

I-REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I - REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I-1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de muchas décadas, en los países de la cuenca del Mediterráneo, algunas razas ovinas se han desarrollado para la producción de leche. En una primera fase, lo más importante era ordeñar el animal y comercializar su leche, tarea ésta que no suponía un problema de adaptación de los animales, ya que el rebaño tenía una baja producción y no utilizaba maquinaria de ordeño. Los problemas empezaron a surgir tras el aumento de la producción de leche y la consecuente mecanización del ordeño, con la aparición de una gran variabilidad de animales más o menos aptos al mismo. Esta situación ha sido especialmente importante en aquellos rebaños sometidos a programas de selección eficaces, destinados al aumento de la capacidad productiva del animal, en los cuales la relación entre la aptitud al ordeño y la morfología mamaria ha llevado a plantear distintas líneas de trabajo y estrategias para intentar solucionar dichos problemas, como por ejemplo en el caso de las razas ovinas Awassi y Assaf (Israel), Sarda (Italia) y Lacaune (Francia).

Numerosos autores han puesto de manifiesto la importancia de la morfología mamaria como uno de los factores determinantes de la aptitud al ordeño mecánico de ovejas lecheras (Labussière, 1988; Labussière *et al.*, 1981; Casu *et al.*, 1983 y 1989; Fernández *et al.*, 1983; Gallego *et al.*, 1983a; Kukovics *et al.*, 1993; Fernández *et al.*, 1995; De la Fuente *et al.*, 1996 y 1999; Carta *et al.*, 1999; Marie *et al.*, 1999). La ausencia de dicha aptitud puede ser expresada de dos formas: la primera mediante aquellos parámetros relacionados con el animal, como son la falta del reflejo de eyección de leche, la presencia de gran cantidad de leche en los repasos manual y máquina, la caída de pezoneras,... y la segunda, mediante los factores relacionados con el manejo y el aspecto financiero, siendo el rendimiento horario del ordeñador un parámetro importante (Labussière, 1988).

El estudio y la tipificación de los caracteres morfológicos mamaros a lo largo de la lactación puede condicionar, en gran medida, la obtención de una respuesta genética positiva en la mejora de la aptitud al ordeño mecánico y la consecuente facilidad de ordeño. Asimismo, la selección de animales más aptos al ordeño es especialmente importante en la simplificación de la rutina del ordeño mecánico, y consecuentemente en el abaratamiento de los costes.

I-2. LA PRODUCCIÓN DE LECHE A ESCALA MUNDIAL

Sólo cerca de un tercio del suelo del mundo se puede clasificar como cultivable. El resto, las dos terceras partes que no pueden ser explotadas, están cubiertas por ciudades, montañas, desiertos, hielo, etc. Del 35% que puede ser dedicado a la agricultura, menos de la tercera parte (cerca del 10% del suelo total) puede ser cultivada y producir vegetales que los humanos pueden ingerir. Los dos tercios restantes del suelo agrícola mundial están cubiertos por pasto, matorral y otras plantas que pueden consumir los rumiantes. Es por esta razón que no se puede hablar de ineficiencia de los animales herbívoros, ya que ellos representan la única vía alternativa para que estas plantas puedan ser transformadas en alimento humano. A medida que la población aumenta, se hace más palpable la necesidad de utilizar los rumiantes para satisfacer la creciente demanda de alimento (Breeds of Livestock, 2000).

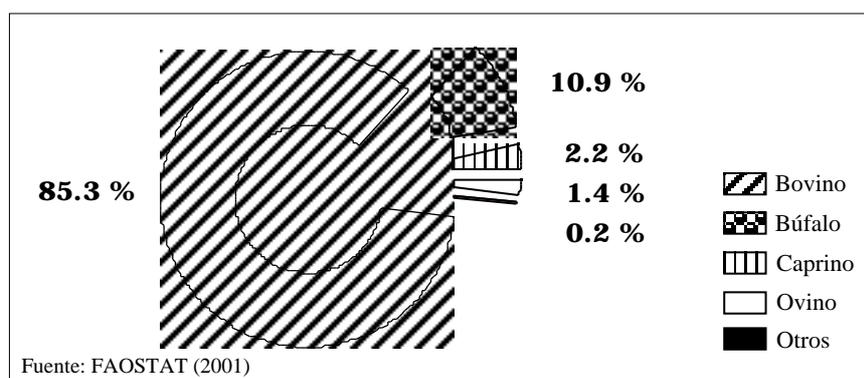
La principal aportación del ganado a la sociedad actual es su empleo como alimento, aunque se vea superado como tal por las plantas. Éstas aportan aproximadamente el 80% de las calorías consumidas en el mundo. En cambio, los animales son una fuente muy importante de proteína, más que de calorías, representando la tercera parte de la proteína consumida por el hombre. En concreto, la carne, la leche y el pescado representan respectivamente el 35%, 34% y el 27% de la demanda total mundial de proteína de origen animal (Breeds of Livestock, 2000).

La producción mundial de leche se estima en aproximadamente 568 millones de toneladas (FAOSTAT, 2001), siendo en el año 2000 cerca de 3 millones de toneladas (0.5% menos que en 1999). La producción de leche por especies y países se muestra en la Figura I-1 y Tabla I-1, respectivamente. La leche de oveja y cabra (8.2 y 12.2 millones Tm, respectivamente), tuvieron un incremento del orden de 0.7 y 0.5, respectivamente, mientras que la leche de vaca disminuyó 4 millones de toneladas, lo que corresponde a un decrecimiento del 0.9% respecto a 1999 (489 millones Tm). La leche de búfala mostró un mayor aumento en su producción, con un millón de toneladas más respecto a 1999 (60.8 millones Tm, un 1.8% más). Estas cifras indican que la producción mundial de leche está en continuo crecimiento, a pesar de las dificultades de orden económico y social que están sufriendo algunos países, como Rusia, parte de América Latina y algunos países del Sudeste Asiático (Bulletin IDF, 1999).

La utilización de la leche varía según el país y su ámbito social, en función de la productividad del sector, la competitividad en las importaciones, la demanda, los hábitos de

consumo, los precios de mercado, la tradición del país y la renta de los consumidores. Como ejemplo, están los países como Brasil, Japón y Reino Unido que destinan más de la mitad de la producción de leche bovina al tipo comercial líquido, y países como Nueva Zelanda que dedican la mayor parte de la leche a la fabricación de mantequilla, leche en polvo y otros subproductos lácteos, y menos del 10% a leche líquida (Bulletin IDF, 1999). Como media, cerca de dos tercios de la leche bovina producida se procesa en las industrias lecheras para su posterior venta como leche pasteurizada (entera, desnatada y otras) y leche fermentada. Por otra parte, se comercializan productos lácteos como el queso, la mantequilla, el yogur y la leche descremada en polvo.

Figura I-1. Producción mundial de leche por especies.



Como se ha comentado anteriormente, el consumo de leche viene determinado por los hábitos de consumo, que pueden variar entre regiones en un mismo país, independientemente de la clase social a que se pertenece, como en el caso de Brasil, en donde la creencia de que la leche que proviene directamente de las explotaciones ganaderas (leche clandestina o leche ilegal) es mejor y más saludable, supone una amenaza para la salud pública y una competencia desleal para los sectores lácteos. Esta vía ilegal de comercialización de leche se estima en torno al 50%, según datos del IDF (Bulletin IDF, 1999).

Tabla I-1. Distribución de la producción mundial de leche por continentes y especies productoras en el año 2000*.

PAÍSES	TOTAL	PRODUCCIÓN POR ESPECIES											Consumo ¹		
		BOVINA			CAPRINA			OVINA			BUFALINA	CAMELIDE	Leche de Vaca	Leche de Cabra	Leche de Oveja
		Miles de Tm	% Prod. Mundial	Variación 1992/00	Miles de Tm	% Prod. Mundial	Variación 1992/00	Miles de Tm	% Prod. Mundial	Variación 1992/00	% Prod. Mundial	% Prod. Mundial			
MUNDO	568487	484895	85.3 %	+ 5.2 %	12200	2.2 %	+ 17.7 %	8172	1.4 %	+ 4.3 %	10.9 %	0.2 %	85.7	2.0	1.5
<i>ÁFRICA</i>	26220	18687	3.3 %	+ 22.3 %	2679	0.5 %	+ 36.7 %	1629	0.3 %	+ 19.2 %	0.4 %	0.2 %	26.3	3.7	2.2
<i>AMÉRICA</i>															
Centro-Norte	98096	97936	17.2 %	+ 13.3 %	159	0.03 %	- 4.4 %	-	-	-	-	-	209.4	0.3	-
Sur	46419	46200	8.1 %	+ 33.9 %	185	0.03 %	- 2.0 %	35	0.006 %	+ 5.0 %	-	-	144.4	0.6	0.1
<i>ASIA</i>	162329	91968	16.2 %	+ 24.5 %	6904	1.2 %	+ 16.0 %	3631	0.6 %	+ 5.0 %	10.5 %	0.03 %	23.8	1.8	1.2
<i>EUROPA</i>	212158	206839	36.4 %	- 12.2 %	2273	0.4 %	+ 8.2 %	2876	0.5 %	- 3.2 %	0.03 %	-	306.5	3.6	5.6
<i>OCEANÍA</i>	23265	23265	4.1 %	+ 54.4 %	27	0.005 %	+ 8.0 %	-	-	-	-	-	764.7	-	-

* : Fuente: FAOSTAT, 2001.

¹ : Consumo en el año 1998 (FAO, 1999).

I-3. LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE OVEJA

El ovino se sitúa en cuarto lugar entre las especies productoras de leche en el mundo, con cerca de 8 millones Tm/año y cuenta con un censo de aproximadamente 1058 millones de cabezas, de las cuales, aproximadamente 196 millones son ovejas de leche (FAOSTAT, 2000). Se estima, por tanto, que como mínimo una de cada cinco ovejas existentes son ordeñadas total o parcialmente durante la lactación (Caja y Such, 1991).

La importancia del sector ovino lechero varía entre continentes y países, según las necesidades y condiciones particulares de cada lugar. En la Tabla I-2 se muestra la producción de leche de oveja en los diferentes continentes del mundo.

El origen, las vías de difusión de los antiguos rebaños y los factores socioeconómicos, han marcado la localización geográfica actual de la producción de leche de oveja en el mundo, que presenta, sobre todo en los países del Mediterráneo, una especial valoración y tradición productiva (Treacher, 1989; Caja, 1990; Such, 1990; Caja y Such, 1991).

La leche de oveja en los países de la cuenca mediterránea (Tabla I-2), con 4 millones de Tm/año, representa prácticamente el 50% de la producción total mundial (FAOSTAT, 2001). Tal porcentaje de producción puede ser explicado por el hecho de que el centro de la domesticación ovina se halla en Irán-Irak (9000 años a.C.), donde por medio del nomadismo y de los intercambios comerciales se extendió hacia los mares Mediterráneo, Negro y Rojo, así como también al centro de Asia.

Con respecto a otros países, cabe señalar la ausencia de datos relativos a la producción de leche, como es el caso de la India, un país de elevado censo ovino pero que posee una actividad de ordeño destinada al autoconsumo familiar y no figura en las estadísticas oficiales (Caja y Such, 1991). En general, es muy difícil estimar la producción y el consumo real de leche en estos países, debido a que la mayoría de los productores son pequeños y, aparte del autoconsumo, hacen sus ventas directamente al consumidor.

Actualmente, cerca del 80% de la producción ovina se destina al sector industrial, para la transformación en productos derivados como el yogur, la cuajada, la mantequilla y, fundamentalmente, el queso. En la Unión Europea, son especialmente importantes los países del sur, que significan aproximadamente el 26% de la producción mundial. Entre ellos se hallan Francia, Italia y España, que transforman mayoritariamente la leche en la industria, y también Grecia y Portugal que lo hacen de manera más artesanal, con consumo local (Montoro *et al.*, 1996).

Tabla I-2. Distribución de la producción Mundial (año 2000) de leche de oveja por continentes y en los países de la cuenca del Mediterráneo¹ (FAOSTAT, 2001).

PAISES	PRODUCCIÓN (Miles de Tm)	Producción Mundial %
MUNDO	8172	100
ÁFRICA	1629	19.93
<i>Argelia</i>	220	2.69
<i>Egipto</i>	93	1.13
<i>Libia</i>	56	0.68
<i>Marruecos</i>	27	0.33
<i>Túnez</i>	17	0.20
AMÉRICA DEL NORTE	-	-
AMÉRICA DEL SUR	35	0.43
ASIA	3631	44.43
<i>Chipre</i>	17	0.21
<i>Israel</i>	19	0.23
<i>Jordania</i>	20	0.24
<i>Líbano</i>	35	0.43
<i>Siria</i>	475	5.81
<i>Turquía</i>	785	9.60
EUROPA	2877	35.21
<i>Albania</i>	75	0.92
<i>España</i>	306	3.74
<i>Francia</i>	247	3.02
<i>Grecia</i>	670	8.20
<i>Italia</i>	850	10.40
<i>Malta</i>	2	0.02
<i>Portugal</i>	98	1.20
OCEANIA	-	-

¹ En cursiva minúscula los países de la cuenca del Mediterráneo.

En el ámbito mundial, y fuera del área tradicional de producción ovina lechera, el interés por la producción de ovejas de leche ha aumentado recientemente, como es el caso del Reino Unido (Bell, 1989), de los Estados Unidos (Boylan, 1989, McKusick *et al.*, 1999; Thomas *et al.*, 1999) y Oceanía, aunque poseen un número reducido de animales y destinan su producción a la fabricación de productos artesanales, como el queso o yogur (Caja y Such, 1991). De forma aún más inicial y quizás rudimentaria, se encuentran aquellos países en vías de desarrollo, como Brasil, que buscan en el sector ovino y caprino una alternativa para solucionar los innumerables problemas de pobreza, desnutrición y, sobre todo, una nueva opción de producción y mercado.

I-4. LAS RAZAS PRODUCTORAS

Por medio de la trashumancia y del nomadismo, los rebaños ovinos llegaron a los núcleos de población y a los campos de cultivo, donde intensificaron su sistema de explotación con la utilización de complementos alimenticios derivados de rastrojos de cereales, residuos de cultivo (huerta), pajas, henos y, actualmente, granos y alimentos concentrados. Debido a todo lo anterior, los rebaños de ovino presentan una gran diversidad de sistemas de producción, originada en las relaciones socioeconómicas y en los antecedentes históricos, siendo por ejemplo más especializados en los países desarrollados y con condiciones climáticas templadas (Caja y Such, 1991).

En la mayoría de los sistemas de producción del ganado ovino lechero, la posibilidad de intensificación tiene como uno de los factores limitantes las características del material animal. La organización de diversos programas de selección partió del interés por aumentar la eficiencia productiva de razas locales de ovejas de ordeño (Caja, 1990). Con vistas al aumento de la producción lechera, cualquier esquema de selección debe cumplir una serie de condiciones de tipo técnico, que incluyen el control lechero, la inseminación artificial y la metodología de evaluación de los reproductores (Montoro *et al.*, 1996).

Las razas de ovino lechero que se encuentran en programas de selección (Gabiña y Barillet, 1991; Sanna *et al.*, 1994), según países, son las siguientes:

- *España*: Carranzana, Churra, Latxa y Manchega.
- *Francia*: Vasca Bearnesa, Corsa, Lacaune y Manech.
- *Grecia*: Karagouniko.
- *Italia*: Langue y Sarda.
- *Israel*: Awassi y Assaf.

Algunas de las razas ovinas productoras de leche se encuentran en la Tabla I-3.

Entre las razas incluidas en estos programas de selección se encuentran las dos razas objeto de este estudio, la raza **Manchega** y la **Lacaune**, razas de muy distinto potencial productivo y que son productoras de tipos de queso específicos, a los cuales se les ha asignado la correspondiente denominación de origen.

Tabla I-3. Principales razas de ovino lechero de ordeño, agrupadas según su potencial productivo (Adaptado de Such, (1990), con actualizaciones recientes).

Potencial Productivo	Raza	País	Producción (días lactación)	Autores
ALTO ^ 200 litros	Awassi	Israel	>300 (210)	Breeds of Livestock, 2001
	Assaf	Israel	400 ¹	Agritech, 2001
	Chios	Grecia	120-300 ²	Breeds of Livestock, 2001
	Frisona	Alemania	500	Breeds of Livestock, 2001
	Lacaune	Francia	270 / 500 ²	Breeds of Livestock, 2001/UPRA Lacaune
	Massese	Italia	200-300 Kg	Pugliese <i>et al.</i> 2000
	Sarda	Italia	200 ² (150)	Daza, 1997
MEDIO 100-200 litros	Carranzana	España	128 (131)	Daza, 1997
	Churra	España	110 ² (120)	Daza, 1997
	Comisana	Italia	83-200 ² (140)	Pinelli <i>et al.</i> , 2000
	Corsa	Francia	109 (168)	UPRA races ovines Laitieres des Pyrenees
	Kymi	Grecia	105 (182) ¹	Alexandrides <i>et al.</i> , 1987
	Latxa	España	>250	Patre, 1990
	Manchega	España	>150	Catálogo Sementales raza Manchega, 1999
	Manech	Francia	120	UPRA races ovines Laitieres des Pyrenees
	Serra da Estrela	Portugal	150 (210)	BQOV, 2001; Patre, 1990
	Stara Zagora	Bulgaria	160-180	Grosev <i>et al.</i> , 1983
	Vasca Bearnesa	Francia	113 (135)	UPRA races ovines Laitieres des Pyrenees
BAJO < 100 litros	Boutsiko	Grecia	85 (176) ¹	Zervas y Boyazoglu (1980)
	Checoeslovaca	R. Checa	31 (90)	Cumlivski, 1978
	Chipriota	Chipre	98 (138)	Lawlor <i>et al.</i> , 1974
	Florina	Grecia	80 (130) ¹	Alexandrides <i>et al.</i> , 1987
	Karagouniko	Grecia	74 (98)	Hatziminaoglou <i>et al.</i> , 1983
	Karakul	Rusia	50-60	Elemesov, 1983
	Kivircik	Turquía	53 / 83 (135)	Boyazoglu, 1963 / Projelere97, 2001
	Merino	España	72-81 (133)	López <i>et al.</i> , 1999
	Merino Húngaro	Hungria	25-50	Fenyvessy, 1993
	Polaca	Polonia	50-70	Drozd, 1993
	Pleven	Bulgaria	59	Fenyvessy <i>et al.</i> , 1997
	Preálpes du Sud	Francia	46-88	Labussière <i>et al.</i> , 1974 - Le Du, 1978
	Serres	Grecia	74 (180) ¹	Zervas y Boyazoglu (1980)
	Tsigay	R. Checa	61	Mikus <i>et al.</i> , 1983
	Tzurcana	Rumanía	70-90	Dzabirsk y Andonov, 1997
	Vlachiko	Grecia	93 (191) ¹	Alexandrides <i>et al.</i> , 1987
	Valaca	Rumanía	68 (90)	Cumlivski, 1978

¹ Cabeza/año² kg de leche lactación.

I-4.1. La Raza Manchega

La raza ovina Manchega, junto con la Churra y la Latxa, es una de las principales razas Españolas de producción lechera, tanto por producción como por efectivo (Gallego *et al.*, 1991). Presenta un censo en torno a 1.500.000 hembras reproductoras, siendo aproximadamente 1.000.000 las ovejas ordeñadas en España (Montoro *et al.*, 1996; Catálogo de Sementales de raza Manchega, 1999; Razas de ganado Español, 2000). Los animales se concentran en la región de Castilla-La Mancha, aunque también se distribuyen por Madrid, Comunidad Valenciana, Castilla y León y Andalucía, habiéndose producido asimismo exportaciones a Portugal, norte de África y Latinoamérica.

El ovino Manchego (Figura I-2) se considera de carácter rústico, apto para vivir en climas extremados y secos, de vegetación pobre, con gran instinto gregario y docilidad (Catálogo de Sementales de raza Manchega, 1999). En régimen de pastoreo, en zonas áridas y de clima seco, se dedica a la producción de leche, carne y lana, destacando su producción lechera y su alto rendimiento en la producción de carne. La raza se clasifica como de doble aptitud (leche-carne), aunque tradicionalmente la producción de leche ha sido considerada como opción principal, existiendo así explotaciones especializadas en esta especulación productiva.

El sistema de producción es de tipo estante y semi-intensivo, aunque varía según la zona geográfica. En general, los animales están agrupados en rebaños que alcanzan la dimensión de 150 a 300 ovejas (Esteban, 1997). La alimentación se basa en pastoreo de praderas naturales o de residuos de cosecha y consumo de concentrado (0.4-0.6 kg/día) durante la época de ordeño. Las granjas especializadas en alta producción de leche mantienen sus animales estabulados durante períodos prolongados.

