

# REPRODUCCIÓN Y MEJORA DE PEQUEÑOS RUMIANTES



COMUNIDAD EUROPEA



Consejería de Agricultura y Pesca





# REPRODUCCIÓN Y MEJORA DE PEQUEÑOS RUMIANTES

© JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca  
**Publica:** Dirección General de Investigación y Formación Agraria  
Servicio de Publicaciones y Divulgación.  
**Colección:** CURSOS SUPERIORES 4/98  
**Autores:** Varios  
**Fotografía e Ilustraciones:** Autores  
**Depósito Legal:** SE-2759/98  
**I.S.B.N.:** 84-89802-40-8  
**Maquetación e Impresión:** Tecnographic S.L., Sevilla

\* Se prohíbe la reproducción parcial o íntegra de esta publicación,  
sin la autorización expresa de autor/es, o editor.

Dentro de la ciencia de la Zootecnia el campo específico de la Mejora y Reproducción Animal, considerado como la posesión y desarrollo de un conjunto de conocimientos biológicos, sistemas y técnicas de producción, aplicados con la intención de obtener, a través de una buena gestión, cuantitativamente y cualitativamente el máximo de productos útiles al hombre, constituyen "per se" una parte fundamental de la mencionada ciencia.

Partiendo de estas premisas y ante las perspectivas y demandas de los subsectores ovinos y caprinos, como más adelante detallamos, hemos pretendido desde un primer momento plasmar, tanto en el transcurrir de los días del curso como en la elaboración de esta Monografía, la realidad técnica y los resultados de los contenidos teórico prácticos impartidos

El peso específico del sector ovino y caprino de carne y leche en la Comunidad Autónoma es muy importante tanto por su censo (alrededor de 2,6 millones de cabezas en ovino -12,2 % del total nacional, con tres entidades raciales principales: Merina, Segureña y Montesina-; y 1,1 millones de caprino -41,2 % del censo nacional, representado fundamentalmente por cuatro grupos etnológicos: Murciano-Granadina, Malagueña, Florida y Payoya-). Pero esencialmente el sector se caracteriza por el elevado impacto social que su explotación proyecta en Andalucía. No en vano un elevado número de familias agrarias asentadas en zonas claramente desfavorecidas basa sus ingresos en la explotación de dichas especies.

Los recientes avances técnicos y la puesta en marcha de Programas de Selección y Mejora de ambas especies, con convenios de colaboración entre la Administración Autonómica y las Asociaciones de Ganaderos, obligan a la puesta a punto y aplicación en el desarrollo de los mismos de técnicas que permitan una mejor y mayor difusión de las mejoras en las poblaciones raciales ovinas y caprinas.

Entre dichas técnicas ocupan un lugar prioritario el establecimiento de las de Inseminación Artificial así como las relativas al almacenaje y empleo de semen congelado. Al mismo tiempo, en determinado supuestos resultará aconsejable la utilización de técnicas de transferencia embrionario. Todo este bagaje de técnicas en corto espacio de tiempo va a obligar a las Asociaciones de Ganaderos a proyectar y poner en marcha Centros de Producción y Distribución de Material Genético, dando lugar a una serie de Laboratorios de Reproducción en todo el ámbito regional.

El desarrollo de estos programas de selección y mejora de las cabañas ovinas y caprinas, como hemos visto, lleva implícito una demanda de técnicos cualificados en el área de la reproducción de los pequeños ruminantes de la cual carecemos en estos momentos y que por ello pueden ralentizar y coartar, en algunos casos, el desarrollo de los programas de mejora genética previstos.

En base a lo anterior se marcaron como objetivos prioritarios de las actividades docentes a alcanzar por el curso los siguientes:

1º.- Especializar a titulados superiores, perfeccionarlos profesionalmente y reciclar a los profesionales que desarrolla su actividad tanto en el sector público como privado a través del conocimiento y comprensión de los fundamentos, criterios y métodos, así como de su aplicación en situaciones específicas en nuestra cabaña ovina y caprina las técnicas al servicio de la programación de las actividades de reproducción.

2º.- Crear y fomentar actitudes favorables encaminadas a la aplicación en la realidad de las informaciones obtenidas en el curso.

El programa del curso ha sido fruto de múltiples contactos y vivencias extraídas de la casi totalidad de los Centros que desarrollan actividades docentes y de investigación y experimentación en el campo de la genética y reproducción animal, abarcando un total de 120 horas, de ellas 90 teóricas en aula y 30 de prácticas laboratoriales y de campo.

La metodología empleada ha consistido en dos tipos de actividades:

- a) Actividades de aula: Mediante el desarrollo de conferencias coloquio basadas, principalmente, en la especialización y en la alta cualificación académica e investigadora de los profesores ponentes, sobre el tema desarrollado y previsto en el programa y que en síntesis abarcaron los núcleos temáticos de fundamentos anatomo/funcionales y fisiológicos de la reproducción, selección y mejora, comportamiento y mejora de la eficiencia reproductiva en los pequeños rumiantes e inseminación artificial.
- b) Actividades prácticas de Laboratorio y Campo: Durante la última semana del curso en las instalaciones del Patronato Rodríguez Peñalva, Finca Los Morales, en Huéscar (Granada) se desarrollaron un conjunto de actividades prácticas relacionadas directamente sobre animales con la realización y aplicación de las tecnologías expuestas durante el curso y que les cualificarán para el pleno desarrollo de esta actividad en el campo profesional.

En el mismo han participado veintitrés profesores cuyas áreas de especialidad se conectaban directamente con los contenidos del programa. Su distribución fue la siguiente:

<input type="checkbox"/> Profesores universitarios	11
⇒ Universidades de Castilla/La Mancha, Córdoba, León, Murcia y Zaragoza.	
<input type="checkbox"/> Profesores C. S.I.Cº	3
⇒ Estación Experimental del Zaidín (Granada)	
<input type="checkbox"/> Profesores I.N.I.A	2
⇒ Centro Reproducción Animal de Puerta de Hierro (Madrid)	
<input type="checkbox"/> Profesores Servicios Investigación Agraria Autonómicos	3
⇒ Diputación General de Aragón, Junta de Castilla/La Mancha y Junta de Extremadura.	
<input type="checkbox"/> Profesores Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada. Departamento Producción Animal. Unidad de Reproducción	4

El curso lo han realizado como alumnos 20 titulados superiores (Veterinarios e Ingenieros Agrónomos), evaluados y seleccionados por su expediente personal y de actividad profesional en el campo, todos ellos de la Comunidad Andaluza. La actividad docente se extendió durante un mes en régimen intensivo en internado.

Fruto de este trabajo y como síntesis escrita de buena parte de las conferencias nace esta Monografía con el ánimo de plasmar parte de la labor realizada y el momento científico en que se apoyan las actuales técnicas zootécnicas de la Mejora y Reproducción de los pequeños rumiantes. El posible mérito de esta obra surge del esfuerzo de cada uno de los firmantes, quienes voluntariamente han colaborado en su redacción, desarrollando su tema con total libertad y autonomía, trascendiendo en todos ellos, no solo el gran bagaje científico que atesoran, sino la capacidad de transmitir en unas pocas páginas lo que en algunos casos constituyen la base de su trabajo cotidiano.

Esta obra se presenta como una aportación al desarrollo técnico económico de los subsectores ovinos y caprinos de nuestra región en el campo de la Reproducción y Mejora de nuestras razas autóctonas, tantas veces olvidadas y cuyo potencial productor máximo esta aun por vislumbrar.

Granada, 20 de Octubre 1.998

Miguel Cruz Mira

Director del Curso

## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 1

### LOS MECANISMOS FUNDAMENTALES EN LA REPRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES

Tema nº I	Anatomía funcional del aparato genital del morueco y macho cabrío	13
Tema nº II	Anatomía del aparato genital de la oveja y la cabra	23
Tema nº III	Endocrinología. Hormonas sexuales. Definición, modo y tiempo de acción	33
Tema nº IV	Fundamentos fisiológicos. Órganos y mecanismos neuroendocrinos sexuales	53
Tema nº V	Nidación. Transplante embrionario, placentación y su fisiología	69
Tema nº VI	Gestación y parto	89

## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 2

### SELECCIÓN Y MEJORA GENÉTICA DE LOS PEQUEÑOS RUMIANTES

Tema nº VII	Principios genéticos de base: Heredabilidad. Repetibilidad. Correlaciones genéticas y genotípicas. Respuesta a la selección	111
Tema nº VIII	Mejora genética de las razas ovinas autóctonas de aptitud cárnica	121
Tema nº IX	Mejora genética del ganado caprino	143
Tema nº X	Objetivos y nuevos criterios de selección para carne y leche en ovino y caprino	155

## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 3

### COMPORTAMIENTO SEXUAL DE LOS REPRODUCTORES

Tema nº XI	Biología y metabolismo espermático	167
Tema nº XII	Comportamiento sexual del morueco. Factores de variación	179
Tema nº XIII	Características reproductivas del morueco de raza segura	189



## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 4

### MEJORA DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Tema nº XIV	Selección, manejo y entrenamiento de machos jóvenes	215
Tema nº XV	Determinación de la calidad seminal	223
Tema nº XVI	Programas de reproducción. Métodos de control reproductivo	231
Tema nº XVII	Control de la actividad ovárica mediante la utilización del efecto macho	247
Tema nº XVIII	Influencia del fotoperiodo-melatonina sobre la estacionalidad sexual en pequeños rumiantes	255
Tema nº XIX	Transferencia de embriones	271
Tema nº XX	Diagnóstico precoz de la gestación	279
Tema nº XXI	Efectos del nivel de alimentación en la esfera reproductiva de la oveja y la cabra	285

## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 5

### INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Tema nº XXII	Situación actual de la inseminación artificial ovina en España	301
Tema nº XXIII	Alternativas tecnológicas y perspectivas de futuro de la inseminación artificial en ganado ovino	315
Tema nº XXIV	La inseminación artificial ovina. Influencia del morueco en los resultados	333
Tema nº XXV	Nutrición y manejo alimentario de los reproductores machos destinados a inseminación artificial	349
Tema nº XXVI	Infertilidad en el morueco y macho cabrío	363
Tema nº XXVII	Congelación del semen de morueco: Gases erioleiológicos	377

# **NÚCLEO TEMÁTICO N° I**



**NÚCLEO TEMÁTICO: nº 1**

**LOS MECANISMOS FUNDAMENTALES EN LA REPRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES**

Tema nº I	Anatomía funcional del aparato genital del morueco y macho cabrío	13
Tema nº II	Anatomía del aparato genital de la oveja y la cabra	23
Tema nº III	Endocrinología. Hormonas sexuales. Definición, modo y tiempo de acción	33
Tema nº IV	Fundamentos fisiológicos. Órganos y mecanismos neuroendocrinos sexuales	53
Tema nº V	Nidación. Transplante embrionario, placentación y su fisiología	69
Tema nº VI	Gestación y parto	89



I  
**ANATOMÍA FUNCIONAL  
DEL APARATO GENITAL  
DEL MORUECO Y  
MACHO CABRÍO**

**EDUARDO AGÜERA CARMONA**

*Catedrático de Anatomía y Embriología*

*Facultad de Veterinaria*

*Córdoba*



## INTRODUCCIÓN

Por gentileza del Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de Granada, he sido invitado a participar en este I CURSO DE REPRODUCCIÓN Y MEJORA DE PEQUEÑOS RUMIANTES, para aportar sobre temas de mi especialidad: Anatomía, y que serán utilizados como base sobre los que sin duda se apoyarán otros más técnicos y aplicados.

Imbuído del papel que representa en el contexto del curso el tema que me corresponde, en su configuración, he pretendido entresacar aquellos aspectos anatómicos que puedan tener mayor interés y otros que me parecen dotados de matices aplicativos. Por todo ello, no se trata de un estudio exhaustivo del aparato genital, y tampoco pretende ser completo; pues para su elaboración ha prevalecido la intención de descargar de su contenido aquellas estructuras (músculos, serosas, etc.) que escapan a estas intenciones.

En cuanto a su elaboración, debo significar que se trató de una aportación basada en las disecciones realizadas en el Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas de la Universidad de Córdoba. De estas disecciones fueron obtenidas la mayoría de las imágenes que se acompañan. Asimismo, nos hemos ayudado de textos clásicos de anatomía de los que nos parece oportuno mencionar, "The viscera of domestic mammals" de **Nickel y Col.** (1973); Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques, de **Barone** (1976 y 78); "Histologie fonctionnelle" de **Whether** (1979); "Colour atlas of veterinary anatomy" de **Ashown and Done** (1984); así como de la Anatomía aplicada veterinaria de **Sandoval y Agüera** (1985).

Para la exposición hemos dividido el tema en cinco grandes apartados, correspondientes a gónadas; conductos; glándulas accesorias; órgano copulador, y vasos y nervios.

## I. GÓNADAS

### I.1. TESTÍCULOS

Los testículos son un par de órganos que producen las células germinales del macho y están contenidos en el escroto junto con el epidídimo. Tienen forma casi esférica y difieren generalmente entre sí en tamaño y proporción, lo que hace que dentro de la verticalidad que presentan en las bolsas escrotales uno se sitúe más dorsalmente al otro.

El testículo se encuentra cubierto de una capa de tejido conjuntivo denso y fibroso; la túnica albugínea. Desde esta túnica parten hacia su interior numerosas trabéculas que dividen al órgano en lóbulos. En el interior de cada lóbulo se encuentran varios tubos seminíferos muy contorneados, en los cuales se elaboran los espermatozoides. Estos tubos seminíferos convergen hacia la zona mediastínica de anastomosis **-red testicular-**, desde donde mediante pequeños canales eferentes, conducen los espermatozoides hacia la parte inicial y tortuosa del canal que se conforma en el epidídimo.

En el interior de los tubos seminíferos se produce la espermatogénesis. Dichos tubos constan de una membrana basal, a su vez rodeada de algunas capas celulares, similares a las fibras musculares lisas, de propiedades contráctiles. La membrana basal está dotada de un epitelio seminífero, encargado de elaborar las células germinales. Como sin duda este proceso merecerá un extenso tratamiento durante el presente curso, evitamos aquí su consideración. Sin embargo, me parece oportuno apuntar unas breves notas sobre las dos células testiculares siguientes:

a) Las células de "Sertoli", son las encargadas de mantener -células de sostén- a las células germinales en el tubo seminífero; dichas células, se relacionan con la membrana basal y su citoplasma se extiende hacia la luz del tubo. Se piensa que las mismas son responsables de proporcionar, en el curso del desarrollo, un



soporte estructural y metabólico a las células espermatocitarias; sin embargo, durante la espermatogénesis éstas fagocitan el exceso de citoplasma perdido por los espermatozoides; este hecho hace que se le atribuya a las células de sostén un papel mediador en el mecanismo de regulación de la espermatogénesis. es más, trabajos recientes sugieren que estas células segregan, bajo la dependencia de la F.S.H., una proteína capaz de concentrar los andrógenos en el epitelio seminífero.

b) En el espacio intersticial, en el tejido conectivo de soporte de los tubos seminíferos se encuentran, aisladas o en grupos, las células de función endocrina: las células de Leydig. Ellas son las encargadas de elaborar la testosterona, hormona que bajo el control de la hormona luteinizante (ICSH), es responsable del desarrollo de los caracteres sexuales en la pubertad, e igualmente necesaria para el funcionamiento continuado de los tubos seminíferos. Las referidas células están estrechamente relacionadas con los capilares sanguíneos y linfáticos que circundan los tubos seminíferos.

### 1.2. EPIDÍDIMO

El epidídimo consta de una cabeza, un cuerpo y una cola. Es una estructura alargada que se relaciona con el testículo a lo largo del borde epididimario. La cola del epidídimo se une a la extremidad caudal del testículo por medio del ligamento propio del testículo y a la bolsa escrotal por el ligamento de la cola del epidídimo. Entre el cuerpo del epidídimo y el testículo se encuentra la bolsa testicular, un receso seroso, alargado con aperturas lateral y caudal. A la cabeza del epidídimo confluyen -de 17 a 20 conductos en morueco y 18-19 en macho cabrío- eferentes, estos van desembocando de forma tortuosa al conducto del epidídimo. Este conducto se extiende por el cuerpo y se continúa a partir de la cola por el conducto deferente, es también muy tortuoso y su longitud en pequeños rumiantes está entre 47 y 52.

Los conductos eferentes que se sitúan en la cabeza del epidídimo se configuran merced al tejido conectivo existente en lóbulos dotados de una gran vascularización. Son tubos epiteliales que constan de una membrana basal, sobre la que se adosa un epitelio de células columnares altas y ciliadas; también existen otras células no ciliadas con apariencia secretora. La pared del conducto consta de una capa de pequeñas células musculares que junto con el tejido conectivo facilitan la progresión de los espermatozoides a través del conducto. Durante su larga travesía, dada la enorme longitud del conducto, se completa la maduración del espermatozoide, utilizando la secreción epididímica para satisfacer los procesos metabólicos. Billones de espermatozoides son almacenados en el epidídimo hasta el momento de la eyaculación, para su salida se hace coincidir una acción forzada del conducto deferente con contracciones peristálticas del conducto del epidídimo.

El cuerpo del epidídimo en el testículo del morueco y macho cabrío es de situación ligeramente caudomedial, la cabeza del epidídimo está dorsalmente y se extiende por la superficie craneolateral; su cuerpo desciende caudomedialmente a lo largo del órgano y termina en una cola redondeada, la cual se localiza a través del escroto, algo caudalmente en la porción más distal de las bolsas. En este sentido debemos recordar, que es en la cola del epidídimo donde se configuran los ligamentos propios del testículo y de la cola del epidídimo, los cuales están bien desarrollados en rumiantes, y junto con la cola factibles de palpar desde el exterior. Estos ligamentos, independientemente del grado de sujeción que imprimen tanto a la gónada como a la cola del epidídimo y la vinculación de ésta a la bolsa escrotal, deben tenerse en cuenta en las intervenciones quirúrgicas de castración, a fin de facilitar la exteriorización del cordón testicular.

Tanto la gónada como el epidídimo, se sitúan en las bolsas escrotales. Estas se presentan como grandes bolsas pendulares suspendidas desde la región inguinal

cubierta de pelo y fácilmente visible desde el exterior. Así, pues los testículos y el epidídimo están cubiertos por las envolturas testiculares y el cordón espermático, los cuales se constituyen por distintas capas que dado su interés clínico han sido consideradas anatómicamente con gran profusión. Secuenciadamente de fuera a dentro encontramos las siguientes:

### 1) Escroto. Integrado por:

a) la piel del escroto, que es relativamente fina y contiene principalmente glándulas sebáceas y sudoríparas, en este caso cubiertas de abundante pelo;

b) la túnica dartos, estrechamente adherida a la superficie profunda de la piel y que no puede ser separado de ella, representa en definitiva al tejido subcutáneo modificado y consta de ligeros haces musculares conectados con fibras colágenas y elásticas. La túnica dartos forma el septo escrotal y divide al escroto en dos compartimentos, uno para cada testículo, exteriorizado en un surco mediano muy marcado. Bajo influencias térmicas (frío) o mediante estimulación mecánica, ésta túnica se contrae, arruga la piel escrotal y acomoda con ello el escroto a la posición del testículo, estas contracciones ayudan a elevar el testículo, aunque su principal acción se debe al músculo cremáster;

2) la fascia espermática externa, profunda a la túnica dartos y conectada a ella por una capa de escaso tejido conectivo, se relaciona igualmente con la fascia y músculo cremáster. La adhesión entre la fascia espermática externa y la túnica dartos se produce en la cola del epidídimo;

3) el músculo cremáster. es una derivación del músculo oblicuo interno, por tanto, se trata de un músculo estriado; externamente está cubierto por la fascia cremastérica, precisamente en el morueco y macho cabrio aparece muy desarrollado;

4) la fascia espermática interna, profunda al cremáster y fusionada con la túnica vaginal, parietal, y

5) la túnica vaginal visceral estrechamente relacionada con la gónada, configura con la parietal una cavidad vaginal, la cual al relacionarse directamente por el canal inguinal con el peritoneo, en caso de animales viejos pueden alojarse en la misma asas intestinales y producir con ello hernias inguinales o escrotales.

En cualquier caso, la escasa cantidad de tejido conectivo en la piel, túnica dartos, fascia espermática externa, y túnica vaginal, facilita el percibir desde el exterior los movimientos del testículo en el interior de las bolsas por acción de un potente músculo cremáster. Como el testículo se desliza dorsalmente, la túnica dartos arruga la piel para acomodar la gónada a la nueva posición.

## II. CONDUCTOS

Aunque el epidídimo puede ser considerado igualmente como una porción más de los conductos que transportan los espermatozoides al exterior, en este apartado incluimos el conducto deferente y la uretra.

### II.1. CONDUCTO DEFERENTE

El conducto deferente es la continuación del canal del epidídimo y conecta éste con la porción pélvica de la uretra. Se inicia en la cola del epidídimo y corre bastante flexuoso por la cara medial del testículo, forma parte del cordón espermático hasta su incorporación por el canal

inguinal a la cavidad abdominal, desde aquí continúa hasta la cavidad pelviana incorporado al pliegue genital. En su terminación conforma dos amplias ampollas **-ampollas de los conductos deferentes-**. Estas ampollas se presentan en ambas especies, como unas dilataciones de 4 a 8 mm de diámetro y una extensión de 6 a 8 cm de longitud. Distal a la ampolla el conducto se estrecha para abrirse en el colículo seminal junto con el conducto excretor de las glándulas vesiculares.

El conducto deferente asciende por las bolsas escrotales hasta el canal inguinal, relacionado con el mesoducto junto a los vasos del cordón espermático, este trayecto se configura como un conducto musculoso largo y fino que puede ser palpado en el cordón espermático, ello facilita las intervenciones de vasectomía para la obtención de recelas, así como las maniobras de castración del cordón cubierto, en las cuales sin seccionar la piel, los testículos degeneran paulatinamente en el escroto.

## **II.2. URETRA**

Dada la estrecha relación de la uretra pelviana y peneana con las glándulas accesorias y pene, estas nos merecerán un tratamiento conjunto con las glándulas y órganos copulador.

## **III. GLÁNDULAS GENITALES ACCESORIAS**

### **III.1. GLÁNDULAS VESICULARES**

Como en todos los rumiantes las glándulas vesiculares son las glándulas accesorias que presentan un mayor tamaño. Estas se ofrecen compactas, de superficies irregulares y forma redondeada; su tamaño en ambas especies es de 2,5 a 4 cm de largo por 2-2,5 cm de ancho y 1-1,5 cm de grueso. La glándula queda en el pliegue genital dorsalmente a la vejiga, entre las cuales se sitúan las ampollas deferentes, y ventralmente los uréteres. Los conductos excretores, uno para cada glándula, se abren directamente al colículo seminal.

