

## **APTITUD AL ORDEÑO MECÁNICO Y MORFOLOGÍA MAMARIA EN OVINO LECHERO**

CAJA, G.<sup>1</sup>; SUCH, X.<sup>1</sup>; ROVAI, M.<sup>1</sup>;  
MOLINA, M. P.<sup>2</sup>; FERNÁNDEZ, N.<sup>2</sup>; TORRES, A.<sup>2</sup> Y GALLEGO, L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona. <sup>2</sup>Departamento de Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia, 46022 Valencia. <sup>3</sup>Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal, Universidad de Castilla-La Mancha, 02071 Albacete.

### **RESUMEN**

Este trabajo describe las particularidades de la anatomía y morfología de la ubre del ovino lechero y sus implicaciones actuales en la aptitud al ordeño mecánico. La glándula mamaria de la oveja es una glándula epitelial exocrina constituida principalmente por parénquima túbulo-alveolar con alvéolos y cisternas bien diferenciadas. La leche se almacena en dos compartimentos anatómicos diferenciados: alveolar y cisternal, y son los animales más productores de leche los que poseen mayores cisternas. Actualmente se dispone de nuevas metodologías para el estudio de la ultra-estructura interna de la glándula mamaria en condiciones no invasivas o dinámicas. A partir de ellas se presenta una descripción detallada del cambio alveolar y ductal que ocurre en la ubre de la oveja durante la lactación. También se analiza el estudio de la morfología externa utilizando tipologías de ubre, medidas objetivas y valoraciones lineales, tal como se realiza actualmente en la práctica. La aptitud al ordeño mecánico se evalúa normalmente por medio del fraccionamiento y la cinética de emisión de la leche durante el ordeño. Ambos criterios se analizan y discuten en razas de ovejas lecheras de distinta producción de leche. También se discute la relación existente entre los caracteres morfológicos y productivos, como resultado de las diferencias en las características anatómicas y fisiológicas, en el ovino lechero. Las correlaciones genéticas y fenotípicas indican que la selección para producción de leche lleva a un empeoramiento de la morfología mamaria, produciendo ubres inadecuadas para el ordeño mecánico. Las características de la cisterna y pezón parecen ser los factores más limitantes a la aptitud al ordeño mecánico. Se recomienda la inclusión de valoraciones lineales de los caracteres mamarios en los programas de selección a largo plazo a fin de mejorar la morfología mamaria y la aptitud al ordeño mecánico en el ovino lechero.

### **INTRODUCCIÓN**

La glándula mamaria es una glándula epitelial exocrina, exclusiva de los mamíferos, que está extraordinariamente bien adaptada, cuantitativamente y cualitativamente, a las necesidades de crecimiento y a la conducta de cada especie. Tiene gran parecido histológico con otras glándulas epiteliales como las salivares y sudoríparas. La secreción de leche se describe habitualmente como

la actividad de una fábrica celular (el lactocito) que se transforma en producto (la leche). El proceso se controla integralmente por sistemas hormonales autocrinos y neuro-endocrinos. Su desarrollo se produce principalmente durante la gestación y el inicio de la lactación, involucrando muy rápidamente después del secado.

La anatomía y morfología de la ubre de la oveja son bien conocidas desde hace años (Turner, 1952; Barone, 1978), e incluso se han ensayado algunos ejemplos curiosos de selección genética por morfología mamaria en ovino (i.e.: incremento del número de pezones junto con la prolificidad para favorecer el amamantamiento de los corderos).

Los primeros trabajos sobre la relación entre las características de la ubre y el ordeño en las ovejas de leche se llevaron a cabo en los años 70 y principio de los 80 (Sagi y Morag, 1974; Jatsh y Sagi, 1978; Gootwine *et al.*, 1980; Labussière *et al.*, 1981), como consecuencia de los esfuerzos para adaptar las ovejas a las máquinas de ordeño.

Con este objetivo y como parte de una iniciativa del Prof. Jacques Labussière de Rennes (Francia), se elaboró un protocolo internacional (proyecto FAO M4) para la evaluación de la ubre de las principales razas de ovejas lecheras del Mediterráneo (Labussière, 1983, 1988). Basándose en un protocolo común, se estudiaron sistemáticamente las ubres de muchas razas de ovejas en relación a la máquina de ordeño, tanto en Europa: 3º Simposio Internacional en Ordeño Mecánico de Pequeños Rumiantes realizado en España (Casu *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1983a; Gallego *et al.*, 1983a; Hatziminaoglou *et al.*, 1983; Labussière *et al.*, 1983; Pérez *et al.*, 1983; Purroy y Martín, 1983) y siguientes simposios realizados en Israel (Arranz *et al.*, 1989; Kukovics y Nagy, 1989) y Grecia (Rovai *et al.*, 1999), así como también en América (Fernández *et al.*, 1999; McKusick *et al.*, 1999).

El interés sobre el conocimiento de la ubre de la oveja ha aumentado en los últimos años y así, se ha explorado a fondo la anatomía de la glándula mamaria (Ruberte *et al.*, 1994b; Caja *et al.*, 1999; Carretero *et al.*, 1999), se ha propuesto la evaluación lineal de los caracteres de la ubre (de la Fuente *et al.*, 1996; 1999; Carta *et al.*, 1999) y se ha realizado también la evaluación de sus parámetros genéticos (Gootwine *et al.*, 1980; Mavrogenis *et al.*, 1988; Fernández *et al.*, 1995; 1997; Carta *et al.*, 1999).

Por otra parte, dados los efectos negativos observados en la morfología de la ubre como resultado del aumento en la producción de leche, actualmente se está estudiando los principales caracteres mamaros en razas con distinto nivel de producción (Rovai *et al.*, 1999) o en líneas de una misma raza aisladas genéticamente y seleccionadas con distinta intensidad (Marie *et al.*, 1999).

Este trabajo describe las particularidades de la ubre ovina y resume las implicaciones actuales de la morfología mamaria en la aptitud al ordeño mecánico del ovino lechero, con especial énfasis en los trabajos llevados a cabo en la raza Manchega y que dieron origen a una previa revisión sobre el tema (Caja *et al.*, 2000).

## ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA GLÁNDULA MAMARIA EN OVEJAS LECHERAS

### Origen y desarrollo de la glándula mamaria (mamogénesis)

La glándula mamaria está formada por dos estructuras principales: el parénquima y el estroma. La partición entre ambas estructuras define las características anatómicas y funcionales de cada glándula mamaria.

El parénquima es la parte secretora de la glándula y está constituido por tejido epitelial túbulo-alveolar, derivado del engrosamiento lineal del ectodermo del embrión, y consta de los llamados sistemas alveolar y tubular (ductal).

El estroma está formado por otros tejidos complementarios de origen mesodérmico como: los sistemas vasculares sanguíneo y linfático, y los tejidos adiposo, conjuntivo y nervioso.

Ambas estructuras se desarrollan muy temprano en el embrión, a partir de un engrosamiento lineal del ectodermo (cordones mamaros) desde el tórax a la región inguinal. Como consecuencia a mitad de la gestación, en todos los embriones de mamífero, aparecen un total de ocho pares de esbozos mamaros (Delouis y Richard, 1991). Estos esbozos mamaros se pueden observar claramente desarrollados en embriones ovinos de 2 cm de largo (cerca de 30 días de edad), tal como indicó Turner (1952). Una importante diferenciación en la mamogénesis ocurre en esta fase en los rumiantes, y el parénquima mamario desarrolla las cisternas.

A partir de este momento se inicia un proceso de involución según la especie, empieza entonces, y en el ovino sólo se mantiene el 7° par mamario, localizado en posición inguinal (Delouis y Richard, 1991). Ocasionalmente, el 6° par puede mantenerse, dando como resultado los pezones supernumerarios.

Otra particularidad de la ubre ovina es la presencia de bolsas inguinales detrás de cada pezón. En estas bolsa se localizan unas glándulas sebáceas que producen una secreción grasa amarillenta útil para el mantenimiento de la piel de la ubre (Ruberte *et al.*, 1994b).

Al nacimiento, la ubre ovina muestra claramente diferenciadas las cisternas (*Sinus lactiferus*)<sup>1</sup> y los pezones (*Papilla mammae*), así como también un desarrollo muy incipiente del sistema ductal, con pocos conductos primarios pero rodeados por numerosas células formadoras de estroma. Después del nacimiento, la ubre crece a la misma velocidad del cuerpo (crecimiento isométrico) hasta la pubertad, presentando una gran proliferación y ramificación del sistema secundario de conductos.

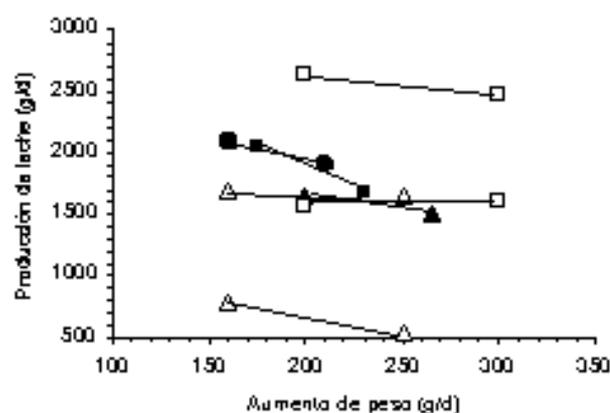
En la mayoría de las especies la pubertad es el periodo de crecimiento más rápido para los ductos y el estroma de la glándula mamaria (crecimiento alométrico positivo), como resultado de la acción de las hormonas sexuales. No obstante, un crecimiento excesivo del estroma (principalmente de los tejidos adiposo y conjuntivo) en relación al parénquima (epitelio túbulo-alveolar) en esta fase, puede afectar negativamente la capacidad de producción futura leche de la ubre.

Esta fase crítica ocurre antes en ovino que en vacuno, con importantes diferencias entre razas. Así, el crecimiento del parénquima termina antes de la pubertad en el ovino y, como consecuencia, la mamogénesis en la cordera se verá afectada por la nutrición durante y después de la fase positiva

de crecimiento alométrico (Bocquier y Guillouet, 1990). El periodo crítico para la mamogénesis en ovino se sitúa entre los 2-4 meses de edad y una aparición temprana de la pubertad puede tener como consecuencia la disminución del desarrollo mamario.

Según Johnson y Hart (1985) y McCann *et al.* (1989), una velocidad baja de crecimiento (50% de la alta en la raza) desde el destete (semana 4) hasta el final del período de cría (semana 20) aumenta el crecimiento del parénquima y la producción de leche en la primera lactación en ovejas de carne (Fig. 1). No se observaron efectos negativos en la aparición de la pubertad. No obstante una velocidad de crecimiento baja antes del destete también afecta negativamente a la mamogénesis (McCann *et al.*, 1989).

**Figura 1. Efecto de la velocidad de crecimiento de corderas antes de la pubertad sobre la producción de leche en la primera lactación (corderas de razas de carne durante la cría: —, McCann *et al.*, 1989; corderas de leche durante la cría y ordeño: Lacaune; Manchega; Ayadi *et al.*, 2002a).**



En ovejas de leche, aunque hay escasa información sobre el tema, Bocquier y Guillouet (1990) indicaron que la restricción del aporte de concentrado en corderas Lacaune, después de que hayan alcanzado los 28-30 kg, produce un aumento de la producción de leche del 10% en su posterior primera lactación.