La producción actual media individual es superior a los 150 litros por lactación en aquellos animales sometidos a control lechero oficial e inscritos en el libro genealógico de la raza (Esteban, 1997; Catálogo de Sementales de raza Manchega, 1999), aunque la media de la raza se puede situar alrededor de 70 litros por animal y lactación (Catálogo de Sementales de raza Manchega, 1999). Otros autores citan una producción alrededor de 100-110 l/oveja y lactación, con un valor medio de grasa en la leche de aproximadamente el 8% (Montoro *et al.*, 1996). Sin embargo, los datos medios de grasa y proteína son de 6.8% y 5.8%, respectivamente, en 120 días de lactación, según el Catálogo de Sementales de raza Manchega (1999). El destino de la leche es en su totalidad la elaboración de queso, principalmente el

queso Manchego con denominación de origen. El rendimiento quesero es alto, en torno a 4.5-5 Kg de leche por Kg de queso fresco. Solamente el 47% de las ganaderías presentan un recuento de células somáticas por debajo del 1.000.000 cel/ml, aunque en las explotaciones que disponen de salas de ordeño, este valor disminuye significativamente a 650.000 cel/ml (Catálogo de Sementales de raza Manchega, 1999).

Figura I-2. Ovejas de raza Manchega.



Las ovejas de raza Manchega, adaptadas al ordeño mecánico, pueden aumentar su producción mediante la selección del ganado y la mejora de las condiciones de ordeño (Such, 1990), ya que existe una gran variabilidad en la producción de leche dentro de la población, dependiendo de muchos factores (genéticos, sistema de explotación, etc).

El esquema de selección del ovino Manchego de leche se inició en 1987, con una orientación inicialmente destinada al incremento en la cantidad de leche por oveja y lactación (Montoro *et al.*, 1996), manteniendo las características morfológicas de la raza. Para lograr dicho objetivo, se trabajó conjuntamente en el control lechero, la inseminación artificial y la metodología para la valoración de reproductores.

Según el Catálogo de Sementales de raza Manchega (1999), se observa un incremento en la producción de leche de la población de ovejas en control, con una superioridad de 22 litros, en relación a la media, de las hijas de inseminación artificial. Por otra parte, conviene destacar que solamente se controlan las producciones del 3.7% del censo de ovino Manchego de ordeño, y se insemina menos del 2% del mismo.

I-4.1. La Raza Lacaune

La raza ovina Lacaune (Figura I-3), de origen francés, se localiza en el sur del Macizo Central, en los departamentos de Aveyron, de Tarn, de la Lozère, de Hérault y las zonas limítrofes (UPRA Lacaune). Inicialmente era explotada tanto para leche como para producir corderos de carne, o sea con doble aptitud, habiéndose especializado posteriormente la raza en la producción de leche o en la de corderos. La mayor fuente de ingresos proviene de la transformación de leche en queso, principalmente el *Roquefort*, de denominación de Origen Controlado (D.O.C.), que es muy apreciado y cuya elaboración sigue un método tradicional, objeto de regulación legislativa desde 1407 (Guillouet y Barillet, 1991). El sistema de explotación es de tipo intensivo o semi-intensivo, y se caracteriza por una elevada mecanización del ordeño y de los sistemas de cultivo o cosecha de los alimentos.

El potencial productivo de las ovejas Lacaune, que antes correspondía a animales de nivel medio de producción (100-200 litros), ha aumentado estos últimos 20 años, pasando a caracterizarse como ovejas de alto nivel productivo, con una producción total por lactación de 275 litros. Actualmente se considera que existen aproximadamente unos 800000 animales en ordeño, de los que 727450 se controlan (UPRA Lacaune, 2001).

En Francia, en los últimos 35 años se han concentrado muchos esfuerzos en la investigación y aplicación de programas de mejora genética de ovejas lecheras con vistas a la selección de las razas locales francesas, en sus áreas específicas de producción, como es el caso de la raza Lacaune en Roquefort, las razas Vasca-Bearnesa y Manech en los Pirineos, y la raza Corsa en la isla de Córcega. El objetivo principal de la selección ha sido incrementar el nivel genético de la producción lechera de estas razas, bajo sistemas de alimentación basados en una gran utilización de forrajes, incrementando la autosuficiencia de las explotaciones ganaderas y justificando la regulación de los quesos con denominación de origen. Este primer objetivo viene siendo desarrollado especialmente en la raza Lacaune.

La selección del ganado ovino lechero en Francia se basa principalmente en los

caracteres lecheros y en el estándar racial, y no se ha llevado a cabo aún ninguna selección directa sobre los caracteres secundarios, tales como la aptitud al ordeño mecánico o la morfología de la glándula mamaria. Según Marie *et al.* (1999), ante la importancia económica creciente de estos caracteres secundarios, actualmente los trabajos se dirigen a estudiar su determinismo genético y verificar si la selección por la producción induce o no una respuesta genética indirecta sobre estos caracteres de aptitud funcional.

La mejora por producción de leche se desarrolló principalmente entre 1970 y 1980, por composición de la leche (cantidad de materia grasa y proteica de la leche) en la década siguiente (1980-1990) y, en los últimos años están siendo investigados por el INRA, en la granja experimental de La Fage, por un lado las curvas de emisión de leche y los caracteres morfológicos de la ubre, y por otro, la cantidad de células somáticas presentes y su relación con la mamitis (Barillet *et al.*, 1997).

Figura I-3. Ovejas de raza Lacaune.



Fuente: Confédération Générale des producteurs de Lait de Brebis et des Industriels de Roquefort, 1981.

I-5. LA GLÁNDULA MAMARIA

I-5.1. Origen

La clase Mamíferos (Mammalia), está integrada por unas 4450 especies repartidas en 21 órdenes (Hickman *et al.*, 1988), y posee algunas características que no están presentes en ninguna otra clase de vertebrados, como es la glándula mamaria. Las particularidades más destacables de esta clase se encuentran en la Tabla I-4.

Según la Nomenclatura Anatómica Veterinaria (Schaller, 1996), la palabra **mama** procede del latín *mamma* y viene definida por "cada uno de los complejos mamarios formado por un cuerpo y un pezón, homólogo de un pecho humano" y, **glándula mamaria** (*L. glandula mammaria*) a "cada una de las glándulas y su sistema de conductos que se encuentran en una mama". La palabra **ubre** (*L. Uber*) se define como "término colectivo para designar el conjunto de las mamas en équidos y rumiantes".

Tabla I-4. Clasificación de los órdenes de Mamíferos con sus respectivas categorías (Basado en Schmidt, 1974).

	Subclases	Orden	Características	Glándulas mamarias
CLASE MAMMALIA	<i>Prototheria</i>	Monotremata, 1 orden (ornitorrinco y equidnas) Mamíferos extintos	Ovíparos: Ponen huevos y carecen de placenta	Poseen las más primitivas, y carecen de pezones
	<i>Theria:</i>	Mamíferos actuales	Vivíparos: Gestan sus crías	
	• Metatheria	Marsupiales, 1 orden (canguro, koala, zarigüeyas, etc)	Poseen bolsa abdominal, con un tipo de placenta muy primitiva para el desarrollo fetal	Más desarrolladas, con pezones localizados en una depresión de la bolsa, y que completan el desarrollo de los embriones
	• Eutheria	Placentados, 19 órdenes (erizo, oso, murciélago, humanos, cabra, elefante, oveja, vacuno, delfín, etc)	Provistos de placenta corioalantoidea y en su mayor parte, bien desarrolladas	Bien desarrolladas: lóbulos y lobulillos de tejido secretor, sistema de conductos y pezón

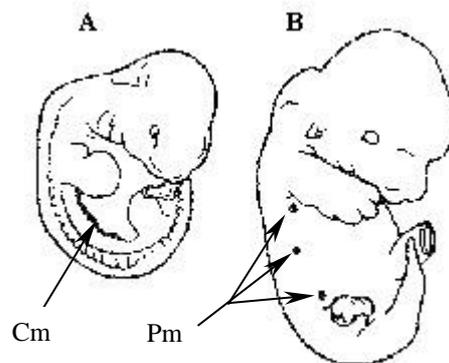
La mayor parte de los mamíferos son poseedores de glándulas mamarias bien desarrolladas, mientras que otros órdenes las tienen muy primitivas, como es el caso de los monotremas, que no poseen pezones y las crías se alimentan a través de la leche que se

impregna en unos mechones de pelo situados en el vientre de las hembras (Vaughan, 1988; Tellería, 1987).

La glándula mamaria tiene su origen en las glándulas sudoríparas, y su desarrollo se hace a lo largo de las llamadas *líneas de la leche* o *crestas mamarias* del embrión. Las *crestas mamarias*, paralelas a la línea alba, están formadas a partir de dos espesamientos ectodérmicos alineados que se extienden simétricamente desde el esbozo de las axilas a la región inguinal, como muestra la Figura I-4. A lo largo de las crestas mamarias, se proyectan en intervalos definidos los llamados *puntos mamarios*, que a su vez por gemación, dan origen a los conductos y glándulas galactóforas o glándulas mamarias (*L. Glandula mammaria*), que se desarrollan bajo la acción de las hormonas sexuales. Entre estos puntos mamarios, desaparece las crestas mamarias, aunque en algunos casos persisten y dan origen a puntos mamarios accesorios.

La glándula mamaria está presente en todas las hembras de los mamíferos y, en forma rudimentaria, en todos los machos (*L. Mamma masculina*). En cuanto a su disposición, número y emplazamiento, la glándula mamaria varía según los órdenes. En los suidos, roedores, lagomorfos y carnívoros, la glándula mamaria se encuentra distribuida a lo largo de las líneas de la leche, mientras que en otras especies animales solamente se desarrollan las glándulas inguinales (rumiantes y équidos) o pectorales (proboscídeos, quirópteros y antropoides). De esta forma, en su gran mayoría, los puntos mamarios no desarrollados o extras regresan precozmente mientras que otros persisten para dar lugar a los pezones supernumerarios que pueden o no ser independientes a las demás glándulas.

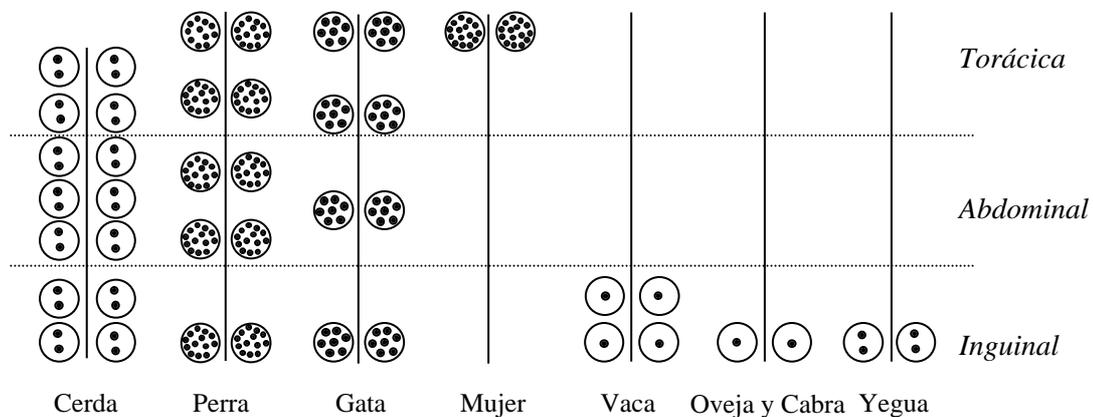
Figura I-4. Formación de las mamas en un embrión de topo. A, cresta mamaria (Cm) derecha; B, embrión de mas edad con tres puntos mamarios (Pm) sobre la cresta ya desaparecida (Grassé, 1982).



I-5.2. Anatomía externa

Las glándulas mamarias presentes en los mamíferos se distribuyen a ambos lados del animal en forma de unidades que reciben el nombre de complejo mamario, que pueden variar en número y localización, como muestra la Figura I-5. El aspecto externo de la glándula varía considerablemente según la especie, y puede también modificarse según la edad o raza, como explicaremos más adelante.

Figura I-5. Distribución de las glándulas mamarias presentes en ambos lados en algunos mamíferos. Los puntos indican el número de orificios del pezón (Dyce *et al.*, 1999).

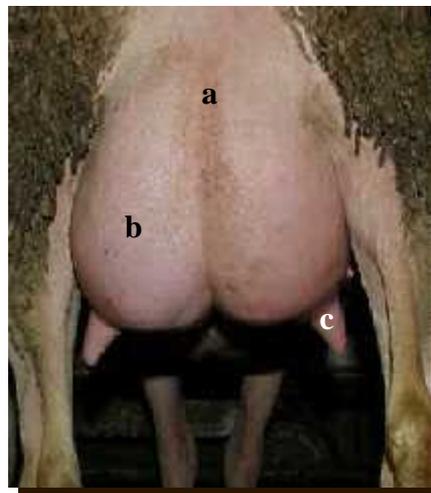


El complejo mamario o ubre, en el ganado **ovino** se sitúa en la región inguinal, posee generalmente forma globular (aplanada en el lado septal), y está constituido por un par de glándulas mamarias separadas por un surco intermamario, medial y superficial, como muestra la Figura I-6. Cada una de las glándulas está localizada medial y caudalmente al seno inguinal (*L. Sinus inguinalis*) del mismo lado, y está provista de un pezón. Los pezones, de forma general, se sitúan lateralmente y poseen sus extremos dirigidos craneal o ventrolateralmente. Es posible encontrar ovejas con pezones supernumerarios (*L. Mamma Accessoria*), los cuales se denominan pezones de politelia. La presencia de pezones supernumerarios motivó que en 1923 Alexander Graham Bell iniciara la selección genética de ovejas con más de dos pezones, suponiendo un posible incremento en la producción lechera de estas ovejas. Sin embargo, la respuesta esperada no fue encontrada (Ruberte *et al.*, 1994b).

La parte superior de la ubre de la oveja puede estar cubierta de lana, pero cuando no la

poseen, tienen una pigmentación clara y frecuentemente manchada por la secreción de las glándulas existentes en el interior de las bolsas cutáneas inguinales. Tal secreción se caracteriza por ser de color amarillo y grasienta. Estas invaginaciones cutáneas, denominadas senos inguinales, y su secreción sebácea, poseen dos propiedades fundamentales: una es la presencia de feromonas que promueven el reconocimiento materno-filial, y la otra es la disminución del roce propio del movimiento de la ubre en lactación (Ruberte *et al.*, 1994b). Los pezones están cubiertos de forma escasa por un fino pelo, al contrario del bovino que carece del mismo.

Figura I-6. Morfología externa de la ubre de oveja. a: ligamento suspensor; b: glándula mamaria; c: pezón.



Fuente: Caja y Such, 2000

I-5.3. Anatomía interna

En lo que respecta a su estructura histológica, la glándula mamaria es una glándula compuesta, de tipo tubuloalveolar, y como hemos mencionado anteriormente, se trata de una glándula sudorípara modificada, y exocrina. Sin embargo, algunos componentes de la leche, como las proteínas y los carbohidratos, son excretados en forma merocrina, y otros, como los lípidos, de forma apocrina (Banks, 1986). Es sabido también que la mama suele clasificarse como glándula accesoria del sistema reproductivo (Schmidt, 1974).

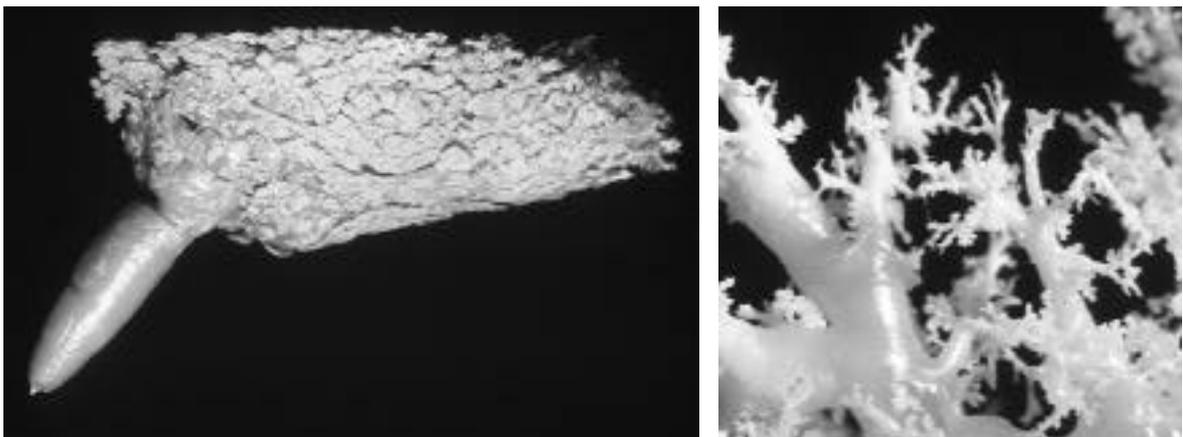
El cuerpo de la mama de la oveja (*L. Corpus Mammae*) es comparable al de otras especies domésticas, estando constituido por una cápsula fibroelástica, tejido conjuntivo intersticial y tejido glandular. El parénquima glandular y el tejido conjuntivo se distribuyen en función de la actividad secretora de la glándula, según la fase evolutiva de la ubre. También

conviene señalar que el tejido intersticial aumenta con la edad, originando la llamada "mama carnosa" en los bovinos de leche, que contiene más o menos tejido adiposo (Schwarze *et al.*, 1984).

Además de su envoltura cutánea, la ubre posee un sistema de fascias que funcionan como un sistema de sostén, llamado **aparato suspensor mamario** (L. *Apparatus suspensorius mammarius*). Éste está formado por hojas o láminas laterales (L. *Laminae laterales*) de tejido conjuntivo, responsables de la fijación de la mama al tronco y al perineo, y por láminas mediales (L. *Laminae mediales*) de tejido elástico, que separan los dos complejos mamarios por medio de un septo, el cual determina externamente el surco intermamario o **ligamento suspensor de la ubre** (L. *Sulcus intermammarius* o *Ligamentum suspensorium uberis*). De esta forma, las dos mamas están funcionalmente separadas entre sí, derecha y izquierda, por la envoltura de tejido conjuntivo que las circunda (Ruberte *et al.*, 1994b).

El parénquima glandular está constituido por una red de conductos (Figura I-7), que van desde las estructuras más internas que son los alveolos (o unidades secretoras de la glándula), hasta las más externas responsables de la recogida y transporte de la leche, como las porciones glandular (cisterna) y papilar (pezón) del seno lactífero.

Figura I-7. Molde anatómico de la ubre de la oveja lechera obtenido por el método de la corrosión plástica (izquierdo) con detalle del sistema ductal (ductos lobulillares), con sus conductos y alveolos (derecho).



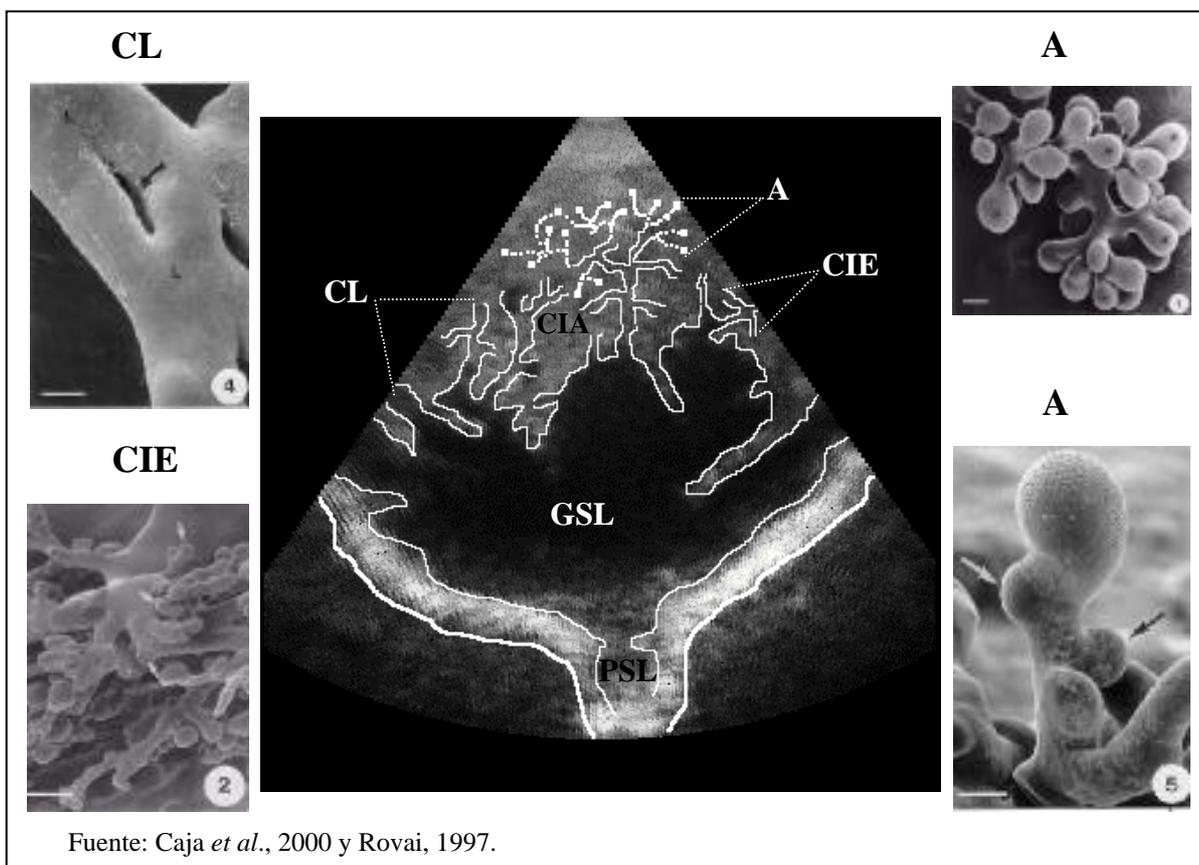
Fuente: Caja *et al.*, 2000.