Se trata de unas glándulas tuboalveolares, cuya secreción queda almacenada en unos amplios espacios colectores intralobulares. En el momento de la eyaculación los pequeños haces musculares presentes en el tejido conectivo intersticial y cápsula de la glándula, se contraen y rápidamente liberan una secreción abundante hacia la uretra pelviana. El epitelio está constituido por células secretoras

que producen un líquido amarillento viscoso y alcalino, que contiene fructuosa, fibrinógeno y vitamina C. Esta secreción constituye el mejor soporte nutritivo para el esperma.

Aunque se piense que en la vesícula no hay almacén de espermatozoides, no es infrecuente que estas contengan células germinales, provenientes, por acción refleja, de la ampolla deferente. Los músculos lisos de la vesícula seminales están bajo control del sistema nervioso simpático, sin embargo en la eyaculación, la contracción muscular hace pasar las secreciones a la uretra, ayudado por la ampolla.

### **III.2. PRÓSTATA**

En los pequeños rumiantes, solamente consta de una porción diseminada que se sitúa en morueco dorsal y lateralmente a la uretra pelviana, y rodeando completamente a la uretra en el macho cabrío, cubierta por el músculo uretral, por ello esta porción glandular sólo es visible cuando se secciona la uretra. Consta de pequeños conductos excretores que se abren directamente a la uretra y segregan su vertido merced a la contracción del músculo uretral. La secreción resulta un líquido claro lechoso rico en ácido cítrico y enzimas hidrolíticas, los cuales producirán fibrinólisis de semen, licuando el esperma depositado en el tracto genital femenino.

### **III.3. GLÁNDULA BULBOURETRAL**

Consta de dos lóbulos independientes que tienen aproximadamente un centímetro de diámetro, situados en la porción dorsal de la uretra sobre el arco isquiático y cubierta parcialmente por el músculo bulboesponjoso, ello hace que en circunstancias normales no puedan advertirse las mismas (exploración rectal). Cada lóbulo está dotado de un conducto excretor que se abre en la pared dorsal de la uretra próximo al istmo uretral, cubierta por un pliegue de la membrana mucosa. Dicho pliegue le previene en el momento de su cateterismo a través de la porción pélvica de la uretra.

La presencia de electrólitos (iones sódico, potásico y cálcico) en la secreción de esta glándulas, hace pensar que el producto así elaborado ejerce actividad espermiocinética aunque también colabora en la neutralización del espermatozoide y como lubricante de la uretra.

El semen es pues una mezcla de los espermatozoides y del líquido seminal (secreción de la glándulas genitales accesorias) y además contiene células de descamación. Este contenido será descargado por el pene en el momento de la eyaculación. La secreción de las glándulas accesorias considerada como el sustrato o vehículo de los espermatozoides, estimulando con ello el incremento de motilidad y adecuando la libertad de movimiento y acciones metabólicas. Ello asegura el espacio de vida de los espermatozoides para buscar el óvulo. El color y viscosidad del semen difiere en las distintas especies, así como la cantidad eyaculada.

## IV. ÓRGANO COPULADOR

### IV.1. EL PENE

Es de tipo fibroelástico, firme casi cilíndrico y en erección mide de 30 a 50 cm., en los pequeños rumiantes. En estado de reposo el pene forma una flexura sigmoidea con la curva proximal abierta caudalmente y la distal cranealmente. La flexura sigmoidea se relaciona lateralmente con los cordones espermáticos.

La túnica albugínea es densa y forma un tubo cerrado con un potente sistema trabecular, dotado de fibras transversas en todas direcciones de la luz del tubo, configurando con ello una columna axial. Este armazón fibroelástico experimenta un ligero aumento absoluto en el momento de la erección. Entre las trabéculas se encuentran pequeños espacios cavernosos sanguíneos, los cuales se extienden por todo el pene y representan **el cuerpo cavernoso del pene**.

La repleción de los cuerpos cavernosos con sangre produce la erección, la cual se manifiesta esencialmente por el estiramiento de la flexura sigmoidea: el pene está anclado caudalmente a la pelvis por la raíz, y ligamentos suspensorios tendinosos, al entrar en erección estos dispositivos, se estrecha la flexura sigmoidea por lo que el pene se protusiona hacia el prepucio. La retracción del pene no depende en su acción exclusivamente del músculo retractor del pene, pues dicha retracción se debe primordialmente a la relajación de los elementos elásticos en la curva proximal de la flexura.

La **uretra peneana** está recorrida por un estrato cavernoso que decrece en grosor caudalmente. A nivel del arco isquiático la uretra se estrecha (istmo uretral) y curva ventralmente alrededor del mismo, constituyendo el bulbo del pene, el cual está cubierto por el músculo bulboesponjoso. El bulbo se extiende desde la glándula bulbouretraal a la terminación proximal del cuerpo del pene, donde se continúa por la porción tubular del cuerpo esponjoso. Esta parte encierra a la uretra y configura con ello un surco uretral poco profundo.

La **parte libre del pene** presenta en moruecos (no en macho cabrío) en el lado izquierdo un tubérculo esponjoso y un pequeño receso que lo separa del glande. El **glande** está pobremente desarrollado, consta de una fina capa de venas plexiformes incrustadas en una capa de escaso tejido conectivo. Las venas comunican con los cuerpos esponjosos, pero no forma tejido eréctil, propiamente. El **proceso uretral** se proyecta cuatro centímetros de largo del extremo del glande del pene en moruecos y 2,5 cm en macho cabrío y aparece ligeramente encorvado, este está compuesto de tejido eréctil, el cual durante la cópula puede penetrar en el canal cervical de la hembra, facilitando la inseminación. El **orificio externo de la uretra** se configura como un ligero estrechamiento de la terminación del proceso. Como el orificio es pequeño la micción es lenta.

## IV.2. PREPUCIO

El prepucio es un tubo estrecho y corto pero fácilmente distensible. El orificio prepucial está cubierto por la piel, un pliegue anular desde el cual se desprende un manojo de largos pelos que ocultan el orificio. Algunos de estos pelos se originan desde la lámina interna y pasan a través del orificio. La membrana mucosa del interior del prepucio está cubierta con epitelio escamoso estratificado y contiene nódulos linfáticos. Esta membrana forma pliegues longitudinales.

## V. VASOS Y NERVIOS

### V.1. RIEGO SANGUÍNEO

La vascularización en los órganos genitales masculinos, tanto arterial como venosa es bastante copiosa, téngase en cuenta que tanto la gónada para la espermatogénesis, como el pene en el momento de la erección, requieren abundante aporte sanguíneo. Entre las arterias que intervienen destacan:

a) **A. Testicular**, desprendida de la aorta (4-5L) se dirige directamente al canal inguinal, se integra en el cordón espermático y riega al epidídimo cabeza preferentemente y gónada.

b) **A. del conducto deferente**. Se desprende de la arteria umbilical, riega la porción proximal abdominal del conducto deferente, así como a éste por el canal inguinal y escroto, llegando además como **rr. epididímicos** al cuerpo y cola del epidídimo.

c) Del tronco pudendo epigástrico, se desprende en primer lugar, la **a. cremas-térica**, y con posterioridad la a. epigástrica caudal que no interesa para nuestros objetivos; la **a. pudenda externa** tras cursar caudomedialmente por el canal inguinal se dirige a la raíz del pene dejando antes **ramos escrotales ventrales**, mientras que la a. epigástrica caudal superficial, desprende **ramos prepuciales**.

Desde la cavidad pelviana y de la a. ilíaca, nos interesa en primer lugar la a. prostática, y después la a. pudenda interna.

d) De la **a. prostática**, interesan los **ramos del conducto deferente** que riegan la parte distal de la porción abdominal y se anastomosan con la arteria (a. del conducto deferente); **rr. uretrales**, que afectan a la primera porción de la uretra pelviana; así como, la propia **a. prostática** la cual se distribuye por las ampollas deferentes, colículo seminal y porción diseminada de la próstata.

e) Respecto a la **a. pudenda interna**, desprende la **a. uretral**, que riega buena parte de la uretra pelviana; y la **a. del pene** que recorre el órgano ramificada como **a. profunda del pene**, **a. del bulbo del pene** y **a. dorsal del pene** (la más extensa).

En cuanto al riego venoso, basta decir que es satélite del arterial, aunque más profundo que éste en sus ramas terminales.

### V.2. LINFA

Al linfocentro iliosacro, **-ganglios linfáticos ilíacos mediales-** llega la linfa del testículo y epidídimo. Mientras que al linfocentro inguinal superficial, conformado por 2 ó 3 ganglios **-ganglios inguinales superficiales-** elongados dorsalmente y situados a ambos lados del cordón espermático inmediatamente caudal al cuerpo del pene, recibe la linfa (además de la pared abdominal, ano y periné) del prepucio, pene y escroto. Los vasos eferentes de estos ganglios se dirigen a los ganglios linfáticos ilíacos mediales.

Por tanto, debe observarse una doble vía linfática, la procedente de la gónada (testículo y epidídimo) que se dirige directamente al linfocentro iliosacro, y la recogida en prepucio, pene y escroto que recambia previamente en el linfocentro inguinal superficial.

### V.3. INERVACIÓN

En cuanto a la inervación, debe referirse de una parte la inervación somática, representada por el **n. pudendo** que desprende a su vez el **n. perineal profundo** y **n. dorsal del pene** que actúan sobre los mm. isquicavernoso, bulboesponjoso y retractor del pene; recogen la sensibilidad cutánea los nn. **iliohipogástrico e ilioinguinal**, así como el **ramo genital** de n. genitofemoral.

De otra parte, la inervación vegetativa que regula la actividad orgánica, cabe recordar que el sistema ortosimpático acompaña preferentemente al riego arterial, en este sentido, desde el **plexo aórtico** que emiten axones que llegan al testículo y epidídimo, mientras que desde el **plexo hipogástrico**, por medio del riego arterial o acompañando a los nervios pelvianos interesan al canal uretral y glándulas accesorias. Por su parte el sistema parasimpático, se incorpora por medio de los **nn. pélvicos** y desde estos a través de los **nn. erigentes**.



**II**  
**ANATOMÍA DEL APARATO  
GENITAL DE LA OVEJA Y  
CABRA**

**EDUARDO AGÜERA CARMONA**  
*Catedrático de Anatomía y Embriología*  
*Facultad de Veterinaria*  
*Córdoba*





Los órganos genitales de la hembra, en nuestro caso la oveja y la cabra, no se destinan exclusivamente a la producción de gametos femeninos, sino que además son receptores y conductores de los del macho, e igualmente intervienen directamente en la fecundación, gestación y parto del ser vivo conjuntamente engendrado.

Los conductos gonadales están situados en plena cavidad pelviana, entre la vejiga (ventralmente) y el recto (dorsalmente) de tal manera que la parte copuladora de dichos órganos ocupa los niveles caudales, mientras que la parte más específicamente reproductora se continúa cranealmente hasta asomar a la cavidad abdominal.

Debido a la intencionalidad aplicativa con la que queremos plasmar nuestras consideraciones, la sistemática correspondiente obedecerá en primer lugar a una descripción anatómica de base del aparato genital de la hembra, basándonos en los genitales de la oveja, y en segundo término, fijaremos nuestra atención más específicamente en aquellas connotaciones anatomoaplicativas que valoramos con mayor interés y transcendencia en el mundo de la reproducción. En cualquier caso, debemos advertir sobre el hecho de que tanto el texto de esta conferencia como buena parte de las imágenes que se proyectan han sido cedidas por el Profesor A. Robina, colega y amigo de la Facultad de Veterinaria de Cáceres.

El aparato genital de la hembra está constituido por la gónada: ovarios; conductos gonadales: oviductos o trompas uterinas, útero y vagina, y genitales externos: vestíbulo vaginal y vulva.

## I. OVARIOS

Son pares, de forma ovoide, un poco comprimidos lateralmente y de doble naturaleza: endocrina y citogénica: Endocrina debido a la producción hormonal correspondiente (estrógenos y progestágenos), y citogénica, pues son los órga-

nos encargados de la elaboración de las células sexualmente funcionales, es decir los óvulos.

En cuanto a su forma se describen en el ovario una cara lateral y otra medial, un borde mesovárico dorsal (provisto de mesovario suspensor y del hilio orgánico) y un borde ventral libre, además y dada su morfología ovoide se distinguen dos polos o extremidades: una uterina (límite craneomedial) y otra tubárica (límite caudolateral); en la primera se inserta el ligamento propio del ovario y mediante la segunda se relaciona directamente con el origen de la trompa uterina correspondiente.

El tamaño y peso de cada glándula es variable, dependiendo de la edad y momento del ciclo estral en el que se encuentren; por término medio su tamaño oscila entre 1,5-2 cm de largo y 1-1,5 cm de ancho y su peso de 1 a 3 gr.

El estudio estructural del ovario en actividad consta de una capa cortical, otra medular y la más externa o serosa envolvente del epitelio que limita el órgano.

De estos estratos merece destacar lo siguiente:

- capa medular o zona vascular, rica en vasos y plexos nerviosos que se introducen a través del hilio en el órgano;
- capa cortical o zona parenquimatosa, ocupada por los folículos en sus distintas bases de maduración;
- epitelio germinativo adherido a la túnica albugínea, desde la cual se dirigen fibras hacia la zona parenquimatosa estableciendo así el estroma ovárico, encargado de mantener los folículos en evolución.

Los folículos primarios, inactivos hasta la pubertad, comienzan su proceso de maduración llegada ésta, pasando sucesivamente por la fase de folículos en desarrollo, hasta erigirse en folículos vesiculares. En tal proceso, el estroma ovárico los va envolviendo constituyendo la teca foli-

cular y el estrato granuloso, según se especifica en el siguiente esquema:

- capa externa (de estroma).
- teca folicular
  - capa interna (células luteínicas de células, periféricas del estrato granuloso).
- estrato granuloso (células foliculares).
- cavidad folicular y óvulo en su interior.

El riego e inervación ováricos penetran por el hilio, conducido por el mesovario suspensor, son las arterias y venas ováricas y los nervios procedentes del plexo ovárico, interconectado con el plexo mesentérico caudal.

## II. TROMPAS UTERINAS (*salpinx u oviductos*)

Son conductos flexuosos, de naturaleza musculomembranosa, de 15 a 18 cm de longitud y 1-2 mm de diámetro, que se encargan de transportar el óvulo, desde cada ovario hasta el correspondiente cuerno uterino, donde desembocan. Sus trayectos se constituyen como lugar orgánico natural donde se verifica la fecundación.

Se inician en un gran ensanchamiento con forma de embudo o infundíbulo, adaptado en gran manera al ovario (y de una forma especial en el momento de la dehiscencia folicular) a través de las fimbrias tubáricas existentes en su borde libre, las cuales parecen tomar parte activa en la ovulación. El inicio en sí de cada trompa se sitúa en el fondo del infundíbulo, concretamente en su ostium abdominal y a partir de él se establece una primera porción o ampolla tubárica, seguida de un estrechamiento o istmo que sirve de paso a la porción uterina restante, hasta desembocar en el ostium uterino de la trompa, estableciendo ya la comunicación directa con el cuerno uterino correspondiente.

Estructuralmente la pared del oviducto está conformada internamente por una mucosa con pliegues longitudinales, con sectores glandulares de capacidad secre-

tora y zonas de epitelio cilíndrico vibrátil; una capa media, muscular, constituida por fibras longitudinales, oblicuas y circulares, con capacidad peristáltica y antiperistáltica indispensable para, en primer lugar favorecer la ascensión del espermatozoide y en segundo término la bajada del huevo hasta el lugar adecuado para su nidación. Por último la capa más externa está constituida por una serosa que establece comunicación directa con el mesosalpinx suspensor.

El mesosalpinx o aparato suspensorio de las trompas, que entra a formar parte del ligamento ancho, las mantiene fija en su posición normal facilitando entre sus dos hojas el paso de la rama tubárica de la arteria y vena ovárica, así como el transcurrir del plexo nervioso ortosimpático tubárico y fibras parasimpáticas procedentes de los nervios pélvicos.

## III. ÚTERO

Es la parte del aparato genital femenino encargado de recibir al óvulo fecundado o cigoto, conducido a través de las trompas, facilitar su nidación y nutrición a lo largo de la gestación, así como expulsar el feto en el momento del parto hacia la vagina y posteriormente al exterior. El útero consta de dos cuernos, un cuerpo y el cuello; según la conformación de los cuernos el útero de la oveja y cabra, se denomina del tipo "bicornes subseptus", pues la fusión previa de los mismos se expresa interiormente en un velo uterino proyectado hacia la cavidad del cuerpo uterino, haciendo que ésta parezca externamente más grande de lo que en realidad es.

Los cuernos uterinos, tanto el derecho como el izquierdo, describen en su trayecto de 10-12 cm, una doble espiral convergente de dirección caudo-ventro-dorsal, estableciéndose un aumento progresivo de su calibre conforme nos vamos aproximando al cuerpo uterino en el que desembocan; si bien interiormente el recorrido de ambos cuernos hasta su orificio de desembocadura en el cuerpo es

claro y diferenciado, sin embargo, exteriormente la apariencia es otra, pues la existencia del ligamento intercornual quiere evocar un falso cuerpo uterino en cuanto a la amplitud de sus proporciones.

El cuerpo del útero formado desde la convergencia interna de ambos cuernos hasta el ostium interno uterino que concede paso al cuello del órgano, es corto. Su longitud es de 2-3 cm

Por su lado, el cuello uterino transita desde el referido ostium interno hasta el ostium externo que se abre a la parte ventral del fondo de la vagina; tiene una longitud de unos 4 cm., un grosor parietal de 5 cm y su luz está cerrada por prominencias y depresiones que conforman cinco pliegues prácticamente anulares y distribuidos uniformemente en ambas porciones (pre y vaginal). En realidad, el cuello es un robusto esfínter de músculo liso, firmemente cerrado excepto en el período de celo y en el acto del parto; en el primer caso el cuello se distiende ligeramente, lo que permite que los espermatozoos penetren en el útero, no resultando extraño que, en diversas circunstancias salga cierta cantidad de mucosidad por el cuello y se expulse por la vulva. El aumento de secreción mucosa se debe a las células en cáliz del conducto cervical durante la gestación, lo que evita que las materias sépticas procedentes de la vagina asciendan hasta la cavidad uterina.

Las capas o tejidos que estructuran las paredes del útero son categóricas, dotando de especial significado a esta porción de los conductos genitales:

La túnica serosa o capa externa que cubre al útero es el mesometrio o parte de ligamento ancho correspondiente a este segmento genital. Su inserción en el peritoneo parietal se verifica dorsolateralmente, lo cual determina una posición uterina erecta, convexa dorsalmente.

La túnica muscular es el miometrio; consta de una gruesa capa circular interna de músculo liso, sobre todo a nivel del

cuello (pliegues anulares) y otra capa externa longitudinal más fina, separadas mutuamente por una capa vascular (vasos entre tejido conectivo). Durante la gestación se incrementa extraordinariamente la cantidad de músculo, tanto por aumento del tamaño celular como por multiplicación de las mismas células.

La túnica mucosa que reviste el interior de los cuernos y el cuerpo es el endometrio, el cual tiene especial transcendencia en el proceso reproductivo. Es un tejido muy glandular, cuya vascularización y grosor varían con las alteraciones hormonales del ovario y con el estado de gestación. La cubierta epitelial de la mucosa es de tipo estratificado. Consta de unas zonas glandulares, bien simples, arborizadas o tubulares, y otras desprovistas de éstas que conforman las carúnculas, las cuales son proyecciones en forma de hongo, ovals o redondeadas, con una excavación central, que sobresalen de la superficie interna del útero, preparadas para servir como unidad de placentación con los cotiledones correspondientes de la placenta fetal, miden 1 ó 2 cm de altura en la oveja no preñada y están dispuestas en cuatro hileras irregulares, a lo largo del cuerno que consta de 8 a 14 cada una (50 a 60 por cuerno). En la porción anterior del cuerpo se encuentran más reducidas las carúnculas, tanto en tamaño como en número (30 a 40).

El revestimiento mucoso del cuerpo se dispone en forma de bandas circulares, de elevaciones longitudinales, separadas por una región estrecha sin bandas. A medida que llegan al cuello, se hacen más prominentes y forman una serie de 5 a 6 filas a lo largo del conducto cervical, reduciendo considerablemente la luz; la separación entre bandas es de casi 0,5 cm y la última se proyecta en la vagina.

## V. VAGINA

Es un largo y ancho conducto (8-10 cm) que se continúa desde el útero hasta la vulva, aunque antes de ésta se interca-

la el vestíbulo vaginal. Acoge el órgano masculino durante la cópula, al material seminal correspondiente y sirve como agente conductor del feto durante el parto. Se localiza ventralmente al recto y dorsalmente a la vejiga urinaria y uretra.

Su fondo corresponde al fórnix vaginal o porción circundante al ostium externo del cuello uterino, mientras que el límite caudal lo marca su rudimentario himen a partir del cual se continúa el vestíbulo vaginal; precisamente, dicho himen (formado por tejido conectivo fibroso en parte elástico y con algún componente colágeno) queda inmediatamente craneal a la desembocadura de la uretra (ostium externo,), que lo hace en el suelo del órgano, situándose en el dorso de un pequeño divertículo suburetral.

Estructuralmente, sus porciones parietales, constan de una serosa o adventicia (en función del cierre caudal del peritoneo); de una túnica muscular lisa relativamente delgada, dispuesta de superficie a profundidad en estratos longitudinal, oblicuo y circular, e infiltrada por abundante tejido conectivo elástico intermuscular, que garantiza la posibilidad de dilatación orgánica e internamente de una túnica mucosa con pliegues longitudinales poco salientes, con numerosos folículos linfáticos en su cara ventral y con la peculiaridad de permitir modificaciones adaptativas inherentes al ciclo sexual.

La oveja poseen una voluminosa glándula vestibular mayor, de estructura lobular, situada debajo de la mucosa muy relacionada con el músculo constrictor del vestíbulo, su conducto excretor desemboca en la pared lateral, en un punto caudal al orificio de la uretra. La oveja posee además, pequeñas glándulas dispersas, las cuales, tienden a localizarse hacia la zona parietal ventral, cercanas al clítoris.

