3,44 min en el tratamiento con retirada manual, FC 100 y FC 150 g/min respectivamente): el ordeño con retirada manual de pezoneras no redujo el tiempo de ordeño individual. Aunque serían necesarios más experimentos para confirmar la siguiente hipótesis, hay que destacar que en una sala de ordeño mayor que la empleada en este estudio (1 X 12), el ordeño convencional con retirada manual de pezoneras obligaría a aumentar el número de ordeñadores para retirar las pezoneras al final del ordeño, situación que no ocurriría en el caso de una sala equipada con DCAV ya que la retirada de pezoneras estaría automatizada, presentándose en este último caso, un mayor rendimiento horario (número de animales ordeñados por hora y operario). A medida que la sala de

ordeño fuera de mayor tamaño, esta ventaja del ordeño con DCAV sobre el ordeño con retirada manual de pezoneras se haría más patente.

Contrariamente a lo esperado, dados los resultados de tiempo de ordeño individual, el tiempo de ordeño por plataforma resultó significativamente mayor en FC 150 g/min que en los otros dos tratamientos (diferencia máxima de 1,44 min) debido a que en este lote se observó una mayor frecuencia de ordeños de duración > 3.5 min (29, 1%). Así, la mayor probabilidad, en el caso de este tratamiento, de que estos animales se distribuyeran en diferentes plataformas de ordeño causó el incremento de los valores de tiempo de ordeño por plataforma. Esta situación coincide con lo observado por Stewart et al. (2002), quienes indican que el tiempo de ordeño de plataforma está supeditado al tiempo de ordeño del animal más lento.

Dada la ausencia de diferencias en los resultados del fraccionamiento, el tiempo de ordeño individual y los valores de las variables de la rutina de ordeño, se puede afirmar que la retirada de pezoneras realizada por el dispositivo de corte automático de vacío fue igual de eficaz que la realizada por un operario experimentado.

La ausencia de efecto significativo del tratamiento en la composición química de la leche concuerda con los resultados encontrados en ganado vacuno (Rasmussen, 1993; Jago et al., 2010). De esta forma, la composición química de la leche de los tres tratamientos estudiados varió de forma similar según el patrón típico de la lactación del caprino, con valores ascendentes a medida que avanzaba la lactación y descendía la producción, lo que supuso una concentración de los componentes (Goetsch et al., 2011).

Los valores de las variables de estado del pezón IAB, IAP e IAPT son similares a los encontrados por Díaz et al. (2013a) siguiendo la misma metodología en condiciones de ordeño similares (90 ppm, nivel de vacío de 40 kPa y relación de pulsación del 60%). Lo más destacable es que las cabras ordeñadas con retirada manual de pezoneras obtuvieron resultados de IAP, IEP e IESF significativamente mayores que las cabras ordeñadas con dispositivo de corte automático de vacío (diferencias máximas de 16,49, 6,48 y 24,14 %, respectivamente), lo que indica que se obtuvo un mayor grado de congestión del pezón con el ordeño convencional. A pesar de ello, la ausencia de diferencias entre tratamientos en las variables de estado del pezón antes del ordeño indica que los tres lotes de animales lograron una recuperación del pezón similar durante el intervalo entre ordeños.

Respecto a las variables relativas al nivel de vacío, los valores de caída del nivel de vacío en los flujos de corte 100 y 150 g/min son similares a los anteriormente observados por el equipo investigador con la misma combinación de FC y TD ($1,49 \pm 0,25$ kPa y $1,65 \pm 0,25$ kPa respectivamente, ver estudio 1). El ordeño con retirada manual ofreció mayores valores de caída del nivel de vacío (7,69 kPa) que el ordeño con dispositivo de corte automático de vacío (2,42 y 2,09 kPa en los flujos de corte 100 y 150 g/min) lo cual pudo ser debido al aumento del flujo de emisión de leche (LeDu, 1977; Ambord y Bruckmaier, 2010) que se produce por la manipulación de la ubre en la fase de apurado a máquina.

A pesar de los peores resultados encontrados en el estado del pezón y las caídas del nivel de vacío durante el ordeño en el tratamiento con retirada manual de pezoneras, los tratamientos ensayados ofrecieron similares resultados de las variables relativas al estado sanitario, tanto en el recuento de células somáticas como en la

aparición de nuevos casos de mamitis. En el caso de las variables relativas al estado del pezón hay que destacar que en el caso de animales en que se realiza un mayor número de ordeños al día, como las especies bovina y ovina y otras razas caprinas, el riesgo de que el pezón no se haya recuperado entre ordeños es mayor (Hamann y Østerås, 1994; Neijenhuis et al., 2001), por lo que el empleo de DCAV respecto del ordeño con retirada manual de pezoneras, ofrecerá mayores beneficios en el estado sanitario de la glándula mamaria (Hamann et al., 1994) dado que se minimiza la congestión del pezón tras el ordeño. En el caso de los mayores valores de caída del nivel de vacío en los animales ordeñados con retirada manual de pezoneras, hay que destacar que aunque fueron mayores que los encontrados en los otros dos tratamientos, fueron relativamente reducidos ($7,69 \pm 0,66$ kPa), siendo similares ($3,5 - 12,4$ kPa) a los encontrados en cabras Murciano-Granadinas por Manzur et al. (2012), quienes, con estos valores de caída del nivel de vacío, no encontraron diferencias en el estado sanitario de la glándula mamaria. Distintos autores (Mein et al., 1986, Hamann et al., 1994) señalan que para alterar los mecanismos de defensa del pezón y, consecuentemente el estado sanitario de la glándula mamaria de los animales (Zecconi et al., 1992; Peris et al., 2003) es necesaria una asociación de caídas del nivel de vacío con factores como pulsaciones inadecuadas, manguitos deteriorados, apurados a máquina intensos y retiradas de pezoneras sin corte previo de vacío de forma reiterada, factores que no se produjeron en el presente estudio. Por último, esta ausencia de diferencias entre tratamientos en las variables relativas al estado sanitario fue concordante con la ausencia de diferencias en los resultados de las variables del fraccionamiento. Este hecho se explica porque, dado que el estado sanitario de la glándula mamaria fue similar en los tres tratamientos ensayados, el proceso de síntesis

y secreción de leche no se vio afectado de forma distinta y, por tanto, cada grupo de animales ofreció valores similares de potencial productivo al final de la lactación. En cualquier caso, hay que destacar que a medida que las condiciones del ordeño sean más susceptibles de producir sobreordeño o caídas del nivel de vacío por entradas de aire durante el apurado así como retiradas de pezoneras sin corte previo de vacío (por ejemplo: falta de cualificación de los operarios, excesivo número de animales ordeñados por operario), el ordeño con DCAV, programado con la combinación adecuada de FC y TD, tendrá mayores ventajas respecto al ordeño convencional con retirada manual de pezoneras.



Estudio 4.