Los alveolos (Figura I-8), de epitelio cúbico simple secretor, juntamente con sus respectivos conductos alveolares, se unen para formar los **lobulillos** mamarios (L. *Lobuli*

glandulae mammae). Éstos a su vez desembocan en otros conductos llamados **intraalobulillares** (*L. Lobi glandular mammae*), de epitelio cúbico biestratificado, que se continúan en los conductos **interalobulillares** (lobulares) o **galactóforos**. Los conductos galactóforos, de epitelio plano poliestratificado no queratinizado, desembocan en los llamados **conductos lactíferos** (Gallego, 1983; Paniagua *et al.*, 1983; Ruberte *et al.*, 1994b).

Los conductos lactíferos (*L. Ductos lactiferi*) se caracterizan por ser tubos de diverso diámetro y longitud, compuestos de un epitelio de una o dos capas de células, rodeados por una otra capa de naturaleza conjuntivo-elástica y por fibras musculares. Estos tubos, dispuestos de forma paralela, atraviesan regularmente el parénquima, y son los responsables de conducir la leche proveniente de los alveolos hasta el **seno lactífero** (*Sinus lactiferi, Receptaculum lactis*)(Schwarze y Schröder, 1984).

Figura I-8. Morfología interna de la ubre, con representación del sistema canalicular mamario.
A: alveolos y conductos; **CIA:** conducto intraalobulillar; **CIE:** conducto interalobulillar; **CL:** conducto lactífero; **GSL:** porción glandular del seno lactífero; **PSL:** porción papilar del seno lactífero.

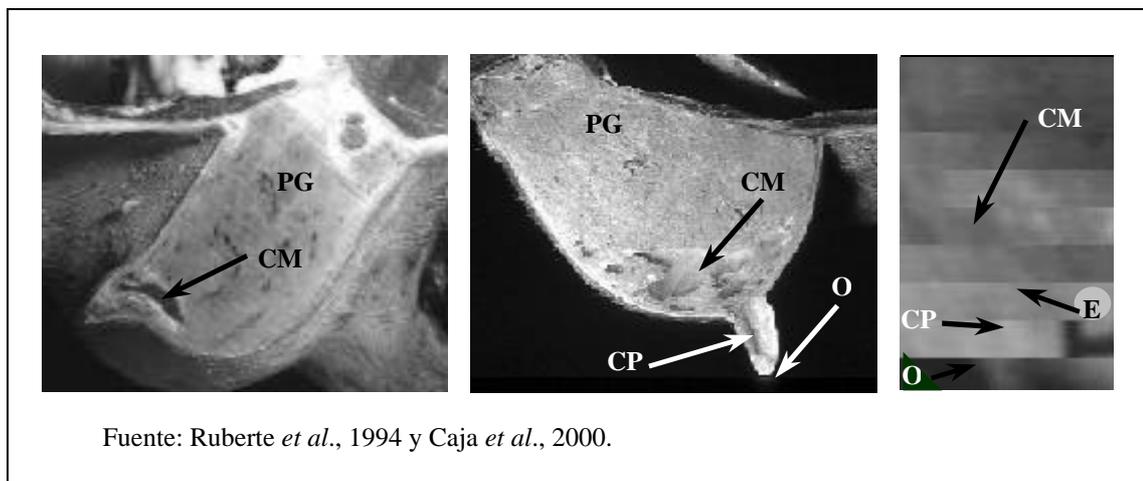


Fuente: Caja *et al.*, 2000 y Rovai, 1997.

El seno lactífero se divide en dos partes, separadas entre sí por un esfínter o anillo llamado cricoides, una en el interior del parénquima glandular (seno glandular), también llamada *cisterna mamaria* (L. *Pars glandularis*), y otra en el interior del pezón, conocida como cisterna del pezón (L. *Pars Papillaris*), que se comunica con el exterior por un único orificio papilar (Figura I-9).

Cabe señalar que los alveolos mamarios están rodeados por un sistema capilar arterio-venoso y por células mioepiteliales que, bajo el efecto vasoconstrictor de la hormona oxitocina, expulsan la leche acumulada en los alveolos hacia la cisterna mamaria. Esta última puede almacenar la leche secretada entre ordeños debido a la elasticidad de sus paredes, que puede variar entre las distintas razas lecheras. El tamaño de los alveolos varía según los estadios de la actividad secretora, poseyendo así límites irregulares tras el ordeño, cuando se halla la luz parcialmente colapsada.

Figura I-9. Estructura interna de la ubre ovina: Parénquima glandular (PG), cisterna mamaria (CM), cisterna del pezón (CP), orificio del pezón (O) y esfínter cricoideo (E).



I-5.4. Vascularización

La irrigación sanguínea de la ubre, en su mayor parte, llega a través de las arterias pudendas externas, que se transforman en mamarias al atravesar el canal inguinal, para llegar a la base de cada mama. La parte posterior de la ubre está irrigada por las arterias perineales izquierda y derecha, al contrario del ganado vacuno que posee una bifurcación de la pudenda en dos ramas, craneal y caudal. La vena pudenda externa realiza la mayor parte del drenaje venoso de la ubre. Tras el parto, el aporte sanguíneo de la ubre se incrementa considerablemente, para

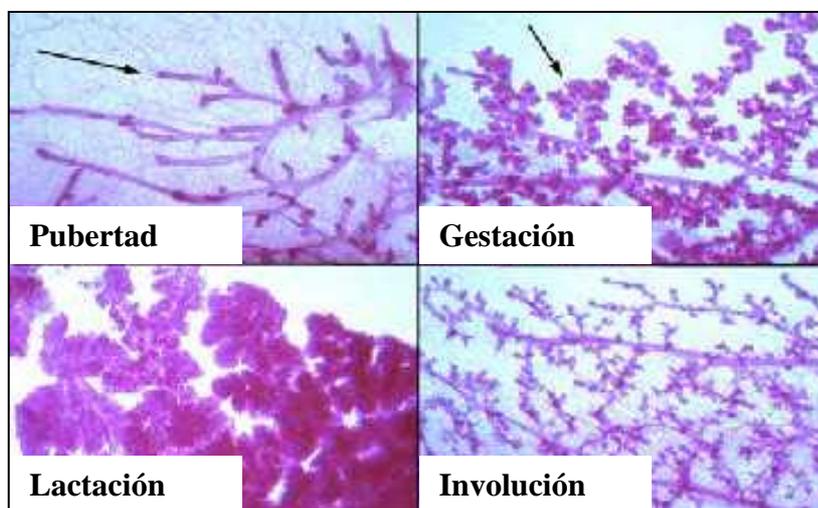
con ello aportar la cantidad de nutrientes necesarios a la síntesis de la leche.

Los alveolos están rodeados por capilares sanguíneos responsables del aporte de nutrientes, que son absorbidos por las células epiteliales, transformándose en componentes de la leche, y posteriormente son liberados en la luz de los alveolos (Schmidt, 1974).

I-5.5. Fisiología

En el momento del nacimiento del animal, la mama está representada por escasos y rudimentarios conductos, próximos a los pezones, que se van desarrollando lentamente hasta el inicio de la pubertad. En ese instante tiene lugar un crecimiento y ramificación de dichos ductos (Figura I-10), que sustituyen el tejido adiposo mamario, originándose el tejido glandular. Es al final de la gestación e inicio de la lactación cuando ocurre la diferenciación completa del epitelio alveolar. Al final de la lactación, el epitelio alveolar sufre apoptosis, y la glándula mamaria inicia un proceso de involución y reestructuración (Hennighausen y Robinson, 1998).

Figura I-10. Evolución de la glándula mamaria en los distintos estadios de la vida reproductiva de las hembras de ratón (Hennighausen, 2000).



El desarrollo fundamental de la glándula mamaria, en aquellos animales provistos de placenta, tiene lugar cuando el sistema reproductivo empieza a ser funcional, es decir, que la mayor parte del mismo comienza conjuntamente con el inicio de la gestación de la hembra (Schmidt, 1974).

El estudio del desarrollo de la ubre data de inicios del siglo XX, cuando Halban (1900)

estableció que el control endocrino del mismo estaba bajo tutela del ovario, al demostrar que la ovariectomía llevaba a la regresión de la glándula mamaria. Sin embargo, otros autores (Stricker y Grueter, 1928) pudieron inducir la lactación en conejas vírgenes por medio de una inyección de extracto pituitario. Algunos años más tarde, la hormona pituitaria fue purificada, y denominada prolactina (Riddle *et al.*, 1933). Sólo recientemente, la genética molecular está identificando, a partir del genoma de los ratones, los componentes genéticos responsables del desarrollo de la glándula mamaria (Hennighausen *et al.*, 1998).

En la fase de amamantamiento o de ordeño, las células mioepiteliales que rodean los alveolos mamarios de la ubre, reciben un estímulo del sistema nervioso para liberar la leche hacia los conductos y la cisterna, permitiendo su consiguiente extracción. Todo el proceso de secreción de leche sigue una evolución que va desde un máximo de producción al inicio de la lactación, seguido de una disminución y del cese de producción, tras la involución del cuerpo y tejidos secretores de la mama, llegando a una situación parecida al estado de pubertad del animal (Schmidt, 1974).

I-6. EL ORDEÑO MECÁNICO

La implantación de la máquina de ordeño en el ovino se remonta a la década de los 60, aunque la primera máquina fue construida en 1932 por Robert Fleuri, director de la *Société des Caves de Roquefort*, siguiendo los deseos de los industriales lecheros de Roquefort, que deseaban mejorar la calidad bacteriológica de la leche (Labussière, 1982).

Inicialmente se adoptó el ordeño mecánico en aquellas explotaciones que poseían una uniformidad productiva del rebaño, con un gran número de animales de alto nivel de producción, que hacían muy lento y pesado el ordeño a mano. La mecanización del ordeño exige una alta inversión inicial, según el tamaño del rebaño, pero al comparar el ordeño mecánico con el manual se observan una serie de ventajas que justifican su utilización, que se pueden resumir en los siguientes puntos (Fernández, 1995):

- **de orden económico**

La utilización del ordeño mecánico proporciona un aumento del rendimiento horario por operario, y el número de ovejas ordeñadas puede incrementarse entre un 42% y un 72%, dependiendo de las razas utilizadas.

Los rendimientos de la mano de obra aumentan con la mejora de las instalaciones y los equipos de ordeño, que a su vez propician la realización del trabajo en condiciones más adecuadas. No debemos olvidar tampoco la influencia de la simplificación de las rutinas de ordeño o de la presencia de ovejas aptas para el ordeño mecánico, sobre el rendimiento de los operarios.

La mejora del rendimiento horario se traduce en la versatilidad de los trabajadores para realizar otros tipos de tareas dentro de la explotación, y también en su comodidad, dado que el ordeño manual es un trabajo muy duro que requiere muchas horas de rutina por parte del pastor.

- **de orden higiénico-sanitario**

La existencia de condiciones adecuadas de trabajo, así como el correcto mantenimiento y uso de la maquinaria de ordeño e incluso el cuidado de evitar el sobreordeño, permiten mejores condiciones higiénicas, que pueden ser consideradas como un factor importante en la mejora del estado sanitario de la ubre (Ojeda, 1973; Gonzalo *et al.*, 1983; Such y Caja, 1992).

La sanidad de la ubre condiciona en gran medida la calidad higiénica de la leche cruda, la cual puede ser evaluada según algunos criterios como presencia o ausencia de agentes patógenos, gérmenes saprofiticos, toxinas microbianas, biocidas, residuos químicos ambientales como son los detergentes y los metales pesados, propiedades sensoriales, y células somáticas, entre otros (Gonzalo, 1998). El recuento de las células somáticas de la leche, como un método indirecto de diagnóstico del estado sanitario de la ubre, viene siendo utilizado en programas de control de la mamitis en el ganado vacuno, y asume también un papel importante en el ganado ovino y caprino (Gonzalo, 1994), ya que la mamitis es, probablemente junto con las patologías reproductivas, una de las principales causas de pérdidas económicas en el ganado ovino lechero (González Rodríguez *et al.*, 1995).

Con relación a la carga microbiana, mientras que en la leche proveniente del ordeño tradicional a mano se puede llegar a encontrar 308×10^3 gérmenes/ml, en la leche de ordeño mecánico las cantidades oscilan entre 168×10^3 gérmenes/ml y 98×10^3 gérmenes/ml, según la rutina de ordeño empleada (Gonzalo, 1984). Por otra parte, se han publicado trabajos en los que se determinó que el contenido en células somáticas presentes fue de 2700×10^3 células/ml en la leche del ordeño mecánico con repaso manual y de 1600×10^3 células/ml en aquella obtenida sin el repaso, mientras que en la leche ordeñada a mano se obtuvo una cuantía de 3350×10^3 células/ml (Gonzalo *et al.*, 1983, para la raza Churra).

Cabe señalar que hay otros trabajos donde dicha diferencia no ha sido observada (Bergonier *et al.*, 1994), o incluso se ha encontrado un menor recuento celular en la leche ordeñada a mano (Ubertalle *et al.*, 1994), lo que parece indicar una cierta disparidad de resultados en la relación entre el método de ordeño y el recuento celular en el ovino lechero. Diversos autores han definido la ubre ovina como sana cuando la leche posee menos de 250.000 cél/ml (Romeo *et al.*, 1994) o hasta 300.000 cél/ml (Fruganti *et al.*, 1985).

Por último, la presencia de una elevada concentración de células somáticas en la leche provoca el aumento de algunos de sus componentes (sodio, cloratos, proteínas del suero, seroalbúmina, lactoferrina, inmunoglobulinas), y la disminución de otros (grasa, lactosa, caseína, calcio, potasio, etc.), perjudicando la transformación de la leche en sus derivados, debido a su influencia en la calidad y estabilidad de los productos. Estos resultados se deben a la relación negativa existente entre el RCS y la lactosa, y la

correlación positiva del RCS con la proteína de la leche (Kukovics *et al.*, 1994; Margetin *et al.*, 1994; Ubertalle, 1994; Bedö *et al.*, 1995).

Sin embargo, el ordeño mecánico también comporta una serie de riesgos, que deben ser tenidos en cuenta a la hora de ser utilizado como alternativa al ordeño manual, tales como la salud del rebaño, la economía, la practicidad y la productividad. Son los siguientes:

a) Cambio de hábitos y rutina de trabajo

El cambio de sistema de ordeño viene acompañado de nuevas rutinas y hábitos de trabajo, así como de una gran inversión económica. Así, se hace necesario un adecuado planteamiento inicial, que pueda justificar la compra de esta nueva tecnología y que, sobre todo, no supere la realidad de la explotación, como en los casos de explotaciones con un número pequeño de animales y de carácter familiar, que pueden no obtener los resultados esperados. El apoyo inicial y un posterior asesoramiento técnico en la utilización de la maquinaria de ordeño, son factores considerados como de suma importancia sobre la sanidad de la ubre (Such y Caja, 1992).

b) Aspectos importantes para el buen funcionamiento de la máquina de ordeño

El aumento en el nivel de vacío, o incluso las fluctuaciones de vacío de la ordeñadora, son responsables de mayores tasas de infección del rebaño, con un aumento en el recuento celular de la leche por la congestión e irritación de los pezones y la consecuente mamitis (Le Du, 1983 y 1985; Gonzalo *et al.*, 1983).

Las fluctuaciones de vacío pueden ser tanto cíclicas como irregulares. Las de tipo *cíclico* son el resultado de la pulsación sobre el manguito de ordeño, lo que provoca un cambio de volúmenes fundamentalmente en la extremidad del pezón en cada ciclo de pulsación. Por otra parte, las de tipo *irregular* son aquellas que se originan por la retirada brusca de las pezoneras sin el previo corte del vacío, o debido a la caída de pezoneras, que conlleva la entrada súbita de aire en el sistema (Such y Caja, 1992; Gonzalo, 1998). Tales fluctuaciones aumentan la probabilidad de que se produzcan mamitis, por el posible traspaso de gérmenes de una mama infectada a otra sana, o también porque el colector o los tubos cortos hayan sido previamente infectados por una oveja anterior (Gonzalo, 1998).

Otro aspecto importante de la máquina de ordeño son sus parámetros de pulsación

(velocidad y relación), que pueden afectar las fracciones de ordeño y la cinética de emisión de leche (Sagi *et al.*, 1973; Casu y Carta, 1974; Labussière *et al.*, 1974; Le Du, 1981).

Además de las fluctuaciones de tipo irregular mencionadas previamente, el masaje realizado en las proximidades de la embocadura de las pezoneras permite la entrada de aire a través de las mismas (Gonzalo, 1998). De igual modo, la relación succión/masaje mayor de 66% puede ser considerada como factor predisponente a la mamitis (Such y Caja, 1992).

c) *El manejo*

Otro factor de suma importancia, para el correcto ordeño mecánico y la prevención de la mamitis, es evitar el sobreordeño de las ovejas, en otras palabras, el "olvido" de las pezoneras puestas cuando las cisternas no contienen más leche. De forma general y habitual, el operario puede llegar a producir un tiempo de ordeño superior a los 3 minutos por oveja, debido a excesivos masajes en las ubres (20-30 seg. por oveja, cuando sólo son necesarios 15 segundos aproximadamente) o bien a atender un número elevado de unidades de ordeño. De acuerdo con Gonzalo (1998), la relación ideal sería no sobrepasar las 6 unidades por operario.

d) *Características morfológicas de la ubre*

La mecanización del ordeño exige una buena configuración anatómica de la mama de las ovejas lecheras, que sea compatible con la adaptación y el buen funcionamiento de las máquinas de ordeño. En general, los animales de mayor producción presentan una inadecuada morfología de ubre, con cisternas de gran capacidad y elevado ángulo de los pezones, que propician el aumento de la tasa de caída de pezoneras y la mayor manipulación de la ubre, dando como resultado inevitable el sobreordeño de las ovejas.

I-6.1. El papel de las hormonas de la leche durante el ordeño mecánico

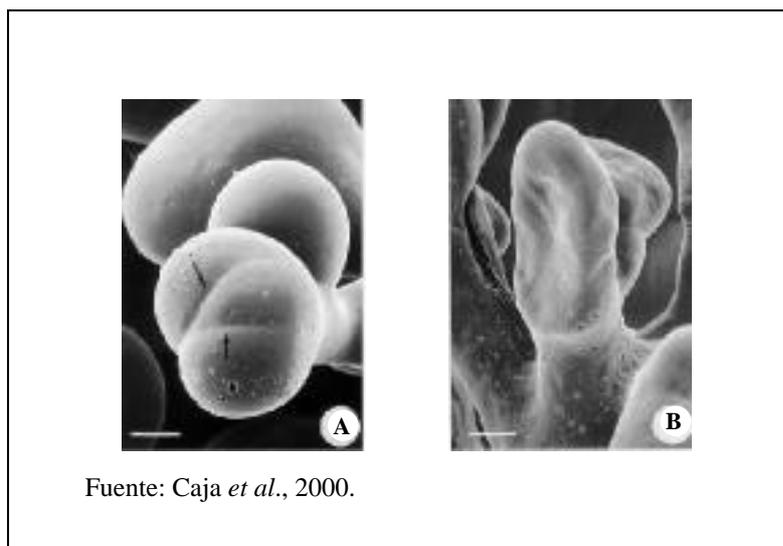
El amamantamiento de los corderos o el ordeño induce, vía reflejo neuro-endocrino, la liberación de hormonas oxitocina, prolactina, y adrenocorticotrófica (ACTH). Sin embargo, solamente la oxitocina posee un papel relevante en la eyección de la leche, con el consecuente vaciado de la ubre, y en el mantenimiento de la lactación.