Recientemente, Ayadi *et al.* (2002a) han comparado los efectos de una velocidad de crecimiento media (160-190 g/d) o alta (250-290 g/d) en torno a la pubertad (7 a 22 semanas) en corderas de raza Manchega y Lacaune. Los resultados de producción de leche en la primera lactación indican diferencias entre razas y entre las fases de lactación (cría y ordeño) en los efectos del crecimiento sobre la mamogénesis, siendo la raza Manchega la más afectada por una velocidad de crecimiento elevada antes de la pubertad. Los resultados obtenidos por Ayadi *et al.* (2002a), en corderas lecheras, se han comparado con los de McCann *et al.* (1989) en ovejas de carne, tal como aparece en la Fig. 1. La producción de leche durante el periodo de ordeño las corderas Manchegas crecidas a una velocidad media de crecimiento fue un 29% superior a la de las de elevada velocidad de

crecimiento. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en la fertilidad y prolificidad de las corderas durante su primer ciclo productivo.

Durante la primera y subsecuentes gestaciones, el parénquima muestra un crecimiento alométrico donde la placenta juega un importante papel. Después del 60 de gestación de la placenta de la oveja puede obtenerse una hormona específica, la somatotropina coriónica ovina (oCS), que es dependiente de la prolificidad (Martal y Chene, 1993).

La lactogénesis empieza claramente en la oveja entre el día 95 y 100 de preñez, con detección de la lactosa (inicio de la lactogénesis) después del día 100 (Martal y Chene, 1993).

La presencia de lóbulos secretorios con alvéolos ya formados en el extremo de los ductos, puede observarse en la segunda mitad de la preñez. Delouis y Richard (1991) estimaron un cambio de 10 a 90% en el peso relativo del parénquima durante la gestación, como consecuencia del desarrollo lóbulo-alveolar de las células epiteliales que sustituyen así al tejido adiposo.

El proceso inverso ocurre durante el periodo seco, con una desaparición completa de los alvéolos en la oveja después de 3-4 semanas, y su sustitución por adipocitos (Hurley, 1989). Por otra parte, durante el proceso de involución de la glándula mamaria, ésta se ve invadida por macrófagos y linfocitos, siendo estos últimos esenciales para la síntesis de inmunoglobulinas y, en consecuencia, para a la síntesis de calostro en la siguiente gestación.

#### **La estructura interna de la glándula mamaria**

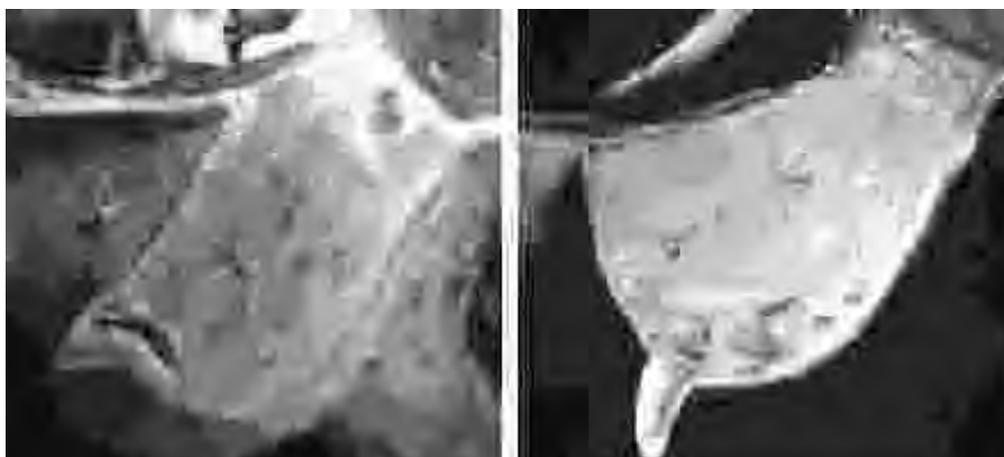
El estudio de la estructura interna de la ubre de la oveja se ha llevado a cabo clásicamente en condiciones *in vitro*, por medio de su disección anatómica (Turner *et al.*, 1952; Barone, 1978; Tenev y Rusev, 1989; Ruberte *et al.*, 1994b). Esta metodología revela la presencia de dos glándulas mamarias independientes recubiertas por una única bolsa epitelial, cada una de ellas envueltas a su vez por una bolsa de tejido fibroelástico (*Apparatus suspensorius mammarum*) y separadas por una clara y definida pared intermedia de tejido conjuntivo (*Ligamentum suspensoris uberi*). La fuerza de este ligamiento normalmente produce la presencia de un surco *intermamario* (*Sulcus intermamarius*) entre cada glándula. Este ligamiento juega un papel importante en el soporte de la ubre, manteniéndola fuertemente sujeta a la pared ventro-abdominal.

Cada media ubre muestra internamente una estructura túbulo-alveolar típica con una gran cisterna (*Sinus lactiferus*) dividida en dos partes: cisterna glandular (*S.I. pars glandularis*) y cisterna del pezón (*S.I. pars papillaris*). Ambas cisternas están separadas por un esfínter muscular formado por fibras musculares lisas, tradicionalmente conocido como pliegue cricoides y que juega un papel importante en el drenaje de leche y en el mantenimiento de la separación morfológica entre el pezón y la cisterna de la glándula durante el ordeño a máquina, para evitar el trepado de la pezonera. El esfínter cricoides está normalmente ausente en las cabras con ubres de pezones cónicos, y posiblemente en algunas razas de ovejas, lo cual no resulta favorable para el ordeño mecánico.

El tamaño y forma de la cisterna glandular varían según la raza y aptitud al ordeño de la oveja, siendo de mayor tamaño y de tipo plurilocular (diversos compartimentos) en el caso de las ovejas de alta producción (Fig. 2).

En la parte distal del pezón existe además un conducto o canal del pezón (*Ductus papilaris*) que comunica con el exterior por un único orificio papilar (*Ostium papilare*) que se encuentra rodeado por otro esfínter de fibras musculares lisas.

**Figura 2. Comparación del tamaño de la cisterna de la ubre de ovejas de leche (derecha) y de carne (izquierda) al inicio de la lactación**



La última estructura del parénquima mamario la constituyen corresponde a los lóbulos secretores, formados por conductos intralobulares muy ramificados y racimos alveolares. El alvéolo es la unidad secretora de la glándula mamaria y consiste en una bolsa de células epiteliales cúbicas (epitelio monoestratificado) especializadas para la producción de leche (lactocitos), que presenta una cavidad interior (el lumen) que almacena la leche después de ser segregada.

La glándula mamaria guarda la leche extracelularmente y este almacenamiento puede ser explicado por un modelo de dos compartimentos anatómicos:

- Leche alveolar (la leche que se almacena en el interior del lumen del tejido alveolar), y
- Leche cisternal (la leche drenada de los alvéolos y almacenada en los grandes conductos, cisternas de la glándula y del pezón).

La inhibición autocrina a corto plazo de la secreción de leche en la glándula mamaria, que se observa como consecuencia de largos intervalos entre ordeños, se ha relacionado con el tamaño cisternal. Así, en general, los animales con grande cisternas son los más productores de leche y los

más tolerantes a largos intervalos entre ordeños y rutinas de simplificación del ordeño (Wilde *et al.*, 1996).

El reparto entre leche cisternal y alveolar se determina normalmente mediante el drenaje de la leche presente en la cisterna, por medio de cánula intramamaria introducida a través del orificio del pezón, y ordeñando a continuación la leche alveolar tras una inyección de oxitocina (Ruberte *et al.*, 1994a; Wilde *et al.*, 1996). No obstante, esta técnica debe realizarse con precaución ya que el volumen de leche cisternal puede verse sobreestimado en algunas razas por la liberación espontánea de oxitocina endógena, como consecuencia de reflejos condicionados al ordeño o como resultado de la manipulación del pezón.

Este fenómeno ha sido demostrado por Rovai *et al.* (2000) el caso de ovejas de raza Lacaune, pero no en ovejas de raza Manchega (Tabla 1), de acuerdo con la aptitud al ordeño mecánico de cada raza. Los mismos autores señalan que, la utilización endovenosa de un agente bloqueador de los receptores de oxitocina (Atosiban) permite su boqueo y una mayor extracción de la leche cisternal y alveolar, tal como se ha observado en vacas (Knight *et al.*, 1994; Wilde *et al.*, 1996; Ayadi *et al.*, 2002a).

Los valores de leche cisternal en la oveja varían de 25 a 70% según la raza (Caja *et al.*, 1999; Rovai, 2000) pero son mayores del 50% en la mayor parte de las razas de ovejas lecheras. La proporción Alveolar : Cisternal disminuye con el estado y número de lactación en el vacuno de leche (Wilde *et al.*, 1996) y la misma evolución ha sido observada por Rovai *et al.* (2002a) en ovino lechero. Los cantidad de leche cisternal se correlaciona además con la cantidad de leche ordeñada a máquina ( $r = 0.47$  a  $0.55$ ) según Rovai *et al.* (2002a).

**Tabla 1. Reparto de leche cisternal y alveolar en la ubre de ovejas lecheras a mitad de la lactación, según la raza y el método utilizado (Rovai *et al.*, 2000)**

Item	Manchega		Lacaune		ESM
	Control	Atosiban <sup>1</sup>	Control	Atosiban	
Numero de ovejas	10		10		-
Leche (l/d)	0.935b		1.871a		0.313
Leche alveolar (ml)	86.2 <sup>b</sup>	104.0 <sup>a</sup>	88.8 <sup>b</sup>	114.9 <sup>a</sup>	0.5
Cisternal					
Leche (ml)	121.8 <sup>c</sup>	118.3 <sup>c</sup>	299.2 <sup>a</sup>	239.2 <sup>b</sup>	1.2
Area (cm <sup>2</sup> )	12.38 <sup>b</sup>	13.06 <sup>b</sup>	24.02 <sup>a</sup>	23.25 <sup>a</sup>	0.98
Cisternal : Alveolar (%)	59 : 41	53 : 47	77 : 23	68 : 32	-

<sup>1</sup>: Bloqueante de los receptores de la oxitocina inyectado en la yugular

a, b, c: Distintas letras en la misma línea indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

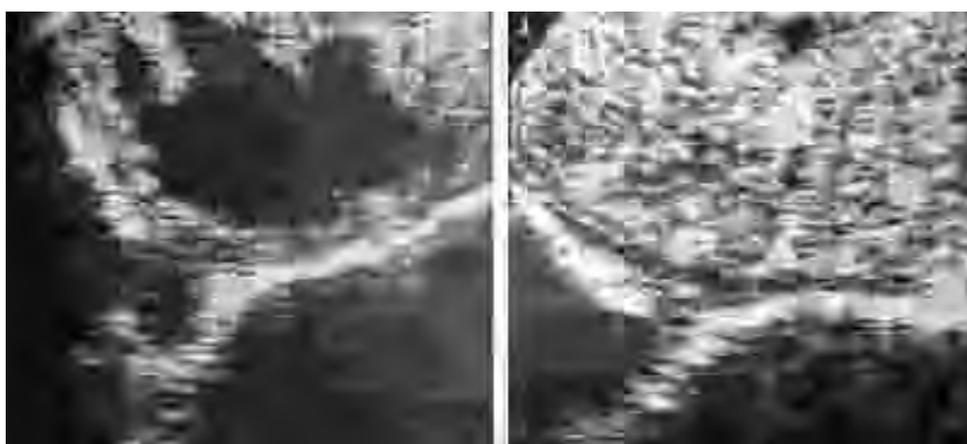
Los resultados en la Tabla 1 también indican que el tamaño de la cisterna juega un papel importante en la producción de leche de la oveja. Así, a pesar de las diferencias en la producción de leche (100%) para el mismo estado de lactación (90 d), la leche alveolar fue muy similar en las dos razas, siendo la diferencia sólo un 10% mayor en la Lacaune. Por el contrario, la diferencia en

leche cisternal fue del orden de 102% y semejante a la diferencia de producción observada. Esto parece indicar que el tamaño de la cisterna es un factor limitante en la secreción de leche en la oveja, y que su importancia puede ser mayor que la cantidad de tejido secretor presente en la ubre en las condiciones en que se realizó la comparación (Rovai *et al.*, 2000). La relación obtenida entre la producción de leche diaria y la leche cisternal presente en la ubre fue de aproximadamente 7.5 en ambas razas.