La arteria vaginal, desprendida de la íliaca interna, es la encargada del riego del órgano; el retorno venoso corre a cargo de las venas vaginales, satélites del sistema arterial. La inervación del órgano,

autónoma en todo caso, encuentra su equilibrio por la debida adecuación de los impulsos simpáticos y parasimpáticos que llegan por los nervios hipogástricos (procedentes del plexo mesentérico caudal) y los nervios pélvicos (procedentes del plexo útero-vaginal), respectivamente. En este sentido, procede señalar la secuencia o concatenación de las acciones reflejas vaginales con las contracciones uterinas.

## VI. VULVA

La vulva constituye el genital externo de la hembra, conjuntamente con el clítoris, situado en su zona media ventral, inmediatamente en profundidad a la transición del epitelio externo al mucoso del interior.

La vulva mide de 2,5 a 3 cm de longitud, está provista de dos labios mayores prominentes, poco pilosos y pigmentados o no y entre ambos la hendidura de la vulva o rima vulvar. Estos labios mayores, en cuyo subcutis y junto a la musculatura existe una gran cantidad de tejido adiposo, representan un tegumento más o menos plisado, provisto de gran cantidad de células sebáceas, que en su superficie interna, se convierte poco a poco en la mucosa; el ángulo dorsal de la vulva, en los pequeños rumiantes, es redondo y el ventral puntiagudo.

El clítoris se encuentra internamente en el ángulo ventral de la vulva, es un pequeño apéndice cutáneo cónico, homólogo al pene del macho, de 2,5 cm de largo por 0,5 cm de diámetro, formado por dos pilares, cuerpo y glándula. Los primeros se fijan al arco isquiático y a la porción del cuerpo; todo el glándula está libre en la fosa y el pliegue mucoso de la misma cubre al clítoris, formando su prepucio; internamente, el glándula se compone de tejido eréctil, el cuerpo es en su mayor parte fibroso, mientras que en la región de los pilares hay unas pequeñas fibras musculares que representan al músculo isquiocavernoso.

Por debajo de la mucosa vulvar se encuentra su músculo constrictor, el cual recibe hacia la zona dorsal la inserción del músculo esfínter externo del ano, mientras que ventralmente rodea al clítoris. El conjunto de sus fibras constituyen la estructura de los labios y actúan a modo de esfínter.

El músculo constrictor vulvar se continúa cranealmente con el constrictor vestibular; éste no cierra completamente el vestíbulo ya que está incompleto en la región dorsal. Se fija dorsoexternamente al ligamento suspensorio del ano y actúa como m. esfínter del vestíbulo.

Los músculos indicados se encuentran inervados por los nervios pudendo y rectal caudal, los cuales favorecen una estrecha síntesis coital durante la cópula.

Por su lado, ramas labiales desprendidas de la arteria vaginal y ramas clitoridianas y vulvares procedentes de la púndeda interna, aseguran el riego arterial de los genitales externos.

### CONSIDERACIONES ANATOMOAPLICATIVAS

Una vez sentadas las precisiones de base más relevantes que tienen relación directa con la anatomía del aparato genital de la oveja y cabra, procede, a continuación, establecer una serie de acotaciones, con transcendencia en el campo concreto de la reproducción. En este sentido, indicamos:

1. La pelvis agrupa dos sustratos: uno visceral, del que forma parte el aparato genital y otro parietal envolvente de naturaleza osteomuscular. En función de ello y con vistas a plasmar datos con repercusión en el área genital resulta oportuno concretar:

a) Las regiones naturales que enmarcan desde el exterior al sustrato visceral son: la sacra, glútea, de la tuberosidad del coxal, de la tuberosidad isquiática, troncantérica y de la cola.

b) Las referencias de superficie más significativas son las tuberosidades coxal e isquiática, trocánter mayor del fémur, apófisis espinosas caudales y cresta sacra media.

Conviene significar al respecto que la presencia de la lana, en mayor o menor proporción, dificulta la visualización de estas referencias, haciéndose más perentoria su palpación para situar convenientemente los límites afectados.

c) La fosa isquiorrectal corresponde a la depresión que se denuncia entre el relieve que determina el borde caudal del ligamento sacrotuberoso y tuberosidad isquiática, por una lado, y la raíz de la cola o ano, por otro. Es típica de los rumiantes en general, aunque en la oveja queda igualmente difuminada por la presencia de la lana: este espacio natural es ocupado en profundidad por grasa y es transitado por el nervio pudendo y la arteria pudenda interna.

d) El periné constituye un sustrato anatómico, básicamente neuromuscular que cierra la abertura caudal de la pelvis en torno a los canales anal y urogenital.

Las cuatro precisiones referidas, lo han sido en virtud de las posibles manipulaciones que el profesional puede llevar a cabo ante hechos con influencia en la esfera genital. En este sentido, sirve lo apuntado como base para estratigrifiar las paredes de la pelvis, para llevar a cabo anestias y sobre todo las anestias epidural caudal y del nervio pudendo (interés obstétrico), para abordajes a genitales externos y otros.

2. En la oveja y cabra, la abertura craneal de la pelvis tiene forma de óvalo espacioso, alcanzando su diámetro vertical el extremo caudal del sacro. Si a esto añadimos que las paredes laterales de la pelvis son bastantes flexibles, que el sacro y las tres primeras vértebras caudales forman articulaciones con un buen grado de movilidad y que el suelo óseo pélvico es muy corto, sentenciaremos una

franca facilidad del feto en su discurrir por el canal del parto, una vez bien situado ante la abertura pélvica craneal.

3. El peritoneo suspende laterodorsalmente con garantías al aparato genital, mediante la parte del pliegue genital que conocemos con el nombre de ligamento ancho; es más, el cierre en cúpula que se verifica caudalmente por la acción de dicho peritoneo, se lleva a cabo a nivel de la proyección de la primera vértebra coxígea, lo cual determina que las porciones mediocraneales de la vagina queden englobadas y mantenidas a tal sujeción.

4. La porción más craneal de dicho ligamento ancho, adquiere una especial transcendencia pues estructura la denominada bolsa ovárica, que se destina a recoger el óvulo en el momento de la dehiscencia folicular y vehicularlo hacia el infundíbulo de la trompa correspondiente.

El estar bien delimitada la referida bolsa en pequeños rumiantes, entre el mesosalpinx, mesovario distal, ligamento propio del ovario y el mismo ovario, facilita una buena puesta en esta especie.

5. Mientras que los niveles típicamente pelvianos del aparato genital de la oveja y cabra no necesitan mayor precisión en cuanto a su localización, por quedar francamente interpuesto entre el recto (dorsalmente) y la vejiga de la orina y uretra (ventralmente), sin embargo, sus niveles craneales sí requieren tal extremo por asomar hacia la cavidad abdominal. En este sentido, matizamos que se encuentran en posición descendida hacia la entrada de la pelvis, de tal manera que los ovarios se detectan en estos niveles lateralmente a las inflexiones cornuales, a los 17-19 cm de la vulva.

Los niveles caudales del rumen y el colon sigmoideo (por la izquierda y dorsalmente), así como las asas intestinales contenidas en el receso supraomental, sobre todo el ciego (por la derecha), y el extremo craneal de la vejiga (ventralmente), nos sirven para situar convenientemente

las referidas porciones craneales del aparato genital de la oveja y cabra.

6. Durante la monta natural, la prolongación uretral del pene, blandiéndose como un verdadero látigo, arroja al fondo mismo de la vagina una inmensa cantidad de espermatozoides (1.500-2.000 millones) que bañan íntegramente la entrada al cuello uterino. Los espermatozoides progresan por su estrecho canal llegando, vía uterina, hasta la trompa, hasta la trompa, produciéndose la fecundación en su segmento dilatado o ampolla tubárica.

7. La inseminación artificial en la oveja y cabra, cuenta con el problema anatómico en la conformación interna del cuello uterino, dado que los repliegues de su mucosa determinan un canal anfractuoso y estrecho que hace muy difícil la inseminación uterina; es más, también resulta dificultosa la inseminación intracervical por la razón aludida: Según Gutiérrez Fabre en el 63 por 100 de las ovejas y el 43 por 100 de las borregas el semen puede ser depositado en el interior de la entrada cervical; este mismo autor indica también que sólo el 35 por 100 de los orificios cervicales son visibles, un 28 por 100 son multifoliáceos con grandes colgajos de mucosa, un 39 por 100 se presentan con torsión en sentido vertical y un 8 por 100 son atípicos. Por lo tanto, postula un canal cervical cubierto a nivel vaginal por una papila en el 48 por 100 de las ovejas, un canal abierto en el centro mismo de la papila en el 27 por 100, en un 17 por 100 no existe papila y el canal se abre en un hendidura del propio suelo vaginal y en un 8 por 100 de las hembras se abre sin mayor delimitación en el suelo del órgano.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- BARONE, R.: Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 3. Splanchnologie. Chapitre III, 1978.
- BOYCE, H. W., y PALMER, E.D.: Techniques of clinical gastroenterology. Springfield, Illinois, Charles C. Thomas Publisher, 1975.

- BRUHL, W., y KRENTZ, K.: Clinical gastroscopy. 1-3, George Thieme Verlag, Stuttgart, 1970.
- DEL CORRAL GROS, M.C.: Estudio anatómico-estructural y biométrico diferencial del aparato genital de la oveja y cabra. Tesis doctoral. Fac. Vet. Univ. Compl. Madrid, 1979.
- FRANDSON, R. D.: Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Ed. Interamericana, 1974.
- GETTY, R.: Sisson & Grossnan's "Anatomy of the domestics animals" 5th Ed. W.B. Saunders Philadelphia, 1975.
- NADEAU, O. C. y KAMPMEIN, P.F.: Endoscopy of the abdomen: Abdominoscopy. Surg. Gynecol. Obstet., 41: 259; 1925.
- NICKEL, R.; SCHUMMER, A., y SEIFERLE, E.: The viscera of the domestic mammals. Second, revised, edition. Verlag Paul Parey, 1979.
- ROBINA, A., GUILLÉN, M.T., REGODÓN, S., VIVÓ, J.M., FRANCO, A., MARTÍN, H. MÁRQUEZ, Y., EZQUERRA J. y USÓN CASAUS, J.: Anatomía Funcional y Endoscópica del Aparato Genital de la Oveja. Archivos de Anatomía y Embriología, 20: 129-201, 1989. Edit Universidad Complutense.
- SANDOVAL, J. y AGÜERA, E.: Anatomía aplicada veterinaria: caballo, vaca y perro. Dpto. Anatomía y Embriología. Univ. León y Córdoba. Imprenta Moderna. Córdoba, 1985.
- USÓN, J., y TEJERO, V.: Fibroendoscopia digestiva veterinaria y medicina experimental en pequeños animales. Publ. Univ. Zaragoza, 1985.





**III**  
**ENDOCRINOLOGÍA.**  
**HORMONAS SEXUALES.**  
**DEFICINIACIÓN, MODO Y**  
**TIEMPO DE ACCIÓN**

**M<sup>a</sup> ARACELI GARCÍA SALCEDO**

*Dra. Farmacia*  
*Departamento Producción Animal*  
*Unidad Reproducción*  
*CIFA - Granada*



## INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XIX se empieza a revelar la importancia de ciertos órganos, hasta entonces con función desconocida, por observación de algunos estados patológicos y por los resultados de extirpación o trasplante de dichos órganos.

Posteriormente estudios demuestran que una serie de órganos, como el tiroides, hipófisis, testículos, etc., segregan en la sangre determinadas sustancias con efectos reguladores específicos sobre tejidos distantes.

Desde que en 1853 Claud Bernard publicó su célebre memoria "Investigaciones sobre una nueva función del hígado considerado como órgano productor de materias azucaradas", conviene distinguir dos clases de glándulas:

- las glándulas endocrinas, llamadas también glándulas de secreción interna y que vierten el producto de sus secreciones en la sangre y
- las glándulas exocrinas, cuyos productos son eliminados directamente a través de los tegumentos externos.

Sin embargo, casi durante medio siglo las cosas se mantuvieron así. La experiencia definitiva, la que debería demostrar cómo actuaba una glándula endocrina, no fue realizada hasta 1902 por Bayliss y Starling, quienes demostraron que la mucosa del duodeno secretaba una sustancia, bautizada con el nombre de secretina, que mediaba la acción excitadora de la estimulación del duodeno sobre la secreción pancreática. Desde ese punto, el proceso de la secreción interna quedaba definitivamente establecido:

1.- determinadas glándulas vierten en la sangre el producto de sus secreciones: son las glándulas endocrinas.

2.- ese producto es transportado por la sangre hasta órganos muy determinados

(órganos-blanco), más o menos distantes de la glándula endocrina considerada,

3.- es capaz de excitar, a distancia y electivamente, esos órganos, y de ahí el nombre de hormona (en griego ormao = yo excito) que le dio Starling en 1905.

Desde el punto de vista funcional guardan íntima relación dos grandes sistemas integrativos del cuerpo: nervioso y endocrino. Las células nerviosas tienen el doble papel de conducir una excitación y secretar sustancias neuroendocrinas. El sistema endocrino depende en alto grado del sistema nervioso del que evolucionó. Esta organización íntima "jerárquica" de dos sistemas conduce a un mecanismo biológico notablemente coordinado.

## MÉTODOS DE LA ENDOCRINOLOGÍA

La endocrinología es la ciencia de las glándulas y de las secreciones endocrinas.

El descubrimiento de la mayor parte de hormonas y de la función endocrina de determinadas glándulas tiene su origen en dos fuentes principales: la observación clínica de trastornos producidos en pacientes con tumores en ciertas glándulas y la experimentación animal que constituye la mejor forma de obtener información.

Cuando se supone que una glándula tiene una actividad endocrina, en primer lugar es necesario localizarla y conocer perfectamente la anatomía, las relaciones que tiene con los órganos vecinos, la vascularización, la histología, etc. La observación histológica ha de permitir localizar en la glándula considerada los elementos secretorios (células secretoras) y ha de comprobar que no existe un canal secretor (en cuyo caso no se trataría de una glándula endocrina) y que los productos de las secreciones son vertidos en los capilares sanguíneos que riegan la glándula.

Las funciones de una glándula endocrina pueden ser establecidas por dos series de pruebas complementarias:

1.- La ablación de la glándula estudiada, en general por medios quirúrgicos (lo que se llama exéresis quirúrgica) provoca en el animal operado alteraciones más o menos precisas y más o menos graves.

2.- La operación inversa consiste en inyectar en la sangre del animal operado extractos frescos de la glándula que se le ha quitado (extractos previamente tomados, por ejemplo, de otro animal al que se ha sacrificado). Entonces se comprueba que las funciones que habían desaparecido tras la ablación reaparecen, lo que confirma la existencia de sustancias (hormonas) presentes en el tejido glandular inyectado.

Sin embargo hay que tener precaución a la hora de transferir los resultados obtenidos mediante la experimentación animal al hombre, puesto que pueden existir diferencias entre las distintas especies, bien sea porque una misma hormona tiene distintos efectos según la especie, o porque la misma glándula endocrina de distintas especies libera diferentes hormonas, cuya acción presenta especificidad de especie.

## **GLÁNDULAS ENDOCRINAS Y HORMONAS**

La distribución de las glándulas endocrinas por el cuerpo es la siguiente: la hipófisis (glándula pituitaria) y la epífisis (glándula pineal) se alojan en el cráneo; el cuerpo tiroides y las glándulas paratiroides están situadas en el cuello; el páncreas está en estrecha relación con el aparato digestivo; las glándulas sexuales (testículos y ovarios) pertenecen al aparato reproductor y las suprarrenales coronan los riñones.

Determinadas glándulas no sólo tienen una función endocrina. Así, el páncreas tiene, además, una función exocrina ya que secreta el jugo pancreático que se

vierte en el tubo digestivo. El testículo es endocrino respecto a las células del tejido intersticial que secretan las hormonas sexuales, pero también desarrolla una función muy importante: produce los espermatozoides en los tubos seminíferos. De igual modo, el ovario que produce los óvulos, es decir, las gónadas femeninas, es endocrino sólo en determinadas células.

## **NATURALEZA DE LAS HORMONAS. CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL**

La noción de hormona ha tenido en fisiología un éxito considerable. Las hormonas son sustancias químicas de elevado peso molecular, producidas y segregadas por células endocrinas, que se liberan y transportan en la sangre y que llegan a todos los tejidos, donde ejercen de modo específico sus efectos fisiológicos.

Las hormonas en general se caracterizan por:

- Actuar sobre tejidos y órganos alejados de las glándulas endocrinas. A través de la sangre llegan a los tejidos de todo el cuerpo, pero sólo ejercen su acción en algunos de ellos, los tejidos diana, actuando sobre las células blanco. Por ejemplo, las hormonas de acción universal sobre el metabolismo (insulina).

- Actuar en pequeñas dosis, al igual que las enzimas. La cantidad de hormona producida por una glándula endocrina generalmente es muy pequeña, por lo que su concentración en sangre es muy baja. Esto implica que los tejidos específicos sobre los que actúan las hormonas, los tejidos diana, deben ser extraordinariamente sensibles, siendo capaces de detectar concentraciones plasmáticas tan bajas como  $10^{-12}M$ . La mayoría de las hormonas se encuentran normalmente en sangre, por lo que los tejidos diana deben detectar también los ligeros aumentos o disminuciones producidos, con la finalidad de regular el organismo.

- Las glándulas endocrinas poseen funciones reguladoras, eso quiere decir que las hormonas no inician procesos sino que los modifican, necesiéndose para ello la presencia de tejidos normales y los sistemas enzimáticos sobre los que puedan actuar dichas hormonas. Así actúan sobre enzimas o sistemas enzimáticos para aumentar o disminuir la velocidad de la reacción química.

- Ninguna hormona es secretada a una velocidad uniforme. Unas son producidas en función de las propiedades del medio, otras son secretadas según ciclos complejos relacionados con el ciclo sexual, gestación, lactación, etc.

- No todas las moléculas hormonales presentes en la sangre en un momento dado han de ser necesariamente activas.

Las hormonas conocidas hoy en día pueden clasificarse en tres grupos moleculares:

1.- Aminas. Son las más sencillas y el principal ejemplo es la adrenalina.

2.- Esteroides. Contienen el núcleo del ciclopentano perhidrofenantreno. Pertenecen a este grupo las hormonas sexuales y los corticoides.

3.- Péptidos y proteínas. Es el grupo más numeroso y complejo. Pertenecen a este grupo las hormonas hipofisarias, tiroideas, pancreáticas y paratiroideas, así como las neurohormonas hipotalámicas.

## MECANISMOS DE LA ACCIÓN HORMONAL

Las hormonas nunca inician o desencadenan una reacción, sino que las regulan, acelerando o inhibiendo procesos celulares específicos. Puesto que las hormonas, a través de la sangre, llegan a los tejidos de todo el cuerpo, pero sólo ejercen su acción en algunos de ellos, esto implica que las hormonas antes de ejercer su acción deben unirse de modo específi-

co a dichos tejidos, lo que inicia la acción hormonal. Las hormonas, después de su fijación, pueden afectar la permeabilidad celular, la síntesis de enzimas específicas, el incremento de actividad enzimática por efectos alostéricos o regular la formación de algún mediador hormonal que provoca el efecto observado.

En la actualidad se conocen dos mecanismos generales de interacción hormona-célula:

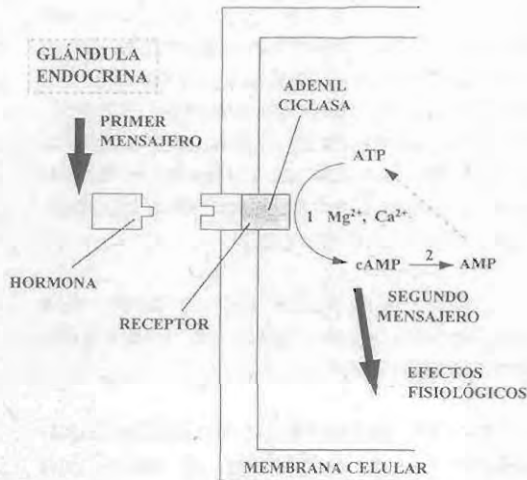
1.- Por mediadores hormonales intracelulares. Las hormonas se unen con receptores de membrana y activan determinadas enzimas que allí existen, lo que produce la formación de un segundo mensajero, intracelular, que al reaccionar con entidades celulares apropiadas desarrollan el efecto hormonal.

2.- Por acción a nivel genético. La hormona atraviesa la membrana celular y se une a una proteína receptora específica, característica de las células del tejido diana. El complejo hormona-proteína pasa al núcleo donde inicia o acelera la síntesis de RNA específico.

## MEDIADORES HORMONALES INTRACELULARES

La primera evidencia de una relación entre hormonas extracelulares y mediadores hormonales intracelulares fue el descubrimiento de la enzima adenilciclase, que condujo a la hipótesis del segundo mensajero.

La hormona se une a un receptor específico que se encuentra en la superficie externa de las células diana, esta interacción produce un cambio conformacional en el receptor y esto provoca una activación alostérica de la adenilciclase. Esta enzima cataliza el paso de ATP a cAMP que es el responsable de la activación o inhibición de procesos celulares específicos. El paso de ATP a cAMP requiere  $Mg^{++}$  y algo de  $Ca^{++}$ .



El nivel intracelular de cAMP que constituye el segundo mensajero, depende no sólo de la síntesis, sino también de la velocidad de degradación por paso a AMP.

La reacción 1 en muchos tejidos diana está bajo control de hormonas que modulan la actividad de la adenilciclase. La reacción 2 es inhibida por la cafeína y la teofilina, que por tanto elevan el nivel intracelular de cAMP.

### ACCIÓN HORMONAL A NIVEL GENÉTICO

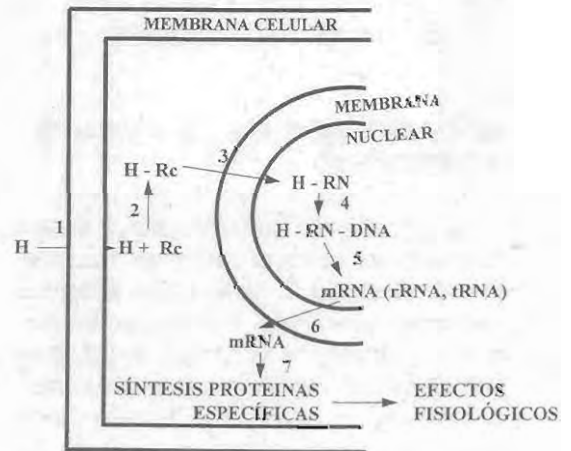
Las hormonas esteroides, a causa de su bajo peso molecular y su solubilidad en los lípidos, pasan por difusión las membranas celulares y se unen a proteínas receptoras intracelulares, específicas de las células diana. Esto explica el hecho de que estas hormonas pasen al interior de las células de todo el organismo, pero sólo en algunas de ellas, en los tejidos diana, ejerzan su acción hormonal.