Otro factor importante es el alto nivel basal de oxitocina observado en algunas ovejas al final de la lactación, que se debe probablemente a la presencia de cuerpos lúteos durante este período (Schallenberger *et al.*, 1989; Labussière *et al.*, 1993; Negroao *et al.*, 1999). Estos últimos

autores, al estudiar el papel de las hormonas oxitocina, prolactina y cortisol a lo largo de la lactación y en dos lactaciones sucesivas, observaron que el inicio del ordeño va acompañado de una liberación significativa de oxitocina, y que ésta alcanza su máximo a los 0.5 minutos tras la colocación de las pezoneras. Al estudiar los animales desde el día 1 hasta el 150 post-parto, encontraron a los 30 días un valor máximo de oxitocina durante el ordeño, que se mantuvo superior al nivel basal hasta el final de la lactación. Por otra parte, los niveles de prolactina se incrementaron lentamente a lo largo de todo el ordeño, alcanzando su máximo a los 6 minutos, mientras que el cortisol aumentó al finalizar el ordeño, alcanzando su valor máximo a los 10 minutos (Negrao *et al.*, 1999).

El estímulo nervioso que recibe la oveja, proveniente del cordero, ordeñador o máquina, alcanza la medula espinal y a través de ella llega al hipotálamo, responsable de la síntesis de la oxitocina. Ésta se almacena en la hipófisis, y se libera tras la llegada del estímulo correspondiente, pasando al torrente sanguíneo y a la glándula mamaria. La oxitocina estimula la región alveolar por vía sanguínea, y provoca la contracción de las células mioepiteliales que se encuentran rodeando los alveolos. Éstos se contraen, cegando el lumen alveolar (Figura I-11), y producen la evacuación de la leche a la cisterna, que así es extraída por el cordero o mediante el ordeño. La vida media de la oxitocina en la sangre no es superior a los 5 minutos.

Figura I-11. Microscopia electrónica del alveolo mamario (A: antes de la eyección de leche; B: colapsado tras la eyección).



Conviene señalar además, que la realización del ordeño bajo situaciones de estrés (mal

trato de los animales, ruidos, etc.) hace que los animales liberen adrenalina, que disminuye la actividad de las células secretoras de oxitocina del hipotálamo y bloquea el reflejo de eyección, ya que compite con los receptores de la oxitocina de las células mioepiteliales. Este hecho es sumamente importante, debido a que la retención de grandes cantidades de leche en la glándula mamaria tras el ordeño inhibe la actividad secretora de las células alveolares, y favorece la aparición de mamitis en los rebaños (Fernández *et al.*, 1991).

I-7. APTITUD AL ORDEÑO MECÁNICO

Se define como aptitud al ordeño mecánico la capacidad de un animal en lactación para liberar la mayor parte de la leche contenida en la ubre ante el estímulo de un equipo de ordeño mecánico, en el menor tiempo posible y con el mínimo de intervenciones manuales por parte del ordeñador (Fernández, 1985; Such, 1990).

Labussière (1983), juntamente con otros autores, propusieron algunos criterios para definir y valorar la aptitud al ordeño mecánico de las ovejas, que son, entre otros:

- *Fraccionamiento o reparto de la leche en el ordeño y en la ubre.*
- *Cinética de emisión.*
- *Parámetros anatómicos y morfológicos de la ubre.*
- *Caída de pezoneras.*
- *Respuesta del animal a la simplificación de rutinas de ordeño.*

Diversos son los trabajos que discuten este tema, y sobre todo el “Proyecto FAO-M4” (Labussière, 1983), que por primera vez definió y valoró la aptitud al ordeño mecánico de distintas razas de ovino lechero pertenecientes a la cuenca del Mediterráneo.

I-7.1. Fraccionamiento de la leche en el ordeño y en la ubre

La aptitud al ordeño mecánico puede ser estimada a través del fraccionamiento o reparto de la leche, tanto en la ubre como durante el ordeño.

El almacenamiento de la leche en la glándula mamaria se explica mediante un modelo de dos compartimentos anatómicos: *leche alveolar*, almacenada en el tejido alveolar o glandular, y *leche cisternal*, almacenada en los conductos y en las cisternas de la glándula y del pezón. Los valores porcentuales de leche cisternal en la oveja oscilan entre el 25% y el 70% según la raza (Caja *et al.*, 2000; Rovai *et al.*, 2000), siendo superiores al 50% en muchas razas de ovejas lecheras. La proporción cisternal:alveolar aumenta con el estado de lactación y número de lactación en vacuno lechero (Wilde *et al.*, 1996), pero no hay bibliografía disponible en ovino.

El fraccionamiento de la leche durante el ordeño varía según el tipo de rutina empleada, siendo la más utilizada en el ordeño mecánico del ganado ovino lechero la llamada

rutina completa, basada en las siguientes manipulaciones:

- Leche a máquina (LM): corresponde a la fracción de leche recogida desde la puesta de las pezoneras hasta que cesa el flujo de leche. En esta fracción se obtiene la leche cisternal y parte de la leche alveolar en aquellas ovejas que presentan el reflejo de eyección.
- Leche de apurado a máquina (LAM): es la leche extraída tras la LM, obtenida tras un masaje vigoroso de la ubre por parte del ordeñador, anterior a la retirada de las pezoneras. La manipulación realizada favorece el descenso del resto de la leche alveolar, variable según la presencia del reflejo de eyección en la fracción de máquina.
También por medio de esta fracción se puede extraer la leche acumulada en la cisterna mamaria por efectos físicos como la constricción de la base del pezón, o por el elevado ángulo de los pezones, que conlleva un embolsamiento de la leche en las cisternas.
- Leche de repaso manual (LRM): tras la retirada de las pezoneras, se procede por medio del ordeño manual a la obtención de un volumen de leche suplementario.

Además de las fracciones descritas anteriormente, cabe resaltar la existencia de la leche residual (LR), que no se considera propiamente como una fracción de ordeño, y que corresponde a la porción de leche que queda retenida en la ubre tras finalizar el ordeño completo. Dicha leche, retenida en las partes altas de la mama, puede tener un origen anatómico o fisiológico, y solamente podrá ser extraída o ordeñada mediante empleo de una inyección de oxitocina exógena. La LR se valora cuando es necesario expresar el grado de vaciado de la ubre conseguido por medio del ordeño mecánico. Su importancia se debe también al hecho de que la fracción de leche retenida en la ubre, no extraída en el ordeño, puede inhibir la síntesis de leche en las células secretoras, en mayor medida cuanto mayor sea su magnitud (Fernández y Rodríguez, 1994).

De este modo, las ovejas mejor adaptadas al ordeño mecánico son aquellas que poseen una mayor cantidad y porcentaje de leche en la fracción LM, y poco volumen y valor porcentual de LAM y LRM, lo que implica una posibilidad de reducción en las operaciones del operario, ya que estas dos últimas fracciones son las que exigen una mayor intervención

manual. Por consiguiente, el estudio de estas fracciones, y su interrelación, nos permite evaluar la adaptación al ordeño mecánico de las distintas razas de ovejas lecheras (Fernández, 1985).

De forma general, los valores de reparto de la leche en el ordeño se sitúan entre 60 a 75% para LM, 10 a 20% para LAM y 10 a 15% para la LRM (Caja *et al.*, 2000), como se observa en la Tabla I-5.

Sin embargo, el fraccionamiento de la leche durante el ordeño puede estar condicionado por factores como la raza y el estado y número de lactación. Al comparar dos razas lecheras bajo un mismo sistema de producción, Such *et al.* (1999) no encontraron diferencias significativas al estudiar las fracciones de ordeño en ovejas de raza Manchega y Lacaune, cuando se expresaban como porcentaje sobre la leche ordeñada. Sin embargo, sí encontraron diferencias significativas en el porcentaje de leche residual con relación a la leche total de la glándula, definida como la suma de toda la leche ordeñada más la residual (LR), siendo en las ovejas de raza Manchega superior a las de raza Lacaune (16.9 vs 11.4%, respectivamente).

A lo largo de la lactación, la fracción de LM es la que más disminuye, siguiendo una evolución paralela a la leche total ordeñada. Las fracciones LAM y LRM presentan un valor elevado al inicio del ordeño, debido al estrés que representa el destete para el animal y que provoca que la ubre retenga una elevada proporción de leche. Estas fracciones tienden a mantener un volumen en general constante a medida que los animales se adaptan a la máquina de ordeño, y una vez que se manifiesta el reflejo de eyección de la leche durante las primeras 3-4 semanas de ordeño (Labussière y Ricordeau, 1970; Labussière *et al.*, 1983; Fernández, 1985). Las ovejas que no llegan a presentar el reflejo de eyección poseen valores superiores de LAM y LRM desde el inicio del ordeño, debido a una mayor retención de leche en las partes más altas de la ubre (Labussière y Ricordeau, 1970). Sin embargo, la variación de la leche de repaso depende principalmente de la morfología de la ubre (de su red canalicular, de la altura de las cisternas mamarias y del ángulo de inclinación de los pezones), de la cantidad de leche presente en la glándula en el momento del ordeño y de las características de la máquina de ordeño (Le Du, 1985).

Al aumentar el número de lactación, el volumen de la fracción LM se incrementa (Labussière, 1983), siendo superior en ovejas de segunda lactación (Jatsh *et al.*, 1978; Fernández, 1985). Algo similar sucede con las fracciones de LAM y LRM, que aumentan

entre la primera y segunda lactación, y más marcadamente en las lactaciones sucesivas (Labussière, 1983), debido quizá al incremento de la producción de leche, del volumen de la ubre, y de la altura de las cisternas mamarias con la edad del animal (Peris, 1994).

Los parámetros de fraccionamiento de la leche, en distintas razas de ovejas, se presentan en la Tabla I-5.

Tabla I-5. Fraccionamiento de leche durante el ordeño mecánico del ovino lechero.

Raza	P.L. (l/d)	Fraccionamiento (ml/d y [%])				Autores
		Ordeño			Ubre	
		LM	LAM	LRM	LR	
Churra*	0.90	552 [62]	222 [25]	122 [13]	56 [15]	Purroy <i>et al.</i> , 1983
Karagouniko*	0.95	582 [62]	183 [19]	180 [19]	52 [12]	Hatziminaoglou <i>et al.</i> , 1983
Lacaune*	0.93	762 [82]	92 [10]	79 [8]	48 [12]	Labussière <i>et al.</i> , 1983
Manchega*	0.69	465 [68]	144 [21]	77 [11]	71 [20]	Fernández <i>et al.</i> , 1983
Sarda*	1.46	1132 [78]	155 [10]	171 [12]	69 [11]	Casu <i>et al.</i> , 1983
Stara Zagora* ¹	0.44	315 [71]	87 [20]	39 [9]	-	Grosev <i>et al.</i> , 1983
Tsigay*	0.88	563 [64]	251 [29]	66 [7]	56 [13]	Mikus <i>et al.</i> , 1983
Manchega	0.6	161 [77]	47 [23]	-	44 [16]	Such <i>et al.</i> , 1999
Lacaune	1.3	317 [76]	98 [24]	-	52 [11]	Such <i>et al.</i> , 1999

* Resultados Proyecto FAO-M4

¹ Datos referentes a un solo ordeño diario

LM=Leche Máquina; LAM=Leche Apurado Máquina; LRM=Leche Repaso Manual; LR=Leche residual.

dpp= Días post-parto. P.L.= Producción de leche.

I-7.2. El uso de un bloqueador de los receptores de la oxitocina.

En medicina humana, se han estudiado los bloqueadores de los receptores de la oxitocina por el importante papel que ejerce dicha hormona en el campo de la obstetricia, con especial efecto en las contracciones pre-parto, dismenorrea, y agalaxia, y que son causas comunes de muerte neonatal y patologías de los recién nacidos (Melin, 1994; Barron *et al.*, 1997).

Entre los análogos de la oxitocina se encuentra el 1-deamino-2-D-Tyr(OEt)-4-Thr-8-Orn)-oxytocin (Atosiban , Ferring Lab, Malmö, Sweden), que posee como efecto el bloqueo de los receptores de la oxitocina, siendo un potente antagonista de baja afinidad, fácilmente

reemplazable y con efectos reversibles. Estudios en medicina humana han comprobado que la prolongada exposición del miometrio al Atosiban no produce una insensibilidad a la oxitocina, ni posee efectos irreversibles (Melin, 1994; Phaneuf *et al.*, 1994).

El uso clínico de Atosiban carece de acciones significativas en los sistemas cardiovascular, renal, pulmonar o nervioso central (Goodwin *et al.*, 1996; Melin, 1994), así como efectos perjudiciales o secundarios sobre la integridad del feto. También es de destacar la importancia del Atosiban a la hora de interferir en la eyección de la leche en la glándula mamaria y de en este acontecimiento (Melin, 1994).

En los tejidos formados por musculatura lisa, como es el miometrio, la acción de la oxitocina produce contracciones, que son reguladas mediante cambios en la concentración intracelular de iones libres de calcio. El antagonista, por tanto, compite con la oxitocina por sus receptores, localizados en las membranas de las células mioepiteliales (Melin, 1994). Así también, cuando hablamos de la eyección de leche, el Atosiban actúa del mismo modo, es decir, desplazando temporalmente a la oxitocina de sus receptores, promoviendo un bloqueo en la contracción mioepitelial de los alveolos y una consecuente inhibición de la eyección de leche.

En Veterinaria, la oxitocina es ampliamente utilizada para provocar dicha eyección de leche. Un bloqueador de los receptores de la oxitocina, como el Atosiban, viene siendo probado recientemente en especies lecheras en lactación, con el objetivo de obtener las fracciones de ubre alveolar y cisternal por separado. De este modo, los estudios sobre la eyección de leche, la aptitud al ordeño y la respuesta del animal a la frecuencia de ordeño (Knight *et al.*, 1994; Bruckmaier *et al.*, 1997; Mayntz y Costa, 1998; Wellnitz *et al.*, 1999; Ayadi *et al.*, 2000), pueden ser llevados a cabo con más precisión.

Knight *et al.* (1994), en cabras lecheras, al estudiar las fracciones de leche en la ubre, con y sin la utilización del bloqueador de los receptores de la oxitocina, concluyeron que dicho bloqueador es, potencialmente, un método adecuado para determinar con exactitud las cantidades de leche cisternal y alveolar, bajo condiciones normales de ordeño. Del mismo modo, Bruckmaier *et al.* (1997) encontraron que la eyección de leche, en vacas lecheras, se inhibió con la utilización de Atosiban®, y que la cantidad de leche disponible representaba la fracción de leche cisternal. Los valores de dicha fracción, encontrados en el grupo control, fueron sumamente superiores al del grupo en que se utilizó Atosiban®, con valores de 11.7 Kg y 2.6 Kg, respectivamente, al igual que ocurrió con el porcentaje de la fracción cisternal

de leche (80% y 17%, respectivamente). Estos autores pudieron comprobar, también, que la cantidad de leche cisternal obtenida con el uso del bloqueador (2.6 Kg de leche) era similar a la emitida (3.0 Kg) cuando se producía la inhibición de la eyección de leche en una situación de ordeño no habitual.

Wellnitz *et al.* (1999) observaron, al estudiar en vacuno lechero el efecto del bloqueador de los receptores de la oxitocina (Atosiban®) sobre la acción de la misma, que el incremento de la presión intramamaria (PI) se retardaba aproximadamente 48 minutos tras la inyección intravenosa de oxitocina, mientras que sin la utilización del bloqueador, dicho aumento de la PI se iniciaba un minuto después de la inyección. Dichos autores concluyeron que el bloqueador es muy eficaz, cuando se requiere la inhibición de la eyección de la leche, en el vacuno lechero bajo procedimientos experimentales, además de ser fácilmente reemplazable por oxitocina exógena.

I-7.3. Cinética de emisión

La evaluación de la cinética de emisión de leche está considerada como una de las principales metodologías de valoración de la aptitud al ordeño mecánico de las ovejas lecheras, ya que por medio de ella se estudia las curvas de emisión de leche en el momento de su extracción durante el ordeño a máquina. Su evolución y posterior cuantificación (Labussière, 1982) permite evaluar la intensidad del reflejo neuroendocrino de eyección de leche, y relacionarla con la aptitud al ordeño mecánico de las ovejas (Labussière, 1976).

En el estudio de las cinéticas de emisión del ovino lechero, se ha observado que la leche cisternal es extraída totalmente en 30-35 segundos tras la colocación de las pezoneras, debido al pequeño volumen de leche que contienen las cisternas (Labussière, 1988).

Diversos autores han estudiado las curvas de emisión de leche en distintas razas de ovejas lecheras, así como también los métodos empleados en su cuantificación, que han sido tanto de registro automático (Labussière y Martinet, 1964, Mayer *et al.*, 1989; Bruckmaier *et al.*, 1997b; Marie *et al.*, 1999) como manual (Labussière, 1983; Fernández *et al.*, 1989). Los métodos manuales de valoración, inicialmente propuestos por Ricordeau *et al.* (1963), presentan una buena repetibilidad con los métodos automáticos, según han comprobado Purroy *et al.* (1982).

Según la clasificación de Labussière y Martinet (1964), la eficacia del reflejo de eyección y la cinética de emisión permite clasificar las ovejas en dos grupos (Figura I-12):

- Ovejas de dos picos: son las que presentan dos máximos de emisión, correspondientes a las porciones de leche cisternal y alveolar, respectivamente. Estas ovejas son consideradas como de fácil ordeño.
- Ovejas de un pico: son las que presentan un solo máximo, correspondiente a la leche cisternal, y por tanto con un tiempo de emisión cercano a los 30 segundos. Pueden considerarse ovejas de difícil ordeño por no presentar el reflejo neuroendocrino de eyección.

Al estudiar las curvas de emisión de leche, se observa la presencia de ovejas que no pueden asignarse con claridad a los grupos definidos como de “1 pico” y “2 picos”, por no presentar siempre el reflejo de eyección, siendo definidas como de “difícil clasificación” (Labussière y Ricordeau, 1970; Fernández, 1985; Such, 1990).

Mayer *et al.* (1989) estudiaron la relación existente entre la descarga de oxitocina y la cinética de emisión de leche en el ovino lechero. Encontraron que la variabilidad en la concentración de oxitocina en sangre antes y después del ordeño, inter e intra-animal, fue muy elevada. Los resultados indicaron una mayor liberación de oxitocina (en menos de un minuto) en las ovejas con curvas de emisión de “2 picos”, de acuerdo con lo descrito por Labussière y Martinet (1964), demostrando con ello la relación existente entre esta hormona y la eyección de leche. También comprobaron que la descarga de oxitocina se producía antes de la aparición del segundo pico de emisión, correspondiente a la fracción de leche alveolar. Por otra parte, aquellos animales en que no existía segunda emisión de leche, no se observó una descarga de oxitocina, posiblemente debido a una inhibición de dicha hormona.

Marnet *et al.* (1998) describieron la importancia de la oxitocina en la eyección de leche, aunque no encontraron una relación directa entre dicha hormona y la cantidad de leche obtenida durante el ordeño.

Asimismo, diversos autores describen curvas de cinética, con prolongados tiempos de emisión, en las que no se distingue con claridad la existencia de dos picos diferenciados, explicando este hecho por tratarse de animales de alta producción (Casu, 1967; Labussière y Ricordeau, 1970; Fernández *et al.*, 1989), que tendrían el reflejo de eyección de la leche alveolar solapado con el final de la extracción de la leche cisternal (Purroy, 1997).

Mayer *et al.* (1989b), mediante el método automático de registro de curvas de cinética de emisión, mostraron la presencia de curvas de emisión de tipo distinto a las descritas por

Labussière y Martinet (1964), como las que llamaron de “tipo 3” y de “tipo 4”. Las curvas de “tipo 3” se caracterizaron por mostrar un gran caudal de emisión inicial, seguido de una meseta, sin que se definiera claramente la presencia del segundo pico, debido probablemente a una posible superposición de los dos picos de emisión. Por otra parte, las de “tipo 4”, de mayor tiempo de ordeño, presentaron una curva con una primera meseta muy marcada y moderada, seguida de otra más pequeña. Una posible explicación de la existencia de estas curvas de “tipo 4”, podría ser la elevada horizontalidad de los pezones de las ovejas estudiadas, o la existencia de un estrecho conducto de los pezones.

Marnet *et al.* (1998) encontraron que, además de las ovejas de “1 pico” y de “2 picos”, existía un pequeño número de animales con curvas de una sólo emisión, pero con un tiempo superior a los 40 segundos, y de múltiples emisiones, incluyendo en esta última categoría las ovejas más productoras y/o con grandes ángulos de inserción de los pezones.

Conviene señalar que no se encontraron diferencias en la producción de leche, según los tipos de curvas de emisión descritos por Mayer *et al.* (1989) y Marnet *et al.* (1998).

Las curvas de cinética de emisión de la leche pueden caracterizarse mediante algunos parámetros, que expresan en gran medida el fraccionamiento de la leche a máquina durante el ordeño. En la Figura I-12, se representan los parámetros que mejor definen las curvas de emisión de leche, y que son:

- LMP1 y LMP2: *volumen de leche* en el primer y segundo pico de emisión, respectivamente.
- QM1 y QM2: *flujo máximo* del primer y segundo pico, respectivamente.
- P1 y P2: *los momentos* (tiempo) en que se presentan el máximo del primer y segundo pico, respectivamente.
- D: *tiempo de demora*, que es el *momento* en que se inicia el segundo pico.
- T: *tiempo total* de duración de la emisión de leche en el ordeño a máquina.