En el estudio del efecto a largo plazo de los retiradores automáticos de pezoneras en el ordeño de ovejas de raza Manchega, las diferencias encontradas en las variables del fraccionamiento de la leche y tiempo de ordeño entre las dos programaciones con DCAV estudiadas ofrecen resultados similares a lo observado por el equipo investigador en el estudio 2. En el mencionado estudio se concluyó que los parámetros de funcionamiento de DCAV testados en este estudio (FC 150 g/min y TD 20 s y FC 200 g/min y TD 10 s) optimizaban el tiempo de ordeño sin reducir la fracción de leche ordeñada.

Al comparar las cantidades de leche máquina de los muestreos con los procedentes de ordeños en semanas distintas al muestreo, se observa que su valor del ordeño de la mañana es similar. Sin embargo, los tratamientos con DCAV obtienen menores cantidades de esta variable en el ordeño de la tarde de los días de muestreo debido a la extracción de mayor cantidad de leche de apurado a mano en el ordeño de la mañana.

El empleo de DCAV programados con los parámetros adecuados (FC 150 g/min y TD 20 s) en el ordeño de ovejas de raza Manchega permitió obtener cantidades de leche máquina equivalentes (1,24 kg/animal) a las obtenidas con retirada manual con apurado a máquina (1,19 kg/animal). Los resultados ofrecidos por esta programación son similares a lo encontrado en cabras de raza Murciano-Granadina (ver estudio 3) dado que el ordeño con DCAV programado con FC de 100-150 g/min y TD de 10 s fue igual de eficaz que el ordeño realizado por un operario experimentado. En el presente estudio, sin embargo, el empleo de DCAV programado con FC 200 g/min y TD 10 s

supuso pérdidas de leche ordeñada de 0,11 kg/animal en el ordeño de la mañana respecto del ordeño convencional con retirada manual de pezoneras.

La inclusión del apurado a máquina en la rutina de ordeño del tratamiento con retirada manual de pezoneras disminuyó la cantidad de leche de apurado a mano tras la retirada de pezoneras, comparado con el empleo de DCAV (diferencias significativas de 102 g). Sin embargo, como se ha mencionado previamente, esta situación no supuso una reducción de los valores registrados de leche máquina en el programa de gestión en los animales ordeñados con FC 150 g/min y TD 20 s lo que indicaría que la leche que queda en la ubre tras el ordeño con DCAV sería extraída en el ordeño siguiente. Además, la mayor cantidad de leche de apurado a mano tras la retirada de pezoneras no se vio reflejada en una menor leche total extraída en los tratamientos que emplearon DCAV. Esto significaría que, a estos niveles, un menor apurado de la glándula mamaria no supuso la inhibición de la síntesis de leche por la acumulación de la misma, como se ha observado en otros trabajos realizados en otras especies (Wilde y Knight, 1990; Salama et al., 2003).

La principal explicación a los mayores valores de leche de apurado a mano encontrados en FC 150 g/min y TD 20 s y FC 200 g/min y TD 10 s se encuentra en la morfología mamaria de la especie ovina en la que existe una cantidad significativa de individuos con los pezones implantados por encima de la base de la glándula mamaria (Labussière, 1988; Bruckmaier et al., 1997). Dado que este aspecto morfológico no está correlacionado con la capacidad productiva de los animales (Fernández et al., 1995), a largo plazo, la solución podría pasar por una selección de los reproductores de la raza que incluya, además de los parámetros estrictamente productivos, la valoración morfológica de la glándula mamaria para su adaptación al ordeño mecánico, como se

ya se realiza actualmente en la raza Manchega y en otras razas de la misma especie (Marie-Etancelin et al., 2005).

El aspecto más destacable respecto a la eficacia del ordeño fueron las diferencias encontradas en los resultados de tiempo de ordeño individual (hasta 45 s/animal en el ordeño de la mañana) y por tandas de animales (hasta 64 s), especialmente en este último. Los resultados de tiempo de ordeño individual coinciden con lo encontrado anteriormente por el equipo investigador (estudio 2) y en estudios similares realizados en ganado vacuno (Sagi, 1978; Stewart et al., 2002; Jago et al., 2010). Por tanto, el empleo de DCAV programado con FC 150 g/min y TD 20 s sería más eficaz que el ordeño convencional con retirada manual de pezoneras dado que obtiene cantidades similares de leche ordeñada en tiempos de ordeño menores. Por su parte, la programación del DCAV con FC mayores y TD breves (FC 200 g/min y TD 10 s) aunque permitiría una adicional reducción del tiempo de ordeño empleado, ofrecería valores sustancialmente menores de leche ordeñada (0,11 kg/animal en el ordeño de la mañana), pérdidas que podrían afectar a la rentabilidad de la explotación.

El ordeño mecánico puede afectar el estado del pezón (Hamann, 1987). Las alteraciones en la punta del pezón, como edema o congestión, están relacionadas con la aparición de nuevas infecciones intramamarias (Hamann et al., 1994). En este estudio, los resultados de las variables del estado pezón en el tratamiento control fueron similares a las observadas por Alejandro et al. (2014a) siguiendo el mismo método en condiciones de ordeño similares (retirada manual de pezoneras, frecuencia de pulsación 90 ppm y relación de pulsación del 60%). En los análisis realizados sobre las variables relativas al estado del pezón después del ordeño no se observaron diferencias entre los tratamientos FC 150 g/min y TD 20 s y FC 200 g/min y TD 10 s. Lo

más destacable fue que las ovejas ordeñadas con DCAV obtuvieron resultados de estas variables significativamente menores que las ovejas ordeñadas con retirada manual, lo que da una idea del mayor grado de congestión del pezón sufrido por los animales con este tratamiento. Este mayor grado de congestión del pezón fue debido al mayor tiempo de ordeño (Hamann et al., 1994) y por tanto a una mayor exposición del pezón al nivel de vacío. Además, en los animales ordeñados con retirada manual de pezoneras se encontraría una mayor probabilidad de que las pezoneras permanecieran conectadas a la ubre cuando el flujo es ya muy bajo o ha cesado (sobreordeño) y, como se ha observado anteriormente en ganado vacuno (Mein et al., 2001), esta situación podría ser responsable de que los pezones de estos animales tuvieran un mayor grado de congestión.