El complejo resultante esteroide-proteína emigra al núcleo celular, donde se inicia o acelera la síntesis de RNA mensajero específico. El traslado de la proteína receptora al núcleo es inducido por la misma hormona e implica una alteración de la proteína receptora, fenómeno que se

denomina transformación del receptor. El RNA cuya síntesis ha sido inducida por la hormona pasa al citoplasma, donde inicia la síntesis de determinadas proteínas responsables de la respuesta fisiológica de los tejidos diana al estímulo hormonal.

El proceso se realiza en las siguientes etapas:

- 1.- Entrada de la hormona a la célula diana por difusión.
- 2.- Unión de la misma a un receptor citoplasmático específico.
- 3.- Transformación del receptor y paso del complejo hormona-receptor al núcleo celular.
- 4.- Unión a lugares específicos del DNA cromosómico.
- 5.- Activación de la transcripción que produce la síntesis de nuevas especies moleculares de mRNA, rRNA y tRNA.
- 6.- Paso del RNA inducido por la hormona al citoplasma.
- 7.- Síntesis de proteínas específicas que median la respuesta funcional característica del tejido diana.

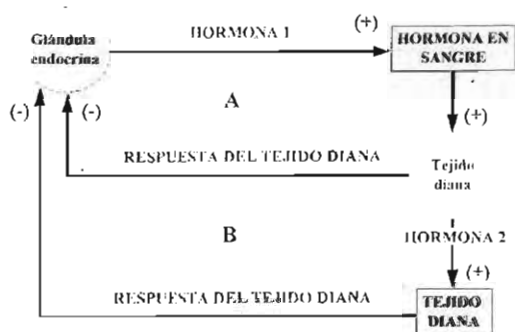


Este es el mecanismo de acción postulado para las hormonas sexuales, los glucocorticoides y los mineralocorticoides.

## CONTROL DE LA SECRECIÓN HORMONAL

El control de la secreción de las glándulas endocrinas se realiza, con muy pocas excepciones, por retroalimentación negativa. Es decir, la concentración de la misma hormona, o la respuesta del tejido diana a la hormona, tienen un efecto inhibitorio sobre el proceso de síntesis o secreción de dicha hormona. Normalmente la hormona no regula directamente su propia secreción, sino a través de los efectos que produce en los tejidos diana.

El circuito de retroalimentación negativa puede ser más o menos complicado. La siguiente figura muestra dos ejemplos:



En el ejemplo A la regulación del nivel de la hormona 1 se realiza por la respuesta fisiológica del tejido diana. En el ejemplo B, la regulación de la hormona 1 se realiza por el nivel de una segunda hormona, cuya secreción es regulada por la primera.

La síntesis y almacenamiento de las hormonas en las células secretoras varía de un tipo de glándula a otro. Las hormonas esteroideas parece que se segregan en forma molecular y no son almacenadas. Muchas otras hormonas son almacenadas en vesículas y más tarde liberadas

en el espacio extracelular. La duración del almacenamiento de las hormonas varía ampliamente de una glándula a otra; mientras que las hormonas esteroideas difunden a través de la membrana celular pocos minutos después de su síntesis, otras hormonas pueden estar almacenadas más tiempo, hasta que llega a las células que las contienen el estímulo secretor adecuado. Después de su paso a la sangre, algunas hormonas quedan libres en el plasma y otras se unen a proteínas portadoras, de las que se disocian antes de unirse al receptor celular específico.

El acoplamiento estimulación-secreción, tanto en células endocrinas epiteliales o nerviosas, como también en células nerviosas ordinarias, está mediado por los iones  $Ca^{++}$ . Cualquier estímulo que produce una entrada de  $Ca^{++}$  en la célula produce un aumento de la actividad secretora.

## VALORACIÓN DE LAS HORMONAS

El principal problema en la valoración de hormonas se debe a que su concentración, tanto en la propia glándula endocrina como en líquidos biológicos tales como sangre y orina, es extraordinariamente pequeña.

Los métodos utilizados tradicionalmente han sido biológicos y físico-químicos. Más recientemente ha empezado a utilizarse el método del radioinmunoensayo.

El método biológico se basa en la comparación del efecto que una cantidad conocida de hormona -standar- y un extracto cuyo contenido hormonal se desconoce, tienen sobre un sistema biológico adecuado.

Los métodos físico-químicos se han utilizado con determinadas hormonas de estructura química conocida, basándose en propiedades físico-químicas de sus moléculas. La dificultad estriba en la baja



concentración de las hormonas en el material biológico y la posible existencia de otras sustancias de estructura química semejante que enmascaran los resultados. Esto implica la necesidad de procesos de concentración y purificación de los extractos, que alargan y dificultan el proceso de valoración.

La valoración de hormonas peptídicas ha experimentado un notable avance utilizando sus propiedades inmunológicas. Es posible obtener anticuerpos frente a estas hormonas, con los cuales se unen de forma específica formando un complejo antígeno-anticuerpo. Los métodos de radioinmunoensayo se basan en este principio, utilizando hormonas marcadas isotópicamente.

Estos métodos se utilizan también para valorar hormonas no proteicas. En estos casos se utilizan proteínas fijadoras naturales en vez de anticuerpos, o bien se combina la hormona con una proteína como la seroalbúmina, obteniéndose anticuerpos frente a este compuesto.

En los últimos años, el avance en las técnicas de separación de componentes celulares ha hecho posible aislar receptores específicos para una hormona. Gracias a esto, un nuevo método de valoración de hormonas se ha puesto a punto, el método por radiorreceptores. El proceso es semejante al de radioinmunoensayo, pero en vez de utilizar anticuerpos frente a una hormona se utilizan receptores celulares aislados de esa hormona.

### **TIEMPO DE ACCIÓN DE LAS HORMONAS**

Las hormonas que actúan sobre la síntesis proteica, en especial las hormonas esteroides, poseen una acción lenta, horas o días, a diferencia de las polipeptídicas, que actúan sobre la membrana celular y que son de efectos rápidos, segundos o minutos.

Para el conjunto hormonal que nos ocupa, el tiempo de acción de las hormo-

nas es un dato de enorme valor, pues permite conocer la vida media de la acción de una hormona sexual, inyectada o detectada en plasma periférico. En la tabla siguiente se expresa el tiempo necesario aproximadamente para que la concentración en la sangre de las principales hormonas haya disminuido a la mitad, con lo cual su acción es escasa o nula:

<b>Hormona</b>	<b>Vida media</b>
P.M.S.G.	50-55 h
F.S.H.	30 min
L.H.	20 min
Esteroides	8-10 min
Prostaglandinas	1 min
15 ceto-P.G.F <sub>2α</sub>	8 min

A la vista de estas cifras se comprende porqué para inducir una superovulación es suficiente una sola inyección de P.M.S.G., en tanto que es necesario inyectar F.S.H. dos veces por día durante cuatro días.

### **REGULACIÓN NEUROENDOCRINA DE LA FUNCIÓN SEXUAL**

La condición previa que requiere la salud y la aptitud funcional de un organismo es su capacidad para poder reaccionar a las influencias ecológicas y adaptarse dentro de determinados límites fisiológicos por medio de mecanismos de regulación neuroendocrinos.

Los circuitos reguladores están íntimamente conexos, así el desarrollo corporal, metabolismo de proteínas, grasas e hidratos de carbono, recambio energético, mineral y electrolítico, equilibrio hídrico, la reproducción y la secreción láctea, no pueden funcionar con independencia. Su consideración por separado obedece sólo a razones puramente didácticas. Como ejemplo basta citar la íntima relación entre los circuitos funcionales del recambio material y de la reproducción como se desprende de la participación de las hormonas sexuales en el desarrollo corporal, así como en el metabolismo de lípidos y proteínas.

El circuito regulador de la sexualidad, no conocido aún en su fisiologismo con todo detalle, lo integra el hipotálamo, la hipófisis, testículos y ovarios, así como órganos periféricos en el macho: epidídimo y glándulas sexuales accesorias (vesicular, prostática y bulbouretral) y en la hembra: oviducto, útero, vagina y glándula mamaria. De igual manera lo integran otros órganos no relacionados directamente con la esfera reproductiva, como es el caso de las glándulas suprarrenales.

## HIPOTÁLAMO

Reúne entre sus variadas funciones de control neurológico, bien como elemento principal del sistema nervioso o bien en el papel de conductor, la regulación hídrica, metabólica, cardiovascular y del comportamiento. A su vez es la central reguladora de la función sexual, determinando tanto la conducta sexual como siendo el centro liberador o limitador de esta importante función orgánica.

En consecuencia, el hipotálamo es un centro colector de información relacionada con el bienestar del organismo, y a su vez gran parte de esta información se utiliza para controlar la producción propia o la regulación de la secreción de muchas hormonas por otras glándulas endocrinas.

Anatómicamente forma parte de la pared del tercer ventrículo cerebral, constituido por células grises y situado en la zona media de la base del cerebro, en inmediatez con el hueso esfenoides.

Desde el punto de vista funcional, el hipotálamo a través de células neurosecretoras, provee a la hipófisis que actúa como almacén de sustancias hormonales, en unos casos relacionadas con el área reproductiva como la oxitocina, y en otros para la acción reguladora de otras funciones orgánicas como es la vasopresina (ADH) que regula la presión sanguínea. Asimismo, elabora los factores hipotalámicos que a través del sistema vascular de la hipófisis ordenan la producción y

secreción o limitación de la hormona hipofisaria específica. Químicamente estos factores hipotalámicos son decapeptidos responsables de la síntesis y liberación de FSH, LH y LTH.

Diversos estímulos nerviosos pueden afectar al hipotálamo y a la producción de gonadotropinas. Los cambios estacionales del fotoperíodo o de factores climáticos son de importancia en relación con las épocas de celo a través de estos mecanismos neuroendocrinos.

## HIPÓFISIS

La hipófisis, también llamada glándula pituitaria, juega un papel esencial en el sistema regulador endocrino, no sólo porque libera algunas hormonas que controlan la secreción de otras glándulas endocrinas, sino porque en ella se da la conexión más importante entre los dos grandes sistemas de regulación, el nervioso y el endocrino. De este modo, la información sobre el ambiente, tanto interno como externo, se transmite desde centros nerviosos al hipotálamo y de allí a la hipófisis, donde esta información puede producir una respuesta, traducida ya en lenguaje endocrino, es decir, liberando determinadas hormonas, que actúan sobre los tejidos diana apropiados.

La hipófisis es una pequeña glándula con forma de garbanzo, que mide unos 5-7 mm de alto y que pesa de unos 0,6-1 g. Está situada en la base del cráneo, suspendida del hipotálamo por medio del tallo pituitario, de unos 5 mm de longitud y que pasa por debajo del quiasma de los nervios ópticos. La hipófisis está formada por dos lóbulos distintos tanto por su origen embriológico como por su papel fisiológico (existe también un lóbulo intermedio, poco desarrollado, en el hombre):

1.- el lóbulo anterior de la hipófisis (o antehipófisis y también adenohipófisis), está constituido por células de tipo glandular;

2.- el lóbulo posterior, o posthipófisis y también neurohipófisis, cuyo tejido es de origen nervioso y está en continuidad con el hipotálamo a través del tallo pituitario. La estructura de la neurohipófisis presenta un complejo de fibras nerviosas y de capilares inmerso en un soporte neurológico.

### **ADENOHIPÓFISIS**

La adenohipófisis contiene seis tipos de células que se clasifican según las hormonas que segregan:

1.- Células somatotrópicas: elaboran la hormona del crecimiento designada STH u hormona somatotrópica. La STH es una hormona proteica de 188 aminoácidos que estimula el crecimiento de los huesos en longitud y grosor. También actúa sobre el tejido muscular, tejido conjuntivo y todas las vísceras.

2.- Células tireotrópicas: elaboran la hormona denominada tireoestimulina o TSH. Esta hormona es una glucoproteína que produce un aumento de la masa de la glándula tiroides y de los factores energéticos que presiden la actividad del tiroides (flujo sanguíneo, consumo de glucosa y de oxígeno, etc.), una aceleración de los movimientos del yodo en el cuerpo tiroides y, de una manera general, de todos los fenómenos relacionados con la actividad tiroidea.

3.- Células corticotrópicas: secretan la hormona denominada ACTH que es una hormona proteica de 39 aminoácidos que aumenta el peso de las glándulas corticosuprarrenales.

4.- Células gonadotrópicas, con dos tipos no diferenciados de células: las que elaboran la FSH u hormona folículoestimulante y las células que secretan la LH u hormona luteinizante. Ambas son glucoproteínas y se estudiarán con detalle más adelante.

5.- Células lactotrópicas: elaboran y secretan la hormona luteotrópica o prolac-

tina (LTH) que es una proteína cuyo mecanismo se conoce en la hembra de mamíferos, en la que interviene en el mantenimiento del cuerpo amarillo y su producción continua de progesterona. Suplementa las acciones de las hormonas gonadales en el desarrollo de la glándula mamaria, y por ello es esencial para la lactancia normal, unida a la hormona tiroidea y los adrenocorticoides. Otra acción de la prolactina es intensificar los instintos y la conducta materna.

La secreción de prolactina tiene regulación hipotalámica, aunque parece que el nivel basal de producción se mantiene sin regulación. Durante la lactancia su producción continua depende de la estimulación del pezón y la activación de vías aferentes al cerebro, las que, a su vez, estimulan la actividad adenohipofisaria y la liberación de oxitocina de la neurohipófisis, para la producción de leche.

6.- Células melanotrópicas: elaboran la MSH u hormona melanocitoestimulante. Se denominó a esta hormona intermedia y se sabe que es una hormona de naturaleza proteica de la que se conocen dos formas: la  $\alpha$ -MSH constituida por 13 aminoácidos y la  $\beta$ -MSH con 22 aminoácidos. Esta hormona estimula la síntesis de melanina en piel de mamíferos por la activación de la tirosinasa. La secreción de MSH es disminuida por los glucocorticoides, lo que quizá explique la melanización de la piel en casos de insuficiencia corticosuprarrenal.

### **NATURALEZA QUÍMICA Y EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS HORMONAS NEUROHIPOFISARIAS**

Las hormonas neurohipofisarias son octapéptidos, con cinco aminoácidos formando un anillo. Entre los vertebrados se han descrito, al menos, siete hormonas distintas, que difieren en la posición de algunos aminoácidos.

En mamíferos se encuentra la oxitocina y dos vasopresinas que difieren en la posición de un aminoácido.

Los péptidos neurohipofisarios tienen fundamentalmente los siguientes efectos fisiológicos:

- Efecto antidiurético (ADH): Incrementar la reabsorción de agua en los túbulos renales.

- Efecto oxitócico (Oxitocina): Iniciar y mantener la eyección de leche en las glándulas mamarias.

- Contracción del músculo liso de vasos sanguíneos (ADH) y útero (Oxitocina).

## **LAS GLÁNDULAS SEXUALES**

Las glándulas sexuales son dos: los testículos (en el macho) y los ovarios (en la hembra). Tanto unos como otros tienen una función exocrina esencial: el testículo elabora los espermatozoides que, mezclados con el esperma, son expulsados durante la eyacuación; el ovario elabora los óvulos que son producidos en las trompas uterinas.

El examen histológico de los testículos y de los ovarios demuestra que contienen células especializadas que no se convierten ni en espermatozoides ni en óvulos y que están dotadas de actividad secretora. Estas células son:

- en el testículo, las células de Leydig que forman parte de la composición del tejido intersticial (es decir, el tejido comprendido entre los tubos seminíferos donde se forman los espermatozoides);

- en el ovario, las células que, alrededor de la célula destinada a convertirse en un óvulo (y que se llama oogonio u oocito), forman las envolturas llamadas, desde el interior hacia el exterior: la granulosa, la teca interna y la teca externa.

Estas células vierten el producto de su secreción en los capilares sanguíneos que participan en la vascularización de las gónadas; por lo tanto, confieren a las glándulas sexuales una función endocrina y las hormonas secretadas por ellas se llaman hormonas sexuales. Son responsables de numerosos fenómenos que interesan, muy en particular, a las funciones de reproducción.

## **HORMONAS SEXUALES**

El término hormonas sexuales, tal como se usa habitualmente, incluye las hormonas segregadas principalmente por el ovario o el testículo, aunque también se engloba modernamente en dicho término, un corolario abundante de sustancias de acción hormonal, elaboradas en muchas partes del aparato genital e incluso en áreas no relacionadas directamente con la esfera reproductiva, como es el caso de las glándulas suprarrenales.

Los efectos de las hormonas sexuales son complicados, dadas las interacciones que existen entre ellas. Así en su modo de acción, pueden actuar sinérgicamente, antagónicamente, similarmente o permisivamente, estando determinado el tipo de interacción por el momento en que se encuentre el ciclo sexual, gestación o lactación del animal, así como de las concentraciones de las hormonas que intervengan en un determinado momento.

## **HORMONAS HIPOFISARIAS**

La FSH u hormona foliculoestimulante es una glucoproteína secretada en la adenohipófisis, que tiene como blanco las gónadas, es decir, los ovarios en la hembra y los testículos en el macho.

Sobre los ovarios estimula la maduración del folículo de De Graaf, pero cuando la FSH actúa sola, en un animal hipofisectomizado, no es suficiente para provocar la ovulación, sino que es preciso que también intervenga la LH.

Sobre los testículos activa el crecimiento de los tubos seminíferos, donde se forman los espermatozoides, y, en consecuencia, aumenta el volumen de los testículos; pero, actuando sola, no basta para la formación de los espermatozoides, sino que es necesario que intervengan también las hormonas andrógenas.

La LH u hormona luteinizante u hormona estimulante de las células intersticiales (ICSH) es una glucoproteína que al igual que la FSH es secretada en la adenohipófisis. Su acción en la hembra es diferente según que el ovario haya sido preparado o no por la FSH. Sin FSH (caso éste de una hembra hipofisectomizada), la LH provoca la proliferación de las células ováricas que constituyen el tejido intersticial del ovario y la actividad secretora de esas células aumenta, siendo en este caso andrógenos las hormonas que suelen ser sintetizadas. Con FSH (condiciones normales), la LH provoca la secreción de estrógenos y la puesta ovular; tras ésta, provoca la secreción de luteína por el cuerpo amarillo. La luteína, también llamada progesterona, transforma la mucosa uterina, lo que hace posible la fijación y el desarrollo del huevo fecundado.

En el macho, la LH estimula las células de Leidig que forman el tejido intersticial del testículo. Estas células secretan andrógenos (testosterona) que ejercen sus efectos sobre los caracteres sexuales secundarios.

La oxitocina es una hormona de naturaleza polipeptídica secretada en la neurohipófisis. En los mamíferos es conocida por su función estimulante en la eyección de la leche por las glándulas mamarias y por su efecto estimulante sobre las contracciones uterinas durante el parto.

El primer efecto se ejerce por la acción de la oxitocina sobre las células mioepiteliales que rodean los alvéolos de las glándulas mamarias. La hormona hace que estas células se contraigan, exprimiendo la leche desde los alvéolos hacia los senos mamarios y de ahí hacia el exterior.

En el crecimiento mamario, síntesis y secreción de la leche, intervienen muchas hormonas, pero la eyección requiere oxitocina.

El reflejo de la eyección de la leche se inicia cuando el lactante succiona el pezón y estimula receptores táctiles allí situados. La estimulación genital y algunos estímulos emocionales también causan la secreción de oxitocina.

Esta hormona también tiene efecto sobre la excitabilidad del músculo liso uterino. La sensibilidad de este órgano hacia la oxitocina varía de acuerdo con los niveles plasmáticos de ciertas hormonas, es aumentada por la progesterona e inhibida por los estrógenos. Por esta razón, al final del embarazo, el útero es muy sensible a esta hormona, y aunque parece que no interviene en la iniciación del parto, colabora en el nacimiento del feto una vez que éste ha comenzado, seguramente porque después de la dilatación del cuello del útero el descenso del feto estimula receptores cuyos impulsos llegan al hipotálamo donde provocan la liberación de oxitocina para reforzar el parto.

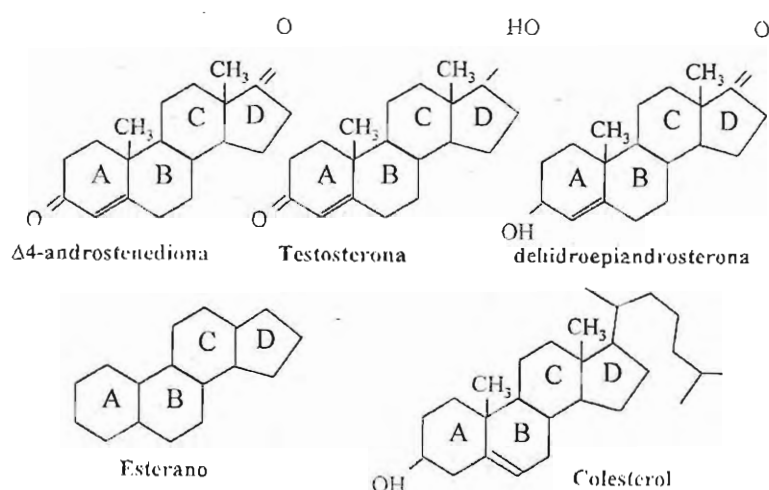
Otra posible acción de la oxitocina en el útero ingravido es facilitar el transporte de los espermatozoides mediante contracciones uterinas, ayudando, de este modo, a la fertilización del óvulo.

## **HORMONAS TESTICULARES**

Las células de Leidig elaboran principalmente las hormonas masculinas o andrógenos que engendran los caracteres sexuales masculinos.

También se encuentran en los testículos, si bien en cantidades pequeñísimas, hormonas femeninas o estrógenos.

El andrógeno testicular más importante es la testosterona, descubierta y aislada por primera vez en 1934 por Laqueur en un testículo de toro. Se trata de una sustancia perteneciente a la familia quími-



ca de los esteroides, cuya estructura molecular comprende siempre tres núcleos hexagonales y un núcleo pentagonal. Todos los esteroides están considerados como derivados de un carburo de hidrógeno fundamental: el esterano (carburo hipotético que no existe en la naturaleza); su principal representante es el colesterol.