Es conocida la relación positiva entre el reflejo de eyección de leche y la edad del animal, en respuesta a una progresiva adaptación del animal al ordeño, siendo consideradas como de mejor aptitud al ordeño mecánico las razas que presentan un elevado número de ovejas de dos picos en su primera lactación (Fernández, 1985). Sin embargo, hay que señalar que el porcentaje encontrado de animales de dos picos a esta edad es bajo, lo que indica que las ovejas van mostrando a lo largo de toda su vida productiva, de forma gradual, una mayor adaptación al ordeño mecánico.

A lo largo de la lactación, las repetibilidades encontradas para las clasificaciones según el número de emisiones, son en general bajas y variables (Labussière y Ricordeau, 1970; Such, 1990). Estos autores han observado que, al inicio del ordeño mecánico tras el destete, las ovejas no suelen presentar el reflejo de eyección, mientras que a los 30/40 días de ordeño se alcanza el máximo porcentaje de animales que presentan dos emisiones, aunque existen animales que permanecen con una sola emisión durante toda la lactación. A lo largo de la misma va disminuyendo el número de animales que presentan dos picos de emisión, lo que implica una paulatina desaparición del reflejo de eyección de leche.

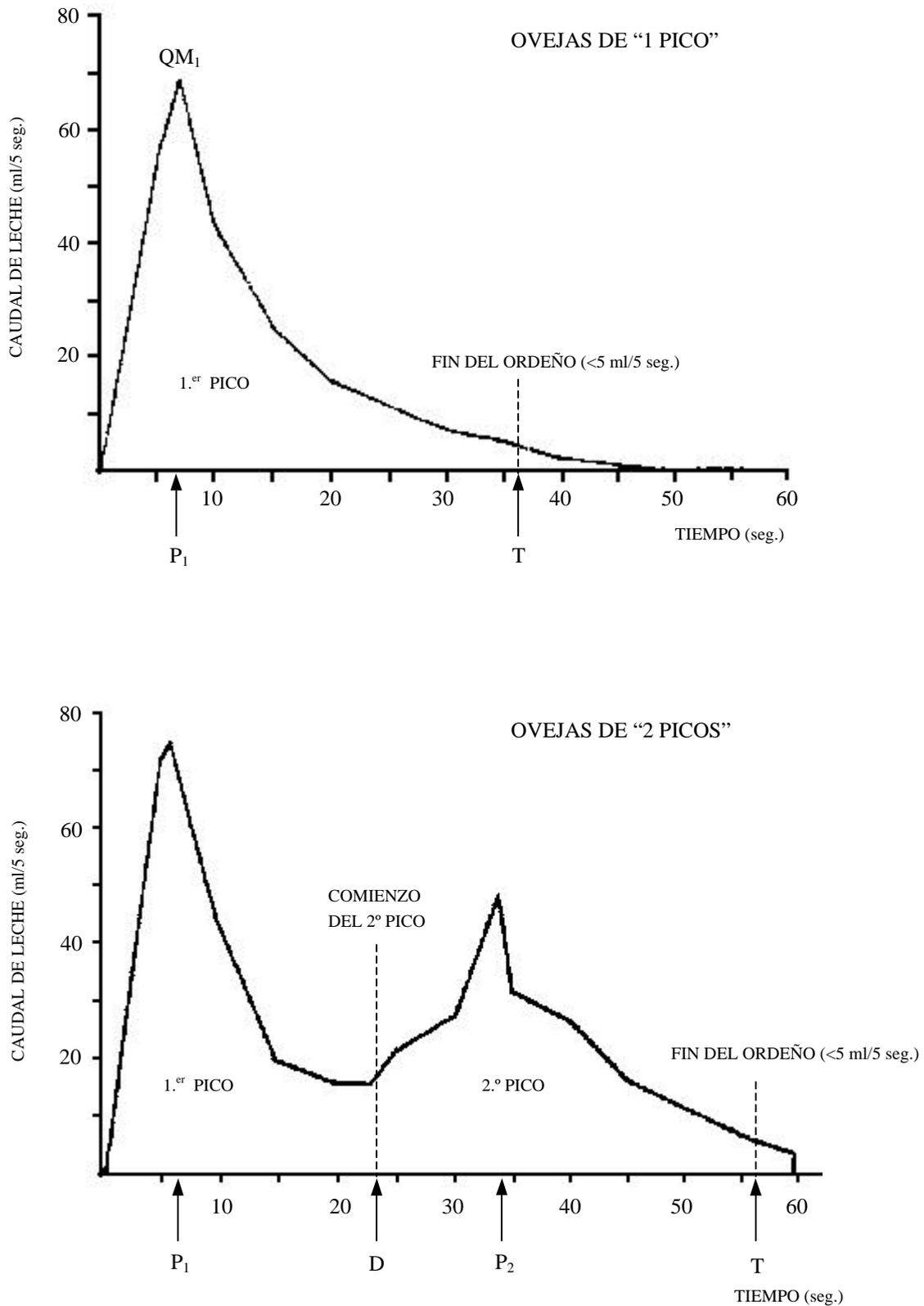
Los parámetros que definen la curva de emisión de leche varían significativamente a lo largo de la lactación, disminuyendo algunos de ellos (LMP2, QM2 y T), como han comprobado Labussière y Ricordeau (1970), Le Du *et al.* (1978), Such (1990) y Bruckmaier *et al.* (1997b).

En lo que respecta al porcentaje de ovejas que presentan el reflejo de eyección de leche, Such *et al.* (1999), al estudiar dos razas distintas de ovejas lecheras en la semana 16 de lactación, han demostrado que el 83% de las ovejas Lacaune muestran un segundo pico de emisión, mientras que en las ovejas de raza Manchega sólo lo presentan un 38%. Estos resultados muestran la mayor aptitud al ordeño mecánico de las ovejas de raza Lacaune, ya que dicha raza posee un mayor número de animales que presentan curvas de “2 picos”.

A la hora de analizar las curvas de emisión de leche también debe tenerse en cuenta que determinadas razas, debido probablemente a sus altos niveles de producción, pueden llegar a enmascarar el segundo pico de emisión, debido a que estos animales poseen grandes volúmenes de leche en ambas emisiones (Marnet *et al.*, 1999).

Marnet *et al.* (1999) señalaron también que existen criterios importantes a la hora de definir la aptitud al ordeño mecánico de las ovejas, como pueden ser el vacío necesario para abrir el esfínter del pezón, el tiempo de demora desde el momento en que se ponen las pezoneras hasta que aparece el primer chorro de leche, y el grosor del pezón antes y después del ordeño. Estos autores encontraron una relación positiva entre el período de tiempo necesario para que aparezca la emisión de leche y el tiempo de ordeño, y el nivel de vacío necesario para la apertura del esfínter del pezón. De esta forma, dicha relación podría indicar que el nivel de vacío empleado en la apertura del esfínter del pezón, puede ser empleado como herramienta para determinar la aptitud al ordeño, ya que se trata de un parámetro que suele mostrarse constante durante toda la lactación (Le Du y Benmederbel, 1984).

Figura I-12. Características de las curvas medias de emisión de la leche a máquina de ovejas de raza Manchega (Fernández *et al.*, 1989).



I-7.4. Parámetros anatómicos y morfológicos de la ubre

Numerosos autores han puesto de manifiesto que los caracteres morfológicos de la ubre en las ovejas lecheras condicionan en gran medida su aptitud al ordeño mecánico. Cabe destacar los trabajos de Labussière *et al.* (1981), Casu *et al.* (1983), Fernández *et al.* (1983), Gallego *et al.* (1983a), Labussière (1988), Fernández *et al.* (1995), Peris *et al.* (1996), Marie *et al.*, 1999 entre otros.

Los parámetros más utilizados en la definición de la morfología de la ubre son: profundidad y volumen de la ubre, morfología del pezón (longitud, anchura, ángulo de implantación y situación antero-posterior), y altura de las cisternas mamarias.

Una morfología de ubre adecuada es muy importante para una buena adaptación del animal a la máquina de ordeño, ya que puede evitar algunos efectos indeseables, como la inhibición del reflejo de eyección láctea, la caída de pezoneras, las elevadas fracciones de leche de repaso a máquina y/o manual, etc., que provocan un menor rendimiento horario del ordeñador (Labussière, 1988).

En las razas más productoras o seleccionadas, como la Lacaune o la Assaf, la no adaptación a la máquina de ordeño, por problemas de morfología de ubre, se observa con relativa frecuencia (Fernández, 1995), ya que la selección genética aplicada en éstas razas se ha dirigido hacia el aumento de la cantidad de leche producida, descuidando los caracteres mamarios de estos animales. Algunos autores señalan que, al incrementar la producción lechera, se puede notar un empeoramiento progresivo de la morfología mamaria, disminuyendo la ordeñabilidad de los animales (Gonzalo, 1992; Vijil, 1993).

El estudio detallado de estos parámetros morfológicos y su relación con la aptitud al ordeño mecánico se desarrollará en el apartado I-8.3.3 referente a morfología de la ubre.

I-7.5. Caída de pezoneras

La caída de pezoneras durante el ordeño mecánico permite detectar la actitud y la tranquilidad del animal frente a la manipulación efectuada en la ubre durante el mismo. La inquietud del animal, fruto de su nerviosismo o de su falta de adaptación al ordeño, juntamente con el ángulo de implantación de los pezones, pueden explicar en cierto modo la elevada incidencia en la caída de las pezoneras (Such, 1990; Fernández y Rodríguez, 1994).

La caída de pezoneras también puede contribuir a la aparición de mamitis en el rebaño,

debido a la variación brusca del vacío, que facilita la entrada de los agentes patógenos situados en la punta del pezón hacia la cisterna.

I-7.6. Simplificación de las rutinas de ordeño

La respuesta del animal tras la simplificación de las rutinas de ordeño, puede ser considerada también como un criterio de valoración de la aptitud al ordeño mecánico de las ovejas, ya que permite simplificar, diaria o esporádicamente, tanto el número de ordeños/día como las operaciones de la rutina de ordeño (Such, 1990; Fernández y Rodríguez, 1994). Los resultados obtenidos con esta simplificación son de gran interés socio-laboral, ya que facilitaría la racionalización de la jornada de trabajo, con la supresión, por ejemplo, del ordeño de la tarde de los domingos y festivos. Según Fernández y Rodríguez (1994), esta capacidad para soportar largos intervalos entre ordeños dependerá, entre otros, de factores como el ángulo de implantación de los pezones, la altura de las cisternas mamarias y la existencia de un bajo porcentaje de leche de repaso.

I-8. ESTUDIO DE LOS CARACTERES MORFOLÓGICOS MAMARIOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD

La mayor parte de los conocimientos existentes sobre la importancia de los caracteres morfológicos mamarios del ganado ovino lechero, se basan en lo previamente estudiado en el ganado bovino. Los estudios realizados en vacuno lechero sirven como guía para conocer el futuro rumbo a tomar, así como para orientar la investigación en el ovino y caprino de leche. El motivo por el que, tradicionalmente, se ha estudiado más profundamente el ganado bovino que el ovino o caprino, es la mayor tradición y la extensa mecanización que ha experimentado esta especie, y que sin duda ha tenido en la industria lechera su principal fuerza motriz. De este modo, será de gran ayuda revisar brevemente los hechos más importantes ocurridos en el ganado vacuno de lechero, en relación a la morfología mamaria, hasta la actualidad.

I-8.1. Bovino de leche

En su gran mayoría, los trabajos que revisan los aspectos productivos del ganado vacuno de leche se refieren a la raza Holstein, proveniente de Norteamérica. La utilización de la clasificación por tipo en el bovino lechero data de principios del siglo XX, momento en que la industria lechera se intensifica y con ella surge la necesidad de seleccionar animales de buena apariencia física (“eye appeal”) y buen comportamiento, con la esperanza de incrementar la velocidad de ordeño, la vida productiva y la eficiencia del rebaño, produciendo la máxima cantidad de leche durante el mayor tiempo posible.

En 1922 se elabora el primer modelo de "tipo ideal" (*true-type model*) de vaca Frisona, que sirvió de guía de la raza hasta 1977, momento en que se actualizó el modelo propuesto. En el modelo inicial, los animales poseían mucha angulosidad, alzada a la cruz (145 cm), peso (725 kg), y poca profundidad de la ubre, situándose ésta por encima de la base del corvejón (Hansen, 2000; Mansfield, 1985).

En 1943, en respuesta a una relación positiva del *tipo* con la producción, la "*Purebreed Dairy Cattle Association of America*" establece un programa de clasificación por tipos, valorados en condiciones normales de explotación por un profesional que, de acuerdo con sus impresiones acerca de las características del animal, debía rellenar un cuestionario y puntuar el individuo.

Durante varios años, los animales fueron evaluados como un "todo", y recibían una

única puntuación de acuerdo con sus rasgos más característicos, desde los caracteres relacionados con la locomoción y la conformación (estructura), hasta los aspectos de la ubre y los pezones. Sin embargo, más adelante se decidió que esta evaluación debía basarse en las regiones del animal por separado ("breakdown system"), siendo su puntuación final la suma de todas sus puntuaciones parciales: apariencia general, características productivas, carácter lechero, capacidad corporal, sistema mamario, grupa, aplomos y pezuñas. La clasificación final, por lo tanto, podía variar entre Insuficiente, Regular, Buena, Muy buena y Excelente. En algunas asociaciones, como la Frisona Americana (hasta 1959), los animales clasificados como Buenos o de categoría superior, eran considerados como de *tipo deseable*, mientras que los de categoría inferior eran penalizados con la exclusión del registro de su descendencia masculina, llegando incluso a cancelarse su registro.

Sin embargo, en vista de la poca variabilidad de estas categorías entre los sistemas de clasificación, y a la existencia de una gran mayoría de vacas asignadas a la categoría Buena (deseable), se optó por caracterizar los animales sólo en 2 categorías: Buena (G: *Good*) y Más que Buena (G +: *Good plus*).

Según Yapp (1959), la clasificación "por tipos" permitiría una mayor concienciación del ganadero sobre el *tipo* adecuado de vaca lechera, capacitándolo para evaluar y rechazar los animales indeseables. Como ventaja, los ganaderos, además de mejorar la raza, se beneficiarían con animales más rentables, de especial importancia para pequeños propietarios.

Actualmente, en los países miembros de la Conferencia Mundial de Asociaciones, solamente 12 de los 21 rasgos lineales evaluados por el calificador, son considerados como "rasgos descriptivos primarios", y por lo tanto de mayor peso económico. Los rasgos descriptivos son puntuados siguiendo una escala de extremos biológicos, que puede variar de 1 a 9, donde los animales son calificados comparándolos con el "tipo ideal" de vaca lechera, teniendo en cuenta la edad y el número de lactación (CONAFE). Los rasgos descriptivos primarios del aparato mamario del bovino lechero, que son parte del programa de calificación lineal de la Confederación de Asociaciones de Frisona Española (CONAFE), son los siguientes:

- a) **Inserción anterior de la ubre:** Fuerte y Deseable (9-8-7), Intermedia (6-5-4) y Débil (3-2-1). Valora la fuerza con que la ubre anterior se une a la pared abdominal, mediante ligamentos laterales.
- b) **Inserción posterior de la ubre:** Alta y deseable (9-8-7), Intermedia (6-5-4) y Baja (3-2-1). Valora la capacidad de la ubre para almacenar leche, mediante la

altura de la inserción posterior.

- c) **Ligamiento suspensor medio**: Fuerte: con los cuartos bien definidos (9-8-7), Intermedio (6-5-4) y Débil: sin definición de los cuartos (3-2-1). Considerado como esencial en el ordeño, por mantener la ubre elevada y con los pezones en su lugar, disminuyendo la posibilidad de accidentes.
- d) **Profundidad de la ubre**: Poco profunda (9-8-7), Deseable (6-5-4) y Muy profunda (3-2-1). Se mide con relación a los corvejones y se considera como deseable que la vaca adulta tenga la base de la ubre unos 5 cm por encima de ellos, disminuyendo así el riesgo de lesionarse y sufrir mamitis.
- e) **Colocación pezones anteriores**: Muy juntos (9-8-7), Deseable: cuando están bien centrados (6-5-4) y Fuera de los cuartos (3-2-1). Los pezones bien colocados facilitan el ordeño y evitan lesiones.
- f) **Longitud pezones anteriores**: Muy largos (9-8-7), Deseables (6-5-4) y Muy cortos (3-2-1). Un tamaño deseable de los pezones facilita el ordeño.

La calificación final, como hemos explicado anteriormente, representa el grado de perfección morfológica del animal según sus regiones, y viene expresada con un número. Tal puntuación corresponde a las categorías de: **Excelente** (90 puntos o más), **Muy Buena** (85-89), **Más que Buena** (80-84), **Buena** (75-79), **Regular** (70-74) e **Insuficiente** (69 puntos o menos). Cada una de estas categorías se subdivide en tres: BB1, BB2 y BB3, siendo esta última la más cercana a la perfección. El peso de las distintas regiones del animal en la clasificación final es: estructura y capacidad (20%), grupa (10%), miembros y aplomos (16%), carácter lechero (14%) y sistema mamario (40%). Conviene señalar, además, que una vaca no puede ser calificada excelente hasta su tercer parto (Charfeddine y Pena, 1999).

Según Hansen (2000), los programas de selección del ganado bovino de leche en Estados Unidos están resultando cada vez más eficaces, ya que los objetivos de selección han puesto un mayor énfasis en las características productivas que inciden claramente sobre la rentabilidad de la producción de leche. La importancia del seguimiento del vacuno de leche Holstein en Estados Unidos ha provocado que se considere hoy en día como el mejor ganado lechero selecto, y como resultado de ésto la población mundial de vacuno lechero está siendo absorbida por estos animales.

Además de las características de producción y tipo, se ha incidido también en caracteres

relacionados con la apariencia externa del animal, como pueden ser el tipo o su conformación como un todo (incluyendo ubre, altura, anchura de pecho y profundidad del cuerpo, aplomos y pezuñas), y la inclusión del recuento de células somáticas (RCS) y la vida productiva de la vaca (PL). Según Charfeddine y Pena (1999), una de las vías de selección hacia una reducción del recuento celular de la leche, y consecuentemente la incidencia a la mastitis, es la utilización de un índice compuesto de ubre que combine los rasgos lineales del sistema mamario negativamente correlacionados con este factor. En la Frisona española, dichos rasgos corresponden, en orden de importancia, a la profundidad de la ubre, el ligamento suspensor medio, la inserción de la ubre, la textura de la misma, y la colocación de los pezones anteriores. Por otra parte, la PL viene siendo evaluada en Estados Unidos desde enero de 1994, y tiene por objetivo medir la situación real de la hembra lechera desde el primer parto hasta su sustitución, observándose su producción, reproducción, salud y funcionalidad (Hansen, 2000).

Últimamente, la mastitis viene siendo una de las enfermedades más significativas y costosas del ganado bovino de leche, con consecuencias muy visibles (reducción de la cantidad y calidad de la leche, gastos sanitarios, mayor reposición de animales, residuos en la leche, etc.), y con un origen, en muchos casos, en la caída de pezoneras y la consecuente exposición a los agentes patógenos presentes normalmente en los pezones. Rogers y Spencer (1991) citan la importancia de la identificación de los factores relacionados con la caída de pezoneras, como pueden ser las características de la ubre y del pezón, que interfieren tanto en el manejo de los animales como en los programas de mejora genética.

Todavía más recientemente, con la progresiva implantación de los llamados *robots de ordeño* que corresponden a un proceso de automatización de los trabajos de la granja, se está haciendo necesaria urgentemente la mejora de la conformación de la ubre y del temperamento de los animales. Algunas granjas, que han adoptado dicho sistema, han tenido que desprenderse del 10 al 20% de sus vacas por ser excesivamente nerviosas, tener una gran profundidad de ubre y una mala posición de los pezones (Martínez, 2000).

Los factores de variación en la clasificación del ganado vacuno de leche son la raza, la época del año, el estado de lactación, el efecto del macho, el rebaño, la edad al parto dentro de cada lactación y el calificador. La morfología de la ubre se considera una característica racial, aunque existen variaciones dentro de la misma raza. La mayoría de los caracteres lecheros poseen una heredabilidad que varía entre el 5 y el 42% como vemos en la Tabla I-6, por lo que pueden ser tenidos en cuenta en los esquemas de selección.

Tabla I-6. Caracteres de producción, longevidad y tipo en el ganado vacuno de leche con sus respectivas heredabilidades (Martínez, 2000).