Relacionados con los cambios del nivel de vacío en los tubos cortos de leche han sido estudiadas diversas formas de transmisión de patógenos durante el ordeño (fenómeno de flujo inverso, impactos o gradiente de presión inversa; Rasmussen et al., 1994; Billon et al., 1998). En este estudio los valores de caída del nivel de vacío encontrados en FC 150 g/min y TD 20 s y FC 200 g/min y TD 10 s fueron similares a los anteriormente observados por el equipo investigador con la misma combinación de FC y TD ($6,1 \pm 0,3$ kPa y $5,8 \pm 0,3$ kPa, respectivamente, ver estudio 2). En este sentido, lo más destacable fue que el ordeño con retirada manual ofreció mayores valores de caída de vacío que el ordeño con DCAV (diferencias de hasta 6,7 kPa) como se ha observado en otros trabajos (ver estudio 3). Estos resultados se pueden explicar por varias situaciones distintas. En primer lugar, porque en la última fase de ordeño, cuando la cisterna del pezón está vacía, el pezón pierde turgencia y no ocupa todo el espacio del manguito, permitiendo entradas de aire (LeDu, 1977), situación que se

vería minimizada en los animales ordeñados con DCAV porque el ordeño finalizaría antes de que cesara el flujo y se llegara a esta situación. En segundo lugar, la realización del apurado a máquina pudo originar entradas de aire a través de las pezoneras y también un aumento del flujo de emisión de leche (Ambord y Bruckmaier, 2010) en aquellos animales con los pezones implantados por encima de la base de la glándula mamaria y que aún tienen en sus cisternas una cantidad significativa de leche.

A pesar de los mayores valores de caída del nivel de vacío y de las variables relativas al estado del pezón encontrados en animales ordeñados con retirada manual de pezoneras, el estado sanitario de los animales de este grupo no se vio afectado (incidencia de mamitis y recuento de células somáticas similares a los de los animales ordeñados con DCAV). Este resultado concuerda con lo encontrado por Manzur et al. (2012), en estudios realizados en cabras Murciano-Granadinas, ya que valores similares de caída de vacío (3.5-12.4 kPa) no se correspondieron con alteraciones del estado sanitario. En ganado vacuno, Mein et al. (2004) observaron que para poder transmitir una infección intramamaria se necesita causar flujos inversos de velocidad mayor de 6 m/s. Según estos autores estas situaciones solamente se han observado cuando se realizan retiradas de pezoneras sin corte previo de vacío o apurados a mano muy bruscos, factores que nunca se produjeron en el presente estudio. Respecto al mayor grado de edematización del pezón, ha sido observado en ovejas de raza Manchega por Peris et al. (2003) que la aplicación de tiempos de sobreordeño relativamente reducidos (1,5 a 2 min) durante periodos de duración media (10 semanas) no produjeron tampoco alteraciones del estado sanitario de la glándula mamaria. Las condiciones practicadas en este estudio, con apurados a mano cuidadosos, hicieron que los pezones de animales ordeñados con retirada manual de

pezoneras se recuperaran antes del siguiente ordeño de forma similar a como lo hicieron los animales de los otros dos tratamientos, aspecto que se confirma en los valores de IAB registrados antes del ordeño (retirada manual de pezoneras: $0,47 \pm 0,01$ cm; FC 150 g/min y TD 20 s: $0,47 \pm 0,01$ cm; FC 200 g/min y TD 10 s: $0,48 \pm 0,01$ cm).

La composición química de la leche ordeñada puede verse alterada por diferencias en el estado sanitario de la glándula mamaria (Leitner et al., 2004) y el nivel productivo de los animales (Cuccuru et al., 2011). En este estudio, la ausencia de diferencias en la composición química de la leche entre los diferentes tratamientos empleados coincide con los resultados encontrados en ganado vacuno en experimentos equivalentes (Rasmussen, 1993) y en ganado ovino cuando se compararon rutinas de ordeño con apurado con rutinas de ordeño sin apurado (Knight y Gosling, 1994; McKusick et al., 2002). Así, la ausencia de diferencias en la composición química de la leche entre los distintos tratamientos empleados sería concordante y similar a lo encontrado en los resultados del estado sanitario de los animales y del potencial productivo.

Por tanto, el empleo de DCAV en cabras Murciano-Granadinas con los parámetros convenientes ofrecería resultados de eficacia del ordeño similar a la retirada manual de pezoneras, reduciendo los efectos del ordeño mecánico en el estado del pezón y las caídas del nivel de vacío, manteniendo la calidad de la leche ordeñada y el estado sanitario de la glándula mamaria.

Estudio 5

En el estudio realizado para conocer el efecto de la combinación de dos tipos de pulsación (alterna y simultánea) y dos niveles de vacío distinto (42 y 38 kPa) sobre la eficacia del ordeño (fraccionamiento de la leche y tiempo de ordeño) y las variaciones de los niveles de vacío en los tubos cortos de leche (nivel medio de vacío y caída del nivel de vacío) se observó que los valores productivos encontrados coinciden con lo encontrado en otros estudios realizados en la misma raza y en condiciones de manejo semejantes (Komara y Marnet, 2009). Además, la ausencia de diferencias en la variable leche máquina de los dos ordeños entre los distintos niveles de vacío empleados concuerda con lo encontrado por Sinapis et al. (2000) en un estudio a corto plazo al comparar niveles de vacío de 36 y 44 kPa en el ordeño de cabras locales griegas. En ese mismo estudio se observó que el empleo de niveles de vacío muy altos (52kPa), se correspondía con un descenso de los valores de la fracción de leche máquina, así, estos autores proponían el empleo de niveles de vacío de entre 36 y 44 kPa para aprovechar al máximo la leche presente en la glándula mamaria ya que el potencial productivo de los animales no varió.

El efecto significativo del nivel de vacío en la eficacia del ordeño (diferencias de 0,27 min en el tiempo de ordeño; 0,08 kg/min en el flujo de leche del ordeño de la mañana y 0,03 kg/min en el flujo de leche del ordeño de la tarde) coincide con lo encontrado en otros estudios en cabras Alpinas (Lu et al., 1991) donde se encontró que, al aumentar el nivel de vacío desde 38 hasta 45 kPa, el flujo de leche aumentaba y se reducía el tiempo de ordeño. Según estos mismos autores el empleo de un nivel de vacío de 52 kPa, a pesar de aumentar el flujo de leche, suponía un aumento significativo del recuento de células somáticas. En la misma línea, en ganado ovino y

bovino se ha demostrado que los aumentos del nivel de vacío se corresponden con incrementos de la variación del espesor del pezón que pueden conducir a colapsos y se han asociado con mayor frecuencia de mastitis (O'Shea, 1987; Hamann et al., 1994).

Respecto del tipo de pulsación empleada, en recientes estudios del equipo investigador se comprobó que, ordeñando con un nivel de vacío de 40 kPa, no existían diferencias entre pulsación alterna y simultánea en las variables relativas a la eficacia del ordeño (leche máquina y tiempo de ordeño, datos sin publicar). En el presente estudio se observan aspectos similares ya que no existieron diferencias en leche máquina entre los 4 tratamientos testados. Además, tampoco existieron diferencias en ninguna variable de eficacia del ordeño cuando el vacío empleado era de 38 kPa. Sin embargo, la pulsación alterna ofreció un menor tiempo de ordeño y mayor flujo medio cuando se emplearon 42 kPa en el ordeño de la mañana. En este sentido, el empleo de pulsación alterna ofrecería una mayor eficacia del ordeño respecto de la pulsación simultánea en presencia de mayores cantidades de leche en los tubos de leche (ordeño de la mañana y empleo de altos niveles de vacío). Las diferencias encontradas en el tiempo de ordeño individual en estas condiciones (0,27 min/animal) podrían suponer un aumento del número de animales ordeñados por hora como se ha encontrado en otros estudios (Reid y Stewart, 1997; Edwards et al., 2013; estudio 4 de esta tesis doctoral). Por su parte, la ausencia de diferencias encontradas en los valores de leche de apurado en el ordeño de la mañana y las escasas diferencias encontradas en esa misma variables en el ordeño de la tarde (máximas de solamente 30 g) justificarían el empleo de las programaciones con mayor eficacia del ordeño (pulsación alterna y 42 kPa).

