



EFECTO DEL ORDEÑO MECÁNICO EN EL ESTADO SANITARIO DE LA UBRE

DÍAZ, JR.¹; PERIS, C.²; ROMERO, G.¹

¹Departamento de Tecnología Agroalimentaria. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández. Ctra. Beniel, km 3,2- 03312 Orihuela-Alicante.

²Instituto de Ciencia Animal. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022 Valencia.

email: jr.diaz@umh.es

RESUMEN

El ordeño mecánico puede afectar a la incidencia de mamitis transmitiendo los gérmenes hasta el exterior o interior de la glándula mamaria y/o debilitando los mecanismos defensivos del animal frente a patógenos. La transmisión de gérmenes se puede producir, bien de forma pasiva, por contacto del manguito contaminado con el pezón, o bien de forma activa, asociado a la presencia de ciertos fenómenos como el flujo inverso, los impactos o el gradiente de presión inversa. A todo ello contribuirá un mal funcionamiento o uso de la máquina de ordeño ya que puede afectar al estado del pezón, provocando alteraciones o incluso lesiones que facilitarían el inicio de una infección mamaria. Respecto a las características de la máquina de ordeño, se hace un repaso a la importancia de la reserva real, la conducciones de aire y de leche, el nivel de vacío, las características de la pulsación (frecuencia y relación de pulsación) y del juego de ordeño. También se enumeran los aspectos más relevantes relacionados con el manejo del ordeño que también pueden incidir sobre el estado sanitario de la glándula mamaria. Finalmente, se comentan los resultados encontrados en ganado caprino sobre el empleo de la medición on-line de la conductividad eléctrica de la leche durante el ordeño mecánico como método de determinación automática de mamitis.

Palabras clave: ordeño mecánico, mamitis

ASPECTOS RELACIONADOS CON EL ORDEÑO MECÁNICO QUE INCREMENTAN LA INCIDENCIA DE MAMITIS

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). Además, se asume que la diseminación de los estafilococos hasta las glándulas sanas se produce principalmente durante el ordeño (Ziluaga et al., 1998).

El ordeño mecánico puede afectar a la incidencia y/o severidad de las infecciones intramamarias transmitiendo los gérmenes hasta el exterior o interior de la glándula mamaria y/o debilitando los mecanismos defensivos del animal frente a los patógenos, tanto a nivel del extremo y canal del pezón como del medio intramamario (Bramley 1992).

Transmisión de gérmenes hasta el exterior o interior de la glándula mamaria

Se pueden distinguir dos tipos de transmisión de gérmenes: la **pasiva**, originada por el simple contacto del pezón de un animal tras ser ordeñado con el manguito contaminado de otro animal con mamitis, y la **activa**, como consecuencia de movimientos de leche y patógenos provocados por importantes fluctuaciones cíclicas y acíclicas de vacío que aparecen en el entorno del pezón.

Las fluctuaciones cíclicas aparecen bajo el pezón debidas al movimiento cíclico del manguito: cuando se abre, tiende a aumentar el vacío, mientras que cuando se cierra, el vacío tiende a disminuir. Las fluctuaciones acíclicas o irregulares de vacío se producen de modo aleatorio durante el uso normal de la máquina de ordeño: puesta y retirada de pezoneras, deslizamientos y caídas de pezoneras durante el ordeño y en el apurado a máquina.

Asociadas a estas fluctuaciones de vacío se han identificado tres mecanismos que podrían facilitar el establecimiento de una infección mamaria. **El flujo inverso** (reverse flow) tiene lugar cuando la leche no se evacua con suficiente rapidez por el tubo corto de leche y el colector. Si en la fase de masaje la leche permanece retenida en el entorno del pezón, cuando el manguito se abre se puede generar un aumento importante del vacío (3-5 kPa) y, por tanto, una aspiración de leche hacia el pezón (Billon et al., 1998). Con ello se produce un “lavado” del pezón, lo que

facilita que se depositen gérmenes en el entorno del canal del mismo. El fenómeno de **impacto** aparece cuando se produce una brusca entrada de aire por la embocadura de un manguito, generalmente asociado a los deslizamientos de las pezoneras durante el ordeño, al apurado a máquina y a la propia puesta y retirada de pezoneras. 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). Aunque este mecanismo es indeseable en sí mismo, su efecto más negativo sobre las infecciones mamarias aparece cuando tiene lugar hacia el final del ordeño, ya que al no extraerse leche de la glándula, es más difícil que las bacterias puedan volver a salir al exterior antes de la retirada de las pezoneras. La relación del fenómeno de impacto con la incidencia de infecciones intramamarias ha sido puesta de manifiesto en experimentos llevados a cabo en ganado vacuno (Thiel y Mein, 1979; O'Shea et al., 1984) y ovino (Le Du et al., 1989). Un tercer mecanismo relacionado con las fluctuaciones de vacío que podría favorecer que se instaure una infección mamaria es el **gradiente de presión inversa** (Rasmusen et al., 1994; Billon et al., 1998), el cual representaría una nueva explicación de como las bacterias pueden atravesar el canal del pezón durante el ordeño. Esta situación se genera cuando la presión (vacío) que existe en el interior del seno del pezón es inferior a la que existe bajo el pezón. Esta diferencia de presión (o gradiente) duraría alrededor de 0.02-0.05 s y con un nivel de 1,5 a 7 kPa, y podría ser suficiente para aspirar hacia el interior del canal los microorganismos presentes o depositados durante el ordeño alrededor del orificio del canal del pezón. En ganado vacuno se ha demostrado que esta situación es más frecuente en las siguientes circunstancias: en la puesta y retirada de pezoneras cuando el pezón está vacío de leche, utilizando manguitos con diámetro de embocadura inferior al diámetro del pezón, y en la retirada de pezoneras con el manguito en posición cerrada. No obstante, debemos precisar que aún no se disponen de estudios a nivel experimental o de campo que hayan relacionado la presencia de este fenómeno con la incidencia de mamitis.

Deterioro de los mecanismos defensivos a nivel del pezón

Un mal funcionamiento o uso de la máquina de ordeño puede afectar al estado del pezón, provocando alteraciones o incluso lesiones que facilitarían el inicio de una IMI. Este efecto se podría ejercer en varios frentes simultáneamente, como por ejemplo: a) aumentar la multiplica-

ción de las bacterias en las lesiones o alteraciones externas del extremo del pezón, lo que provocará un mayor nivel de exposición del canal a los gérmenes; b) disminuir la capacidad defensiva a nivel del canal del pezón, al afectar a la queratina (producción, evacuación o propiedad antibacteriana) o a la integridad del propio esfínter (erosión o everción, estanqueidad tras el ordeño..); c) provocar traumas alrededor del seno del pezón, lo que redundará en que las bacterias tengan una mayor capacidad de colonizar o multiplicarse en este medio intramamario (Bramley, 1992). En los últimos 15 años se han llevado a cabo numerosos trabajos con el objetivo de poder caracterizar y cuantificar de forma objetiva dicho estado. Por una parte, se han realizado estimaciones de la edematización que sufre el pezón durante el ordeño, utilizando un cutímetro (Hamann et al., 1996; Peris et al., 2003a) o, más recientemente, la ecografía (Neijenhuis et al., 2001; Díaz et al., 2013). Por otra parte, se han propuesto sistemas de clasificación visual de las lesiones o alteraciones que sufre el pezón; un ejemplo es la clasificación propuesta por Neijenhuis et al. (2000) de la callosidad que sufre el extremo del pezón, según su espesor y textura (lisa o rugosa).