Carácter	Heredabilidad
Estatura (alzada)	0.42
Profundidad corporal	0.37
Fortaleza	0.31
Ángulo de grupa	0.33
Anchura de grupa	0.26
Patas posteriores (vista lateral)	0.21
Patas posteriores (vista posterior)	0.11
Talón	0.15
Carácter lechero	0.29
Producción de leche	0.30
Producción de grasa	0.30
Producción proteína	0.30
Inserción anterior ubre	0.29
Altura posterior ubre	0.28
Anchura posterior ubre	0.23
Profundidad ubre	0.28
Ligamento suspensor medio	0.23
Longitud de pezones	0.26
Colocación pezones anteriores	0.26
Calificación final	0.29
Calificación células somáticas	0.10
Vida productiva	0.08
Eficacia productiva	0.05

La información contenida en la tabla nos muestra que fácilmente se puede mejorar la estatura del rebaño con la utilización de toros mejoradores para este carácter, mientras que se necesitan varias generaciones para mejorar los aspectos de aplomos y pezuñas, o todos aquellos relacionados con la morfología mamaria, debido a su baja e intermedia heredabilidad, respectivamente.

I-8.2. Caprino de leche

Los estudios relacionados con la morfología mamaria en el caprino de leche son aún escasos y se centran en un número limitado de razas (Peris, 1994a; Capote, 1999). Los principales caracteres morfológicos estudiados en el caprino lechero corresponden al tamaño de la ubre (volumen y profundidad), distancia entre pezones, tamaño del pezón (diámetro y longitud), ángulo de inserción de los pezones y distancia de los pezones al suelo.

Peris (1994a) al estudiar la aptitud al ordeño mecánico de cabras, describió que existe una gran heterogeneidad en los criterios metodológicos y las medidas morfológicas evaluadas, así como en el estado de lactación utilizado por cada autor para evaluar la aptitud al ordeño de las cabras.

La Tipología de ubres en el ganado caprino ha sido propuesta por distintos autores (Horák, 1971; Le Jaouen, 1981; Cicogna, 1984; Mavrogenis *et al.*, 1989), que definen básicamente distintas formas de ubres: redondeadas o globosas, ovales, piriformes, pendulares o planas, con diferentes tipos de pezón (cónicos, cilíndricos, en forma de botella o bulbosos, pequeños, y voluminosos), y la presencia del ligamento suspensor (Figura I-13).

Horák (1971) observó que las ubres redondeadas y ovales presentaban una producción de leche similar, mientras que en las pendulares dicha producción era superior. Por otra parte, Le Jaouen (1981) y Cicogna (1984) señalaron que las ubres piriformes producían más leche, a pesar de no coincidir con una mejor aptitud al ordeño mecánico.

Figura I-13. Diferentes formas de ubre en el ganado caprino (Caja y Such, 2000).



Los factores que influyen sobre los caracteres morfológicos mamarios en el caprino lechero son: número de lactación (Le Du y Benmederbel, 1984; Sinapis *et al.*, 1993; Peris, 1994a), prolificidad (Knight y Peaker, 1982), y estado de lactación (Knight y Wilde, 1993).

I-8.3. Ovino de leche

I-8.3.1. Antecedentes

A partir de los años 50, se realizaron los primeros trabajos en ovino lechero relacionados con los caracteres morfológicos de la ubre, con la preocupación inicial de evaluar algunos caracteres mamarios considerados de importancia en la producción de leche (Owen, 1955; Bonelli, 1957). Posteriormente, se valoraron más caracteres, tales como las *medidas de la ubre* (profundidad, longitud y anchura) y las *medidas del pezón* (longitud, anchura, ángulo de inserción y distancia entre ellos) (Mikus, 1978).

El primer autor que describió el tipo "ideal" de ubre ovina para el ordeño mecánico fue Mikus (1968, 1969 y 1978). La ubre "udder machine", así denominada por este autor, poseía las siguientes características: pezones verticales y de tamaño medio, no demasiada altura de las cisternas mamarias, y gran uniformidad. De forma independiente, otros autores también propusieron un tipo "ideal" de ubre para el ordeño mecánico en distintas razas ovinas como Awassi y Assaf (Sagi y Morag, 1974), Tsigay (Camalesa, 1973), Sarda (Sanna y Pininelli, 1974), y Manchega (Ojeda, 1974).

Ante la creciente intensificación de la producción de leche de oveja, se creó un Comité Científico Internacional con el propósito de estudiar y divulgar, por medio de simposios internacionales de ordeño mecánico, los avances y los resultados obtenidos por los diversos grupos de investigación de pequeños rumiantes. El primer simposio tuvo lugar en Millau en 1973, siendo seguido por los de Alghero (1978), Valladolid (1983), Tel Aviv (1989), Budapest (1993) y Atenas (1998).

Con el propósito de uniformar los criterios de evaluación de los caracteres morfológicos mamarios, Labussière *et al.* (1981) propusieron una metodología de estudio. Dicha metodología fue utilizada posteriormente como referencia en el proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983), en el cual, bajo un protocolo común, se valoró la aptitud al ordeño mecánico de diferentes razas de ovino lechero (Tabla I-7) de la cuenca del Mediterráneo, atendiendo a diversos factores, entre ellos la morfología de la ubre.

Las características morfológicas mamarias más estudiadas en los trabajos de aptitud al ordeño mecánico (Labussière *et al.*, 1981; Gallego, 1983), se presentan en la Figura I-14.

Figura I-14. Características morfológicas mamarias (Gonzalo, 1984).

Tabla I-7. Razas de ovino lechero, con sus respectivos autores, recogidas por Labussière e incluidas en el proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983).

RAZA	PAÍS	AUTORES
Churra	España - Salamanca	Purroy <i>et al.</i>
Karagouniko	Grecia	Hatziminaoglou <i>et al.</i>
Lacaune	Francia	Labussière <i>et al.</i>
Manchega	España - Valencia	Gallego <i>et al.</i>
Manchega	España - Madrid	Pérez <i>et al.</i>
Sarda	Italia	Casu <i>et al.</i>
Serra da Estrela	Portugal	Carmona
Stara Zagora	Bulgaria	Grosev <i>et al.</i>
Tsigay	República Checa	Mikus <i>et al.</i>

En el proyecto FAO-M4 se evaluaron dichas razas ovinas, a la vez que se contrastaron las características morfológicas mamarias y su relación con los parámetros productivos. Sin embargo, conviene destacar que los resultados encontrados en las correlaciones entre estos caracteres y la producción y fraccionamiento de la leche fueron muy heterogéneas y difíciles de interpretar, debido a las diferencias entre razas y a sus distintas condiciones de explotación.

Posteriormente, se publicaron trabajos en los que se realizaron modificaciones a la metodología inicial, incluyendo y/o eliminando algunos de los caracteres previamente descritos, como la *profundidad de la ubre*, medida desde la inserción perineal de la ubre hasta la zona del ligamento suspensor medio que separa las dos mamas, la *anchura de la ubre*, definida como la distancia entre las dos caras laterales de la ubre en su parte más ancha, la *circunferencia de la ubre*, medida también en su parte más ancha y que puede sustituir al volumen de la ubre por ser más sencilla su medición y poseer alta correlación con la producción de leche, y la *distancia entre pezones*.

Paralelamente al estudio de los caracteres morfológicos mamarios, se buscó la simplificación de éstos mediante una sola evaluación, como alternativa a su gran variabilidad y al laborioso trabajo empleado en su medición. Se propuso una evaluación subjetiva de la ubre por *tipos*, teniendo en cuenta el ángulo de implantación de los pezones y la altura de las cisternas (Sagi y Morag, 1974). Algunos años más tarde se incluyeron en esta clasificación las ubres asimétricas (Jatsch y Sagi, 1978) y la presencia o ausencia del ligamento suspensor medio (Gallego *et al.*, 1983). Este método, de carácter rápido y sencillo, fue llamado *Tipología de Ubres*, estando representadas en la Figura I-15 las distintas propuestas.

Figura I-15. Representación gráfica de los distintos Tipos de ubres (Elaborado por Peris, 1994).

En la actualidad se ha planteado una evaluación de los caracteres morfológicos de la ubre por medio de la utilización de un sistema de valoración lineal, similar al usado en el vacuno de leche (De la Fuente *et al.*, 1996). El método se basa en la valoración de los caracteres mamarios bajo una escala lineal que va de un extremo biológico a otro (1 a 9 puntos), donde las puntuaciones clasificadas con valor 5 corresponden a una morfología de valor medio, como muestra la Figura I-16. Los caracteres de la ubre considerados por De la Fuente *et al.* (1996, 1999) importantes para el ordeño mecánico, y descritos por Fernández (1995), son:

- **profundidad de la ubre:** distancia entre la inserción posterior de la ubre y la base de la misma, y como punto de referencia el corvejón de la oveja.
- **inserción de la ubre:** sujeción que presenta la glándula mamaria a la pared abdominal.
- **verticalidad de los pezones:** ángulo de inserción del pezón respecto a la vertical.
- **tamaño de los pezones:** definido por su longitud.
- **conformación** de la ubre: valor global de la aptitud morfológica de la ubre para el ordeño mecánico.

Dichos autores relacionaron, además, los caracteres lineales de la ubre con los parámetros productivos (producción y composición de la leche), obteniendo correlaciones negativas, lo que dificulta la selección simultánea para ambos caracteres (morfológicos y productivos; Fernández, 1995).

Otros autores también han valorado las ubres ovinas según la clasificación lineal propuesta por De la Fuente *et al.* (1996), como por ejemplo Marie *et al.* (1999) en ovejas de raza Lacaune, relacionándola con algunos de los parámetros de cinética de emisión de leche.

Por otra parte, Carta *et al.* (1999) propusieron también una clasificación de ubres en ovejas de raza Sarda, basada principalmente en la altura de las cisternas mamarias, carácter considerado parcialmente responsable de la caída de pezoneras durante el ordeño y de un mayor tiempo de apurado a máquina (extracción de la leche que permanece en las cisternas). Para ello se utilizó una escala lineal de siete puntos, de 1 (baja) a 7 (alta), como muestra la Figura I-17.

Figura I-16. Valoración lineal de los caracteres morfológicos mamarios en el ovino lechero, propuesta por De la Fuente *et al.*, 1996 (Elaborado por Caja *et al.*, 2000).

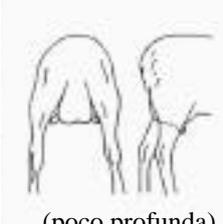
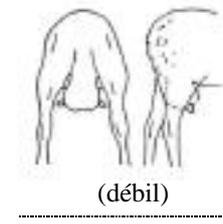
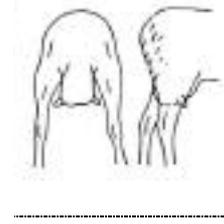
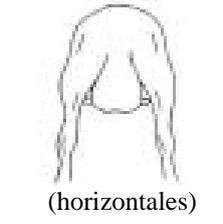
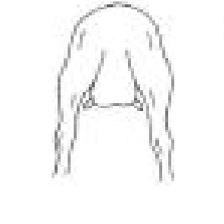
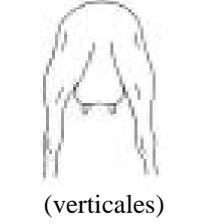
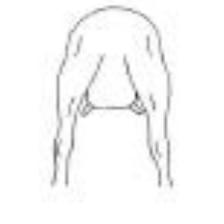
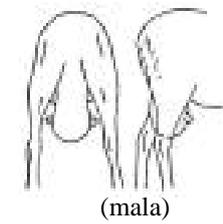
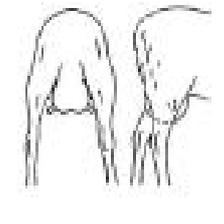
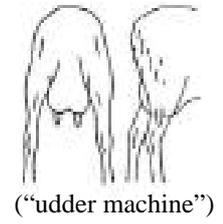
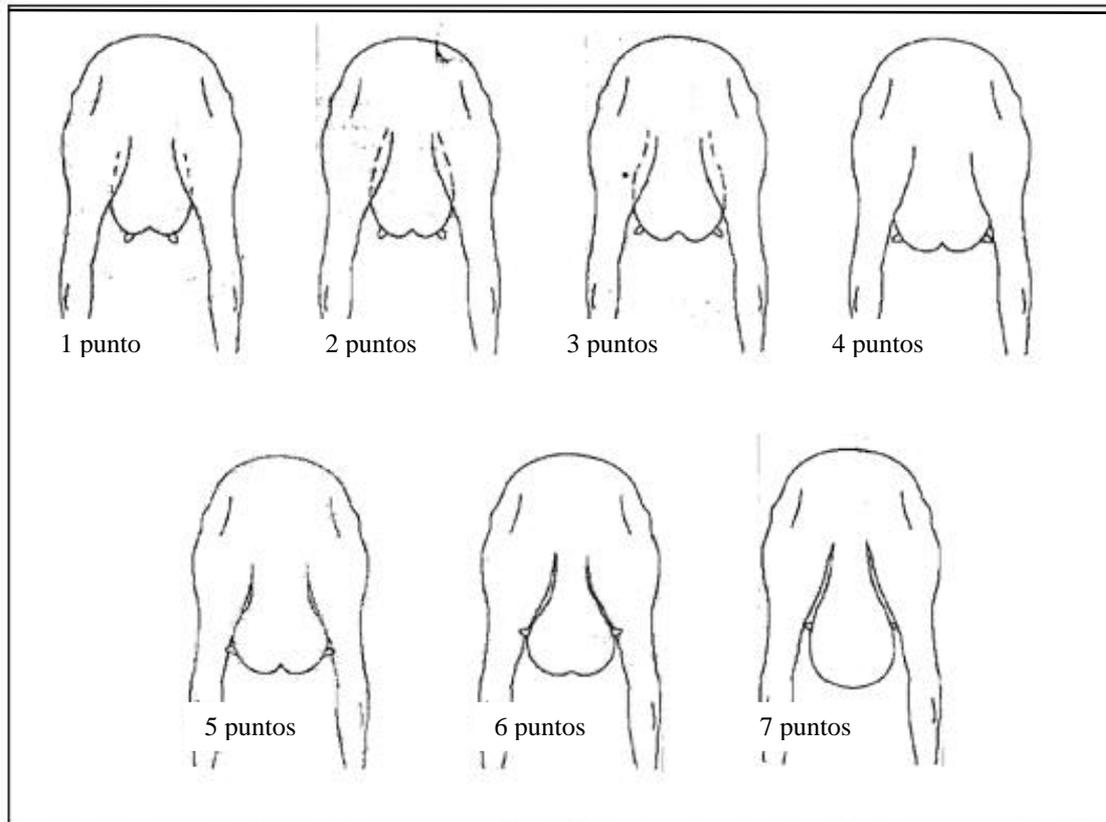
Caracteres Mamarios	Puntuación		
	1	5	9
Profundidad de la ubre	 (poco profunda)		 (muy profunda)
Inserción de la ubre	 (débil)		 (fuerte y amplia)
Ángulo de los pezones	 (horizontales)		 (verticales)
Tamaño de los pezones	 (muy pequeños)		 (muy grandes)
Conformación de la ubre	 (mala)		 ("udder machine")

Figura I-17. Clasificación lineal de las ubres de las ovejas de+ raza Sarda (Carta *et al.*, 1999).

Recientemente se está estudiando también la utilización de la ecografía mamaria, que permite observar la ubre internamente y comprender mejor su sistema de cavidades, principalmente la cisterna mamaria (Bruckmaier *et al.*, 1994; Ruberte *et al.*, 1994a; Caja *et al.*, 1999; Nudda *et al.*, 2000).

Otras técnicas avanzadas de diagnóstico por imagen corresponden a la tomografía axial computerizada (TAC) y la resonancia magnética (RM), que proporcionan imágenes de secciones transversales ampliamente utilizadas en medicina humana y que van siendo más accesibles a los veterinarios, especialmente en centros de referencia (Lee, 1998). Mediante la utilización de la TAC se obtienen múltiples imágenes correspondientes a cortes adyacentes de tejido, delimitando la forma y tamaño de las estructuras de manera más clara.

El principal uso que se ha dado a la TAC en veterinaria es el diagnóstico de lesiones cerebrales como la hidrocefalia, tumores o lesiones traumáticas. También se ha demostrado la utilidad de este método para discriminar y cuantificar *in vivo* el tejido adiposo y el parénquima de la glándula mamaria de novillas (Sejrsen *et al.*, 1986; Sorensen *et al.*, 1987).

Por otra parte, la RM permite obtener imágenes bidimensionales y tridimensionales del cuerpo en sección transversal, mediante la localización de protones (núcleos de hidrógeno) en los tejidos corporales, utilizando una combinación de energía magnética y ondas de radio emergentes, que son convertidas por un ordenador en una imagen en escala de grises (Lee, 1998). La RM es superior a la TAC en muchos aspectos: la calidad de las imágenes es netamente superior y pueden obtenerse cortes sagitales, transversales y dorsales sin perder definición, al contrario del TAC.

En veterinaria, la mayoría de los trabajos con RM se han centrado en el sistema nervioso y en las estructuras óseas. Sin embargo, Fowler *et al.* (1990) utilizaron la resonancia magnética en el estudio de ubres de la especie caprina, observando solamente un error de 0.4% en la determinación del volumen real de la glándula mamaria. Dichos autores concluyen que esta técnica puede ser de utilidad en el estudio del desarrollo de dicha glándula.

I-8.3.2. Heredabilidad de los caracteres morfológicos mamarios

La gran variabilidad existente en los caracteres morfológicos mamarios es lo que, en primera instancia, imposibilita la completa adaptabilidad de los animales al ordeño mecánico. La heredabilidad de dichos caracteres del ganado ovino lechero se presenta en la Tabla I-8. Si se observan los valores de dicha tabla, se constata que las características mamarias poseen heredabilidades medias y altas, lo que permite la mejora de estos caracteres por selección, de modo similar a lo descrito en el vacuno de leche.

Tabla I-8. Heredabilidades ($h_{_}$) de los caracteres morfológicos mamarios del ovino lechero, según distintos autores y razas.

Carácter	Raza				
	Assaf ^a	Chios ^b	Polish ^c	Churra ^{d/1}	
Ubre	Altura	-	0.50	0.42	0.16
	Anchura	-	-	0.32	-
	Longitud	-	-	0.23	-
	Perímetro	-	0.54	-	-
Pezones	Ángulo	-	-	0.70/0.57	0.24
	Posición	0.42	-	-	-
	Anchura	0.38	0.83/0.80	0.61/0.60	0.18
	Longitud	0.23	0.64/0.70	0.30/0.58	0.18

^a Gootwine *et al.*, 1980; ^b Mavrogenis *et al.*, 1988; ^c Charon, 1990. ^d Fernández, 1995.

¹ Referente a los caracteres lineales.

I-8.3.3. Los caracteres morfológicos mamarios y su relación con la aptitud al ordeño mecánico

Los caracteres morfológicos de la ubre, que pueden condicionar la aptitud al ordeño mecánico de las ovejas, están descritos como un **conjunto de medidas anatómicas y funcionales** (Labussière *et al.*, 1981; Purroy *et al.*, 1982; Gallego, 1983; Fernández, 1985). Los principales caracteres descriptivos que definen la morfología mamaria son los siguientes:

a) Medidas de la ubre

profundidad
longitud
distancia entre pezones
volumen
perímetro de inserción

b) Medidas del pezón

longitud y anchura
ángulo de inserción
posición

c) Medidas de la cisterna

altura de las cisternas

a) Medidas de la ubre

En general, los caracteres que definen la ubre están correlacionados positivamente entre sí, según lo observado por algunos autores para distintas razas lecheras (Labussière *et al.*, 1981; Gallego *et al.*, 1983a; Pérez *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1983; Knazovicky *et al.*, 1983; Fernández, 1985).

El tamaño de la ubre se estima a través de cinco medidas principales:

- **Profundidad de la ubre**

Es la distancia medida verticalmente entre la zona de inserción perineal de la ubre (parte posterior) y la zona del ligamento suspensor medio en la base de la ubre. La evaluación de la profundidad de la ubre por el método lineal (Fernández *et al.*, 1996), propone su calificación en base a la altura de la oveja y orientándose a través del corvejón.

La profundidad de la ubre (Purroy *et al.*, 1982; Mavrogenis *et al.*, 1988), juntamente con

la anchura de la misma (Gonzalo, 1984) y su circunferencia (Gonzalo, 1984; Mavrogenis *et al.*, 1988), son caracteres incluidos en el método original descrito por Labussière *et al.* (1981), y utilizado por varios autores para estudiar la morfología mamaria en distintas razas de ovino lechero.