La segunda hormona sexual secretada por las células de Leidig es llamada  $\Delta^4$ -androstenediona. Su fórmula es idéntica a la de la testosterona, a excepción de un punto importante: el carbono 17 lleva el grupo -OH en el caso de la testosterona, mientras que en la  $\Delta^4$ -androstenediona lleva un átomo de oxígeno al que está unido por un doble enlace. Este grupo C=O es característico de una función química importante: la función cetona, por tanto se trata de un 17-cetosteroide.

El testículo también elabora, aunque en pequeñísima cantidad, una hormona llamada dehidroepiandrosterona (DHA).

Los testículos no tienen la exclusiva de la producción de andrógenos, que también son sintetizados por las glándulas corticosuprarrenales. Así pues, en la sangre de una hembra se encuentran también hormonas masculinas, a pesar de que la hembra no tiene testículos. Por otra parte, cuando se determina la proporción

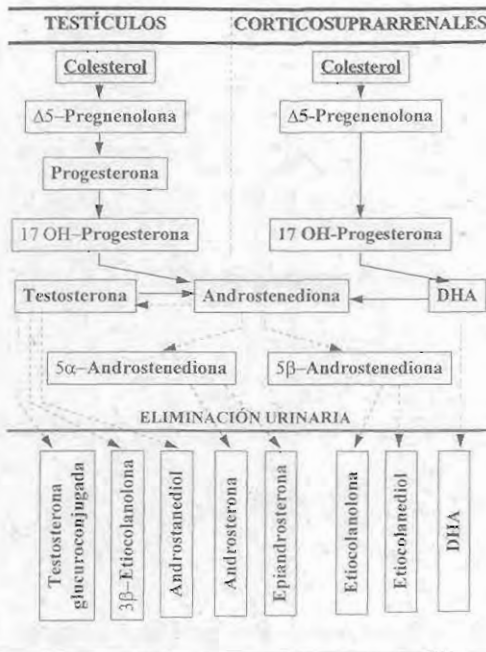
de hormonas sexuales que hay en la sangre de un individuo del sexo masculino, conviene distinguir, sobre todo desde el punto de vista cuantitativo, los andrógenos totales (es decir, producidos a la vez por las corticosuprarrenales y por los testículos) de los andrógenos testiculares. Así, por ejemplo, se comprueba que la DHA presente en la sangre es casi por completo de origen corticosuprarrenal.

## METABOLISMO DE LAS HORMONAS TESTICULARES

El principio de la síntesis de los andrógenos puede explicarse de la siguiente manera:

1.- El punto de partida de la síntesis es el colesterol. Éste es fabricado en todos los tejidos del organismo a partir de ácido acético; también es sintetizado en los testículos (células de Leidig), en las corticosuprarrenales y en la placenta.

2.- La molécula de colesterol es, como se ha visto, una molécula policíclica que servirá de trama a las moléculas de andrógenos. Se verificarán una serie de transformaciones, consistentes en sustituciones de determinados átomos o grupos por otros. Es así como la cadena lateral del colesterol fijada en 17 va a ser des-



plazada y sustituida por otro grupo quedando sin cambiar el resto de la molécula. El cuerpo así obtenido se llama  $\Delta 5$ -pregnenolona.

3.- Esta transformación no es espontánea. Sólo puede realizarse cuando existen determinadas enzimas que la favorecen. Así es como la cadena lateral del colesterol es cortada entre 20 y 22 por una desmolasa, activa a su vez cuando a las células de Leidig llega una hormona estimulante: la LH secretada por la antehipófisis.

4.- A continuación se sucede una cascada de modificaciones locales de la molécula, siempre gracias a la intervención de enzimas adecuados, lo que permite describir así las etapas de la formación de hormonas andrógenas:

Colesterol  $\rightarrow$   $\Delta 5$ -pregnenolona  $\rightarrow$  Progesterona  $\rightarrow$  17-OH Progesterona  $\rightarrow$   $\Delta 4$ -androstenediona  $\leftrightarrow$  Testosterona.

5.- Posteriormente los andrógenos son transportados por la sangre, ya sea en forma libre, ya sea asociados a proteínas de transporte, y llegan a los órganos-blanco sobre los que actúan.

6.- Sólo es utilizada una ínfima fracción de las hormonas. El resto es neutralizado y sufre (en particular en el hígado) una serie de degradaciones sucesivas que constituyen el catabolismo de los andrógenos testiculares. Se comprueba en particular que la principal vía de eliminación concierne a la androstenediona. Esta hormona es transformada en el hígado en  $5\alpha$ -androstenediona y en  $5\beta$ -androstenediona. Estos dos productos son a su vez reducidos y dan los cuatro metabolitos siguientes: androsterona, epiandrosterona, etiocolanolona y  $3\beta$ -etiocolanolona. La DHA es eliminada directamente. En cuanto a la testosterona, la fracción de ésta que no es transformada en  $\Delta 4$ -androstenediona es eliminada por el riñón, ya sea en una forma glucuroconjugada, ya sea tras haber sido transformada en etiocolanediol o en androstanediol.

### ACCIONES DE LAS HORMONAS TESTICULARES

Podemos distinguir dos tipos de efectos: fisiológicos y metabólicos. En cuanto a los efectos fisiológicos, en los individuos machos los andrógenos provocan el crecimiento de los testículos, de la verga, de la próstata, de las vesículas seminales y de las glándulas de Cowper, así como la aparición de los caracteres sexuales secundarios.

En la hembra, la administración de andrógenos provoca acciones más o menos claras sobre el aparato de la reproducción. A pequeñas dosis, los andrógenos estimulan el crecimiento folicular, pero a dosis más grandes provocan la interrupción de ese crecimiento. Las hormonas masculinas producidas normalmente por las corticoadriales de una hembra no causan estos efectos.

Por último, es preciso subrayar la importancia de la acción de las hormonas masculinas sobre el feto.

En la acción metabólica general los andrógenos se suplementan con STH

para acelerar el crecimiento tisular e incluyen la síntesis de proteína. Estimulan la acción de los mineralocorticoides de la corteza suprarrenal para la conservación de sodio, potasio, cloro y fosfato. Facilitan el desarrollo óseo y el cierre final de la epífisis. Estimulan la producción de eritrocitos y la corriente sanguínea por los tejidos. Estimulan las glándulas de la piel y la producción de melanina.

La regulación de las funciones testiculares depende principalmente de la adenohipófisis, aunque es modificada por tiroides y corteza suprarrenal. En dicha función participan principalmente FSH y LH de la hipófisis. La primera estimula el epitelio germinativo e inicia la espermatogénesis, y la segunda estimula la producción de testosterona y, en consecuencia, regula el desarrollo de los caracteres sexuales. A su vez, los testículos influyen en la adenohipófisis.

## HORMONAS OVÁRICAS

Las dos glándulas ováricas tienen una fisiología compleja. Esa fisiología depende de dos categorías de hormonas: los estrógenos y los progestágenos que pre-

paran la mucosa uterina para la gestación. Se denomina estrógeno a cualquier sustancia que produce las características del estro normal, entendiéndose por estro el conjunto de manifestaciones psíquicas y físicas que acompañan al celo de las hembras.

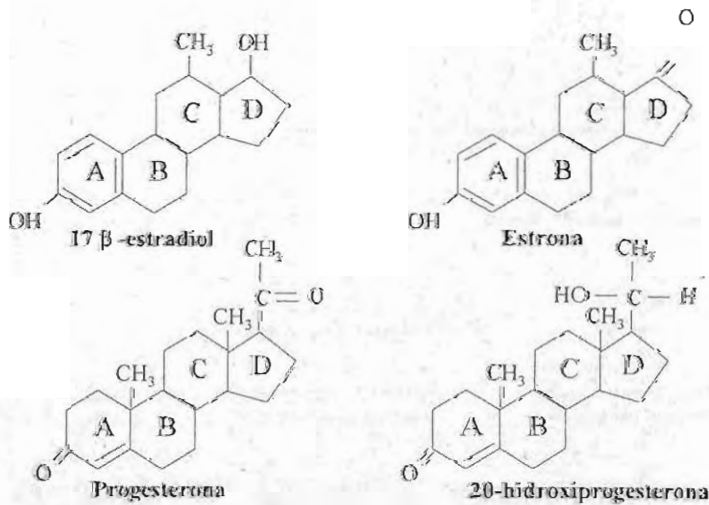
El ovario también elabora andrógenos en pequeñas cantidades y una hormona que interviene durante la gestación propiamente dicha: la relaxina.

Las hormonas femeninas son:

- Estrógenos: 17  $\beta$ -estradiol, estrona (llamada antiguamente foliculina), estriol y 16  $\alpha$ -hidroxiestrone.

- Progestágenos: Progesterona y  $\alpha$ - y  $\beta$ -hidroxiprogesteronas.

Los números 16 y 17 y las letras griegas  $\alpha$  y  $\beta$  que aparecen en los nombres de estas hormonas indican particularidades estructurales de la molécula. Las fórmulas de las hormonas ováricas nos muestran que se trata de esteroides, diferentes los unos de los otros por los grupos colocados en posición 3 y 17 y por la distribución de los dobles enlaces en el ciclo A.





**METABOLISMO DE LAS HORMONAS OVÁRICAS**

Al igual que los andrógenos, las hormonas femeninas son biosintetizadas a partir del colesterol. En lo que se refiere a los estrógenos la operación se efectúa en dos tiempos:

1.- Primero hay biosíntesis de andrógenos (hormonas masculinas) en el ovario, que desembocan en la producción de DHA, de androstenediona y de testosterona.

2.- Esos andrógenos son transformados a continuación en estrógenos.

En cuanto a la progesterona es sintetizada según un proceso ya indicado, puesto que es una etapa de la formación de los andrógenos.

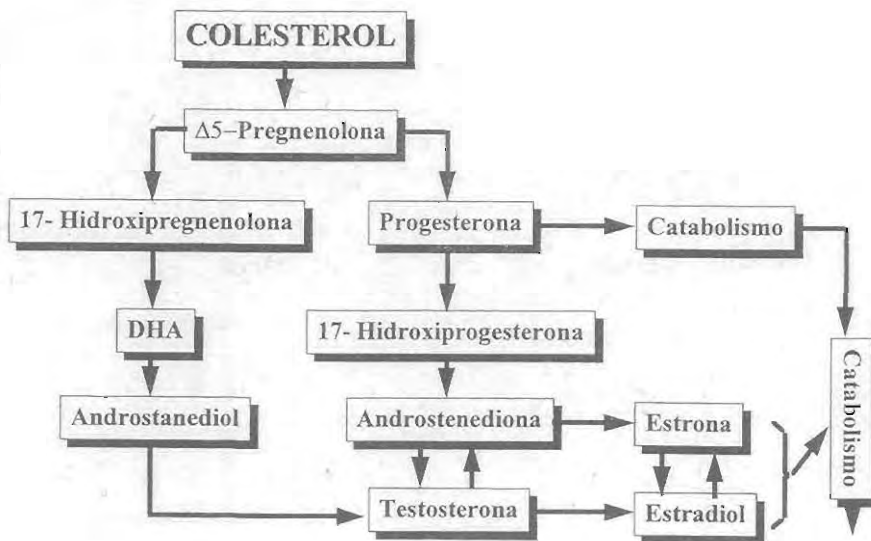
Los estrógenos son fabricados por la teca interna del folículo de De Graaf, pero también existen estrógenos de origen corticosuprarrenal, y además la placenta también secreta estrógenos en sus porciones materna y embrionaria. Las hormonas son transportadas por las albúminas. Los estrógenos que llegan al hígado son

glucuroconjugados en un 95% o sulfocnjugados en un 5% y se eliminan por heces, bilis y orina. Los niveles urinarios son muy variables entre las distintas hembras, dependiendo también de la fase del ciclo en que se tome la muestra.

El organismo vivo inactiva rápidamente los estrógenos. El órgano encargado de la destrucción es principalmente el hígado. La sangre que contiene estrógeno y pasa por el hígado, al salir del mismo carece en alto grado de la concentración activa de la hormona. La progesterona, por otra parte, disminuye el índice de inactivación de estrógenos, y en esta forma permite que la sangre se conserve en concentración mayor, de la que gran parte se secreta en la orina.

Los riñones y el hígado son órganos principales de la excreción de estrógeno, aunque no se ha precisado la importancia de los dos órganos.

La fuente principal de progesterona son las células luteinizadas del cuerpo amarillo, pero este origen no es único, ya que las adrenales pueden ser también fuente de progesterona y, por supuesto, la placenta, que en la mayoría de las espe-



cies se comporta, sobre todo a partir del segundo tercio de la gestación, en manantial muy abundante y casi exclusivo de progesterona. La concentración de progesterona corre paralela al desarrollo y formación del cuerpo lúteo en la hembra vacía.

Muy poco tiempo después de segregada la progesterona se transforma principalmente en el hígado en esteroides inactivos. Por la orina se elimina pregnandiol.

La LH estimula la síntesis de progesterona en el ovario, pero para que esta gonadotropina ejerza su acción parece que debe existir un cierto grado de sensibilidad de las estructuras ováricas, que le ha proporcionado los estrógenos.

La secreción ovárica es regulada por tres hormonas de origen adenohipofisario. FSH estimula el desarrollo de folículos y la secreción de estrógenos. En este mecanismo interviene también LH, que, por tanto, produce ovulación y desarrollo del cuerpo amarillo. Una tercera hormona, la prolactina, estimula la secreción de progesterona por el cuerpo amarillo.

Los estrógenos disminuyen la secreción de FSH por la adenohipófisis. Las acciones e interacciones del ovario e hipófisis y estas cinco hormonas son las que rigen la regulación de los ciclos menstruales y del estro de los mamíferos.

Durante el embarazo la placenta adquiere las características de un órgano endocrino y produce hormonas que aseguran en grado mayor o menor su mantenimiento hasta el parto.

Aunque el desarrollo de las glándulas mamarias se inicia por la acción de los estrógenos, y esta acción es suplementada por la acción de la progesterona, la importancia de las dos hormonas varía de especie a especie. La prolactina contribuye a estimular la secreción de progesterona, pero también contribuye directamente al desarrollo de la glándula mamaria y secreción final de leche.

## ACCIONES DE LOS ESTRÓGENOS

El estradiol tiene acción más potente. Estas hormonas son esenciales para el desarrollo normal de los caracteres accesorios y secundarios de los mamíferos hembras. Estimulan el crecimiento del endometrio uterino, sus glándulas y vascularización, y aumentan la actividad del endometrio. Producen cornificación del epitelio vaginal y completan el desarrollo de los oviductos. En bajas concentraciones los estrógenos contribuyen normalmente a la diferenciación folicular, pero a concentraciones elevadas, la disminuyen al bajar la secreción de FSH. Contribuyen al crecimiento y diferenciación de las glándulas de los mamíferos. Las mamas inicialmente indiferenciadas, se desarrollan por acción de los estrógenos con formación del estroma y del sistema de conductos y acumulo de grasa, y adquieren el aspecto exterior de la mama femenina madura; sin embargo, hay diferencias entre especies en estos efectos y se precisará todavía la progesterona y la prolactina para que los elementos glandulares alcancen capacidad para producir leche.

Los estrógenos no sólo actúan sobre el sistema reproductor, sino que ejercen su influencia en otros territorios orgánicos: alteran la composición y el estado físico de los tejidos conectivo y de sostén, incluyendo aquí huesos, cartílagos y piel; afectan a la distensibilidad de los vasos sanguíneos, intervienen en la coagulación de la sangre, fragilidad capilar, presión sanguínea, etc.; de ahí que se encuentren menos accidentes vasculares en la hembra que en el macho, por lo general. Los estrógenos intervienen en la función de otras glándulas endocrinas, como tiroides, adrenales y páncreas, bien por efecto indirecto a través del hipotálamo o por su acción directa sobre el metabolismo de hidratos de carbono, lípidos, proteínas y minerales. Aumentan la síntesis proteínica y causan retención de sodio, calcio, fosfato y agua. Disminuyen la actividad de las glándulas sebáceas.

Las acciones anabólicas de los estrógenos se ejercen en forma parecida a las debidas a los andrógenos pero con carácter más específico sobre determinados tejidos.

Se puede concluir diciendo que los estrógenos, aunque no imprescindibles para la vida, son esenciales para los procesos del sistema reproductor de la hembra y tienen un papel decisivo en la homeostasis tisular metabólica y endocrina.

### **ACCIONES DE LA PROGESTERONA**

El papel más importante de la progesterona en el aparato reproductor de las hembras es preparar el endometrio para la posible nidación, en el sentido de dar lugar a los cambios secretorios, siempre y cuando la sensibilidad de los estrógenos haya sido correcta. En forma opuesta a la acción de los estrógenos, la progesterona inhibe la actividad del miometrio. La progesterona induce cambios secretorios parecidos en la mucosa de las trompas. Los niveles altos de progesterona impiden la liberación de FSH; por ello, cuando el cuerpo lúteo cesa en su actividad, lo que se traduce por una disminución del nivel de progesterona, comienza de nuevo la liberación de la gonadotropina. En unión con estrógenos, concentraciones bajas de la progesterona estimulan la producción de LH; las titulaciones elevadas la inhiben.

La progesterona contribuye eficazmente al desarrollo de las glándulas mamarias con proliferación de las células alveolares hasta adquirir su carácter secretor. No obstante, la posibilidad de secreción láctea requiere todavía el estímulo de la prolactina hipofisaria. Han sido también descritos efectos metabólicos diversos de la progesterona de importancia secundaria. El organismo no almacena progesterona. Desaparece rápidamente de la sangre.

A pesar de todo, el papel más importante de la progesterona es durante la gravidez.

### **INHIBINA**

Es una hormona proteica de elevado peso molecular sintetizada tanto por el ovario como el testículo. Su papel específico es el de ejercer una retroacción negativa sobre la liberación de FSH, cuando sus concentraciones en sangre son suficientes para ser detectada por el hipotálamo, el cual mediante la liberación de factores inhibidores, paraliza a nivel de hipófisis la producción de FSH.

### **PROSTAGLANDINAS**

Reciben el nombre de Prostaglandinas (PG) una serie de ácidos carboxílicos de cadena pentacarbonada cerrada y dos cadenas alifáticas, que se encuentran en casi todos los tejidos orgánicos, pero que se las denominó inicialmente Prostaglandinas por creer que procedían únicamente de la Próstata.

Las Prostaglandinas presentan una actividad muy amplia sobre todo el aparato reproductor.

Se conocen actualmente varios tipos de prostaglandinas naturales e incluso sintéticas; dentro de cada una de éstas existen derivadas y así encontramos la  $PGE_2$ ;  $PGE_3$ ;  $PGF_{2\alpha}$ ;  $PGF_{3\alpha}$ , etc., que derivan todas del ácido araquidónico o sus similares, en realidad productos metabólicos del ácido linoleico.

Como el líquido seminal es uno de los fluidos con más contenido de PG, se piensa que una vez depositado éste en la vagina influye sobre el tono y motilidad del útero y del oviducto facilitando la llegada del espermatozoide a su encuentro con el óvulo. Por otro lado, se ha demostrado que la PG tienen una acción oxitócica, aumentando las contracciones del útero en la fase de expulsión del parto, con efectos abortivos.

Se ha sugerido que las prostaglandinas pueden actuar como moduladores generales del sistema adenil-ciclasa en

diferentes tejidos, y dada la intervención de ese sistema como segundo mensajero en los mecanismos de acción hormonal, las PG podrían intervenir como mediadoras en muchos tipos de respuestas endocrinas.

### CORTEZA SUPRARRENAL

Las hormonas de la corteza suprarrenal son esteroides y se dividen en tres categorías: hormonas sexuales, glucocorticoides y mineralocorticoides. El sitio de su producción en la corteza no se ha dilucidado del todo, y por ello hay dos criterios. En uno de ellos se afirma que, de las tres zonas corticales, las hormonas sexuales son producidas en la zona reticular, los glucocorticoides en la reticular y la fasciculada, y los mineralocorticoides por la glomerular. Otra hipótesis indica que las tres zonas traducen un ciclo de secreción, y que las células secretoras para todas las hormonas se originan en la glomerular y gradualmente pasan a la reticular, al completar sus fases sintética y secretoria.

Las hormonas sexuales de la corteza incluyen estrógenos, andrógenos y progesterona. Los andrógenos son las hormonas principales en los mamíferos. En machos y hembras genéticos, los andrógenos contribuyen a la regulación del desarrollo muscular normal y esquelético, la diferenciación de los genitales externos, crecimiento del pelo, y en fenómenos e impulsos sexuales.

### BIBLIOGRAFÍA

- BROWN, Jr., F.A. 1968. Mecanismos endocrinos. En: *Fisiología comparada*. Ed. Interamericana, S.A. (segunda edición). págs.: 576-611.
- CARATINI, R. 1970. Las glándulas endocrinas y la endocrinología. En: *Enciclopedia temática. 18-Medicina (I)*. Bordas, París y Argos, Barcelona, (Editores). págs.: 90-112.
- KOLB, E. 1971. Las hormonas. En: *Fisiología veterinaria*. Ed. Acribia. págs.: 60-105
- LANGLEY, L.L. 1973. Elementos de Fisiología. Ed. Acribia. págs.: 609-622, 623-650, 651-664.
- MOORE, W.W. 1978. La hipófisis. Mecanismos endocrinos y neuroendocrinos. En: *Fisiología*. Selkurt, E.E. (Editor). pág: 659-674.
- MOORE,, W.W. 1978. La corteza suprarrenal. En: *Fisiología*. Selkurt, E.E. (Editor). pág: 705-718.
- MOORE,, W.W. 1978. Endocrinología de la reproducción. En: *Fisiología*. Selkurt, E.E. (Editor). pág: 719-744.
- BOLUFER, J. 1979. Sistema endocrino. Generalidades. En: *Fundamentos de Fisiología Animal*. Castejón, F.; Fraile, A. y Ponz, F. (Editores). págs.: 447-454.
- BOLUFER, J. 1979. Sistema endocrino hipotálamo-hipofisario. Pineal. En: *Fundamentos de Fisiología Animal*. Castejón, F.; Fraile, A. y Ponz, F. (Editores). págs.: 455-465.



**IV**  
**FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS.**  
**ÓRGANOS Y MECANISMOS**  
**NEUROENDOCRINOS**  
**SEXUALES**

**SERGIO AGÜERA CARMONA**

*Profesor Titular*  
*Departamento de Fisiología*  
*Facultad de Veterinaria*  
*Córdoba*



Se puede afirmar, sin temor a equivocarnos, que el sistema nervioso, tanto a nivel central como periférico, está directamente relacionado con la fisiología de la reproducción. Es decir, todos los acontecimientos que suceden en el aparato reproductor como por ejemplo: formación y transporte de espermatozoides, copulación en el macho o ovulación, parto, o lactación en la hembra son funciones perfectamente regulados desde alguna parte del sistema nervioso.