Los estudios anatómicos *in vitro* son en muchos casos limitantes porque el órgano pierde su tonicidad y se pone flácido, factor que es de especial importancia en el caso de la ubre. Una posible forma de obtener una imagen *in vivo* de la estructura de la glándula mamaria es la utilización de técnicas no invasivas, como es el caso de la ultrasonografía en tiempo real (ecografía).

Una metodología específica de ecografía mamaria para el caso de la oveja fue propuesta por Ruberte *et al.* (1994a) y su validez en la medida de las cisternas de la ubre comprobado por Caja *et al.* (1999). El método permite visualizar claramente los efectos del reflejo de eyección de leche en la oveja (Caja y Such, 1999), al medir el tamaño de la cisterna y compararlo con la morfología interna de la ubre en distintas razas de ovejas lecheras (Rovai *et al.*, 2000). Usando este método, se puede demostrar que la cisterna de la glándula aparece aplastada cuando está vacía tras el ordeño, como consecuencia de la presión ejercida por el sistema suspensor mamario (**Fig. 3**). El método también puede usarse para estimar la distribución y cambios de la leche entre los compartimentos de la ubre, y para el estudio de fenómenos dinámicos en la leche cisternal.

**Figura 3. Ecografías de ubres de ovejas lecheras que muestran la cisterna de la glándula y del pezón llenas de leche antes del ordeño (izquierda) y vacías después del ordeño (derecha)**

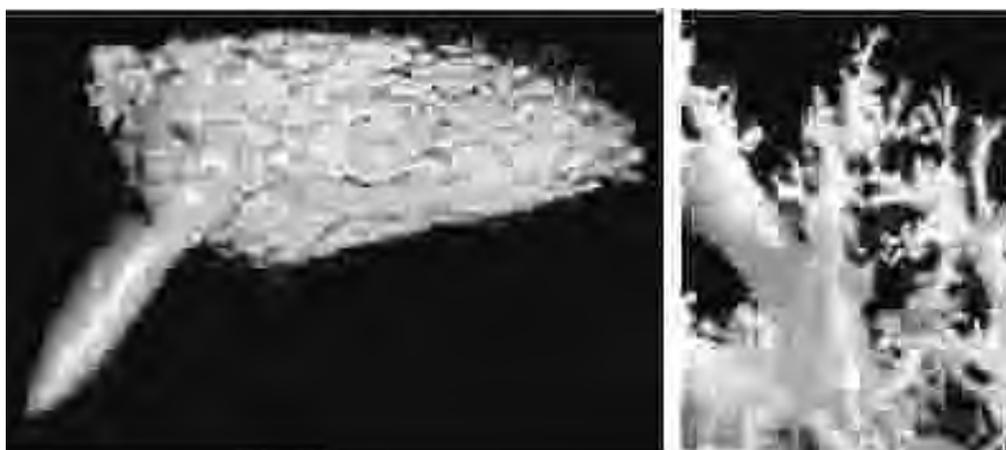


#### **Ultraestructura de la glándula mamaria y cambios durante la lactación en ovejas lecheras**

Un estrategia diferente para el estudio de las cisternas y del sistema lóbulo-alveolar de la glándula mamaria consiste en la utilización del método de corrosión y moldes de plástico, comúnmente usado en el estudio anatómico de tejidos blandos (Ditrich y Splechtna, 1989; Ruberte *et al.*,

1994b; Carretero *et al.*, 1999). Este método consiste en obtener un molde del sistema canalicular de la glándula mamaria en animales previamente sacrificados. Para ello, tras vaciar toda la leche posible de la ubre mediante ordeño con oxitocina, se inyecta una resina epoxy fluida a través del esfínter del pezón a fin de obtener la repleción completa de todo el sistema túbulo-alveolar (cisternas, conductos y alvéolos) de la ubre. Las ubres, una vez endurecida la resina epoxy, son sumergidas en una solución de KOH que corroe todos los tejidos orgánicos. Los moldes obtenidos (Fig. 4) se pueden utilizar en los estudios macroscópicos y microscópicos para observar sus detalles anatómicos a fondo.

**Figura 4. Molde anatómico de una ubre de oveja lechera obtenido por el método de inyección (izquierda) detalle del sistema ductal, con sus conductos y alvéolos (derecha)**



El estudio de la ultraestructura de la glándula mamaria se realiza normalmente utilizando el método de la microscopía electrónica descrito por Caruolo (1980) y Williams y Daniel (1983). Utilizando este método, Carretero *et al.* (1999) han mostrado imágenes claras de los alvéolos mamarios en ovejas lecheras (Fig. 4). En su trabajo identificaron diferentes grados de desarrollo del sistema canalicular del parénquima de la glándula mamaria de ovejas de raza Manchega y Lacaune durante la lactación. Las estructuras tubulogénicas encontradas variaron en frecuencia y tipo según el estado de la lactación pero, en todos los casos, los moldes de los lóbulos glandulares presentaron la apariencia típica de un racimo de uvas (Fig. 5.1), tal como se ha descrito en la bibliografía. Todos los alvéolos visualizados por Carretero *et al.* (1999) mostraron un único e independiente conducto lobular, sin fusión entre los alvéolos adyacentes. El desarrollo de los conductos de la glándula mamaria mostró una morfología similar a la descrita previamente en el caso del desarrollo del sistema vascular (origen mesodérmico) en embriones de distintas especies (Ditrich y Splechtina, 1989; Carretero *et al.*, 1995). También visualizaron estructuras indicativas de una extensa proliferación del sistema canalicular (nódulos de crecimiento) en las ubres de ovejas de raza Manchega y Lacaune entre la 1ª (fase de cría) y 5ª semana (inicio del ordeño) de la lactación, así como un gran número de alvéolos en formación (Fig. 5.2).

Ambas razas lecheras mostraron las mismas estructuras mamarias y siguieron el mismo modelo de desarrollo durante la lactación, a pesar de las diferencias encontradas en la producción de leche. El desarrollo del sistema canalicular mamario después del parto ya ha sido descrito en ovejas primíparas (Brooker, 1984) y en cabras (Caballero y Wilde, 1993), pero los datos de Carretero *et al.* (1999) indican que el fenómeno también se produjo en ovejas de tercera lactación. El hecho de que aparezca proliferación celular en el pico de producción de leche está también de acuerdo con las observaciones de Knight y Wilde (1993). Franke y Keenan (1979) observaron que ambas situaciones pueden encontrarse incluso en un mismo lactocito.

La identificación de estructuras cóncavas y de forma parecida a válvulas, descritas previamente por Caruolo (1980), también se visualizó (Fig. 5.3) en el estudio realizado por Carretero *et al.* (1999). Esto puede indicar la existencia de un refuerzo celular para prevenir el drenado espontáneo de leche cuando los alvéolos y conductos intralobulares están llenos de leche.

Carretero *et al.* (1999) también observaron la ocurrencia de crecimiento de tipo intususceptivo de los ductos lobulares en la 1ª sem. de lactación (durante el periodo de cría) de ovejas Manchega y Lacaune. Este tipo de crecimiento conduce a un aumento en el número de túbulos ya existentes (Fig. 5.4). Sólo se ha citado el crecimiento intususceptivo en algunas áreas del sistema vascular (p.e. vasos pulmonares durante el desarrollo embrionario) que se caracterizan por la formación de pilares de tejido endotelial en el lumen de los vasos (Burri y Tarek, 1990; Patan *et al.*, 1992). Los pilares aparecen como agujeros transversales en los modelos plásticos. Esta convergencia en el modelo de desarrollo de dos líneas celulares diferentes, ductos de la glándula mamaria y células del sistema vascular, se produce a pesar de su distinto origen embrionario (origen ectodérmico y mesodérmico, respectivamente).

En la 5ª semana pos-parto, correspondiente a la primera semana tras el destete, el desarrollo de los conductos mamarios parecía estar finalizado y sólo se observaron cambios en los alvéolos mamarios. Así se observaron, al mismo tiempo y en el mismo conducto lobular, alvéolos totalmente desarrollados junto a otros en las primeras fases del desarrollo. No obstante, en este mismo periodo se identificaron en los ductos estructuras parecidas a brotes angiogénicos. Estos brotes aparecían como engrosamientos semiesféricos en la pared de los ductos que variaron a casi esféricos por la estrangulación de su conexión con el ducto. La superficie del brote apareció llena de pequeñas cavidades (imagen de pelota de golf) característica de los alvéolos activos. Además, en este mismo estado de la lactación también se observaron alvéolos en formación en la pared de los ductos (Fig. 5.5), de acuerdo con lo previamente descrito por Alvarez-Morujó (1982) en la glándula mamaria ovina. Los brotes alveolares laterales descritos por Carretero *et al.* (1999) no son fueron sin embargo comparables a los encontrados en los extremos de los ductos lobulares que, de acuerdo con lo descrito por Williams y Daniel (1983), producen el crecimiento longitudinal de los ductos lobulares a la pubertad.

A la mitad de la lactación (13ª semana), Carretero *et al.* (1999) no observaron estructuras mamogénicas en el sistema ductal de la glándula mamaria, siendo la observación más relevante la morfología de los alvéolos, que aparecieron de tipo unilocular, esféricos y con una superficie externa lisa o con surcos (Fig. 5.6). Las imágenes están de acuerdo con las obtenidas por Caruolo (1980) y sugieren que los surcos pueden ser una consecuencia de los vasos capilares que rodean el alvéolo. También se observaron, en casos esporádico alvéolos aplastados (Fig. 5.7), que pueden ser considerados como alvéolos colapsados (vacíos de leche).

