

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI
NATURAL
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL



CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA PARA EL ORDEÑO DE CABRAS MURCIANO-GRANADINA I

Curso académico 2016/2017

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNA:

ESTHER DOMINGO MARCOS

DIRECTORES ACADÉMICOS:

NEMESIO FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

SEBASTIÀ BALASCH PARISI

VALENCIA, JUNIO 2017

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA PARA EL ORDEÑO DE CABRAS MURCIANO-GRANADINA I

RESUMEN

Existe la opinión generalizada, en el sector caprino de leche, que la ejecución del ordeño mecánico es excesivamente lenta. Tras la realización de un estudio previo, se ha llegado a la conclusión de que la dureza del esfínter del pezón de los animales es la responsable de la velocidad de ordeño, en el caso de la raza Murciano-Granadina, y que los parámetros de funcionamiento de la máquina (nivel de vacío, velocidad de pulsación y relación de pulsación) son los que pueden aportar una solución factible, aunque son necesarios ensayos a largo plazo para comprobar que los nuevos parámetros no afectan al estado sanitario de la ubre. Por tanto, este trabajo tiene como objetivo ensayar dos combinaciones de parámetros (40 kPa de vacío, 90 ppm de velocidad de pulsación y 60% de relación de pulsación vs 42 kPa, 120 ppm y 60%) durante, al menos, 3 meses de lactación, controlando la producción, el fraccionamiento, la composición, las células somáticas y la cinética de emisión de la leche. Se concluye que es preferible el empleo de la combinación de parámetros 42 kPa:120 ppm:60 %, ya que tiende a elevar los flujos de leche y, así, a reducir los tiempos totales del ordeño, sin perjudicar la aptitud al ordeño de las cabras ni el estado sanitario de la ubre.

There is a widespread opinion in the goat's milk sector to the realization of milking is too slow. Following the completion of a previous study, it has been concluded that the hardness of the teat sphincter animal is responsible for milking performance, in this case, and that the operating parameters of the machine (vacuum level, rate and ratio pulsation) are those that can provide a workable solution, although long-term tests are necessary to verify that the new settings do not affect the health of the udder. Therefore, this study aims to test two combinations of parameters (40 kPa of vacuum, 90 ppm pulsation rate and 60% pulsation ratio vs 42 kPa, 120 ppm and 60%) for at least 3 months of lactation, controlling the production, fractioning, composition, somatic cells of milk and milk emission kinetics. It is concluded that it is preferable to use the combination of parameters 42 kPa: 120 ppm: 60%, since it tends to increase milk flows during milking and thus reduce total milking times, without impairing ability milking of the goats or the sanitary state of the udder.

Palabras clave: Parámetros de ordeño, caprino, raza Murciano-Granadina

Keywords: Milking parameters, goats, Murciano-Granadina breed

Alumna: Esther Domingo Marcos

Tutor Académico: Nemesio Fernández Martínez

Cotutor: Sebastia Balasch Parisi.

No confidencial

ÍNDICE DE MATERIAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Importancia de la producción de leche de cabra a nivel mundial, nacional y de la Comunidad Valenciana.....	1
1.1.1. El sector caprino en el mundo	1
1.1.2. El sector caprino en España.....	2
1.1.3. El sector caprino en la Comunidad Valenciana	3
1.1.4. Beneficios de la leche de cabra	4
1.2. Morfología mamaria	5
1.3. Componentes y funcionamiento de la máquina de ordeño. Importancia de los parámetros de ordeño.....	8
1.4. Aptitud al ordeño mecánico	10
1.4.1. Fraccionamiento de la leche en el ordeño	10
1.4.2. Factores fisiológicos.....	11
1.4.3. Cinética de emisión de la leche.....	12
1.5. Posibles efectos de la máquina de ordeño sobre el estado sanitario de la ubre y su detección.....	13
1.5.1. Recuento de células somáticas y bacterias en leche	13
1.5.2. Efectos sobre el pezón.....	14
2. OBJETIVO	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Base animal.....	16
3.2. Diseño experimental	18
3.3. Calendario experimental	18
3.4. Recogida de datos	19
3.4.1 Morfología de la ubre	19
3.4.2. Producción y fraccionamiento de la leche en el ordeño	20
3.4.3. Composición de la leche y RCS	21
3.4.4. Estudio de las curvas de cinética de leche.....	22
3.5 Análisis estadístico	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5. CONCLUSIONES	33
6. BIBLIOGRAFÍA	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución del censo(millones) de las principales especies explotadas en ganadería	1
Tabla 2. Países con mayor producción de leche de cabra	2
Tabla 3. Censo de caprino en la Comunidad Valenciana	3
Tabla 4. Principales factores que influyen en el RCS de la leche de cabra	12
Tabla 5. Ejemplo de ración para la raza caprina Murciano-Granadina en lactación	16
Tabla 6. Morfología mamaria de los animales empleados	26
Tabla 7. Correlación y P-valor de algunos parámetros de morfología mamaria de los animales empleados	27
Tabla 8. P-valores asociados a los efectos estudiados en el ANOVA de medidas repetidas para las variables productivas y del fraccionamiento de la leche en el ordeño	28
Tabla 9. Valores medios (medias \pm ES) de las variables productivas y del fraccionamiento de la leche en el ordeño en cada uno de los niveles de parámetros de ordeño estudiados	28
Tabla 10. P-valores asociados a los efectos estudiados en el ANOVA de medidas repetidas para las variables de composición y del recuento de células somáticas en leche	29
Tabla 11. Valores medios (medias \pm ES) de la composición y el recuento de células somáticas en leche en cada uno de los niveles de parámetros de ordeño estudiados	30
Tabla 12. P-valores asociados a los efectos estudiados en el ANOVA de medidas repetidas para algunas de las variables de cinética de emisión de leche estudiadas	31
Tabla 13. Valores medios (medias \pm ES) de algunas de las variables de cinética de emisión estudiadas	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de la producción de leche de cabra en España	2
Figura 2. Distribución de la producción de leche de cabra en las comunidades autónomas	3
Figura 3. Datos medios de producción y composición de la leche de las cabras de raza Murciano-Granadina de la Universitat Politècnica de València	4
Figura 4. Comparación del contenido en hidratos, proteínas y grasas entre vaca y cabra	5
Figura 5. Esquema de La glándula mamaria	5
Figura 6. Morfología de la glándula mamaria	6
Figura 7. Diferentes grados de implantación y de ubres descolgadas	7
Figura 8. Esquema de la máquina de ordeño y sus componentes	8
Figura 9. Fases en la curva de pulsación	9
Figura 10. Definición de la relación de pulsación en función de las fases de la curva de pulsación de la Figura 9	10
Figura 11. Esquema de la leche cisternal en la ubre	10
Figura 12. Estímulos para la eyección de la leche en caprino	11
Figura 13. Curva de cinética de emisión de leche	13
Figura 14. Granja experimental de pequeños rumiantes de la UPV	15
Figura 15. Calendario experimental	18
Figura 16 y 17. Ejemplo de toma de datos de morfología de la ubre: altura de la ubre(izquierda) y longitud del pezón (derecha)	19
Figura 18. Controlador electrónico de la pulsación (izquierda)	20
Figura 19. Regulador mecánico de vacío (abajo)	20
Figura 20. Medidor volumétrico de 3300ml	20
Figura 21. Recogida de muestras en el día de control	21

Figura 22. Analizadores de recuento de células somáticas y composición	21
Figura 23. Medidores electrónicos LactoCorder®	22
Figura 24. Curva de cinética de la cabra 202, cuyo flujo de leche no es deseable .	23
Figura 25. Curva de cinética de la cabra 274, cuyo flujo de leche es muy bueno...	24
Figura 26. Evolución de la producción de leche y de los porcentajes de grasa y proteína al avanzar la lactación	29

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Importancia de la producción de leche de cabra a nivel mundial, nacional y de la Comunidad Valenciana

1.1.1. El sector caprino en el mundo

Existe una gran evolución, desde los años 70 hasta hoy en día, en la población mundial de las especies ganaderas. Como se puede observar en la Tabla 1, el ganado caprino aumentó casi el triple el número de cabezas en estos últimos 35 años. En cambio, el ganado ovino ha mantenido un número semejante de efectivos desde el año 1990.

Tabla 1. Evolución del censo(millones) de las principales especies explotadas en ganadería (FAO, 2013)

	1978	1980	1990	2000	2010	2013
Pollos	5.210	7.219	10.620	14.379	20.309	21.744
Vacuno	1.082	1.217	1.297	1.303	1.469	1.494
Ovino	1.063	1.099	1.206	1.059	1.128	1.173
Caprino	378	464	589	752	972	1.006
Porcino	547	798	849	856	973	977
Conejos	130	187	422	546	900	925
Población humana	3.691	4.449	5.321	6.128	6.916	7.162

El caprino ocupa el cuarto lugar de las especies explotadas a nivel mundial, con un censo de 1.006 millones de cabezas. Junto a la especie cunícola y la avicultura de carne, el caprino es la especie que ha aumentado más su presencia en el sector ganadero.

La cabra es un pequeño rumiante que destaca por su capacidad para suministrar alimentos proteicos de alta calidad, como son la carne y la leche, aunque es la producción de leche el objetivo principal de la mayoría de las explotaciones caprinas de todo el mundo (FAO, 2013).

Así, los países con mayor producción de leche de cabra están concentrados en países subdesarrollados o en vías de desarrollo, como pueden ser India, Bangladesh y Sudán (Tabla 2).