Determinación de la congestión/edema del pezón y efecto del ordeño mecánico

La importancia y persistencia de la congestión/edema que sufrirá el pezón dependerá de las condiciones y duración del ordeño. En este sentido, se debe tener en cuenta que el vacío de ordeño es el responsable del aumento de la congestión/edema del pezón, mientras que la fuerza compresiva que ejerce el manguito durante la fase de masaje tenderá a disminuir dicha congestión/edema. En los últimos años se ha intentado cuantificar el nivel de edematización que sufren los pezones en el ordeño, utilizando la metodología del cutímetro y ecografía. Con ambos métodos se mide el espesor del pezón antes (m_1) y después (m_2) de ordeñar, y se calcula la variación de su espesor (VEP) como diferencia ($m_2 - m_1$) o en porcentaje ($(m_2 - m_1) * 100 / m_1$). Los trabajos llevados a cabo en ganado vacuno han mostrado que cuando mama el ternero (método de referencia fisiológico) o en el ordeño manual, el espesor del pezón disminuye (VEP < 0 ; $m_1 > m_2$) lo cual indica ausencia de edematización; además el espesor recupera su valor inicial en 15-30 minutos. Por el contrario, en el ordeño a máquina la VEP suele ser positiva ($m_1 < m_2$), tanto más cuanto mayor es el nivel de vacío, menor es la duración de la fase de masaje, mayor es el sobreordeño o menor es la dureza de los manguitos; además el pezón tarda más tiempo en recuperar su rango fisiológico de espesor (0,5-2 h; Hamann et al., 1994). Zecconi et al. (1992) sugieren que las variaciones bruscas de espesor del pezón tras el ordeño, tanto en incremento ($> 5\%$, excesivo edema) como en disminu-

ción ($< -5\%$; excesiva carga compresiva del maguito) son situaciones de riesgo para que se establezca una infección intramamaria, ya que puede verse afectada la cantidad y secreción de queratina y determinar daños circulatorios a nivel del pezón que podrían interferir en los mecanismos defensivos locales frente a los patógenos (Hamann y Mein, 1996). De este modo, la máquina de ordeño debería de ser diseñada de modo que el pezón permanezca en el mismo estado antes y después del ordeño, es decir que no se produzcan aumentos ni disminuciones importantes en el espesor del extremo del pezón. La técnica del cutímetro también ha sido utilizada recientemente en pequeños rumiantes. En ganado caprino se ha encontrado que el ordeño mecánico provoca una ligera edematización del extremo del pezón (VEP de 0,1 a 0,2 mm, 3 a 8 %; Billon et al., 2000; Díaz et al., 2013; Alejandro et al., 2014a). Por el contrario, en ganado ovino la VEP es negativa (-0,3 a -0,7 mm; -5 a -10%; Peris et al., 2003a,b; Alejandro et al., 2014d). Los primeros datos disponibles en ganado ovino no han puesto de manifiesto que la VEP se encuentre relacionada con el estado sanitario de la ubre (Marnet et al., 1996). No obstante, deberíamos disponer de más información, tanto en ganado ovino como en caprino, antes de poder extraer conclusiones definitivas en este sentido.

En los trabajos llevados a cabo por el equipo investigador utilizando el método de ecografía se ha encontrado que las frecuencias de exploración más adecuadas para caprino (Díaz et al., 2013) y ovino (Alejandro et al., 2014d) son las de 5 y 7,5 MHz. En los trabajos realizados en ovino se ha encontrado que con la ecografía se observan, a diferencia del cutímetro, valores positivos de variación de espesor, lo que los autores achacan a que el incremento de espesor del pezón tras el ordeño mecánico, estimado mediante el cutímetro, se debe, casi exclusivamente, a la edematización del pezón producida durante el ordeño, pues la presión ejercida por las placas del aparato fuerza la reevacuación de la sangre acumulada en el pezón, disminuyendo, por lo tanto, la congestión que se haya podido ocasionar. En estos trabajos se ha concluido que la técnica de la ecografía es un método útil para determinar la variación de espesor de la pared del pezón. Por otra parte, el equipo investigador, utilizando la termografía infrarroja, detectó que el ordeño mecánico produce un aumento de la temperatura del pezón entre 1,5 a 6,6°C en ganado caprino (Alejandro et al. 2014a). Otros resultados encontrados en caprino y ovino al comparar el ordeño mecánico (OM) con diferentes sistemas considerados como fisiológicos de extracción de leche (amamantamiento de la cría (AC), cánula (C) y ordeño manual (MAN)) se observó que, (a) en caprino la extracción de la leche mediante métodos de referencia (AC, C y MAN) y con OM produjo un incremento del espesor de las paredes y de la longitud del canal del pezón, siendo mayor en el

caso del ordeño mecánico; el tiempo necesario para que las paredes y longitud del canal del pezón recuperaran sus condiciones fisiológicas anteriores a la extracción de leche fue superior a las 10 horas tanto en los métodos de referencia como en el ordeño mecánico; (b) en ovino, la extracción de leche con MAN produjo un mayor incremento de espesor de las paredes y del canal de pezón que el OM. No se encontraron diferencias en ninguna variable estudiada entre AC y OM. El método de extracción afectó al tiempo de recuperación de las variables, recuperándose totalmente el pezón a las 6 horas tras C y a las 4 horas tras MAN. En el caso de AC algunas variables se recuperaron antes de las 3 horas. El tiempo de recuperación del pezón tras el OM fue similar al método de extracción de referencia con el que se comparaba en cada experimento. Aunque este tiempo de recuperación podría indicar el intervalo mínimo entre ordeños, otros estudios serían necesarios para valorar si el mayor incremento de espesor de las paredes y longitud del canal del pezón observados, sobretodo inmediatamente después del ordeño mecánico en la mayoría de los experimentos respecto a los otros métodos, es suficientemente importante como para que se vea afectada la integridad del pezón y se produzca una mayor incidencia de infecciones intramamarias.

Tres aspectos, relacionados con la máquina de ordeño, pueden ser responsables de provocar alteraciones importantes en el extremo del pezón: un excesivo nivel de vacío (de acuerdo a la norma UNE 68050, el vacío medio en el colector, durante el periodo de máximo flujo, debería situarse entre 30 y 42 kPa), existencia de un inadecuado masaje del pezón y la presencia de sobreordeño. Respecto al masaje del pezón, éste dependerá en gran medida de las características de la pulsación y del manguito. En el primer caso, 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 IMI; 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). Las principales características del manguito que influirán sobre el masaje que ejerce en el pezón son: (a) dureza del cuerpo y tensión de montaje en la copa (si son excesivamente blandos producirán un insuficiente masaje, mientras que si son demasiado duros provocarán lesiones en el pezón al ejercer una excesiva carga compresiva; la presión de aplastamiento se debería situar entre 8 y 13 kPa; Mein et al., 2003); (b) Vida útil, un uso de los manguito mas allá de su vida útil producirá alteraciones en los tejidos del pezón en caprino (Alejandro et al., 2014c); (c) diámetro del cuerpo (idealmente 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); (d) longitud efectiva suficiente para poderse colapsar por debajo del extremo del pezón, lo cual se consigue utilizando manguitos diseñados específicamente para la especie y, por lo tanto, no usando manguitos de ovejas en el ordeño de cabras (Alejandro et al., 2014c); (e) La correcta posición del manguito en la pezonera, pues si el manguito está girado sobre su eje no se realizará el masaje correctamente produciendo congestión/edema en el pezón de las cabras (Alejandro et al., 2014c).