## MORFOLOGÍA EXTERNA DE LA GLÁNDULA MAMARIA

### Tipología de ubre

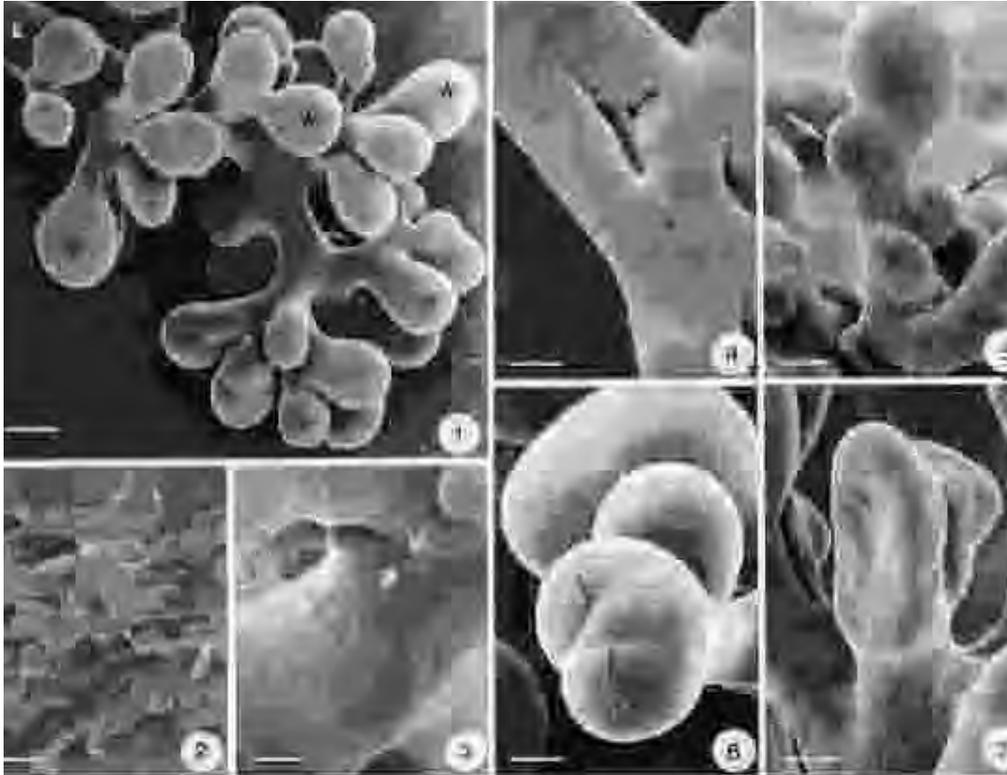
Los primeros estudios prácticos en relación a la morfología de la ubre en ovejas lecheras se realizaron usando patrones de tipología de ubre en ovejas Awassi y Assaf (Sagi y Morag, 1974; Jatsch y Sagi, 1978), Sarda (Casu *et al.*, 1983) y Manchega (Gallego *et al.*, 1983a, 1985), todos ellos basados en cuatro tipos principales de ubre. Una tabla comparativa de estas tipologías pueden observarse en Gallego *et al.* (1985).

Estas tipologías fueron adaptadas posteriormente a otras razas, como la Latxa (Arranz *et al.*, 1989), Merino húngaro y Pleven (Kukovics y Nagy, 1989).

La tipología usada en la Sarda fue evaluada en condiciones de campo (Casu *et al.*, 1989) y extendida a siete tipos de ubre, basadas principalmente en la posición de los pezones y en el tamaño de las cisternas (Carta *et al.*, 1999) con la finalidad de mejorar la pequeña capacidad de discriminación observada en las anteriores tipologías. No obstante, la evaluación de las ubres ovinas por tipos morfológicos es fácil, rápida y repetible entre calificadores previamente entrenados (Carta *et al.*, 1999; De la Fuente *et al.*, 1999).

Se ha recomendado la utilización de la tipología como una herramienta útil en la elección de ovejas para su ordeño (i.e. estandarización de grupos de animales para ordeño a máquina o en la constitución o adquisición de un rebaño de ovejas) y de animales de desvieje (Gallego *et al.*, 1985; Carta *et al.*, 1999).

**Figura 5. Imágenes al microscopio electrónico de moldes epoxy de glándulas mamarias ovinas en distintas fases de la lactación: 1) Ducto lobular (L) y alvéolos (\*) en la 13ª sem (barra = 40 µm); 2) Alvéolos (\*) en la 1ª sem (barra = 0.2 mm); 3) Estructura valvular (∟) en un ducto (barra = 30 µm); 4) Crecimiento Intususceptivo (∟) en un ducto lobular (L) en la 1ª sem (barra = 28 µm); 5) Esbozos alveolares (∟) en la 5ª sem (barra= 60 µm); 6) Surcos alveolares (∟) en la 13 sem (barra = 30 µm); 7) Alvéolo colapsado en la 13ª semana (barra= 20 µm)**



Una buena tipología de ubre ovina apta al ordeño mecánico debería tener:

- Gran volumen, de tipo globoso y pezones claramente diferenciados
- Tejidos suaves y elásticos, con cisternas glandulares palpables
- Profundidad moderada, sin superar la línea del corvejón
- Pronunciado ligamiento intermamario
- Pezones de tamaño medio (longitud y anchura), implantados verticalmente.

#### **Medidas morfológicas de la ubre**

El uso de medidas objetivas para la caracterización de la ubre ovina y para el estudio de sus relaciones con la producción de leche y otros caracteres productivos, ha sido estudiado por distintos autores desde la aparición de la máquina de ordeño. La naturaleza continua de las medidas incrementa extraordinariamente la capacidad discriminadora de las variables y la importancia de su relación con los rasgos productivos.

La metodología generalmente usada corresponde al protocolo estandarizado por Labussière (1983) con pequeñas variaciones incorporadas en algunos casos (Gallego *et al.*, 1983a; Fernández *et al.*, 1983, 1995). La repetibilidad de las medidas de la ubre, llevada a cabo según esta

metodología, es baja para las dimensiones de la ubre ( $r = 0.17$  a  $0.18$ ), media para las dimensiones y posición de los pezones ( $r = 0.45$  a  $0.52$ ), y alta para el ángulo de inserción de los pezones ( $r = 0.65$ ) y altura de la cisterna ( $r = 0.77$ ), de acuerdo con lo descrito por Fernández *et al.* (1995) en la raza Churra.

En la Tabla 2 resume la comparación de los principales caracteres de la ubre estudiados por Rovai *et al.* (1999) en ovejas lecheras de raza Manchega y Lacaune a lo largo de la lactación, con el objetivo de identificar los rasgos de la ubre más significantes en condiciones extremas de producción.

El estado de la lactación produce efectos significativos en todos los caracteres mamarios de acuerdo con Gallego *et al.* (1983a) y Fernández *et al.* (1983, 1995). No obstante, a pesar de las diferencias observadas por Rovai *et al.* (2000) en la producción de leche, el efecto de la raza no mostró fue significativo sobre la longitud de la ubre y distancia entre pezones, y solamente mostró una tendencia con el ángulo del pezón. Se observaron resultados similares con respecto al número de lactación, donde las diferencias en el ángulo del pezón y la longitud de la ubre no fueron significativas. Por el contrario, las diferencias en las dimensiones del pezón (anchura y longitud) y altura de la ubre (profundidad y altura de las cisternas) fueron significativas para el efecto de la raza y número de lactación. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos previamente en distintas razas (Labussière, 1988; Fernández *et al.*, 1983, 1995), aunque el ángulo del pezón fue significativo según el estado de la lactación en otras referencias (Casu *et al.*, 1983; Gallego *et al.*, 1983a; Labussière *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1989a, 1995). Otros autores indican que la longitud de la ubre no se ve afectada por los factores de variación estudiados, aunque ello es debido a la utilización de un escaso número de animales.

**Tabla 2. Valores medios de los caracteres mamarios y efectos de la raza, número y estado de lactación en ovejas lecheras de raza Manchega y Lacaune (Rovai *et al.*, 1999)**

Item	Raza		Efecto (P <-)		
	Manchega	Lacaune	Raza	Paridad	Estado
Número de ovejas	63	24	-	-	-
Leche (sem 4 a 20) :					
Total, l/oveja	84.6a	153.2b	0.001	0.073	-
Diaria, l/d	0.82a	1.36 b	0.001	0.017	0.001
Pezón:					
Longitud, mm	33.6a	29.1b	0.003	0.025	0.001
Anchura, mm	15.1a	13.2 b	0.002	0.010	0.001
Angulo, °	42.5	44.1	0.065	0.487	0.052
Ubre:					
Profundidad, cm	17.2a	17.8b	0.001	0.001	0.001
Largo, cm	11.4	11.3	0.510	0.639	0.001
Distancia pezones, cm	12.6	12.0	0.619	0.001	0.001
Altura cisternas, mm	15.5a	20.0b	0.001	0.002	0.001

a, b: Valores con letras distintas en la misma línea difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

A partir de los valores de los coeficientes de correlación entre caracteres mamarios, Fernández *et al.* (1995) distinguen tres grupos naturales de medidas: 1) tamaño de la ubre (altura y anchura), con valor alto y positivo; 2) tamaño del pezón (anchura y longitud), que es medio y positivo; y 3) morfología de la cisterna (altura) y localización del pezón (posición y ángulo) que es medio y positivo, pero muestra una correlación baja y negativa con el pezón y dimensiones de la ubre. Cuando la anchura de la ubre aumenta, la altura de las cisternas, el ángulo y la posición de los pezones disminuyen; y, cuando la altura de la ubre aumenta, la altura de las cisternas, el ángulo y la posición de los pezones también se incrementan.

Cuando se relacionan los caracteres morfológicos con la producción de leche, los mayores valores de los coeficientes se observan para la anchura y altura de la ubre, y normalmente sólo se observan tendencias para los demás rasgos restantes (Gallego *et al.*, 1983a; Labussière *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1989a, 1995; McKusick *et al.*, 1999).

Así, ubres de gran volumen y grandes cisternas producen más leche. Las características del pezón se relacionan con la grasa de la leche (McKusick *et al.*, 1999) y la cinética de emisión de leche durante el ordeño (Fernández *et al.*, 1989a; Marie *et al.*, 1999).

Como conclusión, los caracteres de la ubre más significativos y repetibles, de acuerdo con lo indicado por distintos autores para diversas razas de ovino lechero, son:

- Dimensiones del pezón (longitud) y posición (ángulo)
- Profundidad de la ubre (también conocida como altura) y anchura
- Altura de las cisternas

#### **Valoración de la ubre mediante caracteres lineales**

El principal inconveniente de la tipología de ubre es sus limitaciones para la estimación de caracteres genéticos para la selección y mejora de animales. Este problema se ha solucionado en el ovino lechero, tal como se realiza en las vacas y cabras de leche, usando un sistema en que se evalúan independientemente los caracteres de la ubre según una escala de puntuación lineal de 9 puntos (De la Fuente *et al.*, 1996).

Los cuatro caracteres de la ubre considerados por De la Fuente *et al.* (1996; 1999) como más importantes para el ordeño mecánico son: profundidad o altura de la ubre (distancia entre la inserción posterior y la base de la ubre), inserción de la ubre (perímetro de la inserción de la ubre a la pared abdominal), ángulo del pezón (ángulo de inserción del pezón respecto a la vertical), y longitud del pezón (desde la inserción en la glándula hasta su punta). Este sistema también incluye una amplia tipología para evaluar la conformación de la ubre, de acuerdo con un criterio óptimo previamente descrito y varios tipos de ubre, pero utilizando la misma escala lineal de 9 puntos. Cada rasgo de la ubre se evalúa independientemente usando estándares biológicos extremos (Tabla 3).

El valor deseable en algunos casos es la puntuación más alta (i.e.: para el ángulo del pezón, la puntuación 9 corresponde con pezones verticales que evitan la caída de las pezoneras y hacen más

fácil el drenaje de leche) o la media entre puntuaciones (i.e.: para la longitud del pezón, los pezones de tamaño medio reciben la puntuación 5 y resultan adecuados para una longitud uniforme de pezoneras). En el caso de la profundidad de ubre, dada su relación positiva con la producción de leche y con el riesgo de mastitis, una puntuación media también será preferible.

Esta metodología se ha usado en España para la evaluación de distintos rebaños (27 rebaños y 10,040 ovejas) de razas lecheras Churra, Manchega y Latxa (De la Fuente *et al.*, 1999), y también se está usando parcialmente en ovejas de raza Lacaune para la evaluación de los rasgos morfológicos relacionados con la aptitud al ordeño mecánico (Marie *et al.*, 1999). Los resultados para las razas españolas se muestran en la Fig. 7 según el estado y número de la lactación.