Los valores encontrados en la caída del nivel de vacío en este experimento (4,31-5,50 kPa) son superiores a los valores encontrados en cabras Murciano-Granadinas en experimentos similares (2,41 kPa, línea baja, nivel de vacío y parámetros de pulsación) realizados por el equipo investigador (ver estudios 1 y 3). Es posible que los mayores niveles productivos de las cabras de raza Alpina fueran la causa de estas diferencias, dado que la mayor cantidad de leche presente en los tubos cortos de leche habría dificultado la transmisión del vacío hasta las regiones cercanas al pezón como ha sido descrito por Ambord y Bruckmaier (2010). Según estos autores la caída del nivel de vacío depende de la cantidad de leche extraída en el momento de medición, apreciándose sobre todo en las momentos de alto flujo de leche o en la fase principal del ordeño, aspecto que coincidiría con lo encontrado en el presente estudio. Este fenómeno ha sido observado tanto en salas de ordeño con conducción de leche en línea media (Díaz et al., 2004) como en las de línea baja (Rasmussen et al., 2000). Relacionados con los cambios del nivel de vacío en los tubos cortos de leche han sido estudiadas diversas formas de transmisión de patógenos durante el ordeño (fenómenos de flujos inversos, impactos o gradiente de presión inversa; Le Du, 1989; Rasmussen et al., 1994; Billon et al., 1998). En cualquier caso, no parece que las caídas del nivel de vacío obtenidas en este trabajo puedan implicar riesgos para el estado sanitario de la glándula mamaria según lo observado por el equipo investigador en anteriores trabajos y por Manzur et al. (2012) en cabras Murciano-Granadinas con valores similares de caídas de vacío (3,5-12,4 kPa) quienes no encontraron alteraciones del estado sanitario. Además los mayores valores de caída del nivel de vacío de este estudio han sido observados durante la fase principal del ordeño. De acuerdo con lo apuntado por Billon et al. (1998), los mayores riesgos para la glándula mamaria serían

al final del ordeño, cuando la leche no puede volver a ser extraída pudiendo los patógenos transmitidos colonizar la glándula mamaria entre ordeños.

El mayor nivel de vacío medio y la menor caída de vacío al emplear pulsación alterna explicaría el mayor flujo de leche del ordeño de la mañana con este tipo de pulsación, ya que una mejor llegada del vacío hasta el pezón favorece la evacuación de la leche. De acuerdo con lo apuntado por Billon (2004) y por Schlaib (1996), la pulsación alterna ofrecería un flujo de leche más regular. Además, según lo apuntado por diversos estudios, con un nivel de vacío constante y mayor a la altura del pezón, la leche puede ser evacuada más rápidamente y aumenta el flujo máximo de leche (Baxter et al., 1950; Stewart y Schultz, 1958; Rasmussen et al., 1986). Aunque serían necesarios más experimentos para confirmar esta hipótesis, todo parece indicar que el empleo de pulsación alterna en cabras Alpinas ofrece diferencias significativas en situaciones de alto flujo de leche (medio o puntual), o cuando se emplean salas con conducción de leche en línea media o alta, ya que hay mayor probabilidad de que se produzcan tapones de leche en los tubos largos de leche. Así, el empleo de pulsación alterna facilitaría la evacuación de leche hasta la conducción de leche.



Capítulo 6: Conclusiones





Según lo establecido en la normativa de Doctorado de la Universidad Miguel Hernández para la defensa de una tesis doctoral con mención internacional es necesario: “Que parte de la tesis doctoral, al menos el resumen y las conclusiones, se haya redactado y sea presentado en una de las lenguas habituales para la comunicación científica en su campo de conocimiento, distinta a cualquiera de las lenguas oficiales en España.” En este caso se ha escogido la lengua inglesa.

GENERAL CONCLUSIONS

Automatic vacuum cutting devices (AVCD, component of automatic cluster removers), set with optimal parameters of milk flow threshold and delay time for the milking of Murciano-Granadina goats and Manchega Sheep, could be implemented in the milking parlor, substituting manual cluster removal. This fact could improve the working conditions of the operators and also the profitability of the farm since these devices preserve the sanitary status of the mammary gland and maintain milk quality and quantity. This improvement would be more obvious when the number of the animals in the farm and the size of the milking parlor increase.

Regarding the type of pulsation (alternative or simultaneous) employed in the milking of Alpine goats, it was concluded that the use of alternative pulsation could offer some advantages respect to simultaneous pulsation in situations related to high milk flow (morning milkings, high yield animals, early lactation...) or when the use of parameters (high vacuum level) or parlor design (high line) involves a high probability that milk occupies the entire section of the tubes in the milking unit.

SPECIFIC CONCLUSIONS OF EACH STUDY**Study 1. Effect of AVCD on milking efficiency of Murciano-Granadina goats at early and at late lactation.**

1. It was observed that the most suitable parameters of the AVCD were the combination of milk flow threshold (MF) of 100 or 150 g/min and delay time (DT) 10 s, since this combination a minor frequency of double cluster attachment, obtaining similar values of milking fractioning without involving an increase in the milking duration and reducing the vacuum drops during DT. It was concluded that additional long term studies were needed to know the effect of these devices on the previous variables, the milking duration of the entire herd, sanitary status of the mammary gland, milk composition and milk yield.

Study 2. Effect of AVCD on milking efficiency of Manchega ewes.

2. The most suitable parameters of an AVCD installed in low line were MF 150 or 200 g/min, since with these MFs, there was a balance between milk extracted and time employed. MF 100 g/min did not involve better values of machine milk and MF 250 g/min did not involve a reduction milking duration, so they were discarded. The use of DT longer than 10 s did not involve better values of milk fractioning but a potential longer milking duration.
3. When testing the settings of an AVCD installed in high line, MF of 150 g/min and long DT (20 s) obtained the highest values of machine milk and the use of

MF 200 g/min and short delay time (10 s) obtained the shortest milking duration values.

4. Additional long term studies were needed to know the effect of these devices on the previous variables, the milking duration of the entire herd, sanitary status of the mammary gland, milk composition and milk yield.

Study 3. Long term effect of AVCDs on the milking of Murciano-Granadina goats.