La profundidad de la ubre presenta diferencias según la edad y el estado de lactación, con variaciones entre razas. Por ejemplo, en la raza Chios la mayor profundidad de ubre (22.05 cm) la presentaron las ovejas en su segunda lactación y a los 3 días post-parto (Papachristoforou *et al.*, 1981), mientras que en las ovejas de raza Churra la menor profundidad (9.56 mm) la tuvieron las ovejas en sus cuatro primeras semanas de ordeño (Purroy *et al.*, 1982). Las ovejas de raza Lacaune mostraron una mayor profundidad de la ubre (17.7 cm), en relación a ovejas de raza Manchega (13.4 cm), en su decimosexta semana de lactación, así como una mayor longitud, volumen y anchura, lo que implica ubres más grandes y voluminosas, con mayor capacidad de almacenamiento de leche entre ordeños (Such *et al.*, 1995).

La observación de la profundidad de la ubre nos permite identificar aquellos animales que poseen ubres más pendulares, y también identificar si la posible causa de dicha forma es la ausencia de ligamento suspensor medio, ocasionada por el desgarramiento de los músculos de sustentación de la mama, seguido del descenso de la ubre y el aumento del ángulo de inserción de los pezones.

- **Longitud de la ubre**

Fue primeramente definida por Labussière *et al.* (1981) como “profundidad”. Sin embargo, para evitar confusiones terminológicas con el ganado vacuno, pasó a denominarse longitud. Así, dicha medida viene definida por la distancia entre el área de inserción perineal (cara posterior) de la ubre y su inserción abdominal (zona anterior) (Figura III-2).

Este carácter varía entre las distintas razas de ovino lechero, presentando por ejemplo, según los resultados del proyecto FAO M4 (Labussière, 1983), una mayor longitud las ovejas de raza Sarda (107 mm) y una menor las Lacaune (70 mm). Cabe señalar que, según algunos autores, la longitud de la ubre en la raza Manchega es superior a la de la raza Lacaune, presentando valores de 83.5-118 mm y 70-92 mm para éste carácter, en ambas razas, respectivamente (Gallego, 1983; Fernández *et al.*, 1983; Pérez *et al.*, 1983 y Fernández *et al.*, 1989, en ovejas de raza Manchega; Labussière *et al.*, 1981 y 1983, en ovejas de raza Lacaune). Sin embargo, Such *et al.* (1995) encontraron un valor superior de longitud de ubre en ovejas de razas Lacaune (110 mm), al compararla con ovejas de raza Manchega (91mm).

La longitud, el perímetro y el volumen de la ubre se caracterizan por una elevada relación con la producción total de leche, con correlaciones de 0.6-0.8 encontradas en algunas razas y según diversos autores, como Labussière *et al.* (1981 y 1983), Purroy *et al.* (1982), Gallego *et al.* (1983a), Knazovicky *et al.* (1983), Hatzimonaoglou *et al.* (1983), Pérez *et al.* (1983), Gonzalo (1984), Fernández (1985), y Arranz *et al.* (1989), entre otros.

Según la edad del animal, la longitud presenta una cierta tendencia a incrementarse, aunque su variación es de pequeña importancia, por lo que debe esperarse que sus correlaciones con la producción sean menores que las del volumen (Fernández, 1985).

- **Distancia entre pezones**

Corresponde a la distancia medida entre los puntos de inserción interna de cada uno de los pezones (Figura III-2). La distancia entre pezones también puede ser interpretada como la anchura de la ubre, según proponen Purroy *et al.* (1982), a pesar de que estos autores considera la distancia medida entre los puntos de inserción externa de los pezones.

La distancia entre pezones ha sido, desde hace muchos años, un carácter tenido en cuenta por los pastores como signo lechero, y como prueba anatómica del potencial productivo de la oveja. A través de una prueba empírica, que consiste en la medida en dedos de la distancia entre los pezones, podían “deducir” la futura productividad de una cordera o de ovejas impúberes o secas, considerando buenas productoras aquellas con un mínimo de cuatro dedos (Sánchez, 1970).

En los estudios realizados por otros autores sobre la morfología mamaria, la distancia entre pezones ha sido un carácter en general poco considerado, destacando los trabajos de Papachristoforou *et al.* (1981) en ovejas de raza Chios, Purroy *et al.* (1982) en ovejas de raza Churra y Such *et al.* (1995) en ovejas de raza Manchega y Lacaune. Cuando se compara la distancia entre los pezones en estas razas, las que presentan una mayor distancia entre los mismos son las ovejas de raza Chios y Churra (14.35 y 12.2 cm, respectivamente), y una menor las ovejas de raza Lacaune y Manchega (11.8 y 10.7 cm, respectivamente). La distancia entre los pezones se incrementa según la edad del animal y el estado de lactación, indicando, junto con el aumento de longitud y circunferencia de la ubre, un mayor volumen de la misma (Papachristoforou *et al.*, 1981). Las correlaciones encontradas por estos autores entre la distancia entre pezones, la longitud y la circunferencia de la ubre, fueron más altas y positivas a los 90 días post-parto.

La distancia entre pezones, junto con los parámetros que definen el tamaño de la ubre (longitud y circunferencia), presenta, según algunos autores, una correlación positiva con la producción lechera de la oveja (Horak, 1964 y 1966; Papachristoforou *et al.*, 1981; Purroy *et al.*, 1982; Labussière, 1988).

- **Volumen de la ubre**

Con el uso de un recipiente plástico de volumen conocido y repleto de agua tibia, se procede a la inmersión de la ubre, para posteriormente medir el volumen de agua que queda tras la retirada de la misma. De esta manera, el volumen de la ubre es la diferencia existente entre el volumen inicial y el volumen final, expresado en mililitros.

La producción diaria o estacional de leche posee una alta correlación con el volumen mamario (Labussière *et al.*, 1981; Labussière, 1988). Según lo encontrado en el proyecto FAO-M4 (Labussière 1983), la raza Sarda fue la que presentó una ubre más voluminosa y también una mayor cantidad de leche producida (1458 y 968 ml relativos al ordeño intensivo y simplificado, respectivamente), y la de menor volumen y consecuente producción de leche fue la oveja Manchega (687 y 236 ml, respectivamente). La raza Lacaune, sin embargo, presentó un volumen medio de ubre, en torno a los 946 ml, valor superior al de las ovejas de raza Manchega y Churra (792 ml).

Cabe señalar que la medida de los caracteres profundidad, distancia entre pezones (anchura) y circunferencia de la ubre pueden reemplazar la medición del volumen, ya que son más fáciles de medir y poseen una gran correlación con la producción láctea (Gonzalo, 1984; Mavrogenis *et al.*, 1988).

- **Inserción de la ubre**

Se define como el perímetro de inserción de la ubre la circunferencia existente en la parte inferior de la pared abdominal de la oveja. Su importancia reside en el hecho de que una buena inserción de ubre está relacionada con una buena capacidad de soporte de la producción de leche y del peso de la mama. Fue definida por De la fuente *et al.* (1996), que clasificaron como óptimos los animales de mayor perímetro de inserción.

b) Medidas del pezón

Las correlaciones encontradas entre los caracteres que definen el tamaño de los pezones (longitud y anchura) fueron altas y positivas según lo descrito por diversos autores en distintas

razas (Casu *et al.*, 1983; Gallego *et al.*, 1983a; Knazovicky *et al.*, 1983; Pérez *et al.*, 1983; Fernández, 1985; Arranz *et al.*, 1989; Fernández, 1995).

- **Tamaño de los pezones**

El tamaño de los pezones viene definido por la longitud (l) y anchura de los mismos (a). La longitud del pezón comprende la distancia, medida en milímetros con un calibre, entre la base de implantación del pezón y su extremo, y la anchura se evalúa en la porción media del pezón, vigilando no comprimirlo (Figura III-2).

Parece ser que ambos caracteres están bien correlacionados entre sí ($r = 0.59 - 0.87$) y no con la producción diaria de leche (Labussière, 1981). No obstante, el tamaño de los pezones puede modificar las fracciones de ordeño, según el diámetro de la pezonera utilizada, aumentando así el repaso a máquina y a mano (Such *et al.*, 1989). Otra consideración de gran importancia es la poca adaptación a las pezoneras por parte de ciertas razas lecheras, que poseen un tamaño de pezón muy distinto (por ejemplo más ancho o más largo) al de las ovejas de raza Lacaune, utilizadas como referencia en la fabricación de muchas pezoneras consideradas como estándar (Labussière, 1988).

Según los valores obtenidos para la longitud y anchura de los pezones en el proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983), las ovejas de raza Manchega presentaron una mayor longitud y anchura de los pezones que las de raza Churra, siendo más estrechos los pezones en las ovejas de raza Lacaune.

En algunos trabajos, las características de los pezones (longitud, posición y ángulo de inserción) no suelen presentar correlaciones significativas con la producción de leche (Labussière *et al.*, 1981 y Gallego *et al.*, 1983a), mientras que la anchura del pezón presenta correlaciones muy bajas (Purroy *et al.*, 1982; Gallego *et al.*, 1983a; Gonzalo, 1984; Pérez *et al.*, 1983; Fernández, 1985). Cabe señalar también el incremento de la caída de pezoneras en los animales de pezones largos y anchos (Casu *et al.*, 1983; Fernández, 1985).

- **Ángulo de inserción de los pezones**

En la cara posterior de la ubre, y tomando como referencia el plano vertical (ángulo de 0°), se mide, con la ayuda de un transportador de ángulos, el ángulo formado por la línea imaginaria del eje del pezón y la vertical (Figura III-2).

El ángulo de inserción de los pezones presenta diferencias entre las distintas razas de

ovino lechero y, generalmente, tiene su valor medio en torno a los 45° dentro del intervalo $32.91^\circ - 67.24^\circ$ (Gallego, 1983). En el marco del proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983), las ovejas de raza Sarda tuvieron ángulos de inserción muy grandes (67.2°), mientras que en las ovejas de raza Manchega se encontraron los más pequeños (43.4°). El ángulo de inserción de las ovejas Lacaune (48°) estuvo más cercano al de la raza Manchega. Para algunos autores (Labussière, 1976; Labussière *et al.*, 1981), las ovejas que presentan un solo pico de emisión de leche poseen un ángulo de inclinación mayor (48°) que las de dos emisiones (35°), mientras que otros no han hallado dichas diferencias significativas (Fernández *et al.*, 1989). Además, en la raza Sarda, las ovejas de dos picos presentaron un ángulo de implantación medio (67°) superior (Casu *et al.*, 1983).

Las ubres que presentan grandes ángulos de inserción de pezones respecto a la vertical suelen tener grandes cisternas (Partearroyo y Flamant, 1978; Labussière *et al.*, 1981; Casu *et al.*, 1983; Gallego *et al.*, 1983a; Gonzalo *et al.*, 1985), y también pueden ver incrementada la tendencia a la caída de las pezoneras (Mikus, 1978; Labussière *et al.*, 1981; Casu *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1983; Gallego *et al.*, 1983a; Labussière, 1988), lo que comporta posible dolor e inhibición del mecanismo de eyección de leche. Cabe señalar, por otra parte, que el ángulo de implantación de los pezones parece no poseer una correlación significativa con la producción de leche (Fernández, 1985; Arranz *et al.*, 1989).

- **Posición de los pezones**

En las dos caras laterales de la ubre, y tomando como referencia el plano vertical, se asigna una puntuación subjetiva (N) para cada uno de los pezones según su posición (Figura III-3b):

- N = 1 pezón dirigido hacia atrás
- N = 2 pezón sobre el plano vertical
- N = 3 pezón poco adelantado
- N = 4 pezón adelantado
- N = 5 pezón muy adelantado

De forma general, según Gallego (1983), los pezones se encuentran ligeramente adelantados ($N = 3.2$), lo que parece no interferir en la puesta de las pezoneras entre las patas posteriores de la oveja. Sin embargo, en el proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983), las ovejas de raza Sarda presentaron pezones más adelantados ($N=3.7$), mientras que las ovejas de raza

Manchega (N=3.0) y las de raza Lacaune (N=3.2), los tuvieron poco y ligeramente adelantados, respectivamente.

Cabe señalar que la posición de los pezones no provoca, en general, dificultades en el ordeño mecánico, pero debido a su relación positiva con el ángulo de inclinación de los mismos, cuando ambos se muestran muy elevados pueden ocasionar problemas en la adaptación al ordeño mecánico, aumentando la caída de pezoneras y produciendo la inhibición del reflejo de eyección (Gallego *et al.*, 1983; Knazovicky *et al.*, 1983; Arranz *et al.*, 1989; Casu *et al.*, 1983 y 1989).

c) *Tamaño de las cisternas*

El tamaño de las cisternas viene definido por la **altura de las cisternas**.

Para cada una de las cisternas se mide, en milímetros, la distancia entre el punto de inserción del pezón y la parte más ventral de la cisterna (Figura III-2). Cabe señalar que lo que se mide realmente no corresponde a la cisterna anatómica, ya que como estructura interna de la ubre se evalúa mejor por medio de la ecografía (Ruberte *et al.*, 1994a).

La altura de las cisternas mamarias muestra mucha variabilidad cuando se compara entre distintas razas, alcanzando valores medios de 6.85 mm en la raza Manchega (Fernández *et al.*, 1983), 19.25 en la raza Lacaune (Labussière *et al.*, 1983), y 31.9 mm en la raza Sarda (Casu *et al.*, 1983).

La presencia de grandes cisternas indica, en gran medida, una mayor capacidad de la ubre para distenderse frente la acumulación de leche, y sobre todo, una mayor cantidad de leche ordeñable (Gallego *et al.*, 1983; Labussière, 1983). Dicha capacidad de distensión, junto con una adecuada red canalicular, determinan una mejor respuesta a la simplificación de las rutinas de ordeño (Partearroyo y Flamant, 1978; Labussière, 1988). Sin embargo, la altura de las cisternas mamarias no presenta altas correlaciones con la producción de leche (Gallego *et al.*, 1983; Knazovicky *et al.*, 1983; Labussière *et al.*, 1983).

La altura de las cisternas está positivamente correlacionada con el ángulo de inserción de los pezones en la mayor parte de las razas estudiadas (Casu *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1983; Gallego *et al.*, 1983a; Knazovicky *et al.*, 1983; Pérez *et al.*, 1983; Arranz *et al.*, 1989; Fernández, 1985; Fernández, 1995), lo que indica que las ubres que poseen una mayor altura de cisternas presentan un mayor ángulo de inserción de los pezones. Por otra parte, la máquina de ordeño, por sí sola, no es capaz de extraer la leche alojada por debajo de la

inserción de los pezones en aquellas ubres con elevada altura de cisternas mamarias (Peris, 1994), haciéndose necesaria la intervención del ordeñador. Es conocida, también, la correlación entre la altura de las cisternas y la posición de los pezones, que resulta ser positiva, pero no tan elevada como con el ángulo de inserción de pezones, indicando que cuanto mayor es la altura de las cisternas más adelantados tienden a estar los pezones (Gallego *et al.*, 1983; Knazovicky *et al.*, 1983; Gonzalo, 1984; Arranz *et al.*, 1989).

I-8.3.4. Tipología de ubres

A través de la Tipología de ubres (Figura I-15), se ha tratado de simplificar la valoración de la morfología de las ubres y estudiar su relación con la aptitud al ordeño mecánico en diversas razas de ovino lechero. Las clasificaciones, según la tipología de ubres, se basan fundamentalmente en el ángulo de implantación de los pezones, las características de las cisternas, la presencia o ausencia de ligamento suspensor medio y la simetría de la ubre.

Sagi y Morag (1974), fueron los primeros en estudiar la morfología mamaria clasificada por "tipos", como se ha mencionado anteriormente. La relación entre esta tipología y la producción de leche en el ovino lechero es contradictoria, dado que algunos autores han encontrado correlaciones entre dichos caracteres (Sagi y Morag, 1974; Sagi, 1978; Partearroyo y Flamant, 1978; Casu *et al.*, 1983), mientras que otros autores observaron producciones superiores en las ovejas de pezones bajos (Jatsch y Sagi, 1979; Gallego, 1983), o incluso elevados (Casu *et al.*, 1983; Casu *et al.*, 1989).

Según Sagi y Morag (1974) y Jatsch y Sagi (1978), el tipo de ubre ideal para el ordeño, llamada "*udder machine*" (Mikus, 1978), es la tipo IV de su clasificación (Figura I-15), al presentar una mayor fracción de leche a máquina, que es coincidente con el tipo III de Gallego *et al.* (1983a) para la raza Manchega. Este tipo de ubre se caracteriza por poseer los pezones implantados verticalmente y en la parte más baja de las cisternas, lo que conlleva una disminución de los repasos, del tiempo de ordeño, y de la caída de pezoneras. De esta forma, en ovejas de raza Manchega, el tipo de ubre III (Gallego *et al.*, 1983) es el que mejor se adapta al ordeño mecánico, ya que permite extraer una mayor proporción de leche a máquina.

Por otro lado, Casu *et al.* (1983) consideraron la ubre tipo I de sus clasificaciones (Figura I-15) como ideal, por poseer ángulos de implantación verticales y pequeñas cisternas. Hay que destacar que estos autores utilizan una numeración de los *tipos* inverso al criterio utilizado por los demás.

Cabe señalar que la clasificación de ubres por tipos es un método rápido y sencillo,

que permite además su uso en distintas razas lecheras, como por ejemplo las ovejas Sarda (Casu *et al.*, 1989), Manchega (Gallego *et al.*, 1983), Latxa (Arranz *et al.*, 1989), Assaf (Sagi y Morag, 1974), entre otras. Sin embargo, este método proporciona una información limitada de la morfología de la ubre, haciendo necesario la inclusión de otros caracteres mamarios para la obtención de un mejor conocimiento de la misma, sean los descritos anteriormente o incluso otros de carácter subjetivo.

I-8.3.5. Factores que influyen sobre la morfología de la ubre

a) *Genotipo*

En el ovino lechero, el genotipo (raza) es uno de los factores más importantes en la definición de diferencias en la aptitud al ordeño mecánico y en la producción y composición de la leche. En el proyecto FAO-M4 (Labussière, 1983) mencionado anteriormente, se pudo cuantificar y comparar las diferencias productivas entre las ocho razas de ovejas lecheras estudiadas. Sin embargo, hay muy pocos trabajos que comparen la morfología de la ubre y los demás parámetros productivos de distintas razas de ovino lechero bajo similares condiciones de explotación.

En muchos casos, las diferencias en aptitud al ordeño mecánico, producción y composición de la leche entre las distintas razas de ovejas sometidas a ordeño, se deben en gran parte a la diversidad de sistemas de explotación, y no fundamentalmente a efectos genéticos. Estos efectos se pueden observar cuando se diferencian las razas por sus producciones máximas alcanzadas (potencial productivo), o también cuando se encuentran bajo un mismo sistema de producción.

b) *Prolificidad*

El número de corderos criados o tipo de parto puede también influir sobre la producción lechera, pues las ovejas que gestaron un número elevado de corderos suelen tener un aumento de la superficie placentaria con una elevada producción de esteroides ováricos y feto-placentarios, que unidos a la síntesis del lactógeno placentario ovino y de la somatotropina coriónica, determinan un mayor desarrollo de la estructura lóbulo-alveolar mamaria (Delouis, 1981; Chene *et al.*, 1988). Por otra parte, la estimulación de la glándula mamaria y un óptimo grado de vacuidad, en aquellas ovejas que amamantan más de un cordero, favorece la existencia de un gradiente continuo de depresión intra-alveolar y la síntesis de leche.

Algunos autores encuentran que la producción de leche en los primeros 50 días postparto y durante el período de ordeño están correlacionadas (0.30 a 0.66) con el número de crías nacidas (Ricoardeau *et al.*, 1979; Boichard *et al.*, 1984). Sin embargo, otros autores no encontraron relación entre la prolificidad y la producción de leche total (Gallego, 1983).

Las ovejas que crían dos corderos suelen incrementar la producción en un 30-40% más que las que crían uno solo, pero esta diferencia no se manifiesta en la fase de ordeño (Ricoardeau y Denamur, 1962; Caja *et al.*, 1986), ya que por el contrario se reduce la diferencia según avanza el estado de la lactación, con una superioridad de las ovejas de cría doble inferior al 10% (Fernández, 1985). Sin embargo, estas diferencias pueden minimizarse al utilizar razas de alto potencial genético (Gabiña *et al.*, 1993), animales de edad superior (Fernández, 1985) o incluso lactaciones largas. Por otra parte, Barillet (1989) ha observado que las ovejas Lacaune, bajo el sistema de media leche y con una sola cría, suelen presentar una mayor persistencia de la lactación tras el destete. Finalmente, conviene resaltar la inexistencia de datos sobre la influencia del factor prolificidad sobre la morfología mamaria.

c) Estado de lactación

La producción y composición de la leche, la morfología de la ubre y el estado sanitario de la misma, se ven claramente influidos por el estado de lactación de la oveja, que puede hacer variar también los principales parámetros que definen la aptitud al ordeño mecánico (Such, 1990). El efecto del estado de la lactación es variable entre razas y entre individuos de una misma raza, y condiciona la producción de leche.