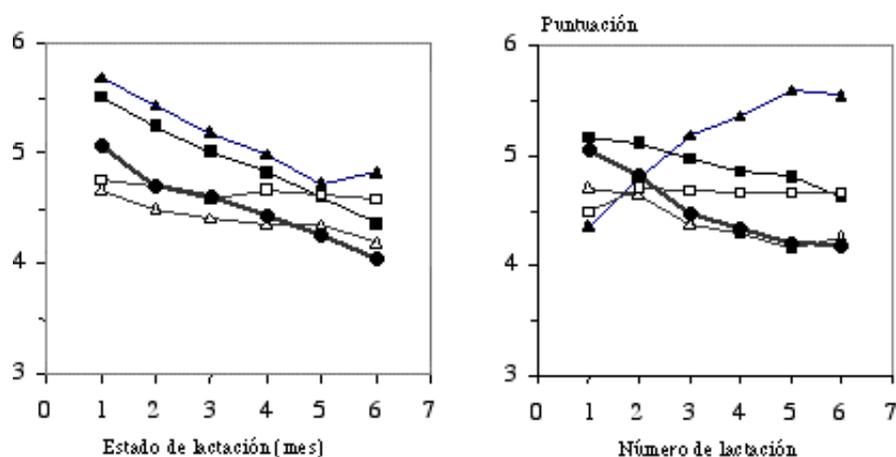
Con respecto al estado de lactación, todas las puntuaciones lineales disminuyen según avanza la lactación, siendo la profundidad y la inserción de la ubre los que mostraron una mayor disminución durante la lactación, mientras que el tamaño del pezón sólo se ha modifica ligeramente. Esta evolución está de acuerdo con la pérdida de volumen de la ubre y el descenso de la producción de leche, pero indica además un deterioro de la morfología de la ubre con vistas al ordeño mecánico. Sólo la altura de la ubre mejora.

Con respecto al número de lactación, la altura de la ubre aumenta marcadamente en las primeras lactaciones, mientras otros caracteres disminuyen o no varían, como es el caso del tamaño del pezón. Como consecuencia, el tipo de la ubre se deteriora y su puntuación morfológica disminuye rápidamente de la primera a la tercera lactación, estabilizándose después.

**Tabla 3. Evaluación de la ubre mediante escalas lineales de los principales caracteres morfológicos en ovejas lecheras (De la Fuente *et al.*, 1996)**

Carácter morfológico	Puntuación (1 a 9)		
	1 (Bajo)	5 (Medio)	9 (Alto)
Profundidad de ubre			
Angulo del pezón			
Longitud del pezón			
Tipo de ubre			

**Figura 7. Evolución de los caracteres mamarios lineales en razas españolas de ovejas lecheras: ▬, profundidad de la ubre; ▭, inserción de la ubre; Δ, ángulo del pezón; ◻, longitud del pezón; ◼, tipo de ubre (elaborado a partir de De la Fuente *et al.*, 1999)**



Los valores de las puntuaciones morfológicas estimadas por Fernández *et al.* (1997) en ovejas de raza Churra (Tabla 4) se mostraron repetibles ( $r = 0.48$  a  $0.64$ ) y con valores de heredabilidad medios ( $h^2 = 0.16$  a  $0.24$ ), de acuerdo con lo descrito en el ganado vacuno. Los coeficientes de variación se situaron entre 18 y 37%. Los mismos autores indican que una sola puntuación por lactación sería suficiente en la práctica.

**Tabla 4. Parámetros genéticos de los caracteres lineales en ovejas de leche (Fernández *et al.*, 1997)**

Caracter	Heredabilidad ( $h^2$ )	Repetibilidad ( $r$ )	Correlación con producción de leche	
			Fenotípica ( $r_p$ )	Genética ( $r_g$ )
Profundidad de ubre	0.16	0.51	0.40	0.82
Inserción de ubre	0.17	0.48	-0.01	-0.02
Colocación pezón	0.24	0.64	-0.04	-0.34
Tamaño pezón	0.18	0.54	0.03	-0.16
Tipo de ubre	0.24	0.62	0.03	-0.26

La conformación de la ubre, equivalente a una tipología de categorías extendidas (nueve), fue repetible y heredable, indicando la utilidad de su utilización como un solo carácter en la selección del ovino lechero. No obstante, el tipo de ubre mostró una correlación genética alta y positiva con la inserción de la ubre ( $r = 0.55$ ) y localización de los pezones ( $r = 0.96$ ), como resultado del papel principal de estos rasgos en la definición del tipo de ubre. Por consiguiente, el uso de los primeros cuatro caracteres lineales de la ubre lineales sería suficiente para mejorar la morfología mamaria

en los programas de selección de ovino lechero. Las correlaciones genéticas y fenotípicas mostraron que, de no evitarlo, la selección por cantidad de leche producirá una peor morfología de ubre, principalmente en lo relacionado a profundidad de la ubre y verticalidad de los pezones, originando ubres embolsadas que resultan inadecuadas para el ordeño mecánico.

La repetibilidad de la evaluación de los caracteres lineales de la ubre en ovejas de raza Lacaune (Marie *et al.*, 1999) fue también alta ( $r = 0.59$  a  $0.71$ ) y mostró una moderada correlación fenotípica con la producción de leche en ovejas primíparas y múltiparas. Las heredabilidades de los caracteres de la ubre descritas en ovejas Assaf ( $h^2 = 0.23$  a  $0.42$ ; Gootwine *et al.*, 1980), Chios ( $h^2 = 0.50$  a  $0.83$ ; Mavrogenis *et al.*, 1988), y Sarda con siete tipologías extendidas ( $h^2 = 0.55$ ; Carta *et al.*, 1999), presentaron valores más altos, pero como indicado por estos últimos autores, probablemente estos datos fueron sobrestimados. No obstante, teniendo en cuenta las conclusiones de Fernández *et al.* (1997), la variabilidad genética y la heredabilidad de los caracteres mamarios estudiados indican que la eficacia de los programas de selección pueden ser mejorados y incluso una presión en la selección a largo-plazo de estos caracteres en programas de mejora, deberían ser considerados.

## APTITUD AL ORDEÑO MECÁNICO

La aptitud al ordeño mecánico se valora generalmente por medio del fraccionamiento de la leche durante el ordeño (i.e.: leche de ordeño a máquina, leche de apurado a máquina y leche residual obtenida después de una inyección de oxitocina) o por el análisis de las curvas de emisión de leche sin ningún tipo de estimulación de la glándula mamaria. De forma semejante a lo indicado para la morfología de ubre, muchos autores utilizan la metodología propuesta en el Proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983) como estándar para evaluar los criterios de aptitud al ordeño.

### Fraccionamiento de la leche durante el ordeño

Las fracciones de leche obtenidas durante el ordeño a máquina se utilizan como indicador de la aptitud al ordeño mecánico en el ovino lechero cuando las rutinas incluyen el apurado a máquina y repaso a mano, como en el caso del proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983).

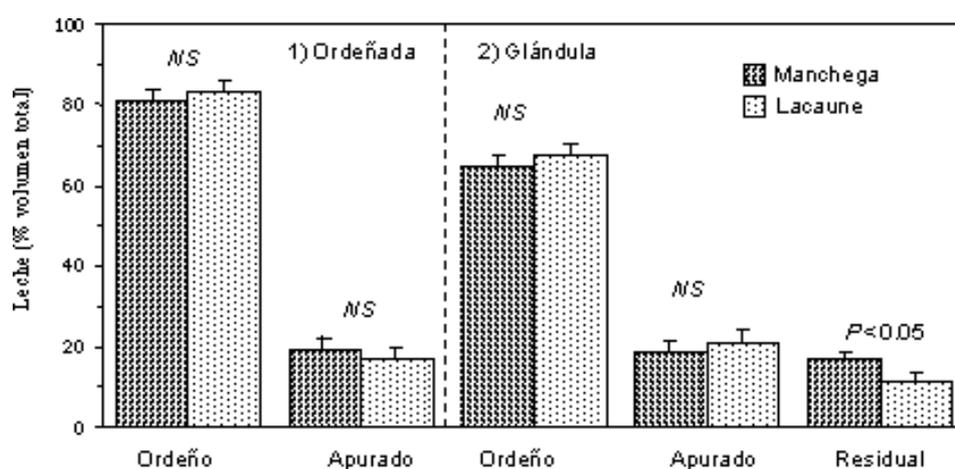
Se han descrito así los valores del fraccionamiento de leche para distintas razas (Labussière, 1988; Such *et al.*, 1999a), rutinas de ordeño (Molina *et al.*, 1989) y parámetros de la máquina de ordeño (Fernández *et al.*, 1999). Los valores de fraccionamiento (%) para la leche de ordeño máquina: apurado a máquina: leche residual, respecto al total, se sitúan normalmente en 60 a 75: 10 a 20: 10 a 15, respectivamente.

Con vistas a comprender mejor su utilidad actual, Such *et al.* (1999a) analizaron las diferencias de aptitud al ordeño mecánico en dos razas de ovejas caracterizadas por sus distintas producciones de leche en el mismo estado de lactación (Manchega, 0.6 l/d; Lacaune, 1.3 l/d) bajo las mismas condiciones de ordeño. Peses a la diferencia de producción, los valores del fraccionamiento (leche máquina : apurado a máquina : leche residual) fueron de 65:19:16 y 68:21:11, para las ovejas

Manchega y Lacaune, respectivamente. No se observó ninguna diferencia significativa según la raza en las fracciones de leche, excepto en el caso de la leche residual (Fig. 8). Ambas razas presentaron una media de 86% de leche durante el ordeño a máquina, pero la raza Manchega retuvo más leche en el sistema de ductos de la ubre. Este resultado se obtuvo a pesar de las diferencias encontradas en producción de leche y en los valores absolutos de cada fracción, así como en el tamaño de la cisterna (Tabla 1) y morfología mamaria (Tabla 2), en cada raza como discutido previamente. Las diferencias en el tamaño de la ubre y la morfología explican el aumento en el apurado a máquina de acuerdo con la producción de leche, y además del efecto del estado de la lactación (Gallego *et al.*, 1983b; Labussière, 1988). En otro trabajo reciente, Rovai *et al.* (2002a) han indicado valores de 62:38 y 79:21, para las fracciones de leche de máquina : leche de apurado y residual para ovejas Manchega (0.9 l/d) y Lacaune (1.7 l/d), respectivamente. El reparto de leche resulta algo más favorable a lo indicado por Such *et al.* (1999a) cuando se consideran conjuntamente la leche de apurado y residual (fracciones que no son extraídas por la máquina sin intervención suplementaria), siendo sus valores de 65:35 y 68:32, para las Manchega y Lacaune respectivamente, lo que puede ser consecuencia del superior nivel de producción.

Como una conclusión, los resultados obtenidos muestran que las fracciones de leche no son siempre adecuados indicadores de la evaluación de la aptitud al ordeño mecánico del ovino. El fraccionamiento resulta un mejor indicador de la aptitud al ordeño cuando se estudian los efectos de los parámetros de funcionamiento de la máquina o los efectos de la rutina de ordeño, que fueron los mismos en los trabajos anteriores. Es más, Caja *et al.* (1999a) en cabras y Fernández *et al.* (1999a) en ovejas, mostraron diferencias significativas en el apurado a máquina según la rutina de ordeño o parámetros de funcionamiento de la máquina de ordeño, respectivamente.