5. The use of AVCD set with MF 100 or 150 g/min and DT 10 s, respect to conventional milking with manual cluster removal, maintained the values of machine milk, the individual milking duration and the milk composition, without affecting the cluster falls during the milking. Also it reduced the effects of the machine milking on the teat-end status and the vacuum drops during the milking, preserving the sanitary status of the mammary gland.

Study 4. Long term effect of AVCDs on the milking of Manchega ewes

6. The use of AVCD set with MF 150 g/min and DT 20 s, respect to conventional milking with manual cluster removal, maintained the values of machine milk and the milk composition. Also, it reduced the individual milking duration and the milking duration of groups of animals, which involves a decrease in the time needed to milk the entire herd. Finally, it reduced the effects of the machine milking on the teat-end status and the vacuum drops during the milking, preserving the sanitary status of the mammary gland.

Study 5. Effect of the type of pulsation and the vacuum level in the milking of Alpine goats.

7. The use of alternative pulsation involved higher average vacuum level and minor vacuum drops. This fact involved a reduction of the milking duration only in the morning milkings when 42 kPa were employed, coinciding with higher differences of average milk flow



CONCLUSIONES GENERALES

Los dispositivos de corte automático de vacío (DCAV, componente de los retiradores automáticos de pezoneras), programados con el flujo de corte y tiempo de demora óptimos para el ordeño de cabras Murciano-Granadinas y ovejas de raza Manchega, pueden ser instalados en las salas de ordeño, sustituyendo la retirada manual de pezoneras, lo cual ayudaría a mejorar las condiciones laborales de los trabajadores, incluso la rentabilidad de la explotación, al preservar el estado sanitario de la glándula mamaria de los animales, manteniendo la cantidad y la calidad de la leche ordeñada. Esta mejora será más evidente a medida que se aumenta el número de animales en el rebaño y el tamaño de la sala de ordeño.

Respecto al tipo de pulsación (alterna o simultánea) a utilizar en el ordeño de cabras de raza Alpina, se concluyó que el uso de la pulsación alterna en la práctica puede ofrecer ciertas ventajas respecto de la pulsación simultánea en situaciones de elevado flujo de leche (ordeño de la mañana, animales con alta producción o inicio de la lactación entre otros) o cuando el uso de parámetros (empleo de altos niveles de vacío) o el diseño de la sala (uso de línea media o alta) provocan una mayor probabilidad de que se produzcan tapones de leche en el juego de ordeño.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS DE CADA ESTUDIO

Estudio 1. Efecto de un DCAV en la eficacia del ordeño de cabras de raza Murciano-Granadina al inicio y al final de la lactación.

1. Se encontró que los parámetros más adecuados para la programación del DCAV fueron la combinación de un FC de 100 ó 150 g/min y un TD de 10 s, ya que

registraron una menor frecuencia de doble puesta de pezoneras, consiguiendo resultados similares de fraccionamiento sin implicar un aumento del tiempo de ordeño y reduciendo los valores de las caídas del nivel de vacío durante el TD. Se concluyó además que eran necesarios posteriores estudios a largo plazo para el estudio del efecto de estos dispositivos en las variables anteriores, en el tiempo total de ordeño del rebaño, en la composición de la leche ordeñada, en el estado sanitario de la glándula mamaria y en la producción de leche.

Estudio 2. Efecto de dos DCAV en la eficacia del ordeño de las ovejas de raza Manchega.

2. Los parámetros más adecuados para la programación de un DCAV instalado en línea baja fueron los FC de 150 y 200 g/min ya que permitían alcanzar el equilibrio entre cantidad de leche ordeñada y tiempo de ordeño. El FC 100 g/min no aumentó los valores de leche máquina y el FC 250 g/min no disminuyó el tiempo de ordeño, por lo que fueron descartados. El empleo de TD mayores de 10 s no mejoró los resultados del fraccionamiento implicando un potencial mayor tiempo de ordeño.
3. En la programación de un DCAV en línea alta, el empleo de FC 150 g/min y TD elevados obtuvo los valores más altos de leche máquina y el empleo de FC de 200 g/min y TD reducidos obtuvo los menores valores de tiempo de ordeño.
4. Eran necesarios posteriores estudios a largo plazo para el estudio del efecto de estos dispositivos en las variables anteriores, en el tiempo total de ordeño del rebaño, en la composición de la leche ordeñada, en el estado sanitario de la glándula mamaria y en la producción de leche.

Estudio 3. Efecto a largo plazo de los DCAV en el ordeño de cabras de raza Murciano-Granadina.

5. El empleo de DCAV programados con FC 100 ó 150 g/min y TD 10 s, respecto al ordeño convencional con retirada manual de pezoneras, mantuvo los valores de leche ordeñada, el tiempo de ordeño individual de los animales y la composición de la leche sin afectar a las caídas de pezoneras durante el ordeño. Además, redujo los efectos del ordeño mecánico en el estado del pezón y las caídas del nivel de vacío durante el ordeño, manteniendo el estado sanitario de la glándula mamaria.

Estudio 4. Efecto a largo plazo de los DCAV en el ordeño de ovejas de raza Manchega.

6. El empleo de DCAV programados con FC 150 g/min y TD 20 s, respecto al ordeño convencional con retirada manual de pezoneras, mantuvo los valores de leche ordeñada y la composición de la leche. Además permitió reducir el tiempo de ordeño individual de los animales y el tiempo de ordeño por lotes, lo que en la práctica, mejoraría los rendimientos horarios del ordeño. Finalmente, redujo los efectos del ordeño mecánico en el estado del pezón y las caídas del nivel de vacío durante el ordeño, manteniendo el estado sanitario de la glándula mamaria.

Estudio 5. Efecto del tipo de pulsación (alterna y simultánea) y del nivel de vacío (42 y 38 kPa) en el ordeño de cabras de raza Alpina.

7. El empleo de pulsación alterna supuso mayores niveles de vacío medio a nivel de la punta del pezón y menores caídas del nivel de vacío en los tubos cortos de leche que el empleo de pulsación simultánea, aunque esto se tradujo en una reducción del tiempo de ordeño únicamente en el ordeño de la mañana y cuando se emplearon 42 kPa, coincidiendo con las mayores diferencias encontrada en cuanto a flujo de leche.



Capítulo 7: Referencias bibliográficas





ACRIMUR. 2014.

AGRAMA. 2014.

Alejandro, M., Rodríguez, M., Peris, T., Díaz, J.R. 2014a. Study of ultrasound scanning as method to estimate changes in teat thickness due to machine milking in Manchega ewes. *Small Ruminant Research* 119: 138–145.

Alejandro M., Roca A., Romero G., Diaz J.R., 2014b. Effects of overmilking and liner type and characteristics on teat tissue in small ruminants. *Journal of Dairy Research* 81: 215-222.

Ali, A.K., Shook, G. E. 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *Journal of Dairy Science* 63: 487-490.

Ambord, S., Bruckmaier, M. 2010. Milk flow dependent vacuum loss in highline milking systems: Effects on milking characteristics and teat tissue condition. *Journal of Dairy Science* 93: 3588-3594.