La presencia de sobreordeño afecta negativamente al estado del pezón, tanto a corto plazo (mayor edematización; Hamann et al., 1994) como a largo plazo (hiperqueratosis, callosidad). Sin embargo, el efecto directo de un moderado sobreordeño sobre la incidencia de IMI 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, 1986). En cualquier caso, parece razonable recomendar siempre a los ganaderos que eviten sistemáticamente el sobreordeño, por los posibles efectos que pueda tener a largo plazo sobre el estado sanitario de la ubre, bien a través de su influencia sobre el estado del pezón o bien porque aumentan las probabilidades de que se produzcan deslizamientos de pezoneras e impactos. En ganado caprino y ovino un sobreordeño de 2 minutos produce una mayor congestión/edema de las paredes del pezón así como también incrementa la longitud del canal del pezón (Alejandro et al., 2014c).

EFECTO DE LA MÁQUINA DE ORDEÑO

Reserva real o efectiva

La Reserva Real es una estimación del caudal de aire que, en condiciones de ordeño, aún puede entrar accidentalmente en la instalación sin que el nivel de vacío que existe cerca del receptor llegue a disminuir en más de 2 kPa. Con ello se pretende que bajo las condiciones habituales de ordeño, el nivel de vacío que llega hasta todos los juegos de ordeño sea relativamente estable. Así, las entradas de aire adicionales que ocurren de modo irregular (puesta de pezoneras, deslizamiento y caídas de pezoneras etc..) deben ser extraídas por la bomba afectando lo menos posible al vacío que llega hasta los pezones de los restantes juegos de ordeño. Para conseguirlo, será necesario que la **bomba** sea de suficiente capacidad, el **regulador** funcione correctamente y, además, éste posea una rápida respuesta (elevada sensibilidad).

Tradicionalmente el ordeño mecánico de los pequeños rumiantes se ha caracterizado por la existencia de un mayor número de entradas accidentales de aire que en vacuno, debido, entre otros aspectos, a la mayor

frecuencia de puestas y caídas de pezoneras. Por este motivo, las nuevas recomendaciones (UNE 68074, 2004) establecen que, en **juegos de ordeño convencionales**, sin válvulas automáticas, la reserva real deberá compensar, al menos, la admisión total de aire de un juego de ordeño (evaluado en 600 l/m) cuando se colocan las pezoneras o se desprenden del animal en pleno ordeño.

La relación de la reserva con la incidencia de mamitis fue demostrada en ganado vacuno por Nyhan and Cowhig (1967), al encontrar una asociación entre rebaños con bajas reservas y altos recuentos celulares en la leche de tanque. Posteriormente, diversos trabajos experimentales (Thiel et al, 1973; Cousins et al, 1973) demostraron que esta relación se debía a que las instalaciones con bajas reservas presentaban fluctuaciones de vacío, especialmente acíclicas (entradas de aire en la puesta, deslizamiento y caída de pezoneras), más elevadas, lo que favorecía el fenómeno del impacto. En el mismo sentido Ronningen (2002) relacionó una mayor frecuencia de caídas de vacío con un mayor nivel de mamitis y de incidencia de mamitis, concluyendo que las dimensiones y pendiente de la conducción de leche y la reserva real informan de la habilidad de la instalación de mantener estable el nivel de vacío. Galton et al (1989) también encontraron que en las instalaciones con baja reservas era más frecuente el fenómeno de “gradiente de presión inversa”, el cual también podría favorecer nuevas IMI. Mas recientemente, Garcés et al. (2006) encontraron que un déficit de reserva real producía incrementos del RCS por encima de las recomendaciones internacionales.

Conducción de aire

De acuerdo a Mein (1992), lo más importante a concretar en la conducción de aire que va desde la bomba hasta la unidad final es la caída máxima de vacío, la cual dependerá de las dimensiones, diseño (diámetro, longitud efectiva, incluyendo curvas y piezas de conexiones) y el nivel de rugosidad de la superficie interior de la conducción. En este sentido la Norma UNE 68050 permite una caída máxima de 3 kPa, si bien recomienda que sea inferior a 2 kPa. Caídas de vacío superiores afectarán negativamente a la capacidad de la bomba (a igualdad de nivel de vacío en la unidad final, mayor nivel de vacío cerca de la bomba y, por tanto, descenso de su capacidad). Además, las elevadas caídas de vacío en la conducción de aire (generalmente por diámetros demasiado estrechos) también podría incidir sobre el riesgo de mamitis, dado que pueden provocar que el regulador no funcione de forma adecuada, al ser incapaz de detectar pequeños cambios de vacío en puntos cercanos de la unidad final (Mein, 1992).

Conducción de leche

Con el objetivo de garantizar una mayor estabilidad del nivel de vacío durante el ordeño, la leche debe fluir en régimen laminar por la parte baja de la conducción dejando un espacio continuo en la parte superior por el cual se pueda desplazar el aire. Las recomendaciones tanto en pequeños rumiantes como en ganado vacuno (UNE 68050), establecen un límite máximo en la caída de vacío entre el receptor y cualquier punto de la conducción de leche de 2 kPa, en condiciones normales de ordeño, lo cual esencialmente significa que el flujo en la conducción debería ser laminar. Para conseguir esto, la conducción de leche deberá tener un diámetro suficiente para evacuar los caudales máximos de leche previstos (según flujo individual y número de unidades de ordeño), teniendo en cuenta, además, una serie de factores que también influirán en la capacidad real de transporte de leche de la conducción (pendiente, admisión de aire, instalación en anillo, etc) y, por tanto, en la estabilidad del nivel de vacío durante el ordeño.

Sin embargo, aún asegurando que el flujo de leche sea normalmente laminar, es prácticamente inevitable que puedan aparecer tapones ocasionales durante el ordeño. En este sentido, la normativa de ganado vacuno (UNE 68050) sugiere que solamente aumentará el riesgo de mastitis si las caídas ocasionales de vacío en la conducción de leche son capaces de causar que una o más pezoneras resbalen o se caigan, ya que ello inducirá la aparición del fenómeno de impacto.

Otro aspecto relevante, relacionado con la conducción de leche, es si su instalación en Línea Alta o Baja puede influir en la incidencia de mastitis en el rebaño. En Línea Alta, la leche asciende a borbotones desde el colector hasta la conducción de leche, ocupando por completo la sección del tubo largo de leche, lo que ocasiona mayores caídas y fluctuaciones de vacío bajo el pezón (Le Du, 1977; Osteras y Lund, 1980, Murgia y Pazzona, 1999; Díaz et al., 2004), principalmente cuando el flujo de leche es elevado (Le Du, 1977; Murgia y Pazzona, 1999). Sin embargo, en trabajos realizados en ganado ovino (Le Du, 1985; Díaz et al, 2004) y en ganado caprino (Manzur et al., 2012; Díaz et al., datos sin publicar), se encuentra que, utilizando colectores con admisión de aire, la Línea Alta no provoca una elevación del RCS respecto a la línea Baja.