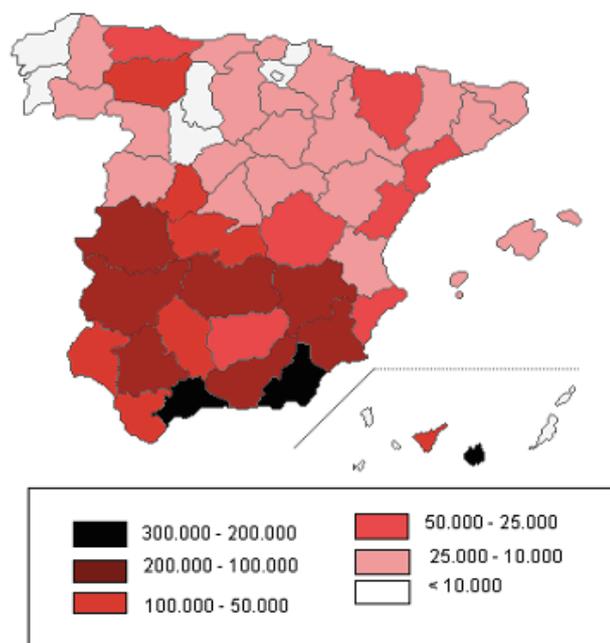
Tabla 2. Países con mayor producción de leche de cabra (FAO, 2012)

PAÍSES CON MAYOR PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRA, 2012, TONELADAS	
PAÍS	TONELADAS
1 India	4,850,000
2 Bangladesh	2,608,000
3 Sudán (ex)	1,532,000
4 Pakistán	779,000
5 Malí	715,000
6 Francia	624,016
7 Somalia	500,000
8 España	443,625
9 Grecia	407,000
10 Turquía	369,429

1.1.2. El sector caprino en España

El sistema de explotación de ganado caprino predominante en la Unión Europea es semi-extensivo, aunque existen notables diferencias entre países, de manera que, por ejemplo en España, predomina el sistema intensivo (FAO, 2013). En la zona sur de nuestro país se concentra más del 70% del ganado caprino nacional (Figura 1)

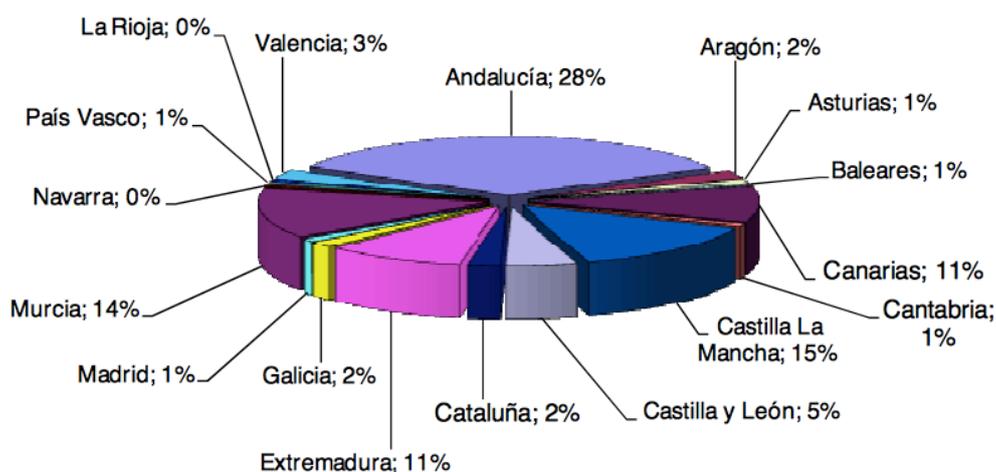
Figura 1. Distribución geográfica de la producción de cabra en España (MARM, 2008)



Las principales comunidades autónomas productoras de leche de cabra (Figura 2) son:

Andalucía (28%),
Murcia (14%),
Castilla la Mancha (15%),
Canarias y Extremadura (11%).

Figura 2. Distribución de la producción de leche de cabra en las comunidades autónomas (MARM, 2013)



Respecto a las razas autóctonas que hay en España destacan las siguientes: Majorera, Malagueña, Murciano-Granadina, Palmera y Tinerfeña.

1.1.3. El sector caprino en la Comunidad Valenciana

En la Comunidad Valenciana existen actualmente 73.172 cabezas de ganado caprino, un 2,7% del total de animales censados en España. El 23,6% del censo se encuentra en la provincia de Valencia, el 30,4% en Castellón y un 46% en Alicante (MARM, 2015).

Tabla 3. Censo de ganado caprino en la Comunidad Valenciana (MARM, 2015)

COMUNIDAD VALENCIANA	73.172
Alicante	33.680
Castellón	22.220
Valencia	17.272

Una de las razas caprinas a destacar es la Murciano-Granadina. Presenta una gran difusión por toda España y es de gran importancia en la Comunidad Valenciana. Son animales de mediano tamaño, entre 45-60 kg, (Barba et al., 2016) y de proporciones también medias. Es una raza que se adapta con facilidad al clima y a los diferentes sistemas de explotación, además de tener una excelente adaptación al ordeño mecánico.

La aptitud de la raza es claramente lechera, ya que las hembras múltiparas llegan a producir fácilmente los 500 litros por lactación normalizada (Figura 3) y con buen rendimiento quesero.

Figura 3. Datos medios de producción y composición de la leche de las cabras de raza Murciano-Granadina de la Universitat Politècnica de València (ACRIMUR, 2016)

Año	MULTIPARAS (210 Días)			PRIMIPARAS (150 Días)		
	Leche (kg)	Grasa (%)	Proteína (%)	Leche (kg)	Grasa (%)	Proteína (%)
2013	394	5.07	3.49	245	4.90	3.71
2014	462	5.09	3.64	276	5.15	3.65
2015	490	4.81	3.68	306	4.77	3.68

1.1.4. Beneficios de la leche de cabra

Según Flores-Nájera et al. (2010):

-La leche de cabra es un alimento de gran valor nutricional, pues contiene proteínas y grasas de alta calidad que proporcionan la mayoría de aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas, en mayor cantidad que la leche de vaca (Figura 4).

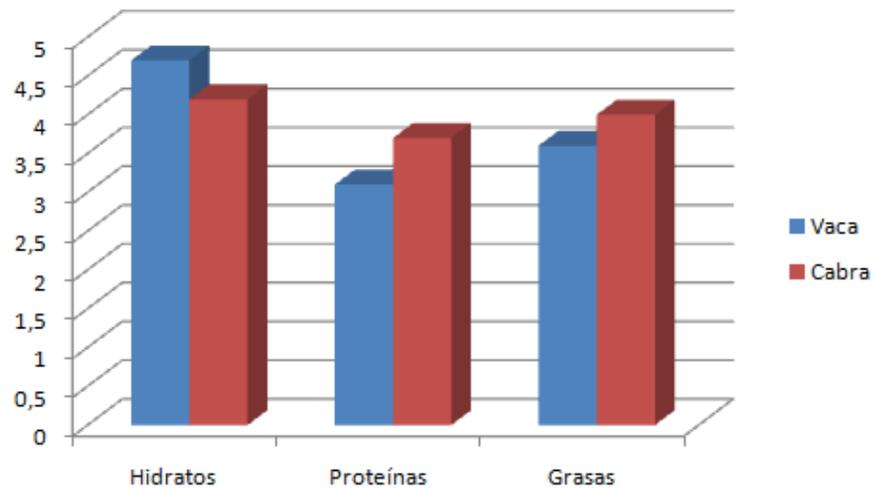
-Es una leche de gran digestibilidad por el bajo nivel de lactosa y por el pequeño tamaño de los glóbulos de grasa que contiene, siendo recomendada a las personas intolerantes a este hidrato de carbono.

-Otra gran ventaja es que tiene menos colesterol que la leche de vaca, concretamente entre un 30%-40% menos. Además presenta grasa tipo omega 6, que no se almacena en el tejido adiposo. Esto hace que se convierta en un producto importante para la prevención de la diabetes y afecciones cardiovasculares.

-El consumo habitual de la leche de cabra en personas con anemia conduce a una mejor recuperación, pues potencia el uso nutritivo del hierro y regenera la hemoglobina.

Por otro lado, Sánchez (2004) afirma que la leche de cabra es un alimento magnífico para niños, pues posee características similares a la leche materna. Así, la leche de cabra contiene azúcares y oligosacáridos que desempeñan un papel importante en el desarrollo de la flora probiótica.

Figura 4. Comparación del contenido en hidratos, proteínas y grasas entre vaca y cabra (Lara, 2011)



1.2. Morfología mamaria

La glándula mamaria es una glándula epitelial exocrina, exclusiva de los mamíferos, que está adaptada a las necesidades de crecimiento y conducta de cada especie (Caja et al., 2002)

De acuerdo con Callejo (2010):

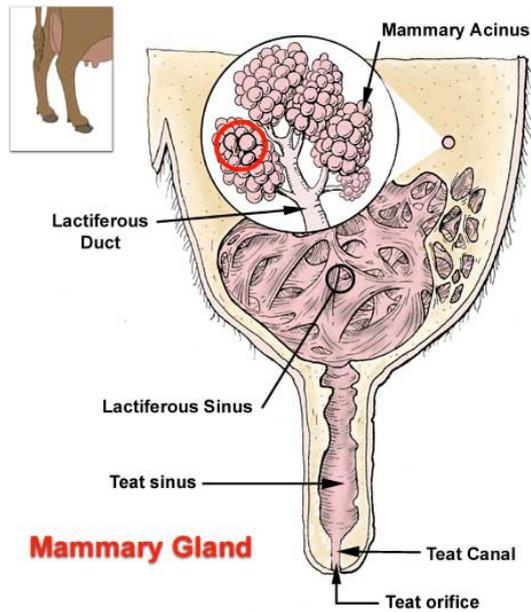
- La glándula mamaria de la cabra consta de 2 compartimentos que no tienen comunicación entre sí, en lo que respecta a la secreción y almacenamiento de la leche. Rodeando cada alveolo y todos los conductos, existe un sistema muscular que se contrae en respuesta a la oxitocina, hormona regulada por la hipófisis, y debido a esta contracción se expulsa la leche hacia la cisterna de la ubre, permitiendo así su extracción.

- Esta cisterna es una cámara de forma irregular donde la leche se recolecta y almacena. Contiene de 6 a 9 conductos galactófonos que proceden de sus respectivos núcleos glandulares.

- La forma y volumen de la ubre de la cabra está relacionada con las aptitudes productivas de las distintas razas, destacando las lecheras en las que alcanza un mayor tamaño y un aspecto más uniforme.

- En el extremo del pezón se encuentra un músculo circular llamado esfínter, cuya función es mantener cerrado el canal de salida para prevenir el escape de la leche y la penetración en la ubre de microorganismos desde el ambiente exterior.

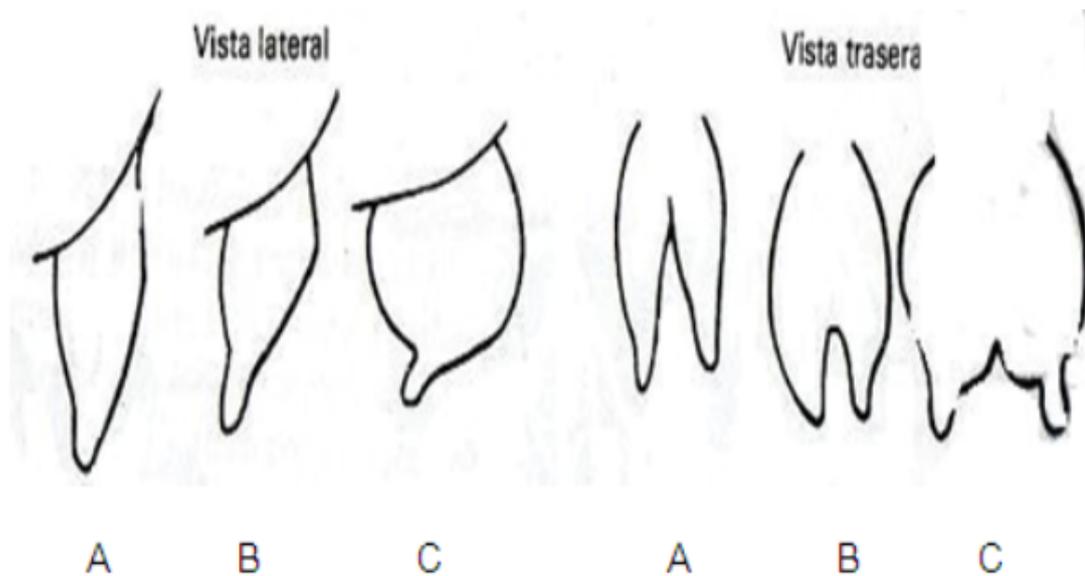
Figura 5. Esquema de la glándula mamaria (Callejo, 2010)



En caprino la forma de la glándula mamaria es variada, pero predominan tres tipos (Figura 6):

- A. La semejante a una pera, que es la más común;
- B. Forma oval que presenta pezones voluminosos;
- C. Forma globular, con un volumen de la cisterna mayor a las anteriores.