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

Baxter, E.S., Clarke, P.M., Dodd, F.H., Foot, A.S. 1950. Factors affecting the rate of machine milking. *Journal of Dairy Research* 17: 117–127.

Bergonier D. ,Berthelot X., 2003. New advances in epizootiology and control of ewe mastitis. *Livestock Production Science* 79: 1-16.

- Billon, P., Sauvee, O., J. Menard, L., Gaudin, V. 1998. Effects of milking and of the milking machine on somatic cells counts and intramammary infections on dairy cows. Proceedings of 5th Renc. Rech. Ruminants. INRA-Institut de L'Elevage.
- Billon, P., Ronningen, O., Sangiorgi, E., Schuiling E. 1999. Quantitative requirements of milking installations for small ruminants. A survey in different countries. Milking and milk production of dairy sheep and goats. Proceedings of the Sixth International Symposium on the milking of small ruminants, EAAP Publication no. 95.
- Billon, P., V. Gaudin. 2001. Influence of the duration of a and c phase of pulsation on the milking characteristics and on udder health of dairy cows. ICAR Technical Series No. 7. Physiological and Technical Aspects of Machine Milking, Nitra, Slovak Republic.
- Billon, P., 2004. The designing of small and medium sized milking machines for dairy sheep. 2004. Proceedings of 10th Great Lakes Dairy Sheep Symposium, Eau Claire, Wisconsin.
- Boutinaud, M., Rousseau, C., Keisler, D.H., Djiane, J., Jammes, H. 2003. Growth hormone and milking frequency act differently on goat mammary gland in late lactation. Journal of Dairy Science 86: 509–520.
- Bruckmaier, R.M., Ritter, C., Schams, D., Blum, J.W. 1994. Machine milking of dairy goats during lactation: udder anatomy, milking characteristics, blood

concentrations of oxytocin and prolactin. *Journal of Dairy Research* 61: 457–466.

Bruckmaier, R. M., Paul, G., Mayer, H., Schams, D. 1997. Machine milking of Ostfriesian and Lacaune dairy sheep: udder anatomy, milk ejection and milk characteristics. *Journal of Dairy Research* 64: 163-172.

Capote, J., Argüello, A., Castro, N., López, J.L., Caja, G. 2006. Correlations between udder morphology, milk yield, and milking ability with different milking frequencies in dairy goats. *Journal of Dairy Science* 89: 2076- 2079.

Castillo, V., Such, X., Caja, G. , Salama, A.A.K., Albanell, E., Casals, R. 2008a. Changes in alveolar and cisternal compartments induced by milking interval in the udder of dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 91: 3403-3411.

Castillo, V., Such, X., Caja, G. , Salama, A.A.K., Albanell, E., Casals, R. 2008b. Effect of milking interval on milk secretion and mammary tight junction permeability in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*. 91: 2610-2619.

Castillo, V., Such, X., Caja, G., Casals, R., Salama, A.A.K., Albanell, E. 2009. Long and short-term effects of omitting two weekend milkings on the lactational performance and mammary tight junction permeability of dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 92: 3684-3695.

Cuccuru, C., Meloni, M., Sala, E., Scaccabarozzi, L., Locatelli, C., Moroni, P., Bronzo V. 2011. Effects of intramammary infections on somatic cell score and milk yield in Sarda sheep. *New Zealand Veterinary Journal* 59: 128–131.

- De Visscher, A. , Supré, K., Haesebrouck, F., Zadoks, R.N., Piessens, V., Van Coillie, E., Piepers, S., De Vliegher, S. Further evidence for the existence of environmental and host-associated species of coagulase-negative staphylococci in dairy cattle. 2014. *Veterinary Microbiology* 172: 466-474.
- Díaz, J., García, D.E., Ares, J.L. 2005. Desarrollo de innovaciones tecnológicas para mejorar las condiciones de producción de leche en las explotaciones caprinas. Libro de actas de las XXX Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia.
- Díaz, J.R., Peris, C., Rodríguez, M., Molina, M.P., Fernández, N. 2004. Effect of milking pipeline height on machine milking efficiency and milk quality in sheep. *Journal of Dairy Science* 87: 1675-1683.
- Díaz, J.R., Romero, G., Muelas, R., Sendra, E., Pantoja, J.C.F. 2011. Influence of variation factors on Electrical Conductivity of milk in Murciano-Granadina goats. *Journal of Dairy Science* 94: 3885-3894.
- Díaz, J.R., Alejandro, M., Peris, C., Fernández, N. 2013. Use of ultrasound scanning to estimate teat wall thickness in Murciano-Granadina goats. *Livestock Science* 155: 114-122.
- Díaz, J.R., Alejandro, M., Romero, G., Peris, C., Fernández, N. 2013b. Variation in milk cortisol during lactation in Murciano-Granadina goats. *Journal of Dairy Science* 96: 97-205.

Edwards, J.P., Lopez-Villalobos, N., Jago, J.G. 2012. Increasing platform speed and the percentage of cows completing a second rotation improves throughput in rotary dairies. *Animal Production Science* 52: 969-973.

Edwards, J.P., Jago, J.G., Lopez-Villalobos, N. 2013. Milking efficiency for grazing dairy cows can be improved by increasing automatic cluster remover thresholds without applying premilking stimulation. *Journal of Dairy Science* 96: 3766-3773.

FAOSTAT. 2014.

FEAGAS. 2014.

Fernández, G., Álvarez, P., San Primitivo, F., De la Fuente, L.F. 1995. Factors affecting variation of the udder traits of dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 8: 842-849.

Fernández, N., Díaz, J.R., Peris, C., Rodríguez, M., Molina, M.P., Torres, A. 1999. Machine milking parameters for the Manchega sheep breed. Milking and milk production of dairy sheep and goats. EAAP Publication Nº 95.

Galton, D.M., Aneshansley, D.J., Peterson, L.G., Czarniecki C.S., Scott. N.R. 1988. Pressure gradients across the teat canal during machine milking. *Proceedings of Milking Systems and Milking Manage. Symp. NE Reg. Agric. Eng. Serv., Ithaca, NY.*

Gleeson, D.E., O'Callaghan, E.J., Rath, M.V. 2004. Effect of liner design, pulsator setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as measured by ultrasonography. *Irish Veterinary Journal* 57: 289-296.