**Figura 8. Fraccionamiento de leche durante el ordeño mecánico en ovejas de raza Manchega y Lacaune en el mismo estado de lactación (Such *et al.*, 1999a): 1) En el total de leche ordeñada, 2) En el total de leche presente en la glándula**



### Cinética de emisión de leche

Las características de la curva de emisión de leche durante el ordeño tienen especial importancia en el estudio de la aptitud al ordeño mecánico del ovino lechero. Estas características son también de especial interés a la hora de diseñar las máquinas de ordeño y de decidir la rutina de ordeño óptima para cada raza.

Como la producción de leche influye fuertemente en la presión intramamaria, es de esperar que ésta tenga un marcado efecto sobre los parámetros de la curva de emisión, tal como han indicado Marnet *et al.* (1999) y se ha observado claramente en cabras de ordeño (Bruckmaier *et al.*, 1994; Caja *et al.*, 1999a). Además, de acuerdo con la producción de leche, la cinética de emisión es distinta en el ordeño de la mañana y en el de la tarde, debiendo analizarse sus curvas separadamente. El ordeño de la mañana incrementa el caudal de leche y el tiempo de ordeño, pero la emisión de la leche alveolar se observa más fácilmente y separadamente por la tarde.

Las curvas de emisión de leche pueden obtenerse por métodos manuales (Labussière, 1983; Fernández *et al.*, 1989b; Peris *et al.*, 1996) o automáticos (Labussière y Martinet, 1964; Mayer *et al.*, 1989b; Bruckmaier *et al.*, 1992; Marie *et al.*, 1999). Así mismo, puede medirse el caudal de leche separadamente de cada una de las glándulas mamarias, derecha y izquierda (Labussière y Martinet, 1964; Labussière, 1983) o bien conjuntamente (Fernández *et al.*, 1989b; Peris *et al.*, 1996; Bruckmaier *et al.*, 1992; 1996; Marie *et al.*, 1999; Marnet *et al.*, 1999). Como resultado los valores y conclusiones obtenidas con cada método pueden ser diferentes (Rovai, 2000).

Una curva de emisión favorable debe significar un ordeño rápido y completo, con un alto caudal de leche y una completa eyección de leche alveolar bajo la acción de la oxitocina. 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), características del pezón (tamaño y posición) y con el reflejo neuro-hormonal de eyección de leche de la oveja (Labussière *et al.*, 1969; Bruckmaier *et al.*, 1994, 1997; Marnet *et al.*, 1998, 1999). Así, a todos los efectos, son preferibles ubres globosas, con grandes cisternas y con pezones medianos y verticales, capaces de abrir el esfínter del pezón rápidamente en condiciones de reducido vacío.

Una primera clasificación de las curvas de emisión de leche fue propuesta por Labussière y Martinet (1964) y ampliamente adoptada para el estudio de la fisiología del ordeño en el ovino lechero (Labussière, 1983, 1988). Las curvas de emisión de leche pueden así ser clasificadas de diferentes tipos: "1 pico" (única), "2 picos" (bimodal) y otros, siendo éstas últimas correspondientes a animales que presentan curvas de emisión irregulares o múltiples ( $\geq 3$  picos). En algunos casos una oveja puede cambiar de tipo de cinética de emisión en días consecutivos, y en la práctica se recomienda realizar más de dos medidas en días consecutivos. Recientemente Rovai *et al.* (2002a) han recomendado incluir un tercer tipo de curva o en "Plateau" correspondiente a ovejas que mantienen un elevado caudal de leche durante el ordeño y llegan a unir el primero y segundo picos. El primer pico ocurre muy rápidamente después de la colocación de las pezoneras y se identifica con la leche cisternal, que se evacua rápidamente y de forma pasiva tras la abertura del esfínter del pezón. El segundo pico corresponde a la leche alveolar y ocurre como consecuencia de la liberación de leche alveolar retenida en los alvéolos durante la actuación del reflejo de eyección

de leche por efecto de la oxitocina (Labussière y Martinet, 1964; Labussière *et al.*, 1969; Fernández *et al.*, 1989b; Marnet *et al.*, 1998).

La descarga de la oxitocina en el ordeño ha sido medida en el ovino de leche por Mayer *et al.* (1989a) y Marnet *et al.* (1998). La fracción de ordeño a máquina presenta normalmente mayor caudal y el flujo de leche se mantiene durante un tiempo más largo en las ovejas de 2 picos, que son consideradas favorables al ordeño mecánico. El ordeño de las ovejas de 1 pico puede ser completado, tras cesar el flujo de leche, por medio de una rutina de ordeño que incluya el repaso a máquina y a mano, lo que es en principio desfavorable y aumenta enormemente el tiempo de ordeño. Además, una rutina de ordeño simplificada (sin repaso a máquina o a mano) resulta adecuada en ovejas de 2 picos, tal como han indicado por Molina *et al.* (1989) en ovejas de raza Manchega.

La distribución de animales en un rebaño según el número de picos ha sido utilizado como índice de la aptitud al ordeño mecánico del ovino lechero, tal como indicó Labussière (1988). Las razas ovinas con mayor porcentaje de ovejas de 2 picos son las más apropiadas para el ordeño a máquina. No obstante, la distribución del porcentaje de picos en un rebaño cambia según el estado de la lactación, tal como han observado Rovai (2000) y Rovai *et al.* (2002b) en un rebaño de dos razas de ovejas de distintas producciones y aptitud al ordeño (Tabla 5). El número de ovejas de 1 pico se incrementa al final de la lactación, al contrario de las de 3 picos o más que disminuyen compensando las pérdidas en el grupo de 2 picos.

Los parámetros de funcionamiento de la máquina de ordeño también pueden modificar el caudal de leche en ovejas, especialmente el volumen del segundo pico y el tiempo total de ordeño, tal como han observado Fernández *et al.* (1999) en ovejas Manchegas ordeñadas a distintos niveles de vacío (36 y 42 kPa) y velocidades de pulsación (120 y 180 puls/min).

**Tabla 5. Reparto de las curvas de emisión de leche obtenidas en ovejas de ordeño según el estado de lactación (Rovai, 2000)**

Estado de lactación (d)	Manchega			Lacaune		
	1 pico	2 picos	≥ 3 picos	1 pico	2 picos	≥ 3 picos
42 <sup>1</sup>	28.6 (62) <sup>2</sup>	56.7 (123)	14.7 (32)	8.0 (16)	57.2 (115)	34.8 (70)
70	29.6 (67)	64.2 (145)	6.19 (14)	9.8 (25)	49.4 (126)	40.8 (104)
98	39.4 (74)	54.8 (103)	5.9 (11)	18.0 (34)	55.6 (105)	26.5 (50)

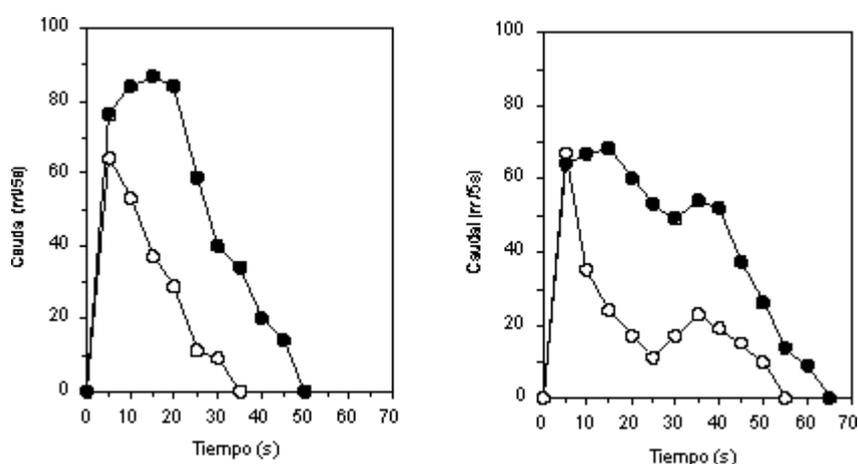
<sup>1</sup>: Primera semana después del destete (35 días).

<sup>2</sup>: Número de curvas de emisión analizadas.

Diferencias claras en las curvas de emisión de leche durante el ordeño de la tarde han sido también observadas por Such *et al.* (1999b) según la raza, al comparar ovejas de raza Manchega y Lacaune al mismo estado de lactación (Fig. 9), indicando la importancia de este criterio en la evaluación de

la aptitud al ordeño mecánico. La producción diaria de leche y el porcentaje de ovejas de 2 picos durante el periodo de comparación fue de 0.6 l/d y 38%, para las ovejas Manchegas, y de 1.3 l/d y 83%, para las Lacaune, respectivamente.

**Figura 9. Curvas de cinética de emisión de leche en el ordeño de la tarde según la raza (◻, Manchega; ◼, Lacaune) y el número de picos de emisión de leche (Such *et al.*, 1999a)**



En las ovejas de 1 pico, se observaron diferencias significativas en los valores del caudal máximo de leche (76 vs. 129 ml/5s) y en el caudal máximo en el pico (207 vs. 586 ml) en ovejas Manchegas y Lacaune, respectivamente. Los valores en las ovejas de 2 picos fueron: primer pico (72 vs. 94 ml/5s; y, 171 vs. 344 ml) y segundo pico (41 vs. 83 ml/s; y, 78 vs. 239 ml), para Manchega y Lacaune, respectivamente. El tiempo total de emisión hasta que el caudal fue inferior a 10ml/s fue: 1 pico (25 vs. 39 s) y 2 picos (48 vs. 56 s), para Manchega y Lacaune respectivamente, siendo las diferencias significativas en todos los casos.

Las diferencias observadas en los parámetros del caudal de leche según la raza estuvieron de acuerdo con su nivel productivo. No obstante, a pesar de las diferencias en las curvas de emisión de leche, el volumen total de leche obtenido en el primer y segundo picos para las ovejas de 1 y 2 picos fue similar en ambas razas: Manchega (207 vs. 249 ml) y Lacaune (586 vs. 583 ml) respectivamente. Además, el caudal máximo fue similar en ambas razas para las ovejas de 2 picos, a pesar de las diferencias productivas observadas. Como consecuencia, se puede concluir que otros factores distintos de la aparición del reflejo de eyección de leche condicionan el caudal de leche durante el ordeño mecánico del ovino lechero.

En la actualidad, las características del pezón y cisterna parecen ser unos de los factores más importantes respecto a las curvas de emisión de leche en las ovejas de ordeño. Los resultados de Marie *et al.* (1999) y Marnet *et al.* (1999), en ovejas de raza Lacaune, y Bruckmaier *et al.* (1994, 1997) estudiando los efectos del ordeño con o sin pre-estimulación en cabras Saanen, y en ovejas Frisonas y Lacaunes, están de acuerdo con estas conclusiones.

Marnet *et al.* (1999) indican que el tiempo de demora ("lag time") que se observa entre la puesta de pezoneras y la llegada de los primeros chorros de leche al medidor pueden también utilizados como indicador de la aptitud al ordeño mecánico. Además, también se han observado correlaciones positivas entre el tiempo de demora y el vacío necesario para abrir el esfínter del pezón ( $r = 0.61$ ), el tiempo total de ordeño ( $r = 0.86$ ), así como negativas con los caudales de leche medio ( $r = -0.84$ ) y máximo ( $r = -0.80$ ) durante el ordeño. También se obtuvo una correlación positiva baja pero significativa entre el recuento de células somáticas y el caudal máximo de leche ( $r = 0.39$ ). Por otra parte, el nivel de vacío necesario para abrir el esfínter del pezón parece que permanece constante en cada animal durante toda la lactación y se relaciona también positivamente con la congestión del pezón después del ordeño. El valor más alto de vacío necesario para abrir el esfínter del pezón en este experimento fue de 36 kPa, sugiriendo que es posible utilizar un bajo nivel de vacío en el ordeño en ovejas Lacaune.