Figura 6. Morfología de la glándula mamaria (Bedolla, 2010)



Entre los caracteres más representativos del morfotipo caprino que afectan a la producción de leche, el ordeño mecánico y la vida útil del animal destacan (Bedolla, 2010):

Altura inserción posterior: es la distancia entre el comienzo de la ubre y la vulva del animal. Cuanto menor sea la distancia mejor insertada estará la ubre y tendrá mayor capacidad

Anchura inserción posterior: es la distancia de la anchura de la inserción de la ubre, medida a 5 cm por debajo de la inserción. Lo ideal serían ubres con arco muy abierto que determinaría una anchura de la ubre amplia.

Inserción anterior de la ubre: se refiere al grado de firmeza con la que la ubre se inserta en el abdomen. Valores elevados indican un mayor grado de inserción.

Implantación de pezones: el ángulo de implantación de los pezones, tanto desde una perspectiva lateral como desde una perspectiva trasera, es determinante para facilitar el ordeño, de manera que ángulos elevados provocan una mayor inestabilidad del juego de ordeño en la ubre.

Diámetro de los pezones: Para alcanzar una buena adaptación a las pezoneras, son los pezones intermedios los más indicados. Un problema que suele producirse en el ganado caprino es la enorme dispersión de formas y tamaños que existe en los rebaños.

Ligamiento suspensorio medio: es, en buena parte, el responsable que sirve de soporte de la ubre. Por ello, interesan ligamentos fuertes, capaces de mantener sujeta la ubre durante muchas lactaciones.



Figura 7. Diferentes grados de implantación y de ubres descolgadas
(Elaboración propia, 2017)

La Figura 7 muestra una ubre bien implantada en el abdomen y con una buena inserción (izquierda) frente a una ubre descolgada (derecha).

1.3. Componentes y funcionamiento de la máquina de ordeño. **Importancia de los parámetros de ordeño**

En la Figura 8 se muestra el esquema de una instalación de ordeño en el que se especifican los sistemas de sistemas de vacío, de leche y de pulsación.

Esquema de máquina de ordeño con conducción de leche

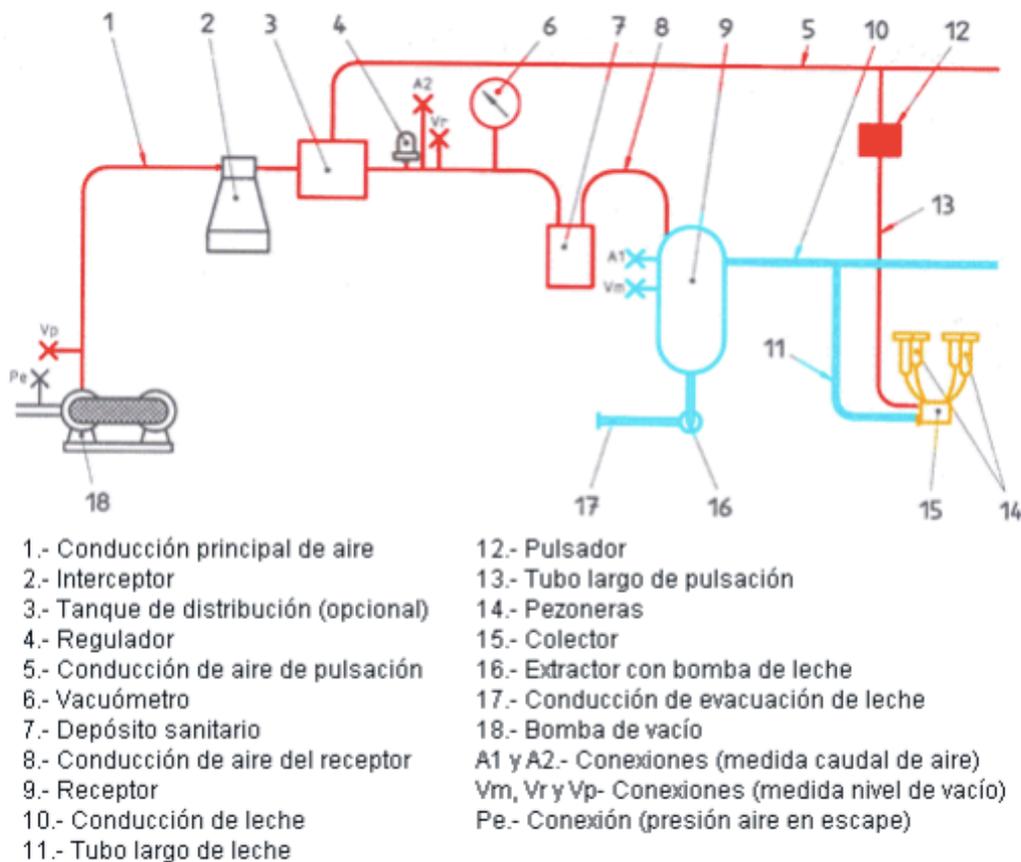


Figura 8. Esquema de la máquina de ordeño y sus componentes (MAGRAMA, 2010)

Los sistemas mas importantes para el funcionamiento de una sala de ordeño son (UNE, 1998):

- Sistema de vacío

La bomba es el componente que genera el vacío necesario para extraer la leche de la glándula mamaria y arrastrarla hasta el receptor. También es la responsable del funcionamiento de los pulsadores, en lo que a la fuente de vacío se refiere. Existen diferentes tipos de bombas: rotativa, de alveolos, turbina, anillo líquido. La elección del tipo de bomba para una situación determinada dependerá de los factores técnicos (caudal nominal de la bomba, nº de unidades de ordeño de la sala) y económicos en una instalación (coste y consumo energético de cada bomba).

El vacuómetro es el instrumento encargado de medir el nivel de vacío de la instalación de ordeño.

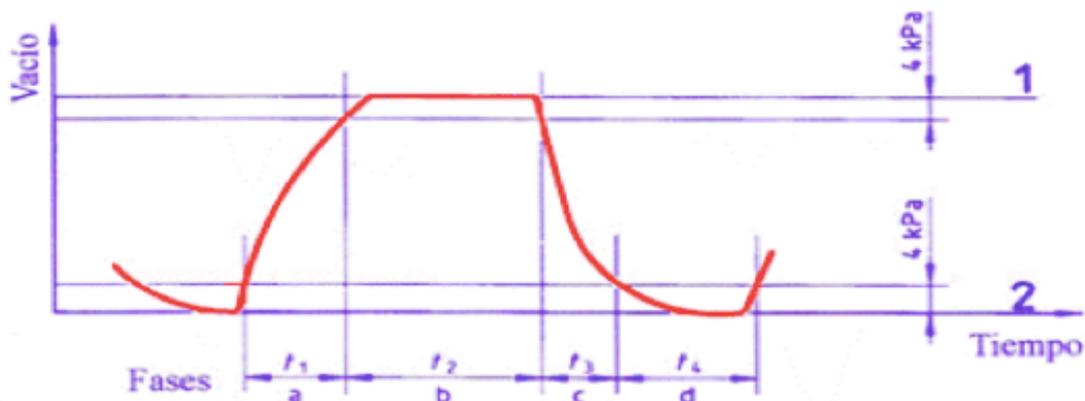
-El sistema de pulsación

El pulsador es el componente de la instalación de ordeño que posibilita la transición entre el vacío y la presión atmosférica en la cámara de pulsación de la pezonera. Permite con ello la alternancia de succión y masaje en el pezón.

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 (Figura 9) y las características del manguito determinarán la carga compresiva que se produce sobre el extremo del pezón.

El ciclo de pulsación viene representado por la curva de pulsación (Figura 9), y se caracteriza por la frecuencia (n° de ciclos de pulsación/min) y la relación de pulsación.

Figura 9. Fases en la curva de pulsación (MAGRAMA, 2010)



- a. Fase de aumento de vacío
- b. Fase de vacío máximo
- c. Fase de disminución de vacío
- d. Fase de vacío mínimo

La relación de pulsación es el porcentaje de tiempo que el manguito permanece en fase de ordeño respecto a la duración total del ciclo. Los valores óptimos en ganado caprino se sitúan entre 50%-70%. En España la más utilizada es del 60%. (Delgado-Pertíñez et al., 2009).

Figura 10. Definición de la relación de pulsación en función de las fases de la curva de pulsación de la Figura 9 (UNE, 1998)

$$\frac{a + b}{a + b + c + d} \times 100 (\%)$$

La razón por la que no es recomendable superar el 70% de relación de pulsación es porque valores superiores pueden provocar daños en los pezones, lo que aumenta el riesgo de infecciones intramamarias (Díaz et al., 2014).

Los pulsadores que se usan actualmente en caprino pueden clasificarse en: neumáticos y electrónicos. Entre los electrónicos se diferencian los que trabajan de forma independiente y los comandados por una caja central, para establecer el ciclo de pulsación. En caprino los valores óptimos de velocidad de pulsación se sitúan entre 90-120ppm, mientras que el nivel de vacío está comprendido entre 36 kPa y 44 kPa (Díaz et al., 2004).

En España se suele utilizar la combinación de 90 pulsaciones/minuto y 40-42 kPa (Peris et al., 1999).

1.4. Aptitud al ordeño mecánico

1.4.1. Fraccionamiento de la leche en el ordeño

El fraccionamiento de la leche en el ordeño mecánico es una forma de medir la aptitud al ordeño de los animales y está relacionado, también, con la distribución de la leche en la ubre. En caprino, la leche alveolar supone un 35% del total de leche que se encuentra en la ubre, mientras que la leche cisternal llega al 65%, según Sánchez (2012), lo que la convierte a la cabra en la especie mejor adaptada a un solo ordeño diario.

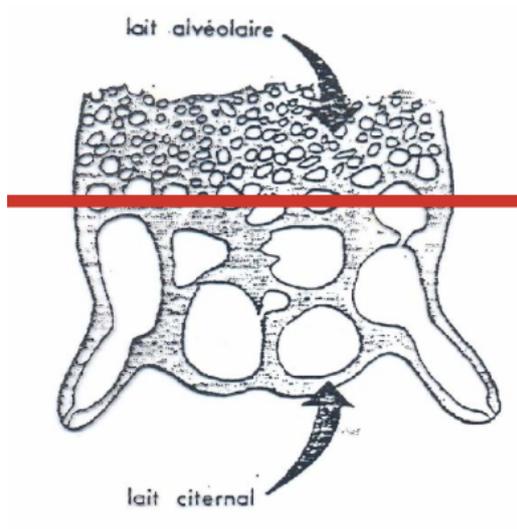


Figura 11. Esquema de la leche cisternal en la ubre (Sánchez, 2012)

Según Sánchez (2012), se puede diferenciar entre leche de máquina (LM), leche de apurado de máquina (LAM) y leche residual (LR).