Nivel de vacío

El nivel de vacío nominal de la instalación, cerca del receptor, se fija actuando sobre el sensor del regulador. Ahora bien, una vez fijado el vacío nominal, el vacío medio que llega al colector durante el ordeño dependerá si la conducción de leche es en línea baja (en torno a 1-2 kPa

inferior al vacío nominal) o en línea alta (en torno a 3-4 kPa inferior al vacío nominal; Ronningen y Lunder, 1999; Díaz et al., datos sin publicar). En realidad, es el vacío que existe bajo el pezón durante el ordeño el que debería servir de base para establecer todos los niveles de vacío de la máquina de ordeño (UNE 68050, 1998).

En ganado vacuno, varios trabajos han encontrado que niveles de vacío excesivamente elevados, generalmente superiores a 50 kPa, pueden tener un efecto negativo sobre el estado del pezón (Langlois et al, 1980) e incrementar la incidencia de mamitis (Galton and Mahle, 1980; Osteras y Lund, 1988). Por el contrario, niveles de vacío muy bajos, en relación con el peso del juego de ordeño, favorecerán los deslizamientos y caídas de pezoneras, lo cual aumentaría el riesgo de impactos y de infecciones intramamarias (Baxter et al, 1992). En este sentido, la normativa en vacuno (UNE 68050) recomienda que durante el periodo de máximo flujo de leche, el vacío medio a nivel del colector debería estar comprendido entre 32 y 40 kPa. En pequeños rumiantes, no existe ninguna recomendación específica al respecto (UNE 68074, 2004), aunque en los últimos años se ha observado, a nivel de campo, una tendencia a reducir el vacío nominal desde 42-44 kPa a 34-36 kPa (ganado ovino) y 38-40 kPa (ganado caprino). Esto ha sido posible porque el peso de las unidades de ordeño también ha tendido a disminuir.

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. Finalmente, Ronningen and 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, 2003b). 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 LogRCS y el nivel de vacío ($r = 0.24$; $NV = 36.2 \text{ kPa} \pm 2.43 \text{ kPa}$), mientras que negativa con la frecuencia de pulsación ($r = -0.18$; $FP = 149.9 \pm 22.8 \text{ puls/min}$).

Pulsador

El pulsador es una pieza clave en la máquina de ordeño. La “curva de pulsación” que se genera en la cámara de pulsación de las pezoneras y las características del manguito, van a determinar la carga compresiva que se produce sobre el extremo del pezón; dicha carga limitará el nivel de congestión y edema que el vacío de ordeño tiende a provocar sobre los tejidos del pezón y, por tanto, disminuirá el riesgo de que se establezcan infecciones intramamarias. En ganado vacuno, se han realizado bastantes trabajos para estudiar el efecto de las distintas características de la pulsación (frecuencia de pulsación, relación de pulsación, duración de las fases de pulsación o del tiempo que en que permanece cerrado el manguito) sobre el estado sanitario de la ubre (Bramley, 1992; Spencer, 1989) y el estado del pezón (Hamann et al., 1994). En este sentido la norma UNE 68050 para ganado vacuno detalla que, 1) la fase “d” (masaje) debe tener una duración igual o superior a 150 ms y representar, al menos, un 15% del ciclo; 2) la fase b (ordeño) debe ser superior al 30% del ciclo.

En ganado ovino, la velocidad o frecuencia de pulsación (VP) suele situarse entre 120 y 180 p/min, dado que niveles inferiores disminuyen la liberación de oxitocina durante el ordeño (Marnet et al, 1996), empeorando el reflejo de eyección y la extracción de la leche. La mayoría de los trabajos coinciden en que, con una relación de pulsación (RP) del 50%, la VP de 180 p/min no eleva la incidencia de IMI (Peris et al, 2003a) y el RCS (Molina et al., 1999), respecto a una VP de 120 o 90 p/min. Más aún, Fernández et al. (1999), en un experimento en que el ordeño se realizaba en Línea Alta a 36 kPa y 50% de RP, encuentran un mejor estado sanitario de la ubre, estimado a partir del RCS, cuando la VP es de 180 p/min respecto a una VP de 120 p/min.

Según pruebas realizadas por el equipo investigador, en las pulsaciones de 180 p/min-50% y 120p/min-50%, la fase “d” posee una duración de unos 108 ms y 193 ms, respectivamente. En base a la recomendación señalada anteriormente para el ganado vacuno (fase “d” \geq 150 ms), parece que la primera pulsación debería de representar un mayor riesgo de mamitis. Sin embargo, dos aspectos pueden ayudar a explicar porque esto no sucede en la práctica. En primer lugar si la fase “d” se expresa en porcentaje del ciclo, la pulsación 180 p/min-50% presenta unos valores (32%) que doblan a los mínimos recomendados en ganado vacuno (15%). En segundo lugar, ambas pulsaciones afectan de un modo similar al estado del pezón, estimado a partir de la variación de su espesor (Peris et al, 2003a); esto podría significar que dichas pulsaciones, a pesar de las diferencias en la duración de las distintas fases, provocan el mismo efecto sobre el tejido del pezón.

En base a los cocimientos actuales, no parece recomendable utilizar pulsaciones con una menor fase “d” (masaje), si paralelamente existe una elevación de la fase “b” (ordeño), tal y como ocurre con la pulsación 180 p/min- 60%. En este caso la única ventaja de elevar la RP de 50 al 60% sería un ligero mayor flujo de leche individual, pero a costa de elevar el riesgo de provocar un insuficiente masaje sobre el pezón (fase “d”: 79 ms, 23%) y, por tanto, de afectar al estado sanitario de la ubre. Así, por ejemplo, Peris (1994) encuentra una tendencia a aumentar la puntuación del CMT en las ovejas ordeñadas a 180 p/min-66%, respecto a la pulsación 180 p/min-50%. Además, el riesgo de elevar la RP parece innecesario, dado que, en la mayoría de explotaciones de ganado ovino, el ligero aumento en el flujo individual que se genere apenas repercutirá sobre la productividad horaria de la sala de ordeño.

El ganado caprino suele ordeñarse con una VP de 70-100 p/min y una RP de 50-60% (Billón et al, 1999), si bien en países como España y Francia, la pulsación más frecuentemente utilizada a nivel de campo es de 90 p/min - 60%. La utilización de una RP del 60%, en lugar del 50%, permite aumentar el flujo de leche y disminuir el tiempo de ordeño (Billón et al, 2000; Díaz et al., datos sin publicar), lo cual sería especialmente interesante cuando se dispone de animales de gran nivel productivo y/o bajos flujos. Sin embargo, en caprino existe muy poca información sobre el efecto de los parámetros que definen la pulsación sobre el estado sanitario de la ubre. En un trabajo realizado a nivel de campo, Ronningen and Lunder (1999) observan que las explotaciones que ordeñan con VP inferior a 60 p/min o con una duración de la fase “d” inferior a un 20% del ciclo de pulsación suelen presentar recuentos muy elevados en el tanque; así mismo, estos autores recomiendan una VP 60-90 p/min junto a una RP de 60-65% y cortas fases “a” y “c” de pulsación. Por otra parte, Lu et al (1991), en un ensayo a corto plazo (periodos de 2 semanas de duración) encuentra un RCS más elevado ordeñando a 60 p/min, mientras que a 90 y 120 p/min los recuentos son similares; por otra parte estos autores tampoco observan que las RP de 60% y 70%, empeoren el estado sanitario de la ubre, estimado a partir del RCS, respecto a una RP del 50%. Similares resultados son los encontrados por Díaz et al. (datos sin publicar) en un estudio reciente a largo plazo (7 meses) en el que se estudió la combinación de VP de 90 y 120 p/min con una RP de 60% tanto en Línea Alta como en Línea Baja, no encontrando diferencias significativas en el contenido de RCS entre ambas combinaciones de parámetros. Estos autores han estudiado también a largo plazo (7 meses) el efecto de la pulsación alterna y simultánea en Línea Alta no encontrando diferencias respecto al RCS (los primeros resultados de este trabajo relacionados con la eficacia del ordeño han sido publicados por Romero et al., 2012)