De acuerdo con estos resultados, Marie *et al.* (1999) estudiaron los principales caracteres mamarios y las características del caudal de emisión de leche, mediante el empleo de un medidor de leche automático, en dos líneas de ovejas de raza Lacaune seleccionadas por su nivel de producción (diferencia 60 l de leche). La producción de leche y el tiempo de ordeño fueron 0.94 l/d y 2 min 44 s, respectivamente. El tiempo de demora medio fue de 25 s (para un volumen mínimo en el medidor de leche de 160 ml). El máximo caudal de leche (0.87 l/min) se observó 27 s después (52 s desde la puesta de las pezoneras). El tiempo de demora se correlacionó negativamente con la producción de leche ( $r = -0.26$ ) y con el caudal máximo de leche ( $r = -0.49$ ). La repetibilidad para la producción de leche, tiempo de demora y caudal máximo de leche fue alta en la misma lactación ( $r = 0.46$  a  $0.59$ ) y entre lactaciones ( $r = 0.40$  a  $0.75$ ). Los valores del caudal variaron según la producción de leche, de acuerdo con lo previamente indicado por Bruckmaier *et al.* (1994) en cabras, pero el incremento en el tiempo de ordeño fue más reducido que en la leche.

### **Relación entre la morfología de ubre y la cinética de ordeño**

La correlación de los caracteres de la ubre con los de emisión obtenidos por Marie *et al.* (1999) fue baja ( $r = -0.3$  a  $0.3$ ) y tendió a aumentar en las ovejas múltiparas. Un aumento en el ángulo del pezón se asocia a un mayor tiempo de demora ( $r = 0.28$ ) y un menor valor del caudal máximo de leche ( $r = -0.26$ ), siendo ambas características desfavorables. Por el contrario, un ligamiento suspensor intermamario muy marcado se correlacionó positivamente con la producción de leche ( $r = 0.28$ ) y el caudal de leche ( $r = 0.33$  a  $0.34$ ), así como también negativamente con el tiempo de demora ( $r = -0.23$ ). Como conclusión final, los autores indican que un buen tipo de ubre tiende a mejorar la aptitud al ordeño en el ovino lechero y, por lo tanto, recomiendan su inclusión en los programas de mejora genética.

Bruckmaier *et al.* (1997) relacionaron las características de la curva de emisión de leche y la anatomía interna de la ubre, en ovejas Lacaune y Frisona, utilizando para ello la ecografía mamaria. Ambas razas mostraron similares producciones de leche y áreas cisternales. No obstante, pese a su mayor producción de leche (incluyendo la leche de apurado a máquina), el caudal de leche fue más bajo en las ovejas Frisonas que en las Lacaune. Esto fue consecuencia de su morfología mamaria, que mostró la presencia de grandes cisternas embolsadas por debajo del nivel

del pezón en las Frisonas. El uso de una rutina de ordeño con pre-estimulación, no redujo el repaso de leche y el tiempo total de ordeño, pero aumentó el flujo de leche en ambas razas.

La descarga de oxitocina fue distinta en ambas razas, observándose un fuerte aumento de su concentración en sangre en las ovejas Lacaune durante el período de estimulación del pezón y el inicio del ordeño. En las ovejas Frisonas sólo se observó una ligera descarga de oxitocina durante la pre-estimulación. Durante el ordeño mecánico, se observó un importante y significativo aumento en la oxitocina en un 88% de las ovejas Lacaune, mientras el aumento sólo se observó en un 58% de las Frisonas. Los autores también indicaron curvas planas de emisión de leche, tanto en las ovejas que presentaron un aumento de la concentración de oxitocina como en las que no, en ambas razas.

## IMPLICACIONES

Existe una relación evidente entre caracteres morfológicos y productivos en el ovino lechero como consecuencia de sus características anatómicas y fisiológicas. A pesar de las diferencias en la producción de leche, es posible detectar diferencias entre individuos y entre razas en la aptitud al ordeño mecánico. Las correlaciones fenotípicas y genéticas indican que la selección por producción de leche produce a medio plazo una peor morfología de la ubre, principalmente en lo relacionado a la altura y localización de los pezones, lo que tiene como consecuencia el aumento de la frecuencia de ubres embolsadas y de pezones elevados que resultan inadecuadas para el ordeño mecánico. Las características del pezón y de la cisterna parecen ser los principales factores limitantes en la aptitud al ordeño mecánico y en el caudal de leche durante el ordeño en el ovino. La variabilidad genética, repetibilidad y heredabilidad de los caracteres morfológicos de la ubre indican que resulta conveniente aplicar una presión en la selección en este sentido en ovino. En la práctica el uso de cuatro caracteres morfológicos de clasificación de la ubre ovina serían suficientes para mejorar su morfología y aptitud al ordeño en los programas de mejora de la producción de leche a medio y largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-MORUJO, A. J.; ÁLVAREZ-MORUJO, A. 1982. Variedades morfológicas del alveolo de la glándula mamaria. *Zbl. Vet. Med. C. Anat. Histol. Embryol.*, 11: 65-75.
- ARRANZ, J.; LÓPEZ DE MUNAIN, J. M.; LARA, J. 1989. Evolución de las características morfológicas de la ubre de ovejas de raza Latxa a lo largo del periodo de ordeño. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel. pp. 80-93.
- AYADI, M.; CAJA, G.; SUCH, X.; GHIRARDI, J. (2002a). Efecto del nivel de alimentación antes de la pubertad en la fertilidad y la producción de leche durante la primera lactación de corderas de raza Manchega y Lacaune. Jornadas de la SEOC, Valencia (*en esta misma obra*).

- AYADI, M.; CAJA, G.; SUCH, X.; KNIGHT, C. H. (2002b). Use of ultrasonography for the estimation of cistern size and milk storage at different milking intervals in the udder of dairy cows. *J. Dairy Res.*, 85 (*en prensa*).
- BARONE, R. 1978. Mamelles de la brebis et de la chèvre. In: Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome III. J. Tixier et Fils S.A., Lyon, France. pp. 491-495.
- BOCQUIER, F.; GUILLOUET, Ph. 1990. Nutrition *et* alimentation de la brebis laitière. In: Seminario Avanzado sobre mejora de la calidad en la producción del ovino de leche. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza. 38 pp.
- BROOKER, B. E. 1984. An ultrastructural study of the sinus epithelium in the mammary gland of the lactating ewe. *J. Anatomy*, 138:287-296.
- BRUCKMAIER, R. M.; RITTER, C.; SCHAMS, D.; BLUM, J. W. 1994. Machine milking of dairy goats during lactation: udder anatomy, milking characteristics, and blood concentrations of oxytocin and prolactin. *J. Dairy Res.*, 61:457-466.
- BRUCKMAIER, R. M.; PAUL, G.; MAYER, H.; SCHAMS, D. 1997. Machine milking of Ostfriesian and Lacaune dairy sheep: udder anatomy, milk ejection and milking characteristics. *J. Dairy Res.*, 64:163-172.
- BURRI, P. H.; TAREK, M. R. 1990. A novel mechanism of capillary growth in the rat pulmonary microcirculation. *Anat. Rec.*, 228: 35-45.
- CAJA, G.; SUCH, X. 1999. Curso de actualización sobre ordeño mecánico de ovino y caprino. SEOC-UAB, Bellaterra, Barcelona. CD Rom.
- CAJA, G.; SUCH, X.; ROVAI, M. (2000). Udder morphology and machine milking ability in dairy sheep. Proceedings of the 6<sup>th</sup> Great Lakes Dairy Sheep Symposium, November 2-4, Guelph, Ontario, Canada.
- CAJA, G.; CAPOTE, J.; LÓPEZ, L.; PERIS, S.; SUCH, X.; ARGÜELLO, A. 1999a. Milk partitioning and milk flow rate of Canarian dairy goats under once daily twice daily milking frequencies. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 274-280.
- CAJA, G.; SUCH, X.; RUBERTE, J.; CARRETERO, A.; NAVARRO, M. 1999b. The use of ultrasonography in the study of mammary gland cisterns during lactation in sheep. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 91-93.
- CARUOLO, E. V. 1980. Scanning electron microscope visualization of the mammary gland secretory unit and myoepithelial cells. *J. Dairy Sci.*, 63:1987-1998.
- CARRETERO, A.; DITRICH, H.; PÉREZ-APARICIO, F. J.; SPLECHTNA, H.; RUBERTE, J. 1995. Development and degeneration of the arterial system in the mesonephros and metanephros of chicken embryos. *Anat. Rec.*, 243:120-128.

- CARRETERO, A.; RUBERTE, J.; CAJA, G.; PÉREZ-APARICIO, F. J.; SUCH, X.; PERIS, S.; MANESSE, M.; NAVARRO, M. 1999. Study on the structure and the development of the canalicular system of the mammary gland during lactation in Manchega and Lacaune dairy sheep. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 35-40.
- CARTA, A.; SANNA, S. R.; RUDA, G.; CASU, S. 1999. Genetic aspects of udder morphology in Sarda primiparous ewes. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 363-368.
- CASU, S.; CARTA, R.; RUDA, G. 1983. Morphologie de la mamelle et aptitude à la traite mécanique de la brebis Sarde. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 592-603.
- CASU, S.; BARILLET, F.; CARTA, R.; SANNA, S. 1989. Amélioration génétique de la forme de la mamelle de la brebis Sarde en vue de la traite mécanique: Résultats préliminaires. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel. pp. 104-133.
- DE LA FUENTE, L. F.; FERNÁNDEZ, G.; SAN PRIMITIVO, F. 1996. A linear evaluation system for udder traits of dairy ewes. *Livest. Prod. Sci.*, 45:171-178.
- DE LA FUENTE, L. F.; PÉREZ-GUZMAN, D.; OTHMANE, M. H.; ARRANZ, J. 1999. Amélioration génétique de la morphologie de la mamelle dans les races Churra, Latxa et Manchega. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 369-374.
- DELOUIS, C.; RICHARD, Ph.. 1991. La Lactation. In: La reproduction chez les mammifères et l'homme. Ch. Thibault and M.C. Levasseur (Eds.). INRA. Paris. p. 487-514.
- DITRICH, H.; SPLECHTNA, H. 1989. The opisthonephric blood vascular system of the chicken embryo as studied by scanning electron microscopy of microcorrosion casts and critical point dried preparations. *Scanning Microsc.*, 3: 559-561.
- FERNÁNDEZ, G.; ÁLVAREZ, P.; SAN PRIMITIVO, F.; DE LA FUENTE, L. F. 1995. Factors affecting variation of udder traits of dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 78:842-849.
- FERNÁNDEZ, G.; BARO, J. A.; DE LA FUENTE, L. F.; SAN PRIMITIVO, F. 1997. Genetic parameters for linear udder traits in dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, 80:601-605.
- FERNÁNDEZ, G.; FARIAS, D.; LÓPEZ, M.; SILVEIRA, C. 1999b. Genetic improvement in milkability of the Corriedale breed: morphological study of the udder traits. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 434-437.
- FERNÁNDEZ, N.; ARRANZ, J.; CAJA, G.; TORRES, A.; GALLEGO, L. 1983a. Aptitud al ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega: I. Biometría corporal, características morfológicas