Leche de máquina (LM) : es la cantidad de leche que se obtiene desde la puesta de las pezoneras hasta que el flujo de leche se detiene. Es la leche que corresponde a la leche cisternal y parte de la leche alveolar.

Leche de apurado a máquina (LAM) : es la cantidad de leche obtenida con el masaje del ganadero, con las pezoneras colocadas. Se corresponde con parte de la leche alveolar.

Leche residual (LR): es la cantidad de leche obtenida tras una inyección de oxitocina después del ordeño.

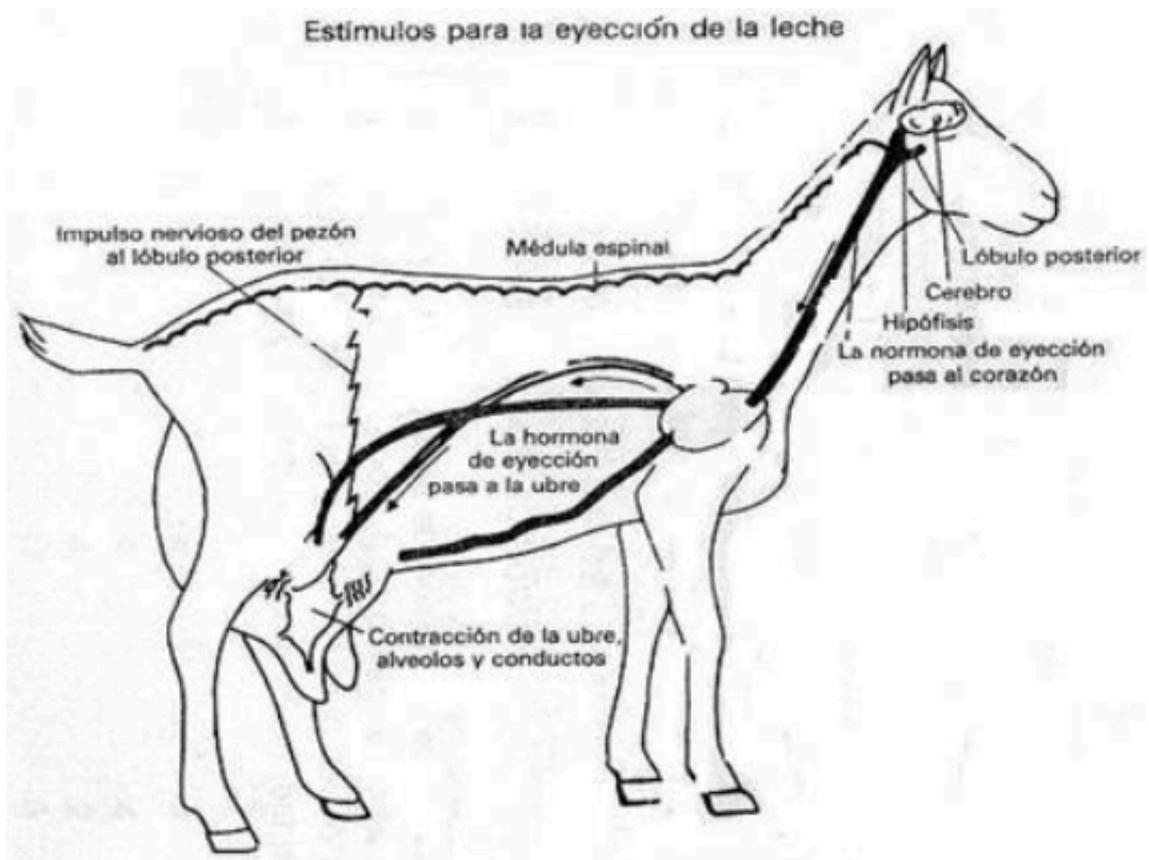
$$\text{Leche total en la ubre} = \text{LM} + \text{LAM} + \text{LR}$$

Interesa que la cantidad de leche residual sea lo más baja posible. También interesa que la LAM sea pequeña, ya que esto afecta a los rendimientos horarios de las salas. Así, cuanto mayor es el porcentaje de LM y menor el de LAM y LR, mejor será la aptitud al ordeño mecánico de los animales.

1.4.2. Factores fisiológicos

Tras la puesta de las pezoneras se produce la liberación de oxitocina, que es esencial para que la leche baje desde la parte superior de la ubre hasta la cisterna. Sin embargo, el animal puede estar estresado y liberar adrenalina, hormona que impide la actuación de la oxitocina, de modo que tras la finalización del ordeño aún quedaría una gran cantidad de leche retenida en la ubre (LR; Figura 12)

Figura 12. Estímulos para la eyección de la leche en caprino (Bedolla, 2010)



La máquina de ordeño ejerce una succión que produce impulsos nerviosos a través de los nervios mamarios y la médula espinal, impulsos que llegan al hipotálamo y a la hipófisis. Así se libera la oxitocina que provoca la contracción de

las células mioepiteliales y la expulsión de leche contenida en los alveolos (Labussière, 1983).

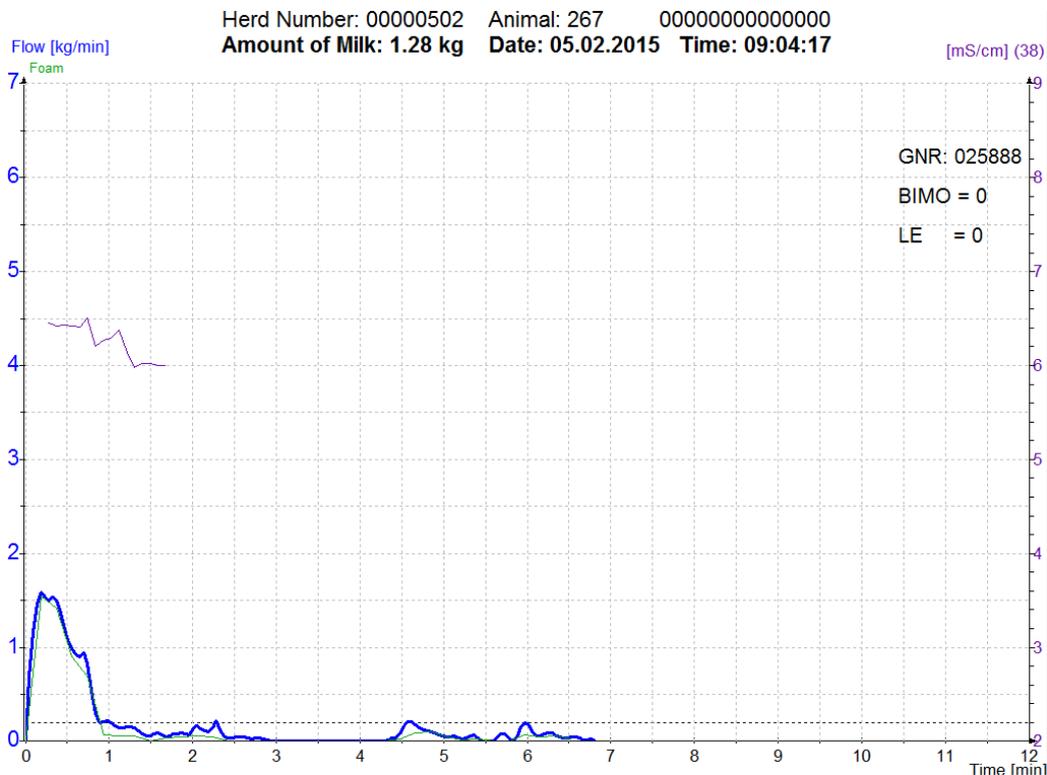
1.4.3. Cinética de emisión de la leche

La cinética de emisión de leche es otra técnica que permite evaluar la aptitud al ordeño mecánico, mediante el uso de las curvas obtenidas durante el ordeño a máquina. Las curvas de cinética pueden ser hechas mediante registros manuales (Labussière y Martinet, 1964) o automáticos; quedan definidas por parámetros que expresan la cantidad y flujo de leche extraída, y el tiempo de duración del ordeño a máquina (Fernández et al., 2014).

Una curva de emisión favorable (Figura 13) significa un ordeño rápido y completo, con alto caudal de leche y una completa eyección de leche alveolar. Las características de la curva de cinética de emisión de leche durante el ordeño se relacionan con:

- la estructura de la ubre (tamaño de la cisterna);
- las características del pezón;
- el reflejo neurohormonal de eyección de leche.

Figura 13. Curva de cinética de emisión de leche (Elaboración propia, 2015)



La Figura 13 muestra un ejemplo de una curva de cinética de emisión de leche favorable, ya que posee un flujo máximo elevado (1,5 l/min) y un tiempo de emisión corto.

1.5. Posibles efectos de la máquina de ordeño sobre el estado sanitario de la ubre y su detección.

1.5.1. Recuento de células somáticas y bacterias en leche

Las células somáticas presentes en la leche de cabra se pueden clasificar en 2 tipos (Bergonier et al.,2003):

- a. Las células de origen sanguíneo son en su mayoría, leucocitos y se encuentran en las glándulas mamarias enfermas. La presencia de un número elevado de leucocitos en la leche es un indicador del estado inflamatorio de la glándula mamaria.
- b. Las células epiteliales de la leche provienen de la descamación del epitelio alveolar y de los conductos de la glándula mamaria.

Los factores que influyen sobre el recuento de células somáticas son muy diversos y se pueden clasificar según su origen, si es inflamatorio o no (Martínez, 2000):

- Factores de origen inflamatorio: cualquier proceso inflamatorio da lugar a un aumento de recuento de células somáticas. Estos factores pueden ser infecciosos o no.
- Factores de origen no inflamatorio: se puede agrupar en factores fisiológicos o intrínsecos a los animales (edad, estado de lactación, tipo de parto) y en factores de manejo o extrínsecos (ordeño, alimentación, etc).
- Otros factores: pueden existir otros factores que influyan en el recuento de células somáticas relacionados con la metodología utilizada para realizar tanto el recuento como la conservación y almacenamiento de las muestras.