Finalmente, debemos recordar que las características de la curva de pulsación que se genera en la cámara de pulsación, a nivel del manguito, no dependerá solo de la VP y RP fijada en cada pulsador sino también de otros aspectos. En primer lugar, lógicamente de que el pulsador funcione adecuadamente. Por ejemplo, los pulsadores electromagnéticos suelen proporcionar una mejor curva de pulsación que los neumáticos, especialmente cuando se utilizan con VP elevadas; además, en ambos tipos de pulsadores, el nivel de limpieza del pulsador también será determinante para obtener una pulsación satisfactoria (es recomendable que el aire atmosférico sea filtrado antes de su entrada en el pulsador). En esta línea, debemos resaltar que las recomendaciones internacionales en pequeños rumiantes establecen que el nivel de desviación máximo, respecto a lo suministrado por el instalador, será del 5% para la VP y de ± 5 unidades de porcentaje para la RP; la máxima desviación en la RP de los pulsadores de una instalación también se establece en ± 5 unidades. En segundo lugar, debe evitarse que la curva de pulsación se “aplane” excesivamente (aumenten las fases “a” y “c”, en detrimento de “b” y “d”), debido a insuficientes entradas de aire atmosférico y/o de vacío al pulsador, o a la utilización de tubos largos y cortos de pulsación excesivamente largos y/o estrechos. En este sentido, la norma UNE 68050 especifica que la diferencia entre el vacío de trabajo en o cerca del receptor y el vacío máximo de la cámara de pulsación debe ser $\leq 2\text{kPa}$.

Juego de ordeño

Las características del juego de ordeño van a influir en su capacidad de evacuación de la leche (formación de tapones de leche), y la posibilidad de crear entradas bruscas de aire por las pezoneras (caídas o deslizamientos de pezoneras, durante el apurado a máquina etc.); ambos tipos de perturbación aumentarán el riesgo de que se produzcan flujos inversos y/o impactos sobre el pezón y, derivadamente, de establecer infecciones intramamarias.

Así, por ejemplo, las actuales recomendaciones para las instalaciones de ordeño de pequeños rumiantes (UNE 68074, 2004) establecen valores mínimos sobre los diámetros de los tubos largo (12,5 mm) y corto (9 mm) de leche, y remarca la importancia de disponer de un sistema que limite las entradas de aire por las pezoneras, durante las operaciones de puesta y retirada, así como disponer de orificios de entradas de aire a nivel de colector o pezonera (máximo 8 l/min) para favorecer la evacuación de la leche.

Un aspecto discutible es si resulta necesario instalar un colector en el juego de ordeño, con el objeto de ayudar a la evacuación de la leche, o bien puede ser sustituido por una simple “Y”. Si la conducción de leche

es Línea Alta sí que parece necesario disponer de un colector para facilitar la evacuación de la leche, pero en Línea Baja existen opiniones de que puede ser eliminado, especialmente si existen entradas de aire por la base las pezoneras y los animales no presentan un elevado flujo. Por otra parte, Murgia y Pazzona (1999) han demostrado que las fluctuaciones de vacío tienden a disminuir a medida que aumenta el volumen del colector (de 42 hasta 137 mL), tanto en Línea Baja como en Línea Alta, si bien, en pequeños rumiantes no se dispone de ensayos que hayan relacionado estas características con la incidencia de IMI.

Por otra parte, el propio diseño del colector es probable que también pueda contribuir a reducir la frecuencia de flujos cruzados.

En los últimos años han aparecido en el mercado pezoneras que disponen en su extremo de válvulas automáticas. Estas válvulas permiten que se abra/cierre el vacío automáticamente cuando se colocan/retiran las pezoneras; además también cierran automáticamente el vacío cuando una pezonera se caen accidentalmente durante el ordeño. A pesar de ello, Manzur et al. (2006) encontraron que la utilización de unas pezoneras comerciales con válvulas automáticas aumentaron ligeramente el riesgo de mamitis, particularmente al inicio de la lactación.

El peso del juego de ordeño que es soportado por la ubre representa un aspecto importante, dado que pesos excesivos pueden aumentar la incidencia de deslizamientos y caídas de pezoneras. En este sentido, debemos matizar que en los últimos años se ha observado una tendencia a construir los juegos de ordeño más ligeros, lo cual también ha permitido disminuir el nivel de vacío, tal y como ya se ha señalado anteriormente.

Las características del manguito van a influir tanto sobre la estabilidad de la pezonera durante el ordeño como sobre la integridad del tejido del pezón. Cuando el diámetro de embocadura y del cuerpo del manguito son excesivamente anchos, en relación al diámetro medio de los pezones, aumentan los deslizamientos y caídas de pezoneras y el riesgo de afectar al estado sanitario de la ubre; así mismo, la altura de la cámara de la embocadura también influye sobre la estabilidad de las pezoneras (O'Shea et al., 1984). Por otra parte, en ganado vacuno, Mein (1992) recomienda que el diámetro del cuerpo sea 1-2 mm más estrecho que el diámetro medio de los pezones del rebaño, con objeto de limitar la dilatación radial de las paredes del pezón y, por tanto, la congestión / edema inducida por el vacío de ordeño. La longitud del manguito también debe ser suficiente para que éste se pueda colapsar por debajo del pezón y, así, ejercer una adecuada carga compresiva sobre su extremo. Desgraciadamente, también debemos destacar que en el ganado ovino y caprino suele existir una elevada variabilidad en el tamaño de pezones.

Finalmente, una característica del manguito que también influirá sobre la carga compresiva que aplica sobre el pezón es la dureza de su cuerpo. Los manguitos excesivamente “blandos” podrían ejercer una insuficiente compresión, no impidiendo que se acumulen fluidos en el extremo del pezón; por el contrario, si son excesivamente duros pueden llegar a causar lesiones en el extremo y en el propio canal del pezón (Hamann et al, 1994). El valor óptimo de presión de aplastamiento estaría entre 7 y 10 kPa (Le Du, 1985) cifra en la que se suelen situar los manguitos comerciales (Fernández et al., 1997). Aunque en pequeños rumiantes no se dispone de resultados experimentales, algunas observaciones realizadas en trabajos de campo parecen confirmar que la utilización de manguitos relativamente blandos (inferior a 6 kPa de presión de aplastamiento) tiende a elevar la incidencia de mamitis en las explotaciones de ganado ovino.

MANEJO DEL ORDEÑO

En ocasiones, los ganaderos pueden llegar a pensar que disponiendo de una adecuada instalación de ordeño (correcto diseño y mantenimiento), es más que suficiente para evitar problemas de mamitis en el rebaño. Sin embargo, en la práctica, el manejo que realizan los operarios durante el ordeño es tan importante o más que las propias características de la máquina de ordeño. Como ejemplo se señalan algunos aspectos que deberían ser remarcados al personal encargado del ordeño de una explotación.