- de la ubre y cría de corderos. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 653-666.
- FERNÁNDEZ, N.; ARRANZ, J.; CAJA, G.; TORRES, A.; GALLEGO, L. 1983b. Aptitud al ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega: II. Producción de leche, reparto de fracciones y cinética de emisión de leche. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 667-686.
- FERNÁNDEZ, N.; CAJA, G.; TORRES, A.; MOLINA, M. P.; GALLEGO, L. 1989a. Cinética de emisión de leche de ovejas de raza Manchega: II. Relación con otros criterios de aptitud al ordeño mecánico. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.*, 4:23-33.
- FERNÁNDEZ, N.; CAJA, G.; TORRES, A.; MOLINA, M. P.; PERIS, C. 1989b. Cinética de emisión de leche de ovejas de raza Manchega: II. Parámetros de las curvas de emisión de leche durante el ordeño a máquina. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.*, 4:9-21.
- FERNÁNDEZ, N.; DÍAZ, J. R.; PERIS, C.; RODRÍGUEZ, M.; MOLINA, M. P.; TORRES, A. 1999a. Machine milking parameters for the Manchega breed. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 65-68.
- FRANKE, W. W.; KEENAN, T. W. 1979. Mitosis in milk secreting epithelial cells of mammary gland. An ultrastructural study. *Differentiation*, 13:81-88.
- GALLEGO, L.; CAJA, G.; TORRES, A. 1983a. Estudio de la tipología y características morfológicas de las ubres de ovejas de raza Manchega desde el parto. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 100-116.
- GALLEGO, L.; TORRES, A.; CAJA, G.; MOLINA, M. P. 1983b. Fracciones de leche en el ordeño de ovejas de raza Manchega: cuantificación y evolución durante la lactación. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 149-163.
- GALLEGO, L.; TORRES, A.; CAJA, G.; MOLINA, M. P.; FERNÁNDEZ, N. 1985. Reparto de las fracciones de leche y su composición según el tipo de ubre. *ITEA Prod. Anim.*, 58:21-28.
- GOOTWINE, E.; ALEF, B.; GADEESH, S. 1980. Udder conformation and its heritability in the Assaf (Awassi x East Friesian) cross dairy sheep in Israel. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 12:9-13.
- HATZIMINAOGLOU, J.; ZERVAS, N.; SINAPIS, E.; HATZIMINAOGLOU, P. 1983. Aptitude à la traite mécanique des brebis de race Karagouniko (Grèce). Données préliminaires concernant la production et la composition du lait, la morphologie des mamelles et la cinétique d'émission du lait. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 607-624.
- HURLEY, W. L. 1989. Mammary gland function during involution. *J. Dairy Sci.*, 72:1637-1646.

- JATSH, O.; SAGI, R. 1978. Effects of some anatomical and physiological traits on dairy yield and milk fractionation in dairy ewes. In: Proc. 2nd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. INRA-ITOVIC, Alghero, Italy. pp. 60-79.
- JOHANSSON, I. D.; HART, I. C. 1985. Pre-puberal mammogenesis in the sheep. I. The effect of level of nutrition and growth and mammary development in female lambs. *Anim. Prod.*, 41:323-332.
- KNIGHT, C. H.; WILDE, C. J. 1993. Mammary cell changes during pregnancy and lactation. *Livest. Prod. Sci.*, 35:3-19.
- KNIGHT, C. H.; STELWAGEN, K.; FARR, V. C.; DAVIS, S. R. 1994. Use of an oxytocin analogue to determine cisternal and alveolar milk pool sizes in goat. *J. Dairy Sci.*, 77 (Suppl. 1): 84 (Abstr.).
- KUKOVICS, S.; NAGY, A. 1989. Relationships between sheep genotype and udder type as well as relative measurements of udder. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel. pp. 66-79.
- LABUSSIÈRE, J. 1983. Étude des aptitudes laitières et de la facilité de traite de quelques races de brebis du Bassin Méditerranéen. Projet M4 FAO. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 780-803.
- LABUSSIÈRE, J. 1988. Review of physiological and anatomical factors influencing the milking ability of ewes and the organization of milking. *Livest. Prod. Sci.*, 18:253-273.
- 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.*, 14 :63-126.
- LABUSSIÈRE, J.; BENNEMEDERBEL, B.; COMBAUD, J. F.; DE LA CHEVALERIE, F. 1983. Description des principaux paramètres caractérisant la production laitière, la morphologie mammaire et la cinétique d'émission du lait de la brebis Lacaune traite une ou deux fois par jour avec ou sans égouttage. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 656-652.
- LABUSSIÈRE, J.; DOTCHEWSKI, D.; COMBAUD, J. F. 1981. Caractéristiques morphologiques de la mamelle des brebis Lacaune. Méthodologie pour l'obtention des données. Relation avec l'aptitude à la traite. *Ann. Zootech.*, 30:115-136.
- LABUSSIÈRE, J.; MARTINET, J.; DENAMUR, R. 1969. The influence of the milk ejection reflex on the flow rate during the milking of ewes. *J. Dairy Res.*, 36 :191-210.
- MARIE, C.; JACQUIN, M.; AUREL, M. R.; PAILLER, F.; PORTE, D.; AUTRAN, P.; BARILLET, F. 1999. Déterminisme génétique de la cinétique d'émission du lait selon le potentiel laitier en race ovine de Lacaune et relations phénotypiques avec la morphologie de la mamelle. In: *Milking and milk production of dairy sheep and goats*. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 381-388.

- MARNET, P. G.; COMBAUD, J. F.; DANO, Y. 1999. Relationships between characteristics of the teat and milkability in Lacaune ewes. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 41-44.
- MARNET, P. G.; NEGRAO, J. A.; LABUSSIÈRE, J. 1998. Oxytocin release and milk ejection parameters during milking of dairy ewes in and out natural season of lactation. *Small Ruminant Res.*, 28:183-191.
- MARTAL, J.; CHENE, N. 1993. Placenta and lactation. In: Biologie de la lactation. J. Martinet and L.M. Houdebine (Eds.). INRA Editions. Paris. pp 31-58.
- MAYER, H.; WEBER, F.; SEGESSEMAN, V. 1989a. Oxytocin release and milking characteristics of Ostfriesian and Lacaune dairy sheep. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel. pp. 548-563.
- MAYER, H.; WEBER, F.; SEGESSEMAN, V. 1989b. A method to record and define milk flow curves of sheep during routine machine milking. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel. pp. 564-575.
- MCCANN, M. A.; GOOD, L.; HARVEY, R. W.; CARUOLO, E. V.; MANN, D. I. 1989. Effects of rapid weight gain to puberty on reproduction, mammary development and lactation in ewe lambs. *Theriogenology*, 32:55-68.
- MCKUSICK, B. C.; BERGER, Y.; THOMAS, D. L. 1999. Preliminary results: Effects of udder morphology on commercial milk production of East Friesian crossbreed ewes. Proc. 5th Great lakes Dairy Sheep Symposium, Brattleboro, Vermont. pp. 81-90.
- MOLINA, M. P.; SUCH, X.; FERNÁNDEZ, N.; CAJA, G.; TORRES, A. 1989. Supresión del repaso manual en el ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega. 1. Efecto sobre la producción de leche y el fraccionamiento de la leche en el ordeño. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel. pp. 655-679.
- PATAN, S.; ÁLVAREZ, M. J.; SCHITTNY, J. C.; BURRI, P. H. 1992. Intussusceptive microvascular growth: A common alternative to capillary sprouting. *Arch. Histol. Cytol.*, 55:65-75.
- PÉREZ, J.; GÓMEZ, J. L.; GARCÍA, J. 1983. Contribución al estudio de la morfología de la ubre de la oveja Manchega. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 583-591.
- PERIS, S.; SUCH, X.; CAJA, G. 1996. Milkability of Murciano-Granadina dairy goats. Milk partitioning and flow rate during machine milking according to parity, prolificacy and mode of suckling. *J. Dairy Res.*, 63:1-9.
- PURROY, A.; MARTÍN, J. L. 1983. Características de ordeño de la oveja Churra: Producción y composición de la leche, morfología de la ubre y cinética de emisión de leche. In: 3rd International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Sever-Cuesta, Valladolid, Spain. pp. 568-581.

- PURROY, A.; MARTÍN, J. L.; JURADO, J. J., 1982. Aptitud al ordeño mecánico en ovejas de raza Churra. I. Características morfológicas de la ubre. An. INIA/Ser. *Ganadera*, 16:41-51.
- ROVAI, M. 2000. Caracteres mamarios que afectan a la aptitud al ordeño mecánico de ovejas de raza Manchega y Lacaune. Ph.D. Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona.
- ROVAI, M.; SUCH, X.; PIEDRAFITA, J.; CAJA, G.; PUJOL, M. R. 1999. Evolution of mammary morphology traits during lactation and its relationship with milk yield of Manchega and Lacaune dairy sheep. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 107-109.
- ROVAI, M.; SUCH, X.; CAJA, G.; KNIGHT, C. H. 2000. Interbreed differences in cisternal and alveolar milk partitioning in the udder according to yield in dairy sheep. *J. Dairy Sci.*, 83 (Suppl. 1): 166 (Abstr.).
- ROVAI, M.; SUCH, X.; CAJA, G.; PIEDRAFITA, J. (2002a). Changes in cisternal and alveolar milk throughout lactation in dairy sheep. *J. Anim. Sci.*, 80, Suppl. 1/ *J. Dairy Sci.*, 85, Suppl. 1: 4 (Abstr.).
- ROVAI, M.; SUCH, X.; CAJA, G.; PIEDRAFITA, J. (2002b). Milk emission during machine milking in dairy sheep. *J. Anim. Sci.*, 80, Suppl. 1/ *J. Dairy Sci.*, 85, Suppl. 1: 5 (Abstr.).
- RUBERTE, J.; CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ, M.; NAVARRO, M.; CAJA, G.; KIRCHNER, F.; SUCH, X. 1994a. Ultrasound mammography in the lactating ewe and its correspondence to anatomical section. *Small Rumin. Res.*, 13:199-204.
- RUBERTE, J.; CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ, M.; PONS, M.; GINÉ, J. M.; SAUTET, J. 1994b. Anatomía de la ubre de la oveja. *Ovis*, 32:9-16.
- SAGI, R.; MORAG, M. 1974. Udder conformation, milk yield and milk fractionation in the dairy ewe. *Ann. Zootech.*, 23:185-192.
- SUCH, X.; CAJA, G.; PÉREZ, L. 1999a. Comparison of milking ability between Manchega and Lacaune dairy ewes. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 45-50.
- SUCH, X.; CAJA, G.; FERNÁNDEZ, N.; MOLINA, M. P.; TORRES, A. 1999b. The effects of type of pulsator on the evolution of milk emission kinetics during machine milking in Manchega ewes. In: Milking and milk production of dairy sheep and goats. F. Barillet and N.P. Zervas (Eds.), EAAP Publication No. 95, Wageningen Pers., Wageningen. pp. 227-232.
- TENEV, S.; RUSEV, G. 1989. Micro y ultraestructura de la ubre de ovejas en razas de distinto rendimiento de leche. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel-Aviv, Israel. pp. 47-65.
- TURNER, C. W. 1952. The anatomy of the udder of sheep. In: The anatomy of the mammary gland. Lucas Brothers Publishers, Columbia, Missouri. pp. 315-331

WILDE, C. J.; KNIGHT, C. H.; PEAKER, M. 1996. Autocrine regulation of milk secretion. In: Progress in dairy science. C.J.C. Phillips (Ed.). CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. pp. 311-332.

WILLIAMS, J. M.; DANIEL, C. W. 1983. Mammary ductal elongation: Differentiation of myoepithelium and basal lamina during branching morphogenesis. *Developm. Biology*, 97: 274-290.