Tabla 4. Principales factores que influyen en el recuento de células somáticas de la leche de cabra (Martínez, 2000)

INFLAMATORIOS	INFECCIOSOS	Bacterias Virus de la AEC
	NO INFECCIOSOS	Traumatismos...
NO INFLAMATORIOS	INTRINSECOS	La fracción del ordeño Tiempo entre ordeños Número de ordeños/día Variaciones diarias Estado de lactación Número de lactación Tipo de parto Raza Nivel productivo Celo
	EXTRINSECOS	El ordeño La alimentación Estrés Estacionalidad
OTROS FACTORES	MÉTODO DE RECUESTO CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS	

1.5.2. Efectos sobre el pezón

Un mal uso o funcionamiento de la máquina de ordeño puede llegar a provocar lesiones o alteraciones en el pezón, las cuales podrán aumentar la aparición de infecciones intramamarias.

La edematización que sufrirá el pezón tras el ordeño dependerá de las condiciones y duración del mismo. El vacío de ordeño es el responsable del aumento de la congestión/edema del pezón, mientras que la fuerza que ejerce el manguito durante la fase de masaje tenderá a disminuir dicha edematización (Peris et al., 2014).

El estado del pezón puede examinarse al terminar el ordeño usando diferentes equipos instrumentales o utilizando sistemas de comparación. Si esta congestión/edema del pezón tras el ordeño es elevada, el animal está en riesgo de contraer mamitis.

2. OBJETIVO

En un primer trabajo, se comprobó que la razón principal de la lentitud del ordeño en caprino lechero de raza Murciano-Granadina era la fuerza del esfínter, y que determinadas combinaciones de vacío y velocidad de pulsación altas conducían a elevar la velocidad de ordeño. Sin embargo, también se comprobó que esa elevación de los parámetros de ordeño incrementaba el espesor del pezón tras el ordeño, por lo que se concluía que era preciso realizar trabajos de larga duración para comprobar la inocuidad de su aplicación sobre la ubre.

Así, el objetivo principal de este trabajo es comprobar los resultados de dos combinaciones de vacío y velocidad de pulsación sobre el rendimiento horario de las salas de ordeño, atendiendo para ello a la producción y el fraccionamiento de la leche, su composición, la cinética de emisión de la leche y los efectos sobre el estado sanitario de la ubre. El documento “Recomendaciones para los TFG y TFM” de la ETSIAMN contempla esta temática en su apartado sobre las “Características y diseño de maquinaria para instalaciones agrarias”.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se ha realizado en la granja de la Universidad Politécnica de Valencia, en el Departamento de Ciencia Animal, durante la lactación 2014-2015 (Figura 14).

Figura 14. Granja experimental de pequeños rumiantes de la Universitat Politècnica de València



3.1. Base animal

Se utilizaron 48 cabras de la raza Murciano-Granadina, que fueron separadas de sus cabritos en el momento del parto y sometidas a un ordeño mecánico diario (8 h). Todos los procedimientos de experimentación animal han sido llevados a cabo según las normas de bienestar correspondientes (Real Decreto 1201/2005, BOE 252:34367-34291).

Los animales fueron mantenidos en el mismo local durante el periodo pre-experimental y luego en dos locales semejantes (uno por lote experimental), y recibían la misma ración, distribuida dos veces al día, en un volumen que era un 10% superior al teórico valor máximo de capacidad de consumo de las cabras.

Las raciones se calcularon para animales de 50kg de peso vivo con una producción láctea de 2,5 kg (Tabla 5). La ración suministrada fue la misma durante todo el periodo experimental.

Materias primas	%	Mínimo %	Máximo %	UFL (/kg MS)	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)	Precio (€/t)
Cebada	69,844			1,16	79	102	0,7	4	150
Salvado de arroz	0,000			0,88	73	70	0,7	15	150
Pulpa de cítricos	15,000	15,0		1,11	47	90	23	1,3	130
Melaza de remolacha	0,000	3,0		1,03	84	71	3,5	3	140
Semilla de algodón	0,000			1,29	290	141	2,1	8,5	250
Cascarilla de girasol	12,953			0,18	26	27	4,3	2,2	60
Urea	1,204		2,0		1472				300
Carbonato cálcico	0,000						380		90
Fosfato bicálcico	0,000						240	180	650
Corrector	1,000	1,0							2000

Peso	100,000
Contenido mínimo	1,00
Contenido máximo	83,31

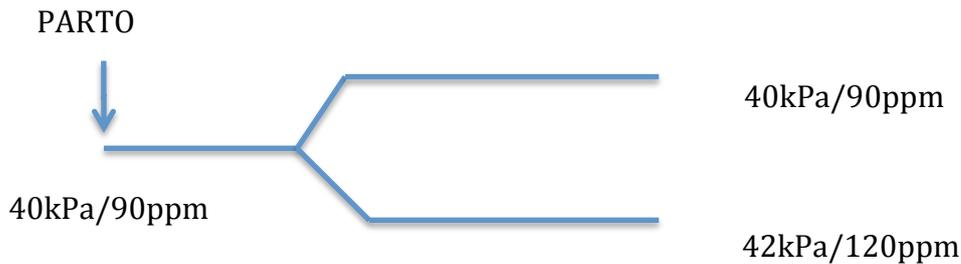
UFL (/kg MS)	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)
1,00	83,31	72,34	1,33	2,54

Precio (€/kg MS)			
1,000	83,310	88,238	4,496
			3,274
			0,156

Tabla 5. Ejemplo de ración para raza caprina Murciano-Granadina lactante (elaboración propia basado en FEDNA 2009)

3.2 Diseño experimental

Tras ser separadas de sus cabritos al parto, todas las cabras fueron ordeñadas con los mismos parámetros de ordeño (40 kPa de vacío, 90 ppm de velocidad de pulsación, 66% de relación de pulsación) durante un mes, lo que constituyó el periodo pre-experimental. Luego, las 48 cabras fueron divididas al azar en dos grupos de 24 y sometidas a dos combinaciones de parámetros de ordeño diferentes, de manera que un grupo continuaba ordeñándose con los mismos parámetros del periodo experimental y el otro fue ordeñado con 42 kPa de vacío, 120 ppm de velocidad de pulsación y 60% de relación de pulsación.



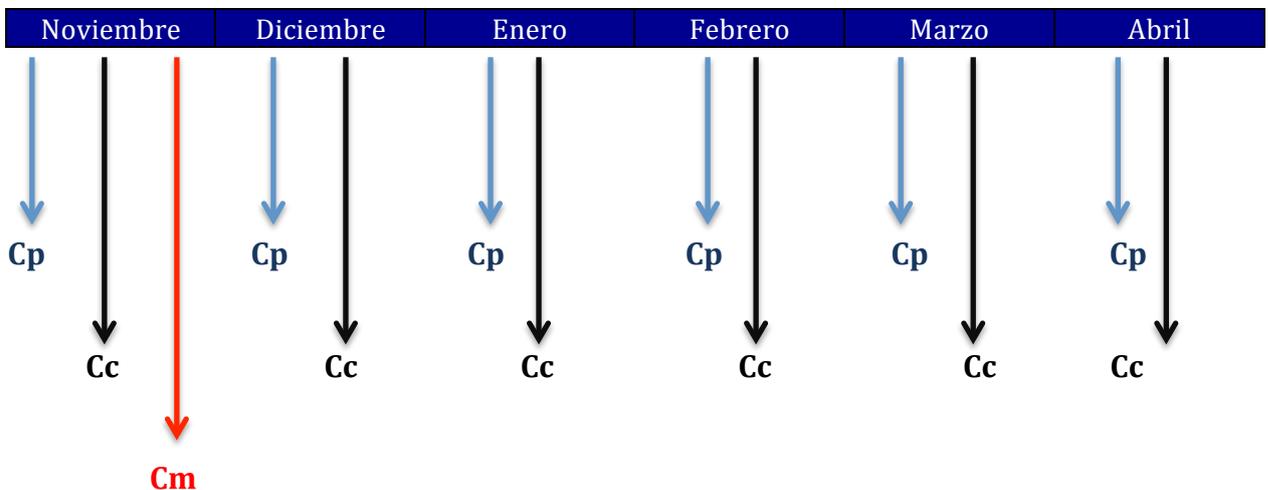
Durante los 6 meses del experimento, se han evaluado los siguientes parámetros:

1. Análisis de la morfología de la ubre.
2. Producción y fraccionamiento de la leche en el ordeño.
3. Análisis de la composición y recuento de células somáticas en leche.
4. Estudio de las curvas de cinética de leche.

3.3 Calendario experimental

Figura 15. Calendario experimental

Cp = control de producción, leche máquina, leche apurado máquina y leche residual, y control de cinética de emisión de leche; Cc = control de composición de la leche, recuento células somáticas; Cm = control de morfología de la ubre.



3.4 Recogida de datos

3.4.1 Morfología de la ubre

En el periodo pre-experimental se midieron las características de la ubre (longitud del pezón; diámetro del pezón en su punto medio; ángulo de implantación visto desde atrás; ángulo de implantación lateral; fuerza necesaria para la apertura del esfínter del pezón; altura de la cisterna; distancia de la ubre al suelo; altura de la ubre) , según Labussière (1983):

- Longitud del pezón (L): distancia desde el extremo del pezón hasta su base
- Diámetro del pezón en su punto medio (DM).
- Ángulo de implantación posterior (ANP): ángulo que forma la dirección del pezón observado desde atrás, respecto a la línea vertical.
- Ángulo de implantación lateral (ANL): ángulo que forma la dirección del pezón observado desde el lateral de la ubre, respecto a la línea vertical.
- Distancia de la ubre al suelo: distancia desde la base de la ubre al suelo.
- Altura de la ubre: distancia desde el comienzo de la inserción de la ubre hasta el inicio del pezón.
- Fuerza del esfínter: representa el valor del vacío mínimo necesario para provocar la apertura del esfínter e iniciar el flujo de leche.

Figura 16 y Figura 17. Ejemplo de toma de datos de morfología de la ubre: altura de la ubre (izquierda) y longitud del pezón (derecha).



3.4.2 Producción y fraccionamiento de la leche en el ordeño

Para cada combinación de parámetros de ordeño y a lo largo de la lactación, cada mes se anotaron los valores de leche a máquina (LM, obtenidos desde la puesta de leche hasta el cese de flujo) y de apurado de máquina (LAM, con las pezoneras puestas y mediante un masaje vigoroso de la ubre durante 20-30 segundos), medidos en un medidor volumétrico (Figura 20).

Figura 18. Controlador electrónico de la pulsación (izquierda)

Figura 19. Regulador mecánico de vacío (derecha).



Figura 20. Medidor volumétrico de 3300ml.

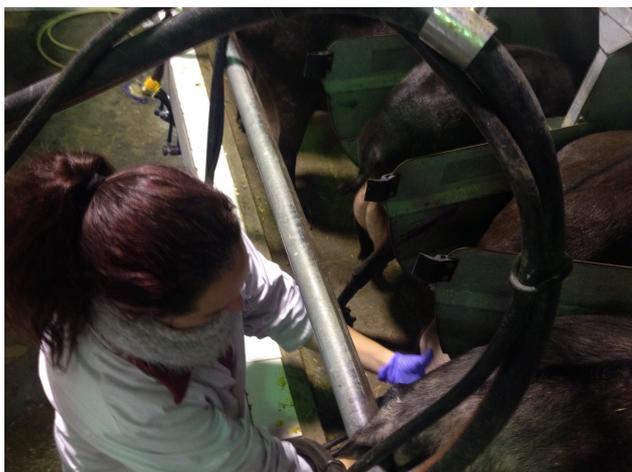


Para la obtención de la leche residual se inyectaron por vía intravenosa 3 U.I. de oxitocina y se ordeñó a las cabras a continuación. La oxitocina es la responsable de estimular directamente las contracciones de la musculatura lisa del útero y de las glándulas mamarias.