- Goetsch, A.L., Merkel, R.C., Gipson, T. 2011. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research* 101: 55-63.
- Gonzalo C., Carriedo, J.A., Blanco M.A., Beneitez, E., Juárez, M.T., De la Fuente, L.F., San Primitivo, F. 2005. Factors of variation influencing bulk tank somatic cell count in dairy sheep. *Journal of Dairy Science* 88: 969-974.
- Hamann, J. 1987. Machine Milking and Mastitis Section 3: Effect of Machine Milking on Teat End Condition - A Literature Review. *IDF Bulletin* 215: 33-53.
- Hamann, J., Burvenich, C., Mayntz, M., Osteras, O., Haider, W. 1994. Machine-induced changes in the status of the bovine teat with respect to the new infection risk. *IDF Bulletin* 297: 23-32.
- Hamann, J., Osteras, O. 1994. Special aspects. Teat tissue reactions to machine milking and new infection risk. *IDF Bulletin* 297: 35-41.
- ISO Standard 3918, 2006. *Milking Machines Installations. Glossary of Terms.*
- Jago, J.G., Burke, J., Williamson, J.H. 2010. Effect of automatic cluster remover settings on production, udder health, and milking duration. *Journal of Dairy Science* 93: 2541-2549.
- Knight, T.W., Gosling, L.S. 1995. Effects of milking frequency and machine-stripping on the yield and composition of milk from Poll Dorset ewes. *New Zealand Journal of Agriculture Research* 38: 123-130.

- Komara, M., Boutinaud, M., Ben Chedly, H., Guinard-Flament, J., Marnet, P.G. 2009. Once-daily milking effects in high-yielding Alpine dairy goats *Journal of Dairy Science* 92: 5447–5455.
- Komara, M., Marnet, P.G. 2009. Endocrine responses and milk emission characteristics in high yielding Alpine dairy goats under once daily milking management. *Small Ruminant Research* 87: 64–69.
- Labussière, J. 1988. Review of physiological and anatomical factors influencing the milking ability of ewes and the organization of milking. *Livestock Production Science* 18: 253-274.
- Le Du, J. 1977. La machine à traite: incidence des facteurs associés au fonctionnement du manchon. *Ann. Méd. Vét.* 121: 309-321.
- Le Du J., 1983. Effect of milk pipeline height on the milking characteristics of ewes. III *International Symposium on the Milking of Small Ruminants*: 315-325.
- Le Du J., de la Chevalerie F.A., Dano, Y., Lambion, P., 1989. Effects d'une entrée d'air par l'embouchure d'un des manchons trayeurs pendant la traite des brebis. Résultats préliminaires. IV *International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants*, Tel Aviv, Israel, 324-334.
- Leitner, G., Chaffer, M., Shamay, A., Shapiro, F., Merin, U., Ezra, E., Saran, A., Silanikove, N. 2004. Changes in Milk Composition as Affected by Subclinical Mastitis in Sheep. *Journal of Dairy Science* 87:46-52.

Lu, C.D., Potchoiba, M.J., Loetz, E.R. 1991. Influence of vacuum level, pulsation ratio and rate on milking performance and udder health in dairy goats. *Small Ruminant Research* 5 :1-8.

MAGRAMA. 2014.

McKusick, B.C., Thomas, D.L., Berger, Y.M., Marnet, P.G. 2002. Effect of milking interval on alveolar versus cisternal milk accumulation and milk production and composition in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 85: 2197-2206.

McKusick, B.C., Thomas, D.L., Berger, Y.M. 2003. Effect of omission of machine stripping on milk production and parlor throughput in East Friesian dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 86: 680-687.

Magliaro, A.L., Kensinger, R.S. 2005. Automatic cluster remover settings affects milk yield and machine-on time in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88: 148-153.

Manzur, A., Díaz J.R, Mehdid, A., Fernández, N., Peris, C. 2012. Effect of mid-line or low-line milking systems on milking characteristics in goats. *Journal of Dairy Research* 79: 375-382.

Marie-Etancelin, C., Astruc, J.M., Porte, D., Larroque, H., Robert-Granié, C. 2005. Multiple-trait genetic parameters and genetic evaluation of udder-type traits in Lacaune dairy ewes. *Livestock Production Science* 97: 211-218.

Marnet, P.G., McKusick, B.C. 2001. Regulation of milk ejection and milkability in small ruminants. *Livestock Science* 70: 125–133.

- Mein, G.A., Brown, M.R., Williams, D.M. 1986. Effects on mastitis of overmilking in conjunction with pulsation failure. *Journal of Dairy Research*: 53, 17-22.
- Mein G.A., 1992. Action of the cluster during milking. En: *Machine Milking and Lactation* Ed. A.J. Bramley, F.H. Dodd, G.A. Mein, J.A. Bramley. Insight Books Berkshire England. 97-140.
- Mein, G.A., Neijenhuis, F., Morgan, W.F., Reinemann, D.J., Hillerton, J.E., Baines J.R., Ohnstad, I., Rasmussen, M.D., Timms, L. Britt, J.S., Farnsworth, R., Cook, N., Hemling T. 2001. Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds: 1. Non-infectious factors. *AABP-NMC International Symposium on Mastitis and Milk Quality in Vancouver, BC, Canada*.
- Mein, G.A.; Williams D.M.D.; Reinemann D.J. 2003. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat. *Proceedings of 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA*.
- Mein, G.A., Reinemann, D.J. Schuring, N., Ohnstad, I. 2004. Milking machines and mastitis risk: a storm in a teatcup. *National Mastitis Council* 43:176-188.
- Molina, M. P., Such, X., Fernández, N., Caja, G., Torres, A. 1989. Supresión del repaso manual en el ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega. 1. Efecto sobre la producción de leche y el fraccionamiento de la leche en el ordeño. *IV International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel*.

- Murgia L., Pazzona A., 1999. Comparison among six milk claws for sheep milking. VI International Symposium on the Milking of Small Ruminants, Atenas (Grecia). In EAAP Publication "Milking and milk production of dairy sheep and goats", 95: 245-247.
- Neijenhuis, F., Klungel, G.H, Hogeveen, H. 2001. Recovery of cow teats after milking as determined by ultrasonography scanning. Journal of Dairy Science 84: 2599-2606.
- O'Callaghan, E.J. 1998. Effects of pulsation characteristics on machine yield, milking time and cluster stability. Irish Journal of Agricultural Research 37:201-207.
- O'Callaghan, E.J. 2004. Effects of the design of a milking unit on vacuum variations during simulated milking. Irish Journal of Agricultural Research 43: 237-245.
- Olechnowicz, J. 2012. The Course of Machine Milking in Small Ruminants. Milk Production. An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health.
- O'Shea, J., O'Callaghan, E., Meaney, W. J., & Crowley, C. 1976. Effect of combinations of large and small irregular and cyclic vacuum fluctuations in the milking machine on the rate of new udder infection in dairy cows. Irish Journal of Agricultural Research 15: 377-399.
- O'Shea, J., O'Callaghan E., Walsh J.P., 1984. Milking machine research. En Moorepark 25th Anniversary Publication. Part II: Animal Health and machine milking. Ed. J.O'Shea. Moporepark Research Centre, Fermoy, Co.Cork, Irlanda. 115-214.