Se sabe que los parámetros que definen el tamaño de la ubre, como la profundidad, el perímetro y el volumen, suelen disminuir durante la lactación (Gallego *et al.*, 1983 ; Arranz *et al.*, 1989), probablemente de forma paralela a la producción de leche, que se reduce progresivamente a medida que disminuye la actividad secretora del tejido glandular. Por el contrario, la altura de las cisternas no presenta modificación significativa (Gallego, 1983; Gonzalo, 1984; Arranz *et al.*, 1989).

Los parámetros que definen el tamaño del pezón, de forma general, no parecen variar en el transcurso de la lactación (Gallego *et al.*, 1983; Gonzalo *et al.*, 1985), con la excepción de una cierta variabilidad al inicio del período de ordeño (Gonzalo, 1984), en el que el tamaño disminuye y la posición de los pezones tiende a retrasarse, mientras que el ángulo de inserción se incrementa entre 5 y 9 grados (Gonzalo *et al.*, 1985). Según Arranz *et al.* (1989), el diámetro del pezón en la raza Latxa sufre un descenso significativo (de 17 a 14-15 mm)

después de la semana 11 de lactación.

Algunos autores han observado que en el transcurso de la lactación varía la tipología de las ubres, encontrando ubres peor conformadas y más caídas (Sagi y Morag, 1974; Jatsch y Sagi, 1978; Purroy *et al.*, 1982; Russev y Ivanova, 1983; Fernández, 1985). Sin embargo, Gallego *et al.* (1983a), en la raza Manchega, no observaron dichas modificaciones.

d) Número de lactación

El número de lactación puede considerarse como la representación de la edad de la oveja, y posee una marcada influencia sobre la producción y composición de la leche, y también sobre la aptitud al ordeño mecánico de las ovejas lecheras.

Según varios autores, la producción de leche varía según el número de lactación del animal, presentando un máximo en el segundo-tercer parto (Labussière *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1983; Purroy *et al.*, 1983; Arranz *et al.*, 1989; Guillouet y Barillet, 1991). Esto puede ser explicado por su relación con el peso de la oveja, ya que aquellas que presentan un peso y formatos superiores suelen producir una mayor cantidad de leche (Fernández, 1985). Sin embargo, cabe señalar que el peso del animal está sometido a diversas variaciones de orden fisiológico y alimentario, que pueden alterar la productividad de la oveja.

Se ha visto que, al incrementar el número de lactación, el volumen de la ubre aumenta, y consecuentemente la producción, sin que la longitud presente una clara variación (Fernández, 1985). Mientras Labussière *et al.* (1983) observaron un incremento de la longitud hasta la tercera lactación en la raza Lacaune, otros autores, como Purroy *et al.* (1983) en la Churra y Arranz *et al.* (1989) en la Latxa, no encontraron diferencias.

El tamaño de los pezones presenta, según algunos autores, modificaciones en función de la edad del animal, aumentando su longitud y anchura (Ojeda, 1974; Labussière, 1983 y Casu *et al.*, 1989). En relación con la posición de los pezones, éstos sufren un adelantamiento a medida que el animal envejece, según se ha observado en las razas Lacaune (Labussière *et al.*, 1981), Sarda (Casu *et al.*, 1989) y Manchega (Gallego *et al.*, 1983). Sin embargo, el ángulo de inserción de los pezones parece presentar un comportamiento distinto entre razas, pues según algunos autores parece aumentar con la edad del animal (Purroy *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1983; Fernández, 1985; Labussière *et al.*, 1983; Casu *et al.*, 1989), mientras que para otros disminuye (Hatziminaoglou *et al.*, 1983; Arranz *et al.*, 1989).

La altura de las cisternas parece incrementarse a medida que lo hace el número de

lactación. Fernández (1985) encontró que las ovejas de más de tres lactaciones presentaban mayores valores de altura de cisternas, y Casu *et al.*, (1989) observaron que al envejecer el animal tienden a presentarse ubres con mayor altura de las mismas.

En el estudio del área cisternal, medida mediante ultrasonografía, Bruckmaier *et al.* (1994) encontró una alta y positiva relación de esta característica con el número de lactación en el ganado bovino de leche ($r = 0.90$), indicando que las vacas jóvenes poseen una cisterna menor que las viejas. Esta relación puede ser explicada por el hecho de que el número de fibras elásticas decrece con la edad, y también por el efecto de la elasticidad y ensanchamiento diario que sufren las paredes de la cisterna y ductos con la presencia de leche.

e) Otros factores

Otros factores que pueden influir sobre la morfología de la ubre, son el estado de desarrollo del animal (peso, tamaño, estado corporal y reservas corporales), el estado sanitario del animal y de la ubre (mamitis), y el sistema de cría (cría exclusiva y media leche).

I-9. ECOGRAFÍA MAMARIA

I-9.1. Antecedentes

La ultrasonografía o ecografía se caracteriza por ser una técnica segura, donde la ausencia del empleo de radiación ionizada facilita su utilización de forma repetida como prescripción diagnóstica, sin provocar efectos negativos sobre la salud humana y animal (Goddard, 2000).

Como método de diagnóstico en Veterinaria, la ecografía tuvo su origen en los años 80, cuando se introdujo en la clínica reproductiva de los animales de compañía, del bovino, del equino y, de forma más tardía, en los pequeños rumiantes. Actualmente, la ecografía en los rumiantes se utiliza con frecuencia en el diagnóstico de gestación de la hembra (estimación de la edad fetal y determinación del número de fetos) y de fertilidad del macho (verificación de la estructura y función testicular). Esta técnica se utiliza también en programas de mejora genética de producción de carne de ovino, mediante la evaluación del desarrollo muscular y de la condición corporal del carnero, para permitir su inclusión en la selección como padre de la próxima generación (Russel y Goddard, 2000).

Entre los distintos métodos de valoración interna del área cisternal, se encuentran aquellos realizados "in vivo" mediante la ultrasonografía (Ayadi *et al.*, 2000; Caja *et al.*, 1999; Cartee *et al.*, 1986; Bruckmaier y Blum, 1992, Bruckmaier *et al.*, 1994 y 1997; Nudda *et al.*, 2000; Ruberte *et al.*, 1994a) y los efectuados tras el sacrificio de los animales, por congelación o por corrosión plástica (Bruckmaier *et al.*, 1994; Ruberte *et al.*, 1994b). Cabe la posibilidad de encontrar diferencias entre una área medida a través de ultrasonidos y por la técnica de congelación, debido a la respuesta fisiológica de los animales (presión intramamaria y efectos de gravedad) que no está presente en el animal muerto (Bruckmaier *et al.*, 1994).

I-9.2. Conceptos básicos del aparato de ultrasonidos

Se entiende por ultrasonografía la producción y emisión de ondas sonoras (ultrasonidos) a un nivel superior al perceptible por el oído humano, que pueden ser de una frecuencia a partir de los 20.000 hercios (Herrtage, 1991; González *et al.*, 1999; Goddard, 2000). Los ultrasonidos con fines diagnósticos poseen usualmente frecuencias entre 1-10 MHz, siendo los de 3.5, 5 y 7.5 MHz los más utilizados (Farrow, 1999; Goddard, 2000).

A grandes rasgos, esta técnica tiene como fundamento la emisión de ondas sonoras hacia

los tejidos orgánicos (materia), que son atravesados o no, según la densidad de los mismos, dando lugar a un eco de retorno y la consiguiente formación de una carga eléctrica como respuesta.

El funcionamiento del aparato de ultrasonidos depende de la capacidad de uno o más cristales de propiedades piezoeléctricas, que situados en el transductor (cabeza del escáner) se deforman (vibran) con la aplicación de una corriente eléctrica de alto voltaje y de magnitud proporcional (fuerza de la onda ultrasónica), siendo capaces de convertir la energía eléctrica en mecánica y viceversa. Cuando el transductor se pone en contacto con la superficie corporal, emite ondas de sonido que se propagan a través de los tejidos con una intensidad decreciente hasta alcanzar una interfase entre tejidos de diferente impedancia acústica, donde una parte del sonido se refleja como un *eco* hacia el transductor originario, tropezando y deformando los cristales, y otra continúa hacia los tejidos más profundos. Esta energía mecánica originada (eco) se convierte en energía eléctrica, y genera una imagen bidimensional en escala de grises (del negro al blanco) en una pantalla. Dicha imagen es, por lo tanto, la representación de una fina lámina de tejido (algunos milímetros), en la cual las ecodensidades o la textura acústica de los diferentes componentes de una estructura se revelan como puntos grises.

El eco generado depende de varios factores, entre ellos la distancia por él recorrida, el ángulo obtenido al entrar en contacto con estas estructuras y las diferencias de impedancia acústica de los tejidos encontrados en el camino (Goddard, 2000). La velocidad del ultrasonido dependerá de las características tisulares del área explorada, siendo los ecos producidos en las superficies más próximas aquellos que regresarán primero y que harán que vibren los cristales del transductor. En relación a la resolución, existen dos tipos: axial, con capacidad para diferenciar dos estructuras a lo largo de la longitud de onda, y lateral, que diferencia dos estructuras situadas perpendicularmente.

Entre las técnicas ecográficas existentes, la más utilizada actualmente es el Modo B (Brightness) a Tiempo Real, que permite la visualización a tiempo real (imagen viva) de las estructuras anatómicas a ser estudiadas en cuanto a su morfología y textura. En el modo B, el transductor no emite el ultrasonido de forma continua (excepto en aplicaciones Doppler y terapéuticas), si no mediante un sistema de eco pulsado. O sea, se emite un pulso de ultrasonidos, de alrededor de 5-6 ciclos de ondas con menos de un microsegundo de duración, el cual no volverá a emitirse antes de que se reciban sus reflexiones.

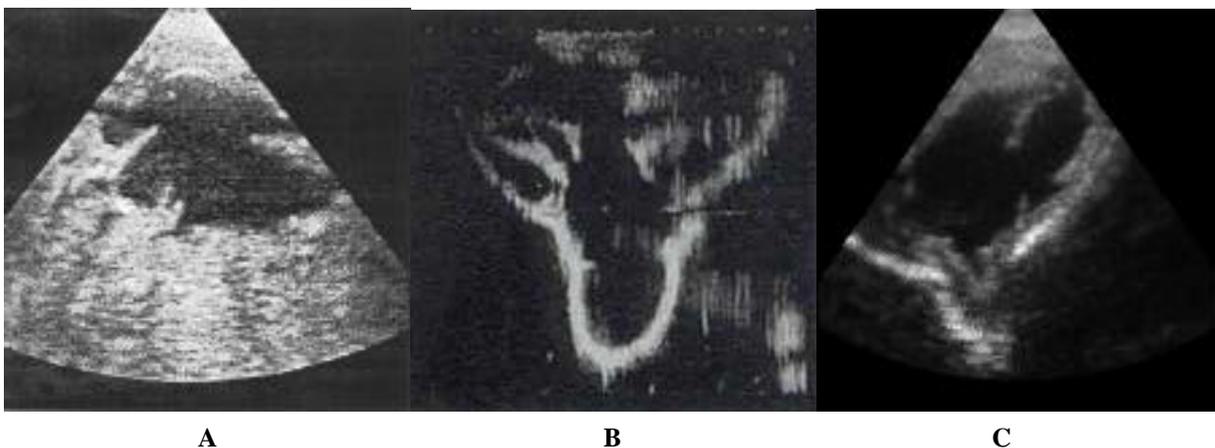
Los ecógrafos poseen sondas que pueden ser de dos formatos: lineal y sectorial. Las

lineales producen una imagen rectangular, sin distorsión en la parte superior de la pantalla, y las sectoriales originan una imagen segmentaria en forma de arco ("trozo de tarta"), con distorsión en los bordes y falta de definición en la sección superior de la pantalla. Para una mejor transmisión de los ultrasonidos, es fundamental el uso de un agente de contacto (gel de acoplamiento) entre la materia y el transductor, debido a que los ultrasonidos no atraviesan el aire con facilidad.

Al visualizar una imagen ecográfica, encontraremos áreas en negro, blanco y gris que representan, como hemos dicho anteriormente, a los distintos tejidos y sus interfases. Las áreas en negro corresponden a aquellas estructuras llenas de líquido, que no son ecogénicas y se denominan *anecóicas* (ausencia de reflexión). Las estructuras *ecogénicas*, a su vez, se presentan blancas y son llamadas *ecóicas*. De este modo, al visualizar una ecografía mamaria, tanto la cisterna mamaria repleta de leche como la cisterna del pezón se muestran *anecóicas*, mientras que el parénquima glandular es *ecóico*, o *hipoecóico* cuando los ductos mamarios están repletos de leche (Ruberte *et al.*, 1994a; Figura I-18).

Conviene señalar que, durante la lactación, el tejido adiposo se encuentra distribuido en todo el tejido parenquimatoso, lo que facilita su diferenciación con la cisterna, ya que la grasa posee baja ecogenicidad y podría conducir a una equivocación con el área cisternal repleta de leche. Del mismo modo, la leche no se presenta del todo *anecóica*, debido a la presencia de glóbulos de grasa y micelas de caseína en la misma (Ruberte *et al.*, 1994a; Caja *et al.*, 1999). Tales componentes pueden ser vistos con más nitidez por administración de oxitocina exógena, originando un torbellino de partículas que van desde el borde de la pared de la cisterna hasta el centro del área cisternal (Bruckmaier y Blum, 1992).

Figura I-18. Ecografía mamaria en el bovino (A; Ayadi, 2000), caprino (B; Bruckmaier y Blum, 1992) y ovino lechero (C).



I-9.3. Aplicabilidad

El intento de valorar, mediante un método óptimo y no perjudicial, la ubre y su capacidad productiva en las distintas especies de animales lecheros, ha conducido a diversos autores a estudiar la utilidad del método de la ultrasonografía mamaria durante la lactación, como muestra la Tabla I-9.

Cartee *et al.* (1986) y Worstorff *et al.* (1986) estudiaron y comprobaron la utilidad de la ecografía mamaria, en el bovino lechero, como método de diagnóstico de las posibles alteraciones en la estructura de la ubre. Tales alteraciones, como podría ser el crecimiento obstructivo de las paredes del pezón o los casos de pliegue papilar y anular, no son observables en la palpación.

Bruckmaier y Blum (1992) y Bruckmaier *et al.* (1997) han estudiado el uso y la aplicabilidad de este método ecográfico en la valoración de ubres de distintas especies lecheras. Como conclusión, estos autores han comprobado que el gel de contacto da los resultados más óptimos en el examen de la glándula mamaria. Por otra parte, cuando el objetivo es la visualización de la cisterna mamaria juntamente con el pezón y sus respectivos tejidos de conexión, la técnica indicada es la inmersión completa de la ubre en un cubo repleto de agua (medio ideal de transmisión). La técnica de inmersión, que aparece descrita con detalle en algunos trabajos (Cartee *et al.*, 1986; Bruckmaier y Blum, 1992), posee también, como ventaja, la no existencia de posibles deformaciones del pezón originadas por la presión ejercida por el transductor sobre la área en estudio.

A nivel comparativo, Bruckmaier y Blum (1992) han estudiado, a través de la técnica ultrasonográfica, las diferencias existentes entre las características mamarias de tres especies lecheras: la oveja, la cabra y la vaca. Como resultado, estos autores han descrito la similitud en rango del tamaño del área cisternal de la vaca y de la cabra, a pesar de que un cuarto de ubre de vacuno es mayor a media ubre de cabra. Tales diferencias se explican por el hecho de que la cabra almacena un mayor porcentaje de la leche la cisterna mamaria, mientras que la vaca lo almacena en el tejido mamario (leche alveolar).

En la raza ovina Frisona del Este se pudo observar claramente que la cisterna mamaria está situada más ventralmente que los pezones, dificultando así la extracción de la leche de las cisternas al pezón por gravedad, a diferencia de lo que ocurre en el ganado vacuno (Bruckmaier y Blum, 1992). Al estudiar dos razas distintas de ovino lechero (Lacaune y Frisona del Este), Bruckmaier *et al.* (1997b) no encontraron diferencias en relación al tamaño del área de la

cisterna mamaria. Sin embargo, pudieron observar que las dos razas son diferentes en cuanto a la disposición anatómica de la cisterna en relación al pezón, lo que justificaría el que una raza fuera más apta al ordeño mecánico que la otra.

En contra de lo descrito por algunos autores (Labussière *et al.*, 1981; Casu *et al.*, 1983; Gallego *et al.*, 1983a y 1985; Labussière, 1983 y 1988), relativo a la relación entre la medida externa de la cisterna mamaria y la producción de leche (apartado I-8.3.3), otros autores han encontrado una relación positiva entre la cantidad de leche cisternal y el área y el perímetro de la cisterna de la ubre, como por ejemplo Caja *et al.* (1999) en ovejas de raza Ripollesa ($r = 0.81$ y 0.90 , respectivamente) y Nudda *et al.* (2000) ($r = 0.82$ y 0.67 , respectivamente).

En el ganado vacuno lechero, Bruckmaier *et al.* (1994) pudieron comparar el tamaño de la cisterna mamaria proveniente de una imagen ecográfica, con el de otra procedente de la disección y congelación de algunos cuartos de la ubre. Los resultados variaron considerablemente entre animales, y en ambos métodos, ecografía y secciones congeladas, se encontraron valores de 5.3 a 81.9 cm^2 y 10.7 a 49 cm^2 , respectivamente. Sin embargo, se observó que el área cisternal de los cuatro cuartos, medida mediante ultrasonografía, era muy similar en el mismo animal, con valores comprendidos entre 5.4 a 6.7 cm^2 . El área cisternal obtenida mediante la ecografía fue ligeramente superior a la medida tras el sacrificio de los animales y congelación de la ubre. Por otra parte, se observó unas altas correlaciones entre estas variables: área cisternal mediante ecografía y secciones congeladas (0.84), e imagen ecográfica y repleción plástica (0.94), lo que indica que el área medida mediante la ultrasonografía es una medida muy próxima al tamaño real de la cisterna mamaria.

Tabla I-9. Detalles técnicos del uso de la ecografía mamaria por diversos autores en distintas especies lecheras.

Especie	Autores	Raza (n)	Edad (años)	Días pos parto	Sonda : MHz	Horas p. ordeño	Localiz. sonda	Producción	Método de extracción		Eco (cm ²)	Cantidad (ml)	
									Cisternal	Alveolar	Cisternal	Cisternal	Alveolar
ovina	Bruckmaier <i>et al.</i> , 1992	Frisona del Este (5)	1 - 4 nl	Mitad de la lactación	Lineal : 5	-	*	3.2 kg/día	-	-	18.8	-	-
	Ruberte <i>et al.</i> , 1994	Ripollesa (24)**	3.8	21-35	Sectorial : 5	4	LS - S	-	-	-	-	-	-
	Bruckmaier <i>et al.</i> , 1997	Lacaune, Lc (11) Frisona del Este, Fr	-	150 - 180	-	-	*	-	-	-	Lc: 3.300 Fr: 4.000	-	-
	Caja <i>et al.</i> , 1998	Ripollesa (24)**	3.8	21-35	Sectorial : 5	4	LS - S	1.62 l/día	Cánula	Oxitocina i.v. + O.M.	5.6	33	102
	Nudda <i>et al.</i> , 2000	Sarda (20)		> 150	Sectorial : 3.5	24	-	-	-	-	19	124	27.8
caprina	Bruckmaier <i>et al.</i> , 1992	Saanen (5)	1 - 4 nl	Mitad de la lactación	Lineal : 5	-	*	3.5 kg/día	-	Oxitocina	15.9	-	-
	Cartee <i>et al.</i> , 1986	-	-	-	Sectorial y lineal : 5	-	-	-	-	Adrenalina I.M.	-	-	-
bovina	Bruckmaier <i>et al.</i> , 1992	PA_RH ³ (5)	1 - 4 nl	Mitad de la lactación	Lineal : 5	-	*	26 kg /día	-	-	27.8	-	-
	Bruckmaier <i>et al.</i> , 1994	PA_RH, B_BS, PA_SB ³	2-9 (nl)	-	-	10	Lateral a cada cuarto	7300Kg/año	Ordeño	No Oxitocina para animales en la sala de ordeño	95	1.11 Kg	11.59 Kg
	Ayadi <i>et al.</i> 2000	Holstein	4	215	Sectorial : 5	4, 8, 12, 16, 20 y 24	Paralelo al pezón	20l/día	Cánula	Oxitocina	3.4 - 41.3	90 (4h) a 2140 (24h)	620 (4h) a 3260 (16h)

* técnica de inmersión de la ubre en un cubo con agua (Bruckmaier *et al.*, 1992); ** raza de ovejas de carne.

¹ ovejas en el período de cría; ² tras inyección de oxitocina, los animales fueron ordeñados a mano y 4 h después se realizó la ecografía.

LS-S: sonda localizada en la parte superior del ligamento suspensorio, próximo a los ganglios mamaros.

³ S_RH: Simmental_Frisona roja; PA_BS: Pardo Alpina_Brown Swiss; PA_SB: Simmental_Pardo Alpina.