La operación de apurado a máquina (masaje sobre la ubre antes de la retirada de las pezoneras) debe considerarse como una operación de riesgo, ya que si no se realiza con cuidado puede provocar entradas bruscas de aire por las pezoneras, lo cual puede inducir la presencia de impactos. La retirada de pezoneras, en los juegos de ordeño clásicos, debería de realizarse siempre cortando previamente el vacío. En los juegos de ordeño con válvulas automáticas en las pezoneras, aparentemente pueden retirarse sin cerrar el vacío desde el colector (las válvulas automáticas cierran el vacío inmediatamente a nivel de cada pezonera), pero debe comprobarse que el sistema de cierre funciona correctamente y no se eleva la frecuencia de caídas o deslizamientos de pezoneras. Respecto al sobreordeño (mantener puestas las pezoneras cuando ha cesado el flujo de leche), también debe ser evitado, ya que aumentarán la congestión/edematización de las paredes del pezón y, así mismo, aumenta el riesgo de que se produzcan entradas bruscas de aire (deslizamientos o caídas de pezoneras) que conduzcan a impactos. Aunque es posible que sus efectos no se noten a corto plazo (Peris et al., 2003b), sin duda podrán provocar trastornos a largo plazo

Los efectos de un mal apurado a máquina y del sobreordeño pueden minimizarse colocando retiradores automáticos de pezoneras, los cuales se pueden programar para que corten el vacío en el juego de ordeño cuando ha transcurrido un tiempo de demora (TD, s) tras alcanzar un flujo de emisión de leche o flujo de corte (FC, g/min). Para estudiar el efecto a largo plazo del empleo de retiradores se realizaron 2 estudios en el que se comparó el ordeño convencional con 2 programaciones de FC y TD (caprino: (P1) 100 g/min y 10 s, (P2) 150 g/min y 10 s; Ovino: (P1) 150 g/min y 20 s, (P2) 200 g/min y 10 s). En ambos experimentos se observó que el ordeño convencional producía una mayor variación de espesor del pezón y unas mayores fluctuaciones de vacío que el ordeño con retiradores. A pesar de ello, no se observó un mayor RCS o una mayor incidencia de mamitis a lo largo del experimento. Los primeros resultados de estos trabajos relacionados con la eficacia del ordeño se presentan en este XXXIX Congreso de la SEOC: Romero et al., 2014; Bueso-Ródenas et al., 2014).

La inmersión de los pezones en un desinfectante tras el ordeño es una práctica importante para reducir la incidencia de IMI, especialmente en rebaños con elevada prevalencia o en momentos de mayor riesgo (Bergonier y Berthelot, 2003). Establecer un orden de ordeño, dejando para el final los animales con IMI, a pesar de los inconvenientes que pueda ocasionar en la organización en la explotación (identificación y separación de los animales infectados), puede resultar necesario para controlar la incidencia de mamitis cuando exista una elevada prevalencia de infecciones intramamarias y/o de infecciones causadas por gérmenes de elevada patogenicidad. En ocasiones, este manejo se sustituye por la inmersión de las pezoneras en soluciones desinfectantes inmediatamente tras el ordeño de los animales infectados, aunque en este caso los ganaderos deben ser conscientes de los riesgos que encierra esta práctica cuando se ejecuta de forma incorrecta (contaminación de la leche con desinfectante, o contaminación de la propia solución desinfectante).

EL EMPLEO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA LECHE PARA LA DETECCIÓN DE MAMITIS

El desarrollo de técnicas rápidas para la detección de mamitis en granja permite una actuación temprana sobre la enfermedad y con ello, la posibilidad de reducir sus repercusiones negativas sobre la calidad y seguridad de la leche y la economía de la explotación.

La medición de la conductividad eléctrica de la leche cumple con las mencionadas características ya que es posible su automatización en la máquina de ordeño y permite obtener resultados “on-line”, por lo que,

unido a los buenos resultados de sensibilidad y especificidad, próximos al 100% (Mele *et al.*, 2001; Cavero *et al.*, 2006; De Mol *et al.*, 1999; De Mol y Ouweltjes, 2002) ha sido incorporada a los robots de ordeño en ganado vacuno.

Además de la mamitis, en ganado vacuno se ha estudiado los diversos factores intrínsecos y extrínsecos al animal que afectan a la CE: el propio individuo, la raza, el estado de lactación, el celo, el número de lactación, alimentación, intervalo entre ordeños e incluso la fracción de leche analizada son factores que, al afectar a la composición de la leche, afectan a la CE (Hamann y Zecconi, 1998) y por ello deben ser considerados.

En el caso del ganado caprino, los estudios realizados por el equipo de investigación han corroborado un efecto significativo de factores distintos a la mamitis, de forma similar a lo obtenido en vacuno. En un estudio realizado en tres granjas distintas de cabra Murciano-Granadina a lo largo de la lactación (Díaz *et al.*, 2011), se obtuvieron diferentes valores de CE según la granja, el número de parto del animal (mayor en múltiparas que en primíparas), el mes de lactación (incremento progresivo con el mes de lactación), incluso el tipo de mamitis (la mamitis inespecífica, bacteriología negativa y RCS > 1.000.000 cel/mL, obtuvo mayor CE que la leche de animales con mamitis bacteriana, más de 5 ufc idénticas /20 μ L, y la leche de animales libre de mamitis). En este trabajo también se evidenció que son los cambios de composición química de la leche provocados por la mamitis los que causan una modificación de la CE y, en este sentido, se encontró una alta y significativa relación de la CE con la composición mineral, en especial con el contenido en cloruros (R^2 parcial = 0.779), indicando que la CE es capaz de detectar aquellas mamitis que causan modificación de la composición de la leche, especialmente del ión cloruro. Otro de los factores a tener en cuenta es la fracción de la leche analizada, ya que en ganado caprino se ha obtenido que, aunque los valores de CE son mayores al inicio del ordeño que en las fracciones finales, la sensibilidad para la detección de mamitis es mayor en estas últimas fracciones (Romero *et al.*, 2012b).

En un trabajo posterior (Díaz *et al.*, 2012), también en caprino de raza Murciano-Granadina, se relacionó el efecto de la instauración de la infección (mamitis bacteriana) y el tipo de patógeno con la CE de la leche, observándose que los patógenos considerados mayores (Gram -, *S. aureus*, estreptococos) causaban un incremento de la CE, mientras que la infección por patógenos menores apenas causaron incremento.

Adicionalmente, se procedió a estudiar si la consideración de la evolución de la CE intra-glandular, es decir individual de cada cabra y cada glándula, era susceptible de indicar la presencia de mamitis (Romero

et al., 2014b). Para ello, se estudiaron diferentes algoritmos que consideraban la evolución de la CE de cada glándula, su patrón de variación individual con el progreso del tiempo, y si eran capaces de detectar la mamitis bacteriana con una alta especificidad (para evitar falsos positivos). En esta ocasión, se encontraron variaciones diarias de la CE dentro del mismo animal en condiciones fisiológicas, así como variaciones de CE entre animales y se llegó a la conclusión de que, en las condiciones ensayadas, se podía detectar aquellas mamitis más severas, las clínicas y las subclínicas que suponían una modificación de la composición de la leche. Los mayores valores fueron de 41,7 % de sensibilidad y 91,7% de especificidad, obtenidos mediante el algoritmo que comparaba la CE con la media de los 8 días anteriores (incremento superior a 3 veces la desviación típica).