Hasta hace relativamente poco tiempo se creía que la hipófisis era la principal responsable de la regulación del concierto endocrino del organismo de cualquier animal. Sin embargo, cuando se ha dispuesto de métodos de análisis más precisos, capaces de detectar cantidades extremadamente pequeñas de hormonas, se ha podido comprobar que el primer responsable es el hipotálamo. Y siguiendo con el símil orquestal que hemos mencionado, podemos afirmar que si el director de la orquesta endocrina es el hipotálamo, la hipófisis queda como un solista. Pero la comunicación entre director y solista, todos sabemos que es perfecta. En endocrinología, cuando queremos poner un ejemplo de sincronización entre dos órganos tenemos que citar al llamado eje hipotálamo-hipofisario, por su perfecta coordinación.

## HIPOTÁLAMO

El **hipotálamo**, localizado en la porción central del diencefalo a nivel del suelo y paredes del III ventrículo, es la región cerebral de mayor importancia en la regulación del medio interno y de la reproducción. Es una parte del SNC filogenéticamente antigua cuya estructura se ha mantenido relativamente constante a lo largo de la evolución, a diferencia de lo acontecido con otras regiones cerebrales, como el corteza cerebral o el sistema límbico. El hipotálamo cumple funciones vegetativas, endocrinas y somáticas. El hipotálamo comprende tres zonas, en sentido medio-lateral: periventricular, lateral y medial. (Fig. 1).

La **zona periventricular** es una capa delgada de tejido nervioso adyacente al III ventrículo. La **zona lateral** posee una menor cantidad de neuronas, que no se agrupan como núcleos sino que se distribuyen en forma más difusa. En la **zona medial** (hipotálamo medial) se distinguen varios núcleos. La parte más medial, vinculada a la regulación adenohipofisaria. Aquí, se liberan **neurohormonas** (hormonas de liberación y de inhibición) junto a capilares de la eminencia media, que se dirigen por el sistema porta hipotalámico-hipofisario a la adenohipofisis.

Las conexiones entre las diferentes partes del hipotálamo son muy numerosas. Así, el hipotálamo lateral está intercomunicado con la porción superior del tronco encefálico y sistema límbico.

El hipotálamo medial tiene abundantes conexiones recíprocas con el hipotálamo lateral, pero recibe escasas proyecciones de otras áreas cerebrales. Su función es

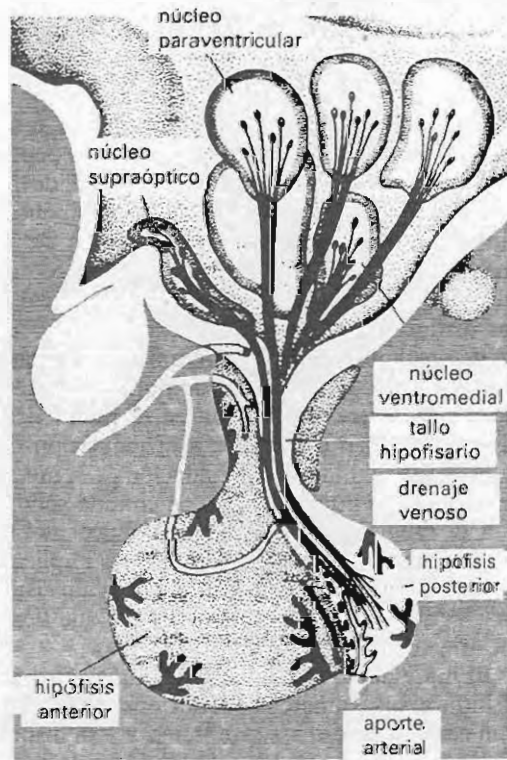


Figura 1.



principalmente **neuroendocrina** y recibe influencias humorales directas, del LCR o de la sangre, que estimulan a neuronas especializadas como receptoras de distintos parámetros del medio interno (temperatura, osmolaridad, concentración de glucosa, etc.). Sus salidas se establecen mediante fibras que se dirigen al hipotálamo lateral y por la producción de hormonas hipotalámicas que controlan la actividad endocrina de la adenohipófisis o neurohipófisis.

Existen muchos núcleos pero los principales (tabla I) son:

**Núcleos del área craneal (anterior)** que está relacionado con el ciclo estral, la regulación de la temperatura corporal y con la síntesis de hormonas liberadoras (GnRH, TRH y GHRH).

**Núcleos del área lateral:** son una zona de cruce entre el sistema límbico con el hipotálamo y el mesencéfalo.

**Núcleo paraventricular:** realiza funciones de la contracción del útero y secreción de la leche.

**Núcleo supraóptico:** presión arterial y retención de agua.

**Área ventromedial:** centro de la saciedad.

## REGULACIÓN DE LA SECRECIÓN HORMONAL HIPOTALÁMICA

El hipotálamo como el resto del cerebro, está formado por millones de neuronas interconectadas mediante sinapsis y nutridas por un rico aporte sanguíneo (sistema porta).

En toda sinapsis química, existen unas sustancias neurotransmisoras que son las responsables de la conducción eléctrica, como por ejemplo: adrenalina, acetilcolina; sin embargo existen otras sustancias llamadas neuromoduladores, parecidas a los neurotransmisores pero de mayor tiempo de actuación, como es el caso de las endorfinas, pero el hipotálamo sintetiza y secreta un tercer tipo de neurotransmisor que se llama neurohormonas u hormonas liberadoras y hormonas inhibidoras, porque su principal función es estimular e inhibir la secreción de las hormonas almacenadas en la hipófisis anterior.

Todas las neurohormonas son péptidos (cadenas de aminoácidos) de tamaño variable entre 3 aminoácidos (TRH) y 198 aminoácidos (prolactina)

Núcleos	Hormonas	Funciones:	Patología
Área interior o craneal	GnRH	Ciclo estral. Control de la temperatura	Infertilidad. Fiebre
	TRH	Control de la producción de TSH	Bocio
	GHRH	Control de la GH	Crecimiento
Arqueado	GHIH	Inhibición de la GH	Crecimiento
Área lateral		Centro del apetito	Afagia
Eminencia media	—todas—	Concentra todas las hormonas	
Paraventricular	Oxitocina	Contracción del útero	Inercia uterina. Agalactia
Supraóptico	ADH	Secreción de leche Presión arterial Retención de agua	Diabetes insipidus
Área ventromedial		Centro de la saciedad	Obesidad. Hiperfagia

Tabla I.

El mecanismo de regulación hipotalámico-hipofisario, es el normal de endocrinología como medio de corregir la secreción de hormona de una glándula determinada cuando se haya alcanzado el nivel preciso. Este mecanismo se llama de retroalimentación (- o +) que puede ser de dos tipos: corto y largo (Fig. 2).

En el mecanismo de retroalimentación corto, actúa la hipófisis sobre el hipotálamo (-) o bien el hipotálamo sobre la hipófisis (+).

El mecanismo de retroalimentación largo puede ser (+) cuando la hormona hipofisaria estimula la glándula efectora o bien (-) si es la glándula la que actúa directamente sobre el hipotálamo.

Un ejemplo de mecanismo de retroalimentación (+) corto es la duración de las horas de luz sobre el ciclo estral de la oveja. A la oveja se le llama ciclo de días cortos porque cuando estos tienen menos horas de luz estimula al hipotálamo para que libere GnRH y de este modo activa a la hipófisis a producir FSH y LH que activan el ciclo.

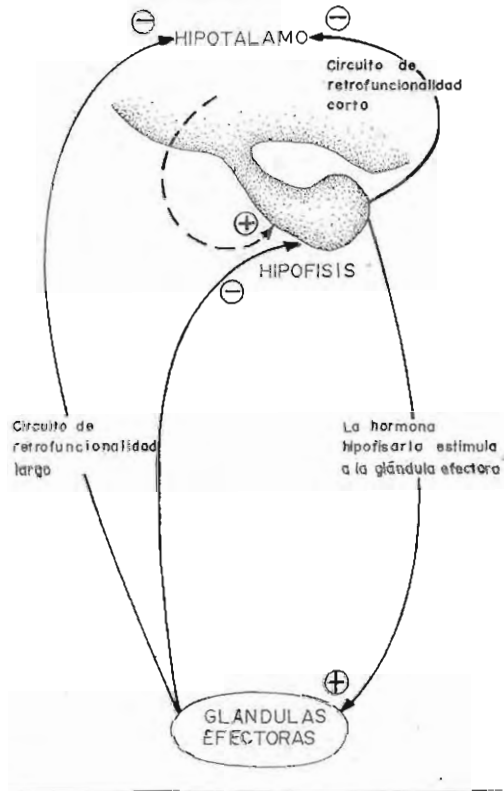


Figura 2.

## SECRECIÓN DE LAS HORMONA HIPOTALÁMICAS

Las células hipotalámicas, son células neurosecretoras, es decir neuronas que también poseen actividad glandular. Existen básicamente dos tipos de células neurosecretoras: células peptidérgicas que sintetizan y liberan péptidos como las neuronas hipotalámicas (Fig. 3) y el otro tipo de células secretoras son las aminérgicas que segregan aminas como por ejemplo dopamina, epinefrina, etc.

Las células peptidérgicas sintetizan los péptidos a base de aminoácidos, que una vez formados se ordenan en los ribosomas, según el código genético correspondiente, pasan al retículo endoplásmico rugoso, son procesados en el aparato de Golgi y se concentran en gránulos neurosecretores que migran, por flujo axónico, a

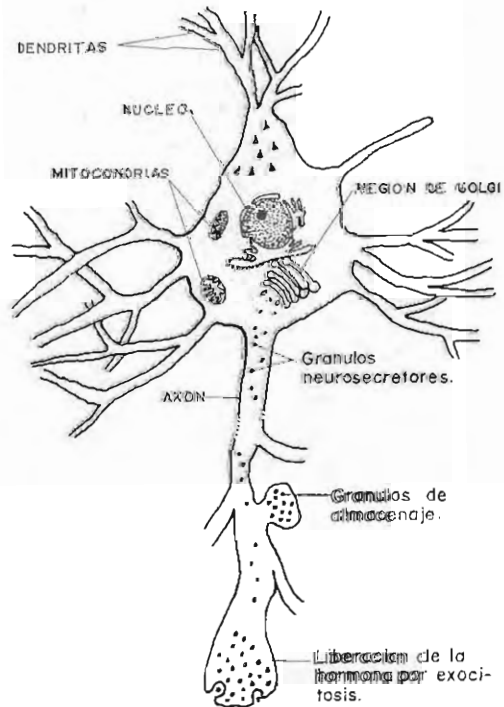


Figura 3.

los terminales del axón. En esos gránulos es muy probable que sufran un determinado procesamiento, hasta que llegan a la terminación nerviosa convertidos en verdaderos gránulos, dispuestos a liberar la hormona que contienen.

Una vez liberadas, las hormona hipotalámicas pasan al sistema porta, a través de estrechamientos de las paredes que presentan los capilares de este sistema, que conecta la eminencia media hipotalámica con las células de la adenohipófisis. Estas aberturas sobrepasan la barrera hematoencefálica, ya que de otra forma las hormonas hipotalámicas, por su carácter polipeptídico, no podrían atravesarla.

El riego sanguíneo se encarga al sistema porta hipotálamo-hipofisario (conjunto de capilares que no pasan por el corazón) que es la vía vascular que transporta hormonas hipotalámicas a la hipófisis anterior (riego arterial) y un flujo retrógrado

(flujo venoso) hacia el hipotálamo. Existe un mecanismo de regulación por retroalimentación negativa del hipotálamo por las hormonas hipofisarias.

La cantidad total de hormona hipotalámica en la eminencia media es muy pequeña (nanogramos) y sólo se secretan a la sangre cantidades mínimas. Estas sustancias son captadas por las células hipofisarias y provocan la síntesis y liberación de hormonas en cantidades de mil a un millón de veces mayores que la de la hormona hipotalámica. A su vez, las hormonas hipofisarias actúan sobre las glándulas produciendo de mil a un millón de veces más hormona. Por ello la relación hipotálamo-hipofisaria-glandular se le denomina amplificada en cascada (Fig. 4) dada la gran capacidad de multiplicar la señal. Las hormonas de las glándulas tienen capacidad de influir en la secreción a nivel de la adenohipófisis e hipotálamo, además de tener otros efectos metabólicos.

## FUNCIONES DEL HIPOTÁLAMO

Las funciones del hipotálamo son vitales y muy variadas: regulación de la temperatura corporal, de la ingesta de alimentos, del balance hídrico, regulación de funciones vegetativas, influencia del hipotálamo en el comportamiento animal y especialmente interesantes: control endocrino de la neurohipófisis y adenohipófisis.

1) **Regulación de la temperatura corporal.** El hipotálamo es un órgano clave para la termorregulación. Las actividades para conservar y generar calor están asociadas con las áreas hipotalámicas caudales, y las de pérdida calórica con las áreas que rodean los núcleos óptico y supraóptico. El estímulo que parece activar ambas áreas es la temperatura de la sangre que las perfunde.

Las medidas de conservación de calor reguladas por el hipotálamo pueden ser: a) vasculares (vasoconstricción de vasos cutáneos y dilatación de vasos de músculos y vísceras), b) pilomotoras (erizado de

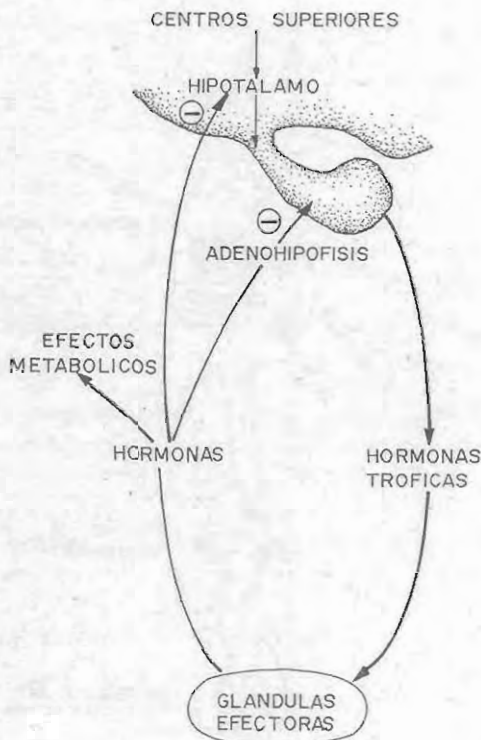


Figura 4.

los pelos de la piel), c) metabólicas y d) actividades de comportamiento (migraciones, enroscamiento del animal para reducir el área superficial expuesta, búsqueda de lugares calientes, etc.).

Además de sus actividades reflejas para conservar calor, el hipotálamo caudal tiene también capacidad para generar calor (**termogénesis**). Intervienen para ello dos mecanismos principales: a) el aumento de la actividad metabólica de la mayoría de los tejidos orgánicos, por activación del eje hipotálamo-adenohipofisario sobre las glándulas tiroideas y adrenal y b) la producción de escalofríos, mediada por un enfriamiento hipotalámico que incrementa la actividad tónica de las motoneuronas de la médula espinal. El escalofrío es una contracción sincrónica e isométrica y de alta frecuencia del músculo esquelético, que da lugar a una elevada producción de calor.

El estímulo para la activación de los sistemas de pérdida de calor (**termólisis**) es el incremento de la temperatura de los centros hipotalámicos. Los mecanismos principales de la disipación calórica incluyen: a) vasodilatación cutánea, b) evaporación del agua (por eliminación de sudor de las glándulas sudoríparas de la piel, y c) evitación de ambientes excesivamente calurosos.

**2) Regulación de la ingestión de alimentos.** La regulación de la ingesta del alimento parece depender de varios indicadores del estado nutricional: a) disponibilidad tisular de glucosa y aminoácidos, b) termogénesis y c) estado del depósito lipídico. Estos indicadores operan en circuitos de retroalimentación negativa independientes, controlando la cantidad de alimento y el peso corporal, según condiciones fisiológicas (preñez) y ambiente (calor, frío)

**3) Regulación de la sed.** El hipotálamo regula el agua corporal en dos formas distintas: a) creando la sensación de sed que hace que el animal beba agua y b) controlando la excreción de agua por la orina (hormona ADH). Efectivamente, el

incremento en la osmolaridad de la sangre que perfunde al hipotálamo produce excitación de los osmorreceptores, localizados a nivel del núcleo supraóptico, que causan la liberación de ADH. Además, la condición hiperosmótica provoca la reclamación de agua e incrementa también la ingesta hídrica estimulando un "centro de la sed" en el hipotálamo lateral, que provoca en el animal un intenso deseo de beber agua.

**4) En cuanto a la regulación de funciones vegetativas,** la estimulación eléctrica de casi todas las regiones hipotalámicas produce respuestas complejas (cardiovasculares, respiratorias, digestivas, piloerección, etc.). Estos resultados indican que en el hipotálamo están contenidos los "programas motores complejos" de las respuestas vegetativas que se ejecutan a través de los centros simpáticos y parasimpáticos del tronco encefálico y médula espinal. Tomemos como ejemplo la **función cardiovascular**. Su regulación recae en los núcleos de la médula oblongada y actúa mediante las reacciones segmentarias autónomas presentes en la médula espinal. Estos sistemas de regulación de la circulación sanguínea están sometidos a influencias hipotalámicas. Así, la estimulación eléctrica en el hipotálamo posterior y lateral aumenta la presión arterial y el ritmo cardíaco, mientras que la estimulación en el área preóptica muchas veces tiene efectos contrarios.

**5) Control endocrino de la neurohipófisis.** Como ya se ha comentado anteriormente, en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo se producen respectivamente las hormonas ADH y oxitocina, que asociadas a neurofisinas, se dirigen por transporte axónico hacia la neurohipófisis, que ahora estudiaremos con detenimiento.

**6) Control endocrino de la adenohipófisis.** Ciertas neuronas de la región hipofisiotropa del hipotálamo sintetizan las llamadas hormonas de liberación y de inhibición hipotalámicas, que controlan la liberación de hormonas hipofisarias espe-

cíficas. Estas neuronas secretoras se activan desde otras en el interior o fuera del hipotálamo, lo que explica que influencias del medio interno, del exterior y reacciones emocionales (vía sistema límbico), den lugar a respuestas endocrinas.

7) Influencia del hipotálamo en el **comportamiento animal**. La participación del hipotálamo en la regulación de diversas conductas se deduce por la variedad de respuestas desencadenadas ante la estimulación eléctrica de áreas hipotalámicas. Las principales conductas coordinadas por el hipotálamo son: furor, agrado e impulso sexual. Además, el hipotálamo también está relacionado con la conducta animal en cuanto a ritmos biológicos a través de la intervención del núcleo supraquiasmático y con la inducción del sueño por estimulación del área preóptica.

a) La estimulación eléctrica del hipotálamo lateral y de la zona paraventricular aumenta el nivel general de actividad del animal conduciendo a reacciones de cólera, desagrado, miedo, etc. Este patrón de comportamiento que se llama **furor** (o "falsa furia").

b) La estimulación de la zona ventromedial y áreas circundantes produce efectos contrarios a los anteriores provocando en el animal reacciones de **agrado**.

c) El **impulso sexual** se puede estimular desde diversas áreas del hipotálamo, especialmente sus porciones anteriores y posteriores.

## HORMONAS HIPOTALÁMICAS

### TRH (THYROTROPIN-RELEASING HORMONA)

La TRH es la neurohormona peptídica más sencilla del hipotálamo. Sólo tiene 3 aminoácidos. Aunque su simplicidad fue engañosa pues interviene en un amplio abanico de funciones.

Actúa como una neurohormona que estimula la secreción de TSH (hormona

estimulante del tiroides) para el funcionamiento del eje hipotálamo-hipofisario-tiroides.

Interviene en la secreción de la prolactina.

Es un neurotransmisor/neuromodulador de algunas zonas del cerebro y médula espinal.

Está implicado en la regulación de la temperatura corporal

Tiene efectos sobre el comportamiento animal.

Cuando se administra por vía oral o endovenosa TRH, se obtiene una liberación inmediata de TSH y al cabo de algún tiempo aumenta también la concentración de las hormonas tiroideas: tri-iodotironina (T3) y tiroxina (T4); precisamente esta respuesta a la TRH, se utiliza como prueba diagnóstica para conocer la función tiroidea.

### GNRH (GONADOTROPIN-RELEASING HORMONE)

La GnRH es conocida por muchos nombres (según investigador y laboratorio). Está formado por una cadena peptídica de 10 aminoácidos. Estimula la síntesis y liberación de dos gonadotropinas hipofisarias, la hormona luteinizante (LH) y la hormona estimuladora del folículo (FSH). Aunque hay investigadores que mantienen la existencia de dos tipos de GnRH, la mayoría habla de un sólo tipo de GnRH que estimula ambas gonadotropinas.

La característica más importante de todas las "hormonas liberadoras" y sobre todo de la GnRH, es el fenómeno de la secreción pulsátil. Por ejemplo en ovejas y cabras hay una liberación cada 40 a 60 minutos.

Las neuronas que secretan GnRH tienen múltiples conexiones con el área cerebral del sistema límbico, responsable

del control del comportamiento (sexual, maternal, social, comunicativo, ingestión de alimentos).

Se han sintetizado 2 sustancias análogos de GnRH:

1) Los análogos antagonistas parecen unirse a un sitio receptor en la hipófisis, pero no inducen la liberación de LH o FSH y bloquean la acción de la hormona natural.

2) Los análogos estimuladores se han sintetizado para estimular la liberación de LH y FSH igual que lo hace la GnRH. La degradación enzimática de la GnRH natural es en la oveja de 7 minutos. Los análogos estimuladores permanecen durante mas tiempo, al resistir mejor la degradación.

La GnRH es eficaz para romper los quistes foliculares y volver el ovario a la normalidad. Para ello favorece la secreción de LH endógeno que actúa como luteolítico sobre los quistes ováricos.

### **CRH (CORTICOTROPIN-RELEASING HORMONE)**

La hormona liberadora de corticotropina (CRH, CRF) es una neurohormona peptídica constituida por una cadena de 41 aminoácidos. Estimula la síntesis en las células corticotropas del lóbulo anterior de la hipófisis, para producir ACTH.