3.4.3 Composición de la leche y Recuento de Células Somáticas

En cada control, se tomó una muestra de 50 ml de leche de cada animal (LM+LAM), y se llevaron a cabo análisis de la proteína, grasa y recuento de células somáticas.

Figura 21. Recogida de muestras en el día de control



Todas las muestras han sido analizadas en el LICOVAL (Laboratorio Interprofesional Lácteo de la Comunidad Valenciana). La composición de la leche se obtuvo a través de un analizador de infrarrojos MilkoScan FT6000 Foss Electric y el recuento de células somáticas a través del método fluoro-opto-electronic, con el aparato Fossomatic 5000 (Figura 22).

Figura 22. Analizadores de recuento de células somáticas y composición.



3.4.4 Estudio de las curvas de cinética de leche

La cinética de emisión de leche se utilizó para evaluar el efecto de parámetros sobre los flujos de leche y el tiempo de ordeño. Para realizar los controles de cinética se usaron medidores electrónicos LactoCorder® (Figura 23; Werkzeug Maschinen Apparatebaus, 2010). Estos equipos tienen el objetivo de estimar, mediante luz infrarroja, el flujo y la cantidad de leche que lo atraviesa cada 2 segundos.

Figura 23. Medidores electrónicos LactoCorder®



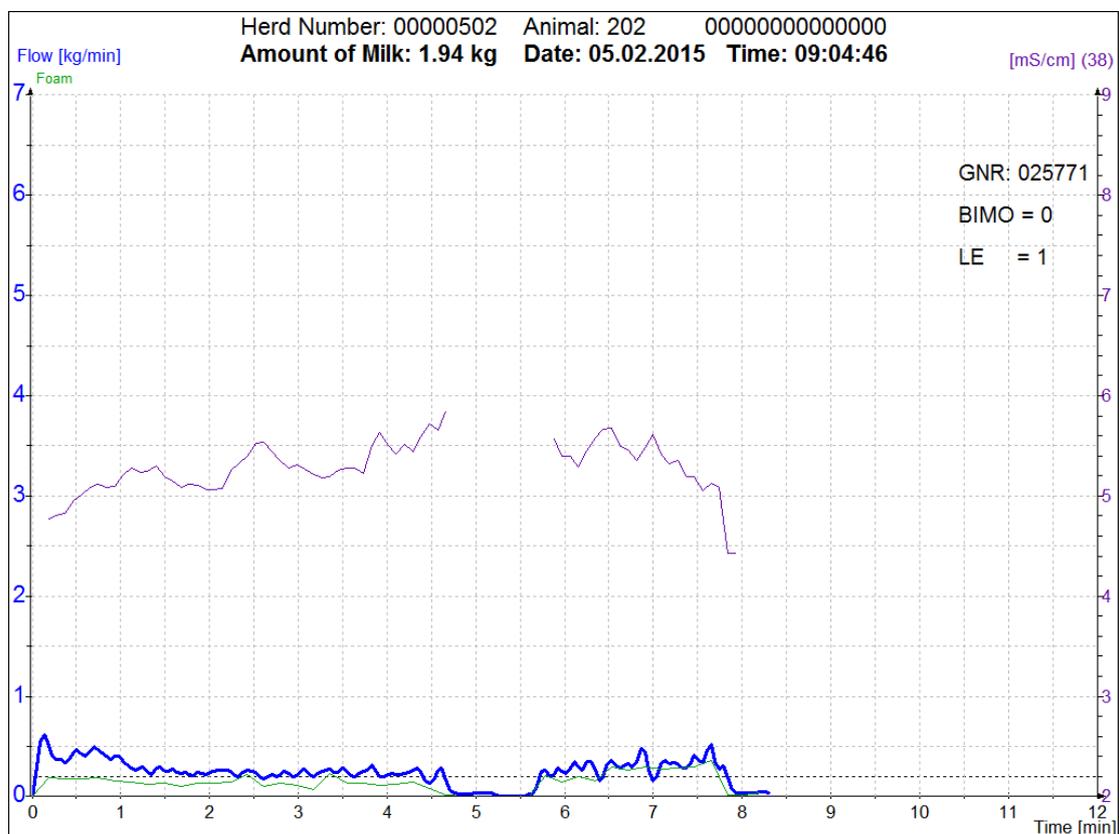
Las variables tomadas fueron:

- Leche máquina (LM) : Volumen de leche registrado desde la puesta de las pezoneras hasta que el cese del flujo de leche previo al masaje.
- Leche apurado máquina (LAM): Volumen de leche registrado tras la LM, consecuencia de la intervención del operador que masajea las ubres hasta el cese del flujo de leche.
- Leche total de ordeño: Volumen total de leche registrado desde la puesta de las pezoneras hasta el cese del flujo de leche tras el masaje (LM + LAM).
- Flujo a los 60 segundos (F₆₀): Flujo medio registrado por el medidor electrónico cada 2 segundos durante el primer minuto, desde la detección de los primeros chorros de leche.
- Flujo medio de la LM (FMLM): Flujo medio registrado por el medidor electrónico cada 2 segundos en el periodo que corresponde a la LM.
- Flujo máximo (F_{Max}): flujo máximo registrado por el medidor electrónico.

- Tiempo del FMax (TFMax): tiempo transcurrido desde la detección de los primeros chorros de leche en el medidor hasta alcanzar el FMax.
- Tiempo final de la LM (TLM): es el tiempo transcurrido desde la detección de los primeros chorros de leche en el medidor hasta el final de la LM.
- Tiempo total de ordeño (TTO): es el tiempo transcurrido desde la puesta de las pezoneras hasta el final de la LAM.
- Conductividad máxima (Cmax): es la conductividad máxima registrada en la leche ordeñada.
- Temperatura máxima (°C): es la temperatura máxima registrada en la leche ordeñada.
- Latencia: es el tiempo que transcurre entre la puesta de pezoneras y la llegada de los primeros chorros de leche al sistema de lectura del medidor electrónico.

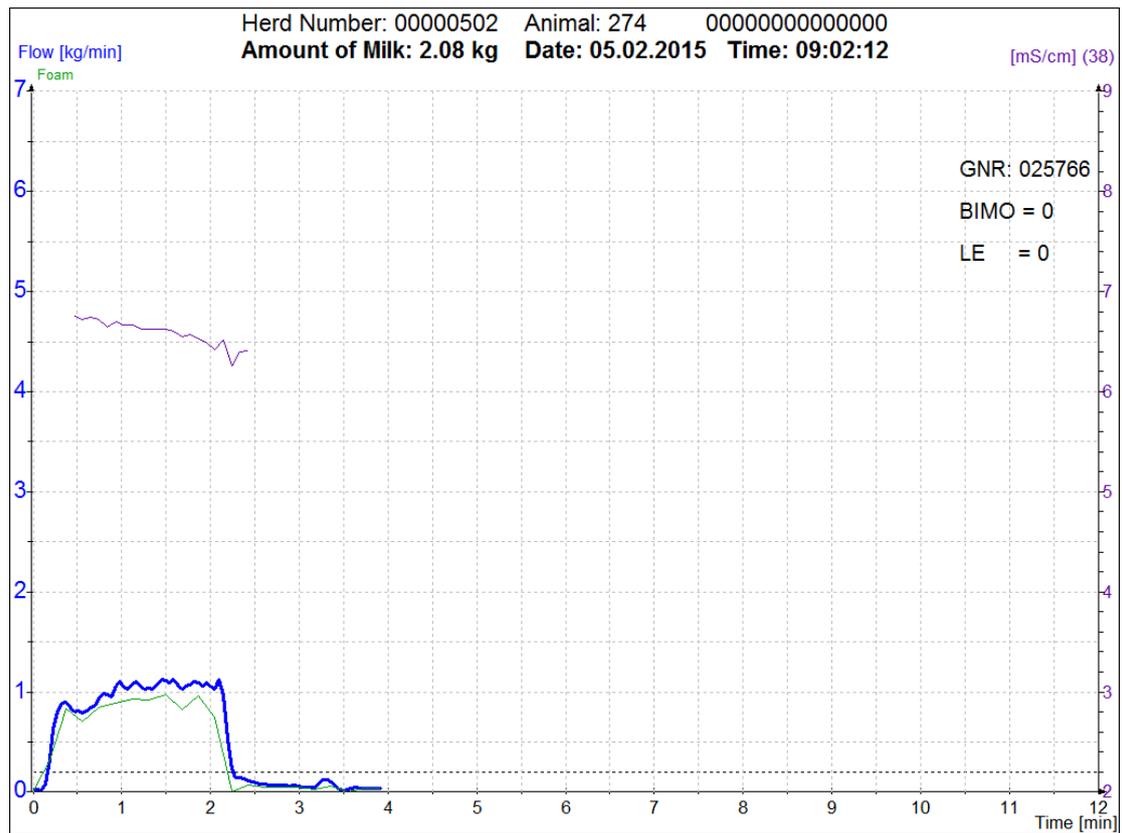
El medidor electrónico LactoCorder® obtiene curvas de cinética como las de las Figuras 24 y 25.

Figura 24. Curva de cinética de la cabra 202, cuyo flujo de leche no es deseable



Se puede observar que la curva de la Figura 24 no es deseable, ya que es muy plana, con bajo flujo de leche y la leche tarda demasiado tiempo en evacuarse. En cambio, en la Figura 25, se refleja una curva corta, de buena producción y elevado flujo de leche. Interesan animales que produzcan la mayor cantidad del leche en el menor tiempo posible.

Figura 25. Curva de cinética de la cabra 274, cuyo flujo de leche es muy bueno.



3.5. Análisis estadístico

Para las variables de producción, fraccionamiento, composición de la leche y cinética de emisión de leche, se utilizó el siguiente análisis de varianza de medidas repetidas :

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + E_j + A(P)_{k(i)} + (P \times E)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde :

Y_{ijk} = variable dependiente,

μ = media,

P_i = efecto fijo de la combinación de parámetros de ordeño,

E_j = efecto fijo del estado de lactación,

$A(P)_{k(i)}$ = efecto aleatorio del animal jerarquizado al parámetro de ordeño,

$(P \times E)_{ij}$ = interacción parámetros de ordeño por estado de lactación,

ε_{ijk} = error residual.

Cuando la interacción fue no significativa, ésta fue integrada en el error.