Paralelamente a estos estudios, se desarrolló un sensor para la medición on-line de la CE en la leche durante el ordeño de pequeños rumiantes. Este sensor ha sido patentado (Díaz Sánchez et al., 2011..) e incorpora características que lo hacen específico para su empleo en los tubos cortos de leche en máquinas de ordeño de pequeños rumiantes. Gracias a sus menores dimensiones permiten obtener un mayor número de lecturas durante el ordeño de glándulas de pequeños rumiantes, incorpora un sistema que evita las interferencias por las burbujas de aire que vienen mezcladas con la leche, así como un sistema de autocalibrado que impide que el sensor se descalibre con el tiempo y ofrezca medidas erróneas. Este sensor específico unido al software desarrollado también por el equipo investigador, que incorpora las lecturas obtenidas por el sensor al algoritmo de cálculo, identifica las glándulas con mamitis en el mismo momento del ordeño, permite informar al ganadero diariamente de la situación sanitaria de sus animales y le ayuda a tomar las decisiones necesarias para optimizar el estado sanitario del rebaño.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejandro M., Romero G., Sabater J.M., Diaz J.R., 2014a. Infrared thermography as a tool to determine teat tissue changes caused by machine milking in Murciano-Granadina goats. *Livestock Science*, 160: 178-185
- Alejandro M., Roca A., Romero G., Diaz J.R., 2014b. Effects of milk removal on teat tissue and recovery in Murciano-Grandina goats. *Journal of Dairy Science*, 97: 5012-5016.
- Alejandro M., Roca A., Romero G., Diaz J.R., 2014c. Effects of overmilking and liner type and characteristics on teat tissue in small ruminants. *Journal of Dairy Research*, 81: 215-222.
- Alejandro M., Rodríguez M., Peris C., Díaz J.R., 2014d. 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., Díaz J.R., 2014e. How does the milk removal method affect teat tissue and teat 2 recovery in dairy ewes?. *Journal of Dairy Research* (in Press)
- Baxter J.D., G.W. Rogers, S.B. Spencer, and R.J. Eberhart. 1992. The effect of milking machine liner slip on new intramammary infections. *Journal of Dairy Science*, 75: 1015-1018
- Bergonier D. y Berthelot X., 2003. New advances in epizootiology and control of ewe mastitis. *Livestock Production Science*, 79: 1-16.
- Billon, P., Sauvee, O., Menard J.L., Gaudin V., 1998. Influence de la traite et de la machine à traire sur les numérations cellulaires et les infections mammaires chez la vache laitière. V Rencontres Recherches Ruminants. INRA-Institut de l'Élevage. 305-312.
- Billon, P., O. Ronningen, E. Sangiorgi, E. Schuiling. 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 n°. 95, 1999, 209-215*
- Billon, P., Marnet, P.G., Dano Y., Aubrij, J.M., 2000. Influence de différents paramètres de pulsation sur la traite de chèvres laitières. Institut de l'Élevage. *Compte rendu n° 20031002:103-118*
- Billon, P. and 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*, page 105, Nitra, Slovak Republic.
- Bramley, A.J., 1992. Mastitis and machine milking. En "Machine milking and lactation". Ed. A.J. Bramley, F.H. Dodd, G.A. Mein, J.A. Bramley. *Insight Books Berkshire England. 343-372*
- Bueso-Rodenas, J.; Romero, G.; Arias, R.; Rodríguez, A.M., Díaz, J.R., 2014. Efecto a lo largo de la lactación de la retirada automática de pezoneras en el ordeño de ovejas de raza Manchega. XXXIX Congreso de la SEOC, PRO-55 (en prensa).
- Cavero D., Tölle K.H., Buxadé C., Krieter J., 2006. Mastitis detection in dairy cows by application of fuzzy logic. *Livestock Science*, 105: 207-213.
- Cousins C.L., Thiel C.C., Westgarth D.R. y Higgs, T.M., 1973. further short-term studies of the influence of the milking machine on the rate of new mastitis infections. *Journal of Dairy Research*, 40: 289-292.
- De Mol R.M., Keen A., Kroeze G.H., Achten J.M.F.H. 1999. Description of a detection model for oestrus and diseases in dairy cattle based on time series analysis combined with a Kalman filter. *Computers and Electronics in Agriculture*, 22: 171-185.
- De MOL, R.M., OUWELTJES, W. 2002. Modelo de detección de mamitis en vacas ordeñadas en un sistema automático de ordeño. En: *Ordeño Robotizado*. Pp: 103-113. Coord.: Caja, G., López, J. Ed.: Agrícola Española, Madrid.
- 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., Paredes C., 2011. Analysis of the Influence of Variation Factors on Electrical Conductivity of Milk in Murciano-Granadina Goats. *Journal of Dairy Science*. 94: 3885-3894.
- Díaz J.R., Romero G., Muelas R., Alejandro, M., Peris, C., 2012. Effect of Intramammary Infection on Milk Electrical Conductivity in Murciano-Granadina Goats. *Journal of Dairy Science*. 95(2): 718-726.

- Díaz, J.R., Alejandro, M., Peris, C., Fernández, N., 2013. Use of ultrasound scanning to estimate the teat wall thickness in Murciano-Granadine goat. *Livestock Science*, 155: 114-122.
- Díaz Sánchez J.R., Romero Moraleda, G., Sabater Navarro J.M., Roca Gumbao A., 2011. Dispositivo de medida de la conductividad eléctrica en fluidos de pequeño caudal. Patente: 1 075 767 (aceptado 2-12-2011)
- Fernández N., Requena R., Beltrán M.C., Peris C., Rodríguez M., Molina P., Torres A., 1997. Comparison of different machine milking clusters on dairy ewes with large size teats. *Ann. Zootech*, 46: 207-218.
- Fernández, N., J.R. Díaz, C. Peris, M. Rodríguez, M.P. Molina, A. Torres, 1999. Machine milking parameters for the Manchega sheep breed. En: *Milking and milk production of dairy sheep and goats*. EAAP Publication N° 95, 1999, 227-232,
- Galton, D.M., and D.E. Mahle. 1980. Effects of vacuum level and pulsation ratio on udder health. *Procs. Ann. Mtg. Nat. Mastitis Council Inc*, 19: 39-43
- Galton D.M., Aneshandesley D.J. y Petersson L.G., 1989. The relationship of machine milking and mastitis. En: *Actas Reunión Anual, National Mastitis Council* 28:125-133. National Mastitis Council, Tampa, Florida, USA.
- Garcés A.R., López F.J., Bruckmaier, R.M. 2006. Milking machines on Chilean dairy farms and their effects on somatic cell count and milk yield: A field study. *Agricultura Tecnica*, 66 (1): 31-40.
- 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., Osteras O., Mayntz M. y Woyke W., 1994. Functional parameters of milking units with regard to teat tissue treatment. En: *Teat tissue reactions to machine milking and new infection risk*. Bulletin of the IDF, n° 297, 23-32
- Hamann, J., Mein, G.A., Nipp, B., 1996. Recommended method for measuring changes in thickness of the bovine teat with spring-loaded calipers. *Journal of Dairy Research*, 62:309-313.
- Hamann, J., A. Zeconi, 1998. Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. *Bulletin of the IDF*. 334: 5-22.
- Langlois, B.E., J.C. Cox, R.W. Hemken, and J. Nicolai. 1980. Effect of milking vacuum on some indicators of bovine mastitis. *Journal of Dairy Science*, 63: Suppl. 1, 116-117.
- Le Du J., 1977. La machine à traite: incidence des facteurs associés au fonctionnement du manchon. *Annales Médecine Vétérinaire*, 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. Valladolid (Spain). Ed. Sever-Cuesta, Valladolid-Spain: 315-325
- LE DU J., 1985. Paramètres de fonctionnement affectant l'efficacité des machines à traire pour brebis. Additif concernant la chèvre. 36^{ème} Reunion Annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie. Kallithea, Grèce, 12 pp
- 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.
- Lu C.D., M.J. Potchoiba M.J., E.R. 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