- O'Shea, J., 1987. Machine milking factors affecting mastitis. A literature review. IDF Bulletin., 215: 5-28.
- Paulrud, C., Clausen, S., Andersen, P., Rasmussen, M. 2005. Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery. Acta Veterinaria Scandinava 46: 137–147.
- Pazzona, A., Murgia, L., Sabelli, M. 1993. Effect of milking vacuum and pulsation frequencies on leukocyte count in ewe milk. Informatore Agrario 42: 43-46.
- Paterna, A. Contreras, A. Gómez-Martín, A., Amores, J., Tatay-Dualde, J., Prats-van der Ham, M., Corrales, J.C., Sánchez, A., De la Fe, C. 2014. The diagnosis of mastitis and contagious agalactia in dairy goats. Small Ruminant Research 121: 36-41.
- Peaker, M. 1980. The effect of raised intramammary pressure on mammary function in the goat in relation to the cessation of lactation. Journal of Physiology 301: 415-428.
- Peris, C. 1994. Efecto de la pulsación y de la tracción sobre las pezoneras en el ordeño mecánico del ganado ovino. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Peris C., Díaz J.R., Beltran, M.C., Molina, M.P., Fernández, N. 2003. Influence of vacuum level and overmilking on udder health and teat thickness changes in dairy ewes. Journal of Dairy Science 86: 3891-3898.

- Peris, C., Díaz J.R., Fernández, N. 2004. Últimas tendencias en el ordeño mecánico de ganado ovino: Ordeño mecánico y estado sanitario de la ubre en el ganado ovino. *Ovis*: 49-60.
- Rasmussen, M.D., Frimer, E.S., Horvath, Z., Madsen, N.P., Klastup, O., Jensen, N.E. 1986. The milking system separate milk and air transport. Influence on yield, milkability, milk quality, udder health, and vacuum conditions *Ber. Statens Husdybrugs-forsø* 619 : 1–50.
- Rasmussen, M.D. 1993. Influence of switch level of automatic cluster removers on milking performance and udder health. *Journal of Dairy Research* 60: 287–297.
- Rasmussen, M.D., Frimer, E.S., Decker, E.L. 1994. Reverse pressure gradients across the teat canal related to machine milking. *Journal of Dairy Science* 77: 984-993.
- Rasmussen, M.D., Madsen, N.P. 2000. Effects of milkline vacuum, pulsator airline vacuum and cluster weight on milk yield, teat condition and udder health. *Journal of Dairy Science* 83: 77–84.
- Rasmussen, M.D. 2004. Overmilking and teat condition. En: *Proceedings of the 43th Annual Meetings of the National Mastitis Council* pp. 169-175.
- Reid, D., Stewart, A. 1997. The effects on parlor performance by variations of detacher settings. En: *Proceedings of the 36th Annual Meetings of the National Mastitis Council*.

- Romero, G., Moya, F., Bueso-Ródenas, J., Alejandro, M., Díaz, J.R., 2012. Mechanical milking efficiency under alternative and simultaneous pulsation in Murciano-Granadina goats at late lactation. XI International Conference on Goats. Book of abstracts: 58.
- Ronningen, O., Lunder T., 1999. Influence of milking machines on goat's milk quality in a Norwegian field study. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. EAAP Publication 95: 507-512.
- Sagi, R. 1978. Milk flow rate and end of milking detectors. En: Proceedings of the 17th Annual Meetings of the National Mastitis Council: 328-334.
- Salama, A.A.K., Such, X., Caja, G., Rovai, M., Casals, R., Albanell, E., Marín, M.P., Martí, A. 2003. Effects of once versus twice daily milking throughout lactation on milk yield and milk composition in dairy goats. Journal of Dairy Science 86: 1673-1680.
- Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Peris, S., Sorensen, A., Knight, C.H. 2004. Changes in cisternal udder compartment induced by milking interval in dairy goats milked once or twice daily. Journal of Dairy Science 87: 1181-1187.
- Schlaib, G. 1996. Ordeño profesional. Alfa Laval Agri AB. Tumba, Suecia.
- Sinapis, E., Hatziminaoglu, I., Marnet, P.G., Abas, Z., Bolou, A. 2000. Influence of vacuum level, pulsation rate and pulsator ratio on machine milking efficiency in local Greek goats. Livestock Science 64:175-181.

- Sinapis, E., Diamantopoulou, K., Abasb, Z., Vlachos, I. 2006. Effect of vacuum level on milking efficiency, somatic cell counts (SCC) and teat end wall thickness in ewes of Greek mountain Boutsiko breed. *Livestock Science* 104: 128-134.
- Stelwagen, K., Davis, S.R., Farr, V.C., Prosser, C.G., Sherlock, A. 1994. Mammary epithelial cell tight junction integrity and mammary blood flow during an extended milking interval in goats. *Journal of Dairy Science* 77: 426-432.
- Stewart, W.E. Schultz L.H. 1958. The rate of machine milking of dairy cows. II. Effect of vacuum and pulsation rate. *Journal of Dairy Science* 41: 849-856.
- Stewart, S., Godden, S., Rapnicki, P., Reid, D., Johnson, A., Eicker, S., 2002. Effects of automatic cluster remover settings on average milking duration, milk flow, and milk yield. *Journal of Dairy Science* 85: 818-823.
- Such X. 1990. Factores condicionantes de la aptitud al ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega: Influencia de la simplificación de rutina y las características de la máquina de ordeño. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- Tangorra, F.M, Zaninelli, M., Mercandino, L. 2007. Effect of automatic cluster removal on parlor performance and unit cost of milking in dairy goats. *Proceedings of XXXII CIOSTA-CIGR: Advances in labor and machinery management for a profitable agriculture and forestry.*
- Tangorra, F. M., Costa, A., Guidobono Cavalchini, A. 2010. Preliminary results of a field study on goats milk yield and lactation persistency as affected by automatic cluster removals. *International Conference Ragusa.*

- Torres, A., Castro, N., Argüello, A., Capote, J. 2013. Comparison between two milk distribution structures in dairy goats milked at different milking frequencies. *Small Ruminant Research* 114: 161–166.
- Villagrà, A., Balasch, S., Peris, C., Torres, A., Fernández, N. 2007. Order of sheep entry into the milking parlour and its relationship with their milkability. *Applied Animal Behaviour Science* 108: 58-67.
- Wilde, C. J., Addey, C.V.P., Boddy, L. M., Peaker, M. 1995. Autocrine regulation of milk secretion by a protein in milk. *Biochemical Journal* 305: 51–58.
- Wilde, C. J., Knight, C.H. 1990. Milk yield and mammary function in goats during and after once-daily milking. *Journal of Dairy Research*. 57: 441-447.
- Zecconi, A., Hamann, J., Bronzo, V., Ruffo, G. 1992. Machine-induced teat tissue reactions and infection risk in a dairy herd free from contagious mastitis pathogens. *Journal of Dairy Research* 63: 361-368.
- Ziluaga, I., Romeo, M., Marco J.C., 1998. Prevalencia, patogenicidad y epidemiología de los microorganismos implicados en procesos mamáticos del ganado ovino. *Ovis* 59: 27-49