La variable “Recuento de Células Somáticas” fue integrada en los modelos en forma de logaritmo para normalizar su distribución.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Las características de la ubre de los animales utilizados en este trabajo aparecen reflejadas en la Tabla 6, mientras que sus correlaciones figuran en la Tabla 7. Los valores obtenidos en este caso muestran una cierta evolución respecto a los presentados por Fernández et al. (2015), para animales del mismo rebaño, pero con una diferencia de 5 años entre ambas valoraciones.

Tabla 6. Morfología mamaria de los animales empleados (Media \pm ES; Pezones: L= longitud, DM= diámetro en el punto medio, ANP= ángulo posterior, ANL= ángulo lateral, Esfínter= dureza del esfínter; Ubre: Distancia= distancia desde la base de la ubre al suelo, Profundidad, Altura).

Parámetros (kPa:ppm)	L (mm)	DM (mm)	ANP (°)	ANL (°)	Esfínter (kPa)	Distancia (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)
40:90	40,6 \pm 3	29,3 \pm 3	57,3 \pm 6	57,0 \pm 5	30,3 \pm 1	214 \pm 11	370 \pm 12	213 \pm 9
42:120	53,2 \pm 5	35,4 \pm 4	55,7 \pm 6	43,9 \pm 4	28,7 \pm 1	178 \pm 12	361 \pm 12	239 \pm 11
Media	46,7 \pm 3	32,5 \pm 3	56,5 \pm 5	50,5 \pm 4	29,5 \pm 1	196 \pm 10	366 \pm 11	226 \pm 9

Así, el valor medio actual de longitud del pezón es inferior (46,7 mm vs 63 mm), el diámetro también es inferior (32,5mm vs 55 mm), los ángulos de implantación superiores (56,5° vs 45,0 ° y 50,5° vs 47 °, para las observaciones posterior y lateral, respectivamente), la fuerza del esfínter semejante (29,5 kPa vs 30,1 kPa), la distancia al suelo superior (196 mm vs 177 mm) y la altura de la ubre inferior (226 mm vs 277 mm). Estos hechos muestran una evolución positiva de las características de la ubre frente a niveles de producción de leche semejantes (1.988ml vs 2.198 ml/día), hacia estructuras más ligadas al abdomen (menor altura de la ubre y mayor altura al suelo) y pezones más pequeños aunque con mayor ángulo de inclinación. Las correlaciones (Tabla 7) negativas entre el tamaño del pezón y su ángulo de implantación, y de la distancia de la ubre al suelo con la profundidad y altura de la ubre explican dichos resultados. Fernández (1985) encontró correlaciones semejantes en ganado ovino lechero.

Tabla 7. Correlación y P-valor de algunos parámetros de morfología mamaria de los animales empleados (Pezones: L= longitud, DM= diámetro en el punto medio, ANP= ángulo posterior, ANL= ángulo lateral, Esfínter= dureza del esfínter; Ubre: Distancia= distancia desde la base de la ubre al suelo, Profund.= profundidad, Altura).

Variable	DM (mm)	ANP (°)	ANL (°)	Distancia (mm)	Profund. (mm)	Altura (mm)
L (mm)	0,908 <0,0001	-0,578 0,001	-0,201 0,278	-0,155 0,422	0,184 0,340	0,220 0,252
DM (mm)		-0,526 0,003	-0,232 0,226	0,056 0,771	0,111 0,566	0,215 0,263
ANP (°)			0,517 0,004	-0,004 0,982	-0,030 0,878	-0,014 0,943
ANL (°)				-0,030 0,878	0,104 0,593	0,147 0,448
Distancia (mm)					-0,945 <0,0001	-0,858 <0,0001
Profundidad (mm)						0,904 <0,0001
Altura (mm)						

Los resultados del análisis de medidas repetidas realizado sobre las variables de producción y fraccionamiento de la leche en el ordeño (Tablas 8 y 9), muestran que los parámetros de ordeño presentaron un P-valor superior a 0,05 para todas las variables ensayadas excepto para el porcentaje de leche máquina, mientras que para el estado de lactación ocurría todo lo contrario, excepto para la leche de apurado a máquina y los porcentajes de leche máquina y de apurado a máquina. Además, la interacción parámetros de ordeño por estado de lactación no fue significativa en ningún caso.

El hecho de que el estado de lactación haya resultado estadísticamente significativo sobre la mayor parte de las variables estudiadas de producción y composición parece lógico, dado que al avanzar el estado de lactación la producción de leche descende y la composición de la leche asciende (Figura 26), tanto en ganado ovino (Fernández, 1985; Requena et al., 2010) como en ganado caprino (Delgado-Pertíñez et al., 2009).

En cuanto a la aptitud al ordeño mecánico, bajo el criterio del fraccionamiento de la leche en el ordeño, unos valores, en porcentaje, cercanos al 92:8 para la relación Leche Máquina:Leche de Apurado a Máquina, respectivamente, parecen indicar una buena aptitud y condiciones de ordeño, dado que son mejores que los

de Peris et al. (1999), en la misma raza (83:17), y que los de Caja et al. (1999), en la raza caprina Tinerfeña (80:20).

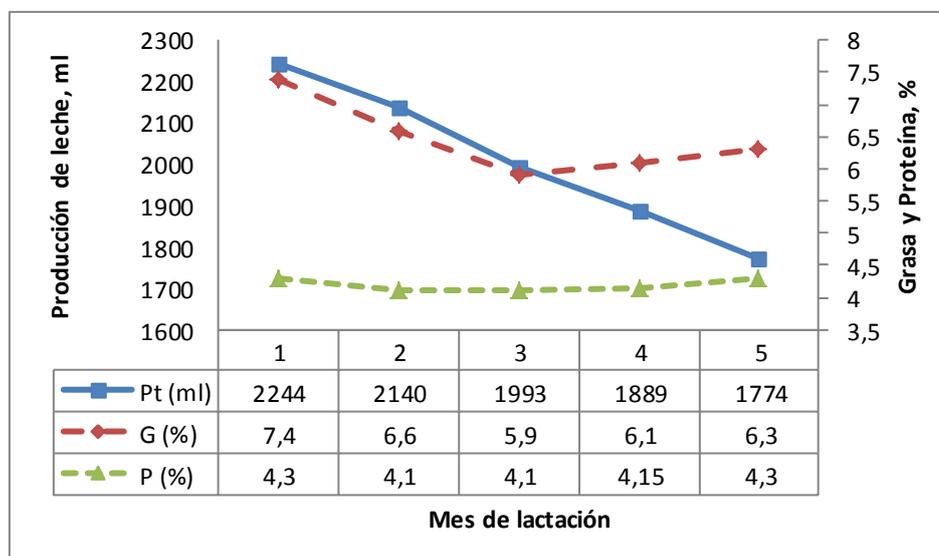
Tabla 8. P-valores asociados a los efectos estudiados en el ANOVA de medidas repetidas para las variables productivas y del fraccionamiento de la leche en el ordeño (LM= leche máquina; LAM= lecha apurado máquina; LR= leche residual; LMPOR= porcentaje de la leche máquina; LAMPOR= porcentaje de la leche de apurado a máquina; LRPOR= porcentaje de la leche residual; PT= producción total leche día).

Variable	Parámetros de ordeño (40:90 vs 42:120)	Estado de lactación	Parámetros x Estado de lactación
PT	0,635	<0,0001	0,058
LM	0,473	<0,0001	0,146
LAM	0,127	0,445	0,659
LR	0,888	0,0004	0,738
LMPOR	0,045	0,680	0,857
LAMPOR	0,265	0,870	0,687
LRPOR	0,180	0,023	0,525

Tabla 9. Valores medios (medias \pm ES) de las variables productivas y del fraccionamiento de la leche en el ordeño en cada uno de los niveles de parámetros de ordeño estudiados (LM= leche máquina; LAM= lecha apurado máquina; LR= leche residual; LMPOR= porcentaje de la leche máquina; LAMPOR= porcentaje de la leche de apurado a máquina; LRPOR= porcentaje de la leche residual; PT= producción total leche día).

Parámetros de ordeño	Variable						
	LM (ml)	LAM (lm)	LR (ml)	LMPOR (%)	LAMPOR (%)	LRPOR (%)	PT
40:90	1.885 \pm 123	142 \pm 17	252 \pm 27	93 \pm 0,9	8,9 \pm 0,8	9,6 \pm 1	2.026 \pm 126
42:120	1.770 \pm 100	178 \pm 15	247 \pm 24	90 \pm 0,8	9,0 \pm 0,8	11,5 \pm 0,9	1.949 \pm 103

Figura 26. Evolución de la producción de leche y de los porcentajes de grasa y proteína al avanzar la lactación.



Los resultados del análisis de medidas repetidas realizado sobre las variables de composición y recuento de células somáticas en leche (Tablas 10 y 11), muestran que los parámetros de ordeño no afectaron significativamente a ninguna de las variables ensayadas, mientras que el estado de lactación sí lo hizo para todas. Por otro lado, la interacción parámetros de ordeño por estado de lactación no fue significativa en ningún caso.

Tabla 10. P-valores asociados a los efectos estudiados en el ANOVA de medidas repetidas para las variables de composición y del recuento de células somáticas en leche.

Variable	Parámetros de ordeño (40:90 vs 42:120)	Estado de lactación	Parámetros x Estado de lactación
Grasa	0,371	<0,0001	0,795
Proteína	0,999	<0,0001	0,285
LogRCS	0,319	<0,0001	0,068

Tabla 11. Valores medios (medias \pm ES) de la composición y el recuento de células somáticas en leche en cada uno de los niveles de parámetros de ordeño estudiados.

Parámetros de ordeño	Composición (%)		LogRCS
	Grasa	Proteína	
40:90	6,276 \pm 0,275	3,979 \pm 0,098	5,752 \pm 0,092
42:120	6,128 \pm 0,208	3,979 \pm 0,082	5,872 \pm 0,075

Recuentos medios de células somáticas en leche de tanque entre 1×10^6 y $1,5 \times 10^6$, por ml, en granjas comerciales de ganado caprino de raza Murciano-Granadina son habituales (Sánchez et al., 1989), por lo que los resultados, como los obtenidos en este trabajo, por debajo de un millón de células somáticas indican un buen estado sanitario de las ubres.

Los resultados del análisis de medidas repetidas realizado sobre las variables de la cinética de emisión de leche (Tablas 12 y 13), muestran que los parámetros de ordeño no afectaron significativamente a ninguno de las variables estudiadas, aunque la latencia y la conductividad máxima presentaron valores de P de 0,074 y de 0,067, respectivamente, mientras que el estado de lactación sí lo hizo para todas las variables excepto para el flujo máximo y el tiempo total de ordeño. La interacción parámetros de ordeño por estado de lactación no fue significativa en ningún caso, aunque para la latencia el valor de P fue de 0,073.

Por otro lado, ninguna de las variables de producción, composición, RCS o la cinética de emisión de leche se correlacionó significativamente con la fuerza del esfínter del pezón.