- Manzur A., Mehdid A., Escolar E., Hidalgo Y., Díaz J.R., Peris C., 2006. Utilización de pezonerías con válvulas automáticas en el ordeño mecánico del ganado caprino. XXXI Jornadas SEOC. Producción ovina y Caprina, 31: 229-231
- Manzur A, Díaz JR, Mehdid A, Fernández M, Peris C, 2012. Effect of mik-line milking systems on milking characteristics in goats. *Journal of Dairy Research*, 79(3): 375-382.
- Marnet, P.G., Combaud, J.F., Le Du, J., Dano Y., 1996. Effect of pulsation rate and vacuum level on oxytocin release, milk parameters and teat end reaction. En: *Proceedings Symposium on Milk Synthesis, Secretion and Removal in Ruminants*, Berna, Suiza. P, 114.
- Mein G.A., 1986. Effects on mastitis of overmilking in conjunction with pulsation failure. *Journal 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.; D.M.D Williams; D.J. Reinemann. 2003. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat. *Proc. 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council*, Fort Worth Texas, USA
- Mele M., Secchiari P., Serra A., Ferruzzi G., Paoletti F., Biagioni M., 2001. Application of the "tracking signal" method to the monitoring of udder health and Oestrus in dairy cows. *Livestock Production Science*, 72: 279-284.
- Molina A., Fernández C., Vergara H., Gallego L., 1999. Efecto de las condiciones de ordeño sobre la producción, fraccionamiento y composición de la leche, y el estado sanitario de la ubre en ovejas de raza Manchega. *Archivos de Zootecnia*, 48: 135-146.
- 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., Barkema H.W., Hogeveen H., y Noordhuizen, 2000. Classification and longitudinal examination of callused teat ends in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83: 2795-2804.
- Neijenhuis F., Klungel G.H., Hogeveen. H., 2001. Recovery of Cow Teats after Milking as Determined by Ultrasonography Scanning.. *J. Dairy Sci.* 84: 12, 2599-2606.
- Nyhan, JF. y Cowhig, M.J., 1967. Inadequate milking machine vacuum reserve and mastitis. *Veterinary Record* 81: 122-124
- 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 Bull.*, 215: 5-28
- Osteras O., Lund A., 1980. The correlation between milk flow, vacuum fluctuations and decrease in vacuum in the long milk tube at the claw in different milking machines. An introductory examination. *Nordisk - Veterinaermedicin* 32: 7-8, 281-290
- Osteras, O., and A. Lund. 1988. Epidemiological analyses of the associations between bovine udder health and milking machine and milking management. *Prev. Vet. Med.* 6: 91-108.

- Pazzona, A., L. Murgia, and M. Sabelli. 1993. [Effect of milking vacuum and pulsation frequencies on leukocyte count in ewe milk]. *Informatore Agrario (Italy)* 42: 43-46
- Peris, 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. 167 pp
- Peris C., Díaz J.R., Segura C., Martí A., Fernández N., 2003 a. Influence of pulsation rate on udder health and teat thickness changes in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*. 86: 530-537
- Peris C., Díaz J.R., Balasch S., Beltrán M.C., Molina M.P., y Fernández N., 2003b. Influence of vacuum level and overmilking on udder health and teat thickness changes in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 86: 3891-3898.
- Rasmussen M.D., Frimer E.S. y Decker E.L., 1994. Reverse pressure gradients across the teat canal related to machine milking. *Journal of Dairy Science* 77:984-993.
- 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.
- Romero, G., Pantoja J.C.F., Sendra E., Díaz J.R., 2012b. Analysis of the electrical conductivity in milking fractions as a mean for detecting and characterizing mastitis in goats. *Small Ruminant Research*. 107 (2-3): 157-163
- Romero G., Bueso-Rodenas J., Muelas R., Díaz J.R., 2014. Efecto a lo largo de la lactación de la retirada automática de pezoneras en el ordeño de cabras murciano-granadinas. XXXIX Congreso de la SEOC, PROC-54 (en prensa)
- Romero G., Reinemann D., Alejandro M., Díaz J.R., 2014b. Goat mastitis detection using daily records of milk conductivity: comparative results of different algorithms. *Czech Journal of Animal Science*. Aceptado: CJAS-D-13-00103R3.
- Rønningen, O. y Lunder T., 1999. Influence of milking machines on goat's milk quality in a Norwegian field study. En: *Milking and milk production of dairy sheep and goats*. EAAP Publication N° 95 : 507-512.
- Rønningen O., 2002. Milkline vacuum stability in milking machine installations. *Journal of Dairy Research*, 69 (4): 501-509.
- Sinapsis E., Hatziminaoglou 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 Production Science*, 64 (2-3): 175-181
- Sinapsis E., Diamantopoulos K., Abas Z., Viachos 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.
- Spencer, S.B., 1989. Recent research and developments in machine milking- A review. *Journal of Dairy Science* 72:1907-1917.
- Thiel, C.C., Cousins, C.L., Westgarth, D.R. y Neave, F.K., 1973. The influence of some physical characteristics of the milking machine on the rate of new mastitis infections. *Journal of Dairy Research*. 40:117-129
- Thiel, C.C. y Mein G.A., 1979. Action of the cluster during milking. En: *Machine Milking*. Ed. Thiel C.C. y Dodd F.H., NIRD, Reading, England.
- UNE, 1998b. Instalaciones de ordeño. Construcción y funcionamiento. Norma UNE 68050 AENOR. 43 pg
- UNE, 2004. Instalaciones de ordeño para ovejas y cabras. Construcción y funcionamiento. Norma UNE 68074 AENOR. 28 pg

- Zecconi, A., Hamann, J., Bronzo, v., Ruffo, G., 1992. Machine induced teat tissue reactions and infection risk in a dairy herd from contagious mastitis. *Journal of Dairy Research*, 59:265-271.
- Ziluaga, I., Romeo, M., Marco J.C., 1998. Prevalencia, patogenicidad y epidemiología de los microorganismos implicados en procesos mamáticos del ganado ovino. En: *Mamitis ovina y calidad de la leche I*. Ovis n° 59, 27-49

EFFECT OF THE MACHINE MILKING ON THE HEALTH STATUS OF THE UDDER

SUMMARY

The milking can affect the incidence of mastitis transmitting the infective agents to the outside or inside of the mammary gland and / or weakening the natural animal defense mechanisms against pathogens. Pathogen transmission may occur either passively, due to the contact with contaminated liner, or actively, associated to the presence of certain events such as the reverse flow, the impact, or the reverse pressure gradient. A malfunction or bad use of the milking machine will contribute as it can affect the state of the teat, causing injury or changes that will help the start of a mammary infection. Regarding the characteristics of the milking machine, a review of the importance of the vacuum reserve, vacuum and milk pipelines, vacuum level and pulsation rate and ratio, and cluster characteristics is done. The most relevant aspects related to the management of milking that may affect the health status of the mammary gland are also listed. Finally, the results found in goats on the use of on-line measurement of milk electrical conductivity during milking as an automatic method for mastitis detection are discussed.

Keywords: milking, mastitis