De entre las hormonas que desempeñan un papel importante regulando las acciones de la CRH merece la pena destacar el cortisol, que es la principal hormona secretada en la corteza adrenal que, como parte de un mecanismo de retroalimentación negativo, es capaz de bloquear la secreción de CRH y la ADH (principal sustancia corporal que regula la secreción de agua) ejerce su función estimulando la secreción de CRH.

La excesiva secreción de CRH provoca un incremento del tamaño y número de células corticotropas de la hipófisis llegando a producirse una estimulación de la corteza adrenal provocando altos niveles circulantes de hormona adrenocorticotro-

pa (problemas patológicos en ovejas con cuadros parecidos al Cushing de humana) e incluso en algunos casos un tumor hipofisario o adrenal.

Por el contrario, un descenso de las células productoras de CRH puede provocar deficiencias corticoadrenales por una falta de estimulación de la hipófisis y de las células de la corteza adrenal.

### **GHRH (GROWTH HORMONE-RELEASING HORMONE)**

Al contrario de otras neurohormonas la hormona liberadora de hormona del crecimiento (GHRH) apenas se puede detectar en otras áreas cerebrales distintas al hipotálamo.

Se estimula por situaciones de estrés.

Se bloquea por otro neurotransmisor llamado somatostatina

Se produce un mecanismo de retroalimentación negativa mediado por compuestos denominados somatomedinas u hormonas que favorecen el crecimiento.

### **SOMATOSTATINA**

Es una variedad de polipéptidos formados por cadenas de 18 a 28 aminoácidos.

Es un gran inhibidor

Inhibe la liberación de hormona del crecimiento (GH).

Inhibe la secreción de TSH hipofisaria

Inhibe la secreción de ácidos en el estómago, la secreción de enzimas pancreáticos y el proceso de absorción intestinal.

### **PIH + PRH (PROLACTIN-INHIBITING/RELEASING HORMONE)**

La regulación hipotalámica de la secreción de prolactina por la hipófisis es diferente de la regulación de otras hormonas. El hipotálamo inhibe más que estimula la liberación de prolactina en la hipófisis, de forma que si las células hipofisarias son aisladas experimentalmente de la influencia del hipotálamo, deja de secretarse

todas las hormonas hipofisarias excepto la prolactina (secretadas en las células lactotropas).

El inhibidor de la prolactina no es un péptido, sino un neurotransmisor llamado dopamina.

#### OTROS PÉPTIDOS HIPOTALÁMICOS

La **Oxitocina y la ADH** de la que trataremos en la neurohipófisis.

**Sustancia P (SP).** Es también un neurotransmisor y parece que tiene algún papel en el equilibrio de los líquidos corporales.

**Neurofisinas.** Se encuentran en el hipotálamo, neurohipófisis y glándula pineal. Son polipéptidos e intervienen en el transporte por los axones de la ADH y oxitocina.

**Endorfinas.** Sustancias opiáceas que suprimen el dolor

**Neurotensina.** Es un neurotransmisor y además de otras funciones esta demostrado que aumenta "in vitro" la liberación de LH y FSH y altera "in vivo" la GH y prolactina.

**Péptido intestinal vasoactivo (VIP).** Es un péptido de 28 aminoácidos que ha sido identificado en el intestino delgado, páncreas y encéfalo. El VIP provoca vasodilatación, glucogenolisis, lipolisis, secreción de insulina y excreción intestinal de agua.

**Angiotensina II.** Tiene 8 aminoácidos y tiene relación con el mantenimiento del volumen vascular y de la presión sanguínea, es un potente vasoconstrictor y estimula la secreción corticoadrenal de aldosterona.

**Colecistocinina (CCK).** Tiene 33 aminoácidos y está relacionado con el centro de la saciedad y el comportamiento alimentario.

## HIPÓFISIS

La hipófisis era denominada antiguamente "pituitaria", término que hacía referencia a su supuesto papel regulador en la lubricación de la mucosa nasal.

En oveja y cabra la hipófisis esta formada por tres estructuras anatómicas: la neurohipófisis, el lóbulo intermedio y la adenohipófisis. La hipófisis es una pequeña glándula que se halla en la base del cráneo dentro de la silla turca del esfenoides unida al hipotálamo por el tallo hipofisario.

El tamaño en ovejas y cabras es variable según raza y estado fisiológico (mayor en gestación) pesa aproximadamente 1 gr. De este el 75% representa a la adenohipófisis y el 25% a la neurohipófisis.

Fisiológicamente la hipófisis se divide en dos partes: la hipófisis anterior o adenohipófisis y la hipófisis posterior o neurohipófisis. Tienen un origen embrionario diferente y por ello su función también lo es. En animales adultos existe también restos llamados hipófisis faríngea que pueden producir hormona del crecimiento y prolactina y de ahí que cuando se extirpe la hipófisis puede haber algo de producción de estos restos.

## NEUROHIPÓFISIS

Ya en 1910 nuestro ilustre Don Santiago Ramón y Cajal describió una importante cantidad de fibras nerviosas detrás del quiasma óptico, en la neurohipófisis. En 1940 se describieron los 2 neuropéptidos de origen hipotalámico en la neurohipófisis: La ADH y la oxitocina.

## ADH (ANTIDIURÉTICA O VASOPRESINA)

Se sintetiza en el núcleo supraóptico del hipotálamo y viaja hacia la neurohipófisis, junto a una proteína transportadora o neurofisina para realizar su función. Es un péptido de 8 aminoácidos. Tiene una vida media de 10 minutos.

La ADH desempeña un papel clave en el mantenimiento del volumen total del agua existente en el cuerpo de los animales y también en el mantenimiento de las concentraciones de sustancias disueltas (osmolaridad). Para ello, los osmorreceptores están presentes en el hipotálamo y le informa de todos los valores sanguíneos.

El modo de funcionamiento es muy simple (Fig. 5). Imaginemos una oveja con un proceso de deshidratación por exceso de calor ambiental o procesos patológicos como vómitos o diarreas. De este modo la neurohipófisis favorece la liberación de ADH que actúa directamente sobre el riñón, aumentando la retención de agua y evitando su excreción, por tanto aumenta el volumen sanguíneo, diluyendo sus electrolitos.

Si por el contrario, la dilución es muy grande, los osmorreceptores del hipotálamo provocan el bloqueo de ADH por parte de la neurohipófisis y se favorece la eliminación de agua por parte del riñón.

Otra importante efecto del aumento de la ADH, produce la constricción de las coronarias que cuando el efecto es muy fuerte, se frena por retroalimentación negativa por vía vagal.

**Oxitocina.** La oxitocina se sintetiza en el hipotálamo y se almacena en la neurohipófisis. Están presentes en la cabra y en la oveja donde no solamente lo produce la neurohipófisis sino también el cuerpo lúteo. También se sintetizan junto a neurofisinas que son proteínas transportadoras. La oxitocina es transportada en pequeñas vesículas envueltas en una membrana. Estas vesículas secretoras fluyen hacia abajo, por los axones nerviosos hipotálamo-hipofisarios mediante el flujo axoplásmico, y se almacenan en los terminales nerviosos próximos a los lechos vasculares en la neurohipófisis hasta que se liberan a la circulación.

Las funciones de la oxitocina (del griego "nacimiento rápido")son múltiples: Una de las funciones fisiológicas es la contracción de la musculatura uterina.

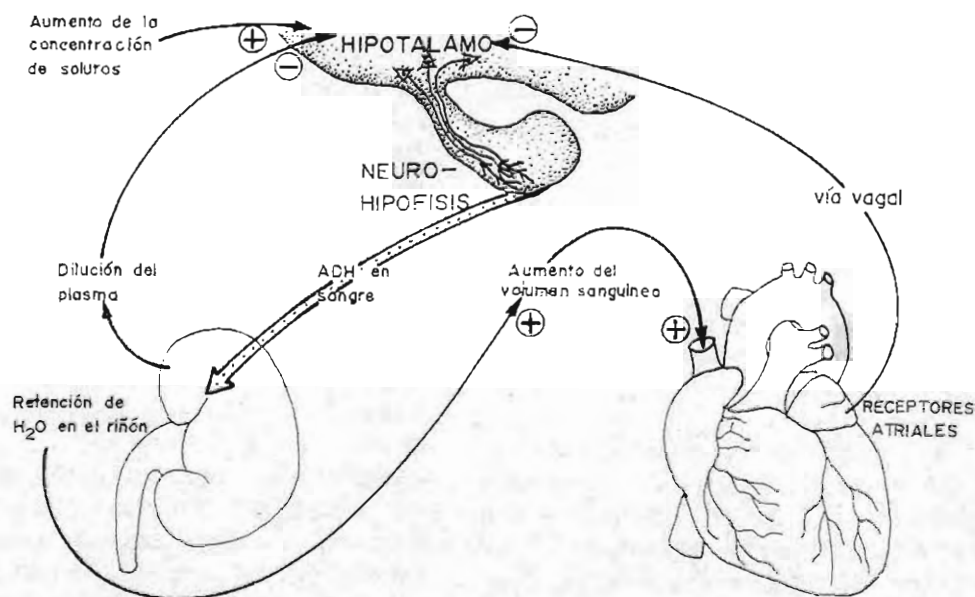


Figura 5.



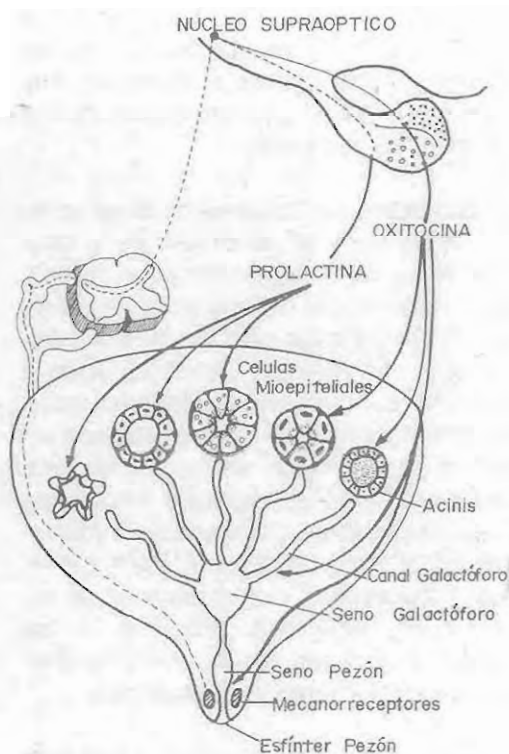


Figura 6.

La oxitocina también provoca un incremento en la frecuencia de contracciones del oviducto, y de esta manera, interviene en el transporte, tanto de los gametos femeninos como masculinos en el oviducto, aunque los estrógenos los que facilitan la capacidad de reacción de la musculatura lisa a la oxitocina.

En la oveja y en la cabra, la oxitocina ovárica interviene en la función lútea al actuar en el endometrio del útero e inducir la liberación de prostaglandina F<sub>2</sub>alfa, que tiene una acción luteolítica (regresión del cuerpo lúteo)

La administración farmacológica de oxitocina se utiliza para inducir abortos o partos en casi todas las especies, como la cabra, la yegua (paren antes de 1 hora de inyectar oxitocina) o en la cerda que regula la lactancia, sin embargo, en ovejas la oxitocina no es siempre en todos los casos recomendable, para inducir el parto.

El reflejo de la expulsión de la leche (o "bajada de la leche") es un ejemplo de reflejo neuroendocrino. Esta es una de las mejores funciones establecidas por la oxitocina.

Hay que distinguir entre secreción láctea y eyección de leche. La secreción láctea es un proceso continuo y se refiere a la formación de los constituyentes de la leche y la eyección de leche, se refiere a la expulsión de la leche de la glándula una vez formada y es un proceso discontinuo.

La oxitocina tiene relación con la eyección de la leche y el estímulo de presión y tacto que produce el ordeño o la succión es lo que provoca la liberación de oxitocina. Existen otros estímulos que no son mecánicos relacionados con el ordeño (olfativos, visuales, auditivos) que son reflejos condicionados.

Los impulsos que se disparan por el ordeño o la succión entra en la médula por las raíces dorsales de los nervios espinales y envía sus impulsos al núcleo supraóptico que es el encargado de la producción de la oxitocina que actúa sobre las células mioepiteliales (Fig 6), que son las células que rodean los alveolos y que constituyen el verdadero tejido contráctil de la glándula mamaria.

En ovejas y cabras existen también quininas plasmáticas (bradiquininas y lisilbradiquininas) capaces de participar en la eyección de la leche que son los responsables del paso de la leche desde los alveolos a las cisternas (canal galactófono y seno galactóforo), en el periodo que media entre dos ordeños.

Según la especie tiene mayor o menor importancia el reflejo de eyección de la leche. En el caso de las especies que no disponen de grandes senos o cisternas (coneja, perra y cerda) se puede obtener muy poca leche hasta que ocurra la eyección. En nuestras razas de ovejas y cabras, aunque el reflejo ocurre, no es esencial para la extracción de la leche. En la vaca es posible vaciar hasta la mitad de la ubre en ausencia de reflejo, pues se

trata de leche que está en grandes conductos y cisternas.

Otra hormona de la adenohipófisis, la prolactina, en ovejas y especialmente en la cabra interviene en la secreción láctea una vez que ha establecido la lactación por la oxitocina, por ello, niveles muy bajos de prolactina mantienen la lactación. Podíamos concluir diciendo que la oxitocina activa la "bajada de la leche" y la prolactina la mantiene.

### ADENOHIPOFISIS

Segrega nueve hormonas diferentes, de ellas cuatro son inhibitoras. La mayoría se produce en el hipotálamo pero se sintetizan en la adenohipófisis. Las más interesantes para reproducción son:

**GH** (hormona de crecimiento, somatotropina, STH), relacionada con el crecimiento y el metabolismo y por tanto no nos interesa.

**TSH** (hormona estimulante del tiroides, tirotropina) la cual regula la actividad tiroidea.

En la actividad normal tiroidea es importante considerar el yodo como un elemento imprescindible y por tanto asegurarse de complementarlo con la dieta, que cuando entra por vía oral en forma de ión yoduro y absorbiéndose fácilmente desde el aparato digestivo, pasa al torrente circulatorio a la glándula tiroides donde tiene que vencer un gradiente de concentración de 1 a 20 pero dada la afinidad de esta glándula por el yodo no existe problema alguno (Fig. 7). En la célula folicular pasa mediante una peroxidasa de yodo a yodo molecular para unirse a la tiroglobulina y forma la tri-iodotiroxina (T3).

Las hormonas T3 y T4 pasan al torrente sanguíneo y llegan a distintos territorios como intestino, hígado, riñón, piel y cerebro donde ejerce su función.

**ACTH** (hormona adrenocorticotropa, corticotropina) que es la hormona que controla la función adrenal.

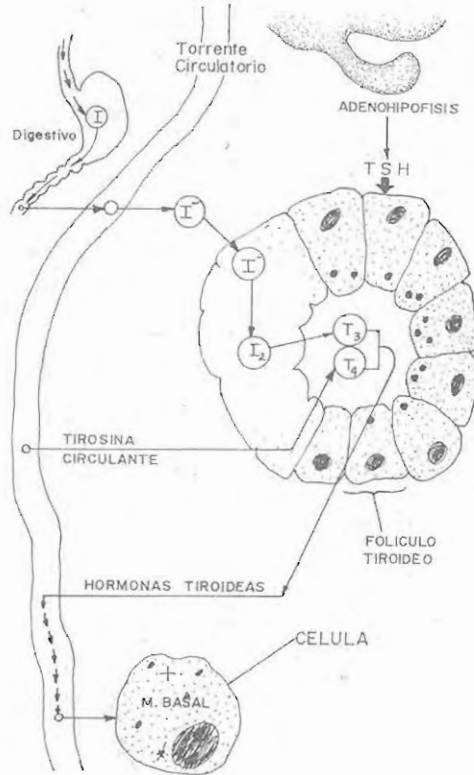


Figura 7.

Las adrenales son un par de glándulas endocrinas, localizadas en el tejido retroperineal en el polo craneal del riñón. Tiene dos zonas bien delimitadas: la corteza adrenal y la médula adrenal. Dentro de la corteza hay 3 zonas: zona glomerulosa, zona fasciculada y la zona reticular.

En el hipotálamo se libera una hormona específica (CRH o CRF) que a través de los vasos porta llega a la adenohipófisis para controlar la liberación de ACTH, con lo que el hipotálamo, hipófisis y adrenales forma un eje neuroendocrino. Así en el hipotálamo se libera CRH que activa la liberación de ACTH que produce secreción de cortisol (glucocorticoides) a partir de la corteza adrenal. La liberación de CRH no es continua sino intermitente o pulsátil. Esta acción provoca que la zona glomerulosa produzca la aldosterona, la zona fasciculada produce el cortisol y la zona reticular produce las hormonas sexuales (andrógenos). La médula produ-

## FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS. ÓRGANOS Y MECANISMOS NEUROENDOCRINOS SEXUALES

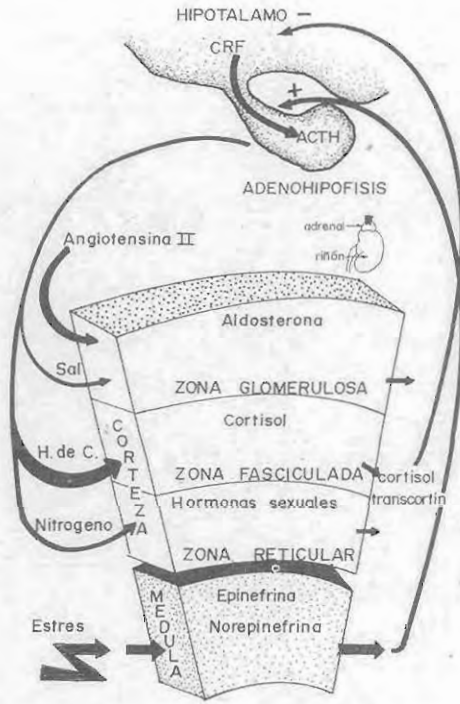


Figura 8.

ce adrenalina y noradrenalina (epinefrina o norepinefrina).

**MSH** (hormona liberadora de los melanocitos, melanotropina) es secretada por las células de la glándula pineal, próximo al hipotálamo, y producen una hormona llamada melatonina.

La melatonina tiene relación con el fotoperiodo, que estimula la secreción de hormonas gonadotróficas de la hipófisis.

**Aplicación:** Existen tratamientos de implantes de melatonina que favorecen la ovulación. Estos tratamientos son más efectivos añadidos con el efecto macho y/o complementado por las esponjas de progesterona.

### HORMONAS ADENOHIPOFISARIAS GONADOTROPAS

La adenohipofisis secreta tres hormonas gonadotróficas: foliculoestimulante, luteinizante y prolactina, que tienen una acción primaria sobre las gónadas.

FSH (hormona foliculoestimulante) y LH (hormona luteinizante).

La FSH es una glucoproteína con un peso molecular de 32.000 en la oveja y su vida media es de 2-4 horas. Tiene dos cadenas peptídicas denominadas alfa y beta. La alfa se produce en la hipófisis en mayor cantidad que la beta.

La LH es una glucoproteína de 30.000 de peso molecular, y 216 aminoácidos en la oveja, compuesta por una subunidad alfa y otra beta y una duración media de 30 minutos.

En el **morueco y macho cabrío**, el principal estímulo externo para producir la secreción de gonadotropinas es el fotoperiodo (horas luz día), de esta forma cuando se acortan los días hay un aumento de la secreción de gonadotropinas, estimulando la función testicular. El efecto hembra es muy efectivo en los moruecos en época no reproductiva, consiste en meter una oveja en celo o estrogenizada en el rebaño de moruecos y se produce un aumento en la secreción de LH. Las feromonas son hormonas que producen las hembras en celo y que gracias al órgano olfatorio accesorio que poseen los moruecos producen un estímulo importante con manifestaciones como el frunce labial y secreción de gonadotropinas.

La LH y FSH se produce por acción de la GnRH hipotalámica y sobre esta influyen factores ambientales, como temperatura, fotoperiodo, etc.

Existen cuatro hormonas que desempeñan funciones absolutamente esenciales en el proceso de la espermatogénesis (Fig. 9):

a) La LH secretada por la adenohipofisis, estimula a las células de Leydig para que elaboren la testosterona.

b) Testosterona. Es secretada por las células de Leydig por acción de la LH y resulta esencial para una o mas etapas básicas de la división de las células germinales hasta formar los espermatozoides.

c) La FSH secretada por la adenohipófisis estimula las células de Sertoli, sin este estímulo no ocurre la transformación de espermátides en espermatozoides.

d) La STH que favorece las funciones metabólicas básicas de los testículos, favoreciendo la división de las espermatogonias.

Aparte las células de Sertoli secretan una proteína fijadora de andrógenos o ABP, que fija a la testosterona ABP-T y las lleva hacia el líquido del túbulo seminífero necesario para el proceso de la espermatogénesis.

La secreción de FSH y LH están controladas separadamente y existe una sustancia llamada inhibina que la produce el túbulo seminífero y determina que se inhiba su secreción a nivel hipofisario e hipotalámico.

Aplicación: En la actualidad, la FSH se utiliza principalmente en la estimulación del desarrollo folicular para inducir ovulaciones múltiples en la transferencia de embriones.

En la **oveja y cabra** y bajo la influencia de la GnRH se produce FSH y LH que actúan en el ovario. La FSH actúan en el folículo 1º hasta transformarlo en folículo 2º. En la transformación de folículo 2º a folículo de Graaf interviene la LH y ésta también actúa sobre el cuerpo lúteo.

Las concentraciones elevadas de estrógenos (producidos por el folículo 2º y el cuerpo lúteo) son las responsables de estimular al hipotálamo para que libere la GnRH que inducirá a la secreción de LH; por el contrario los altos niveles de progesterona (producidos sólo por el cuerpo lúteo) inhiben la liberación de la hormona hipotalámica, con lo que al no existir FSH circulante no habrá maduración de nuevos folículos. Este mecanismo de retroalimentación negativa de la progesterona representa una garantía para que cuando el animal está gestante, y por tanto haya altos niveles de esa hormona, no puede haber nuevas ovulaciones.