La elevación del nivel de vacío desde 42 a 44 kPa y de la velocidad de pulsación desde 90 a 120 ppm tiende a reducir el tiempo de presentación de los primeros chorros de leche (latencia), a elevar el flujo máximo, a reducir el tiempo de presentación del flujo máximo, a reducir también el tiempo total de ordeño, y a elevar la conductividad máxima y la temperatura de la leche, aunque de manera no significativa. Es de esperar que un mayor nivel de succión, debido a un vacío mas elevado, tienda a reducir todas las variables “tiempo” y a elevar las variables “flujo” analizadas, como demostraron Martínez (2011) y Fernández et al. (2015), al pasar de 42 a 44 kPa y de 42 a 44 kPa en las condiciones de ordeño, respectivamente.

Tabla 12. P-valores asociados a los efectos estudiados en el ANOVA de medidas repetidas para algunas de las variables de cinética de emisión de leche estudiadas (Latencia= tiempo que transcurre entre la puesta de pezoneras y la llegada de los primeros chorros de leche al sistema de lectura).

Variable	Parámetros de ordeño (40:90 vs 42:120)	Estado de lactación	Parámetros x Estado de lactación
Latencia (min)	0,074	0,093	0,073
Flujo Máximo (kg/min)	0,747	0,297	0,866
Tiempo del flujo Máximo (min)	0,476	0,039	0,941
Tiempo total de ordeño (min)	0,954	0,153	0,126
Conductividad Máxima (mS/cm)	0,067	<0,001	0,851
Temperatura leche (°C)	0,914	<0,0001	0,250

Tabla 13. Valores medios (medias \pm ES) de algunas de las variables de cinética de emisión estudiadas (Latencia= tiempo que transcurre entre la puesta de pezoneras y la llegada de los primeros chorros de leche al sistema de lectura; TFmáx= Tiempo en el que se presenta el Flujo máximo de leche; TTO= Tiempo total de ordeño; Cmáx= Conductividad máxima de la leche; T= Temperatura de la leche).

Parámetros de ordeño	Variable					
	Latencia (min)	Flujo Máximo (kg/min)	TFmáx (min)	TTO (min)	Cmáx (mS/cm)	T (°C)
42:120	0,36 \pm 0,02	0,98 \pm 0,07	1,57 \pm 0,16	4,97 \pm 0,29	5,97 \pm 0,09	33,2 \pm 0,23
44:120	0,25 \pm 0,02	1,01 \pm 0,06	1,21 \pm 0,17	4,87 \pm 0,31	6,17 \pm 0,08	33,7 \pm 0,25

La conductividad (Mein et al., 2004; Norberg and Korsgaard, 2004) y la temperatura (de Mol and Ouweltjes, 2002) son dos parámetros habitualmente utilizados para evaluar la existencia de mamitis, de manera que valores elevados de ambos pueden estar asociados a un peor estado sanitario de la ubre. El hecho de que los recuentos de células somáticas, la conductividad y la temperatura de la leche sean reducidos y estadísticamente no significativos, para los grupos de

cabras ordeñados con 40:90 o con 42:120, y con una relación de pulsación del 60% en ambos casos, en un trabajo a largo plazo, parece indicar que ninguna de estas combinaciones de parámetros es perjudicial para el estado sanitario de la ubre.

5. CONCLUSIONES

Para la totalidad de las variables relacionadas con la producción de leche, el fraccionamiento de la leche en el ordeño, la composición de la leche, el recuento de células somáticas y la cinética de emisión de leche, la elevación del nivel de vacío de 40 a 42 kPa de vacío y de 90 a 120 ppm de velocidad de pulsación, con 60% de relación de pulsación en ambos casos, no han sufrido ninguna modificación estadísticamente significativa, aunque sí existe una tendencia a mejorar los flujos de leche y a reducir los tiempos de ordeño. Por ello, la recomendación sería el empleo de 42 kPa de vacío, 120 ppm de velocidad de pulsación y 60% de relación de pulsación, para aprovechar la ligera mejora que supone esta combinación de parámetros.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACRIMUR, 2016; www.acrimur.es Visitada en Enero, Marzo y Mayo 2017.
- BARBA C., GOMEZ-MOYA J.D., GONZALO C., 2002; “Razas caprinas autóctonas de fomento”: *Ovis*, Razas caprinas, 83: 25-37.
- BEDOLLA C.C. 2010; “Glándula mamaria de la cabra”. Mimeo. FMVZ-UMSNH. 18
- BERGONIER D., DE CRÉMOUX R., RUPP R., LAGRIFFOUL G., BERTHELOT X., 2003; “Mastitis of dairy small ruminants”: *Vet. Res.*, 34: 689-716.
- CAJA G., CAPOTE J., LÓPEZ J.L., PERIS S., SUCH X., ARGÜELLO A., 1999; “Milk partitioning and milk flow rate of Canarian dairy goats under once daily or twice daily milking frequencies”, pp. 274-280 en *Milking and Milk Production of Dairy Sheep and Goats*. F. BARILLET AND N.P. ZERVAS, eds.; EAAP Publication N° 95. Wageningen Pers, Wageningen, the Netherlands.
- CAJA G., SUCH, X., ROVAI M., MOLINA, M.O., FERNÁNDEZ N., TORRES A., GALLEGU. L., 2002; “Aptitud al ordeño mecánico y morfología mamaria en ovino lechero”: Ponencia en XXVII Jornadas científicas y VI jornadas internaciones de la SEOC.
- CALLEJO A., 2010; “Introducción a la anatomía de la ubre y a la fisiología del ordeño”. *Producción animal*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- DELGADO-PERTÍÑEZ M., GUZMÁN- GUERRERO, J.L., MENA, Y., CASTEL, J.M, GONZÁLEZ-REDONDO, P., CARAVACA, F.P., 2009; “Influence of kid rearing system on milk yield, kid growth and cost of Florida goats”. *Small Ruminant Research* 81:105-111 *Small Rum. Res.*, 81 105-111
- DÍAZ J.R., PERIS C., FERNÁNDEZ N., 2004; “Instalaciones de ordeño para pequeños rumiantes. Nueva normativa”: *Ovis*, Últimas tendencias en el ordeño mecánico del ganado ovino. *Luzan*, Madrid, 93:11-16.
- DÍAZ J.R., PERIS C., ROMERO G., 2014; “Efecto del ordeño mecánico en el estado sanitario de la ubre”. XXXIX Congreso nacional. SEOC. Málaga.
- FAO, 2012. www.fao.org . Visitada en Mayo 2017.
- FAO, 2013. www.fao.org. Visitada en Febrero y Abril 2017.
- FEDNA, 2009; “Necesidades nutricionales para rumiantes: Rumiantes de leche”. Edición FEDNA. Madrid.
- FERNÁNDEZ N., 1985; “Estudio de las características y aptitud al ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega. Aplicación del protocolo FAO M4”. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València.

- FERNÁNDEZ N., MARTÍNEZ A., MARTÍ J.V., RODRÍGUEZ M., PERIS C., 2014; "Elección de los parámetros de ordeño en caprino Albéitar": Ordeño, 181:4-5
- FERNÁNDEZ N., MARTÍNEZ A., MARTÍ J.V., RODRÍGUEZ M., PERIS C., 2015; "Milkability and milking efficiency improvement in Murciano-granadina breed goats": Small Rum. Res., 126: 68-72.
- FLORES-NÁJERA M.J., MEZA-HERRERA, ECHAVARRÍA F., VILLAGOMEZ E., IÑIGUEZ L., SALINAS H., GONZALEZ-BULNES P.; 2010; "Influence of nutritional and socio-sexual cues upon reproductive efficiency of goats exposed to the male effect under extensive conditions": Anim. Prod. Sci. 50:897-901 .
- LABUSSIÈRE J., 1983; "Physiologie de la lactation et problèmes posés par la traite". École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. Rennes.
- LABUSSIÈRE J.; MARTINET, J., 1964; "Description de deux appareils permettant le contrôle automatique des débits de lait au cours de la traite à la machine. Premiers résultats obtenus chez la brebis": Ann. Zootech., 13:199-212.
- LARA J., 2011; Revista online vitónica, cfr. "Diferencias nutricionales entre la leche de vaca y la leche de cabra". Visitada Enero 2016.
- MAGRAMA, 2010: www.magrama.gob.es Visitada en Noviembre, Diciembre 2015, Enero 2016.
- MARM, 2008. www.uco.es. Visitada en Octubre, Noviembre 2016.
- MARM, 2013. www.magrama.gob.es Visitada Diciembre 2016
- MARM, 2015 www.magrama.gob.es Visitada Febrero 2017
- MARTÍNEZ B., 2000; "El recuento de células somáticas en la leche de cabra: Factores de variación y efecto sobre la producción y composición de la leche". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 307 pp.
- MARTÍNEZ A., 2011; APTITUD AL ORDEÑO MECÁNICO EN LA CABRA MURCIANO-GRANADINA. TRABAJO FIN DE CARRERA. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DDE VALÈNCIA, 57PP.
- MEIN G.A., SHERLOCK R.A., CLAYCOMB R.W., 2004; "Making sense of in-line sensing for milk conductivity": Automatic Milking. Ed. MEIJERING A., HOGVEEN H., DE KONIG C.J.A.M., Wageningen Academic Publishers. The Netherlands, pp. 252-253,
- NORBERG E., KORSGAARD I.R. , 2004; "Electrical conductivity of milk as an indicator trait for mastitis", pp. 254-255, en Automatic Milking. Ed. MEIJERING A., HOGVEEN H., DE KONIG C.J.A.M. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.
- PERIS C., DÍAZ J.R., FERNÁNDEZ N., MEHEDID M.A., MANZUR A. 2004; "Estado del pezón y riesgo de mamitis". Bovis, Luzan, Madrid, 118:1-64.

PERIS S., SUCH X., CAJA G., 1999; "Machine milkability of Murciano-Granadina dairy goats", pp. 59-64, en *Milking and Milk Production of Dairy Sheep and Goats.*, F. BARILLET AND N.P. ZERVAS, ED., EAAP Publication Nº 95. Wageningen Pers, Wageningen, the Netherlands.

REQUENA R., BALASCH S., PERIS C., RODRÍGUEZ M., FERNÁNDEZ N., 2010; "Dose response of lactating dairy ewes during suckling and milking to bovine somatotropin": *Dairy Sci.*, 88:3136-3144.

SÁNCHEZ M. 2004. "Especies menores para pequeños productores: cabras lecheras" Memoria de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Acapulco Gro., pp. 219-223.

SÁNCHEZ M., 2012; "Ordeño mecánico en caprinos". *Producción Animal e Higiene Veterinaria*. Tema 34. Universidad de Córdoba, Córdoba.

SÁNCHEZ A., LUENGO J.C., CORRALES A., CONTRERAS A., 1989; "Recuentos de células somáticas en el ganado caprino lechero y estrategias de control en España": *Ovis*. Luzan, Madrid, 59:25-34.

UNE, 1998. *Instalaciones de ordeño. Vocabulario*. AENOR. Madrid.