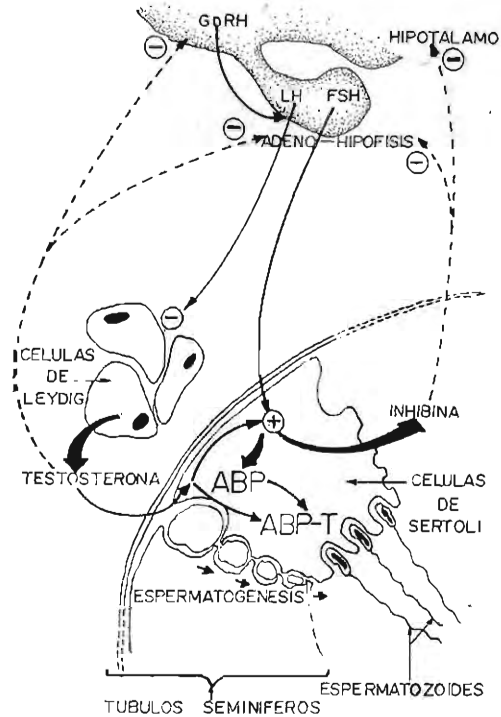


Figura 9.

Aplicación. Debido al costo de la purificación de la LH a partir de hipófisis, se utiliza la menos costosa, pero igualmente eficaz, gonadotropina coriónica humana (hGC).

### PRL (Prolactina)

La prolactina ovina es una proteína de 198 aminoácidos y no contiene carbohidratos. Las moléculas de prolactina son similares en su estructura con la hormona del crecimiento, y en algunas especies presentan propiedades biológicas similares.

En oveja y cabra, la prolactina actúa en el Sistema nervioso central e induce el comportamiento maternal.

La prolactina mantiene la secreción de leche y provoca el crecimiento de la glándula mamaria durante la preñez. Mantiene tanto el cuerpo lúteo cíclico como el de gestación, aunque la hormona luteotropa por excelencia sea la LH. Aunque dependiendo de la dosis puede ser luteolítica

(destrucción del cuerpo lúteo). Estimula la síntesis de LH tanto en el ovario como en el testículo. Participa también en el control de la espermatogénesis. La producción de prolactina está bajo el control inhibitorio de la dopamina.

Otras acciones no reproductivas: promueve la retención de nitrógeno y es antagonista de la insulina.

### Ciclo estral de la oveja

El ciclo estral en la oveja dura de 16-17 días y 19-21 en la cabra.

La prostaglandina F<sub>2</sub>alfa (PGF<sub>2</sub>alfa) tiene una importante función en el control del ciclo estral de la oveja. Tomando como punto de referencia el día 8 del ciclo (Fig. 11), el endometrio se encuentra estimulado para sintetizar PG<sub>2</sub>alfa por parte de la progesterona del cuerpo lúteo de tal forma que este, el cuerpo lúteo, programa su destrucción. Por otro lado, la progesterona evita que el sistema hipotalámico-hipofisario libere oleadas preovulatorias de LH, que pudiera ocurrir como respuesta al estradiol producido durante el desarrollo folicular (folículo 2º). El nivel elevado de estradiol contribuye, por su parte, a la maduración del folículo para el próximo

ciclo y provoca un aumento de la síntesis y liberación de PG<sub>2</sub>alfa endometrial, esta sustancia inhibe la secreción lútea con lo que el contenido de progesterona desciende fulminantemente. La elevación del nivel de estradiol "dispara" la oleada de LH y acontece la ovulación. Mientras tanto el comportamiento de celo aparece de nuevo como consecuencia del nivel elevado del estradiol, precedido de una súbita bajada de la concentración de progesterona circulante, y esta serie de acontecimientos en cadena seguirán repitiéndose en aquellas hembras en tanto en cuanto no quede gestante.

### Aplicaciones de otras hormonas

Existen otras hormonas que aunque no todas se producen en la oveja, si pueden aplicarse para tratamiento hormonal, como sincronización de celo, superovulación, como son:

**Hormonas placentarias:** Gonadotropina del suero de una yegua preñada (PMSG); gonadotropina coriónica humana (hGC); lactógeno placentario (PL); proteína B.

**Hormonas esteroides gonadales:** andrógenos, estrógenos y progestágenos

**Hormonas uterinas:** prostaglandinas.

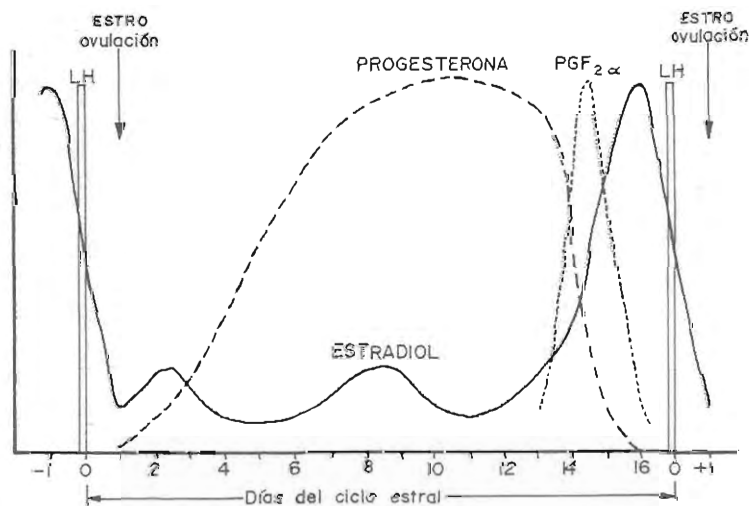


Figura 11.

**V**  
**NIDACIÓN.**  
**TRASPLANTE EMBRIONARIO,**  
**PLACENTACIÓN Y**  
**SU FISOLOGÍA**

**MARIO ACOSTA RODRÍGUEZ**

*Profesor Ayudante*  
*U.D. Reproducción y Obstetricia*  
*Facultad de Veterinaria*  
*Córdoba*



## MIGRACIÓN INTRAUTERINA Y ESPACIADO

La migración intrauterina (también llamada transuterina) y el espaciado equidistante entre embriones son esenciales para la supervivencia del producto en especies con camadas de más de una cría. Al parecer, los procesos de migración y espaciado son modulados por contracciones peristálticas del miometrio estimuladas por el embrión en desarrollo.

**Estrógenos, histaminas y prostaglandinas** son productos embrionarios que podrían estimular la actividad miometrial. El objetivo de la migración intrauterina y espaciado es el de alcanzar una mejor distribución para los embriones y optimizar la utilización del útero para una gestación exitosa.

La migración intrauterina no es corriente en ovejas. Sin embargo, ocurrirá de manera frecuente, cuando se presenten ovocitaciones múltiples ipsolaterales (HAFEZ, 1996) y McDONALD (1991).

Según McDONALD (1991), la migración intrauterina de embriones es común en cabras y en el caso de gestaciones de gemelos, trites o cuádruples sirve al propósito de una mejor distribución de los fetos y utilización del medio uterino.

## INTERACCIÓN ENTRE EL PRODUCTO Y EL AMBIENTE UTERINO

El endometrio uterino de las hembras preñadas es dominado por progesterona, la cual estimula el desarrollo del epitelio glandular. Este último se hace altamente secretor y produce histofia, la cual se considera esencial para el desarrollo del producto (BAZER y FIRST, 1983). En la cerda, entre los días 10 y 12 de la gestación se acumulan vesículas secretoras en el epitelio de las glándulas endometriales uterinas. En dicha especie, con el inicio de la producción de **estrógenos** por los blastocistos los días 11 y 12 ocurre un notable incremento en las cantidades totales recu-

perables de calcio, proteínas y prostaglandinas en la luz uterina. Los **estrógenos** estimulan la liberación de calcio a partir del **plasmalema**, las mitocondrias o ambos, lo cual estimula la **fosfolipasa A2**. Esto da por resultado la producción de **ácido araquidónico** y **lisofosfolípidos**, los cuales tal vez promuevan la fusión de membranas de vesículas secretoras con la membrana celular y por tanto, la exocitosis.

Las proteínas liberadas de las vesículas secretoras hacia la luz uterina sirven como proteínas de transporte, enzimas y proteínas reguladoras. En la oveja y otras especies animales, la **uteroferrina (UF)** es una glucoproteína de color púrpura inducida por progesterona y *transporta hierro desde el endometrio uterino hacia el producto durante la gestación*. Recientemente, se ha demostrado que la **UF** tiene actividad como factor de crecimiento hematopoyético localizándose, al principio de la gestación en el saco vitelino y posteriormente en el hígado del feto. Su función es la de sintetizar hemoglobina. También se ha demostrado la existencia de proteínas de unión a retinol y ácido retinoico y proteínas de unión a progesterona.

Entre las enzimas identificadas en las secreciones uterinas de la cerda se incluyen **fosfatasa ácida** (resultante de la uteroferrina), **aminopeptidasa**, isomerasa de glucosa fosfato, **lisozima** y varias **proteasas**. Estas enzimas participan en la regulación de diversas actividades metabólicas en el producto.

Entre las proteínas reguladoras secretadas en el endometrio uterino de la cerda se incluye un **inhibidor de plasminatripsina**, el cual es posible que impida la implantación invasiva. El blastocisto porcino es invasor cuando se transfiere a un sitio extrauterino, pero *in útero* el **inhibidor de proteasa** recubre el **trofoectodermo** y protege el endometrio uterino contra la cascada de fenómenos proteolíticos que pueden ser iniciados por el **activador de plasminógeno** producido por el **trofoectodermo**. Es posible que el **inhibidor**



de proteasa también impida la degradación de proteínas en la histrofia, que de este modo quedarían disponibles para el producto.

Entre los factores de crecimiento que se sabe están presentes en el líquido o tejido uterinos se incluyen los **factores de crecimiento insulinoideos (IGF) I y II** (ambos en la cerda, oveja y vaca); **factores de crecimiento transformante alfa y beta (TGFA y TGFb)** (en rata); **factor de crecimiento de fibroblastos ácido (alfa) y básico (beta)** (en la cerda); **factor de crecimiento epidérmico (EGF)** (ratona y rata); y **mitógeno líquido de la luz uterina (uterine luminal fluid mitogen - ULFM-)** (en la cerda) (SIMMEN y SIMMEN, 1991). Los factores de crecimiento también son producidos por tejidos placentofetales. La presencia de abundantes mRNA para IGF-I e IGF-II en el endometrio uterino sugiere una regulación autocrina o paracrina (o de ambos tipos) del desarrollo del producto por tales factores.

¿Cuáles son las funciones de los factores del crecimiento secretados por el útero?, ¿son los factores de crecimiento específicos los encargados del inicio del desarrollo morfológico del producto a partir de formas tubulares o filamentosas y del inicio de los procesos que conducen a la secreción de los esteroides, las proteínas (o ambos) de las que depende el reconocimiento de la preñez por la madre?:

Poco antes de iniciada la secreción de estrógenos y la transición morfológica de esfera a tubo y a filamento, en el cerdo se produce una proyección de mesodermo a partir del disco embrionario. Durante ese período, que comprende los días 10 a 12 de la preñez, la concentración de IGF-I en las secreciones uterinas de la cerda es mayor que en cualquier otro momento del ciclo o la preñez.

Además, los embriones de las prolíficas cerdas chinas **Meishan** se desarrollan más rápido, secretan más estrógenos y son expuestos a mayores cantidades de

IGF-I en las secreciones uterinas que en el caso de las cerdas **Large White**, menos prolíficas. El factor de crecimiento implicado en la inducción del mesodermo en anfibios es el factor de crecimiento de fibroblastos beta (bFGF) y tanto aFGF como bFGF estimulan la proliferación de células derivadas del mesodermo (KIMELMAN y cols., 1988). Se cree que en las secreciones endometriales y uterinas de la cerda hay factores de crecimiento de fibroblastos, pero no se han establecido relaciones temporales entre secreciones de FGF, cambios morfológicos en los embriones porcinos e inicio de la secreción de estrógenos por éstos.

Se sabe que las proteínas secretoras de vaca, cerda y oveja también contienen **factores inmunosupresores** (BAZER y FIRST, 1983). Además, las glucoproteínas de alto peso molecular de los embriones de las especies mencionadas son inmunosupresoras. La afirmación de que ocurre tal efecto se basa en el hecho de que a estas proteínas de endometrio uterino y embrión puede deberse la supervivencia de aloinjertos embrionarios dentro de la luz uterina, que de otro modo serían rechazados por el sistema inmunitario materno. Es posible que en la supresión de este sistema durante la preñez también participen la progesterona y sus metabolitos y las prostaglandinas E1, E2, A y F1.

La **teoría del inmunotropismo** (WEGMANN y cols., 1989) es contraria a la **teoría de la inmunosupresión durante la preñez**. Datos recientes sugieren que leucocitos y linfocitos que se sabe son atraídos al útero grávido secretan **citocinas** y **linfocinas**, las cuales estimulan el desarrollo del producto (son inmunotrópicas) y resultan beneficiosas para la gestación. Ambas sustancias podrían estimular el desarrollo y funcionamiento de trofoblasto y corion y, de este modo, beneficiar el desarrollo fetal.

## RECONOCIMIENTO MATERNO DE LA PREÑEZ

### DE MANERA GENÉRICA:

La implantación permite que producto y endometrio uterino entren en íntimo contacto para el intercambio de nutrientes y la comunicación endocrina. En el momento apropiado, el embrión debe producir hormonas esteroides, proteínas o ambas para indicar su presencia al organismo materno. Esta << señal >> es necesaria para el mantenimiento del cuerpo lúteo (CL), la producción de la progesterona y la continuación del desarrollo endometrial y de la actividad secretora. El período crítico en que el producto debe indicar su presencia para permitir el establecimiento de la gestación se denomina reconocimiento materno de la preñez. Si el producto no indica su presencia en el momento exacto, el funcionamiento del CL cesa debido a la acción luteolítica de la prostaglandina F2a (PGF2a) procedente del útero. Esto asegura que la hembra vuelva a entrar en estro. La PGF2a es producida por el endometrio de vaca, oveja, yegua y cerda (BAZER y cols., 1981) y provoca la regresión morfológica del CL y cese de la producción de progesterona. El potencial luteolítico de la PGF2a debe ser bloqueado a fin de dar paso a la preñez, ya que es indispensable un CL funcional para el inicio y mantenimiento de ésta en todos los animales domésticos. El efecto del embrión es luteostático, puesto que en la preñez la producción de progesterona se mantiene a un nivel comparable al del diestro. La secreción basal de LH a partir de la adenohipófisis también es esencial para el mantenimiento del CL y su funcionamiento durante la gestación.

Para ILLERA (1994), las secreciones hormonales producidas por el oocito y las células de la corona, no es la misma en los oocitos fecundados que en los oocitos no fecundados. Por lo tanto, esta secreción hormonal puede considerarse "la primera señal" que emiten los blastocitos, para regular el descenso de los oocitos por el oviducto.

Los resultados obtenidos en estudios realizados, tanto *in vivo* como *in vitro*, sugieren que los cambios mediados por las hormonas, del líquido oviductal, afectan a la viabilidad del desarrollo embrionario. Durante las primeras 36 horas, después de la espermatización, ocurren en ese líquido, cambios en las concentraciones de Na<sup>+</sup>, cambios responsables, en parte, del transporte de aminoácidos al embrión.

Existen otras señales químicas emitidas por el blastocito recién fecundado, o por el embrión en las primeras etapas de desarrollo embrionario, que producen efectos sistémicos, durante su paso a través del oviducto. Así, en los primeros días de la gestación, se produce en la madre una trombocitopenia como consecuencia de la presencia del embrión/es fecundado/s, manteniéndose esta situación por lo menos una semana. No se conoce cual es la señal que emite el embrión para inducir esta situación (ILLERA, 1994), pero sí que sólo se produce en hembras que contienen embriones fecundados, no en las pseudogestantes, ni en las que han sido cubiertas, pero tienen ligados los oviductos.

Otra señal menos conocida y producida por el cigoto, es el factor precoz de gestación (EPF), que se detecta a las 48 horas de la fecundación en la mujer y a las 24 horas en la ratona. Este factor, de naturaleza proteica, se detecta por su capacidad para reducir o inhibir la formación *in vitro* de rosetas entre linfocitos y hematíes heterólogos, en presencia de complemento. Se ha sugerido (ILLERA, 1994) que el EPF es un factor inmunosupresivo, al principio de la gestación.

### EN LA OVEJA:

En este especie, la PGF uterina es la luteolisina y la proteína secretada por el producto entre los días 12 y 21 de la gestación inhibe la producción de PGF por el endometrio uterino. En ovejas que se encuentran en el ciclo estral, los episodios de producción de PGF entre los días 14 y

16 aumentan de frecuencia hasta alcanzar cinco episodios en 25 horas ocurriendo la regresión del CL. El estrógeno puede estimular el aumento en los receptores de **oxitocina** en el endometrio de la oveja. Luego, la **oxitocina** del lóbulo posterior de la hipófisis o el CL (o ambos) puede estimular episodios de secreción de PGF (McCRACKEN y cols., 1984). Ocurren un promedio de 7.6 episodios de secreción de PGF entre los días 14 y 15 en borregas no preñadas, contra sólo 1.3 pulsos durante ese período en las preñadas.

El goteo intrauterino continuo de homogeneizados de embriones de oveja de los días 14 a 15, prolonga la duración del CL en borregas; sin embargo, ese goteo no es eficaz cuando se aplica en la vena uterina. Se pensaba que el agente activo en el homogeneizado era una proteína. Se dio el nombre de **proteína trofoblástica ovina 1** (*ovine trophoblast protein 1*, oTP-1) a una producida por embriones de oveja entre los días 11 a 21 de la preñez y que en la cabra se corresponde con la **proteína trofoblástica caprina** (*cTP-1*). La oTP-1 tiene elevada similitud de secuencia de aminoácidos con los interferones alfa y omega y, ahora, se le conoce como **interferón embrionario tipo I**. Tiene propiedades biológicas antivirales, inmunosupresoras y antiproliferativas, además de su actividad antiluteolítica, impidiendo la acción de la PGF<sub>2a</sub> sobre el CL, que se describe más adelante (BAZER y cols., 1991). La oTP-1 se une a células epitelio glandulares superficiales del endometrio y estimula, de manera selectiva, la secreción de proteínas por el endometrio uterino. Las proteínas secretoras de embriones ovinos y la oTP-1 muy purificadas son igualmente eficaces para ampliar la duración del CL cuando se introducen en la luz uterina de ovejas entre los días 12 y 14 del ciclo.

La introducción de oTP-1 altamente purificada en la luz uterina de ovejas no preñadas inhibe la producción de PGF en respuesta a pequeñas dosis tanto de **estrógeno** como de **oxitocina** e impide el desarrollo de reactividad endometrial a la

producción uterina de PGF inducida por **oxitocina**. La secreción de cantidades significativas de oTP-1 comienza el día 12; ésto es, antes de que se sinteticen los receptores endometriales para la **oxitocina**. Los datos disponibles sugieren que la **proteína trofoblástica ovina 1** inhibe la síntesis de receptores endometriales para la **oxitocina** y por tanto, impide la producción uterina de pulsos luteolíticos de PGF. Esto podría explicar por qué los receptores endometriales para **oxitocina** permanecen bajos en ovejas preñadas y aquellas que al estar en el ciclo reciben goteo intrauterino de oTP-1 entre los días 12 y 14 (BAZER y cols., 1991). Las concentraciones sanguíneas de PGE<sub>2</sub> en la vena uteroovárica aumentan unas cuatro veces entre los días 12 y 14 de la gestación y es posible que reflejen una mayor producción de la PGE<sub>2</sub> por el endometrio, el embrión o ambos. Aunque la PGE<sub>2</sub> no es la hormona antiluteolítica de la preñez, quizá facilite el reconocimiento materno de la preñez al ejercer un efecto protector del CL. La oTP-1 no estimula la secreción uterina de la prostaglandina E<sub>2</sub>.

La hipótesis actual compara acontecimientos asociados a la luteolisis en ovejas en el ciclo estral y al reconocimiento materno de la preñez. **En ovejas que se encuentran en el ciclo**, las *concentraciones endometriales de receptores de progesterona y estrógenos son altas entre el estro y el día 12, tras lo cual los primeros disminuyen, mientras que los de estrógenos aumentan. Con ello se inicia la síntesis endometrial de receptores de oxitocina*, posiblemente estimulada por estrógenos ováricos, mientras que *el endometrio se hace reactivo a la oxitocina liberada por el CL, el lóbulo posterior de la hipófisis, o ambos, lo que da por resultado la liberación episódica de pulsos luteolíticos de PGF. En ovejas preñadas, la oTP-1 estabiliza los receptores de estrógenos, o ambas cosas, a fin de inhibir la síntesis de receptores de oxitocina*. En consecuencia, *tal hormona es incapaz de estimular la secreción episódica de PGF, de modo que en las ovejas preñadas persiste un CL funcional*.

## EN LA CABRA:

El reconocimiento materno de la preñe ocurre entre los días 14 a 17 post-fecundación.

## NIDACIÓN

Los blastocistos de roedores y primates penetran en la mucosa uterina (PERRY, 1981) introduciéndose en el epitelio de la luz del útero y fagocitándolo conforme migran en el estroma de este órgano. Este proceso invasivo se acompaña de la transformación y proliferación de las células de dicho estroma (lo que se conoce como *decidualización*) en la vecindad del blastocisto en desarrollo.

En cambio, en animales domésticos, la **implantación** es superficial y no invasiva (KING y cols., 1982) y en ella participan **fases de aposición y adhesión de células epiteliales trofoblásticas y uterinas**. Sin embargo, en el cerdo el trofoblasto exhibe propiedades invasivas cuando se coloca en un medio ectópico, como la cápsula suprarrenal. Al parecer, esta invasividad resulta de la producción blastocística de enzimas proteolíticas como activador del plasminógeno; pero, la implantación invasiva es impedida mediante la secreción epitelial uterina de *inhibidores de proteasas (plasmina/tripsina)*, los cuales recubren el blastocisto y protegen el útero contra dichas enzimas.

En la fijación placentaria de los rumiantes intervienen, tanto las zonas carunculares como las intercarunculares del endometrio uterino. Primero ocurre una fijación transitoria cuando los trofoblastos de vaca y oveja desarrollan vellosidades digitiformes (*papilas*), las cuales se proyectan en la luz de las glándulas uterinas (**fig. 1**). Estas *papilas* constituyen un anclaje y una estructura absorbente temporales para el embrión mientras avanza una adhesión más completa. La pérdida de microvellosidades en la superficie trofoblástica permite un estrecho contacto

superficial con las microvellosidades del epitelio uterino; éste último se comprime contra la superficie del trofoblasto, de modo que se entrelaza con las proyecciones citoplasmáticas aquí presentes hasta que vuelvan a desarrollarse microvellosidades trofoblásticas, creando una fijación más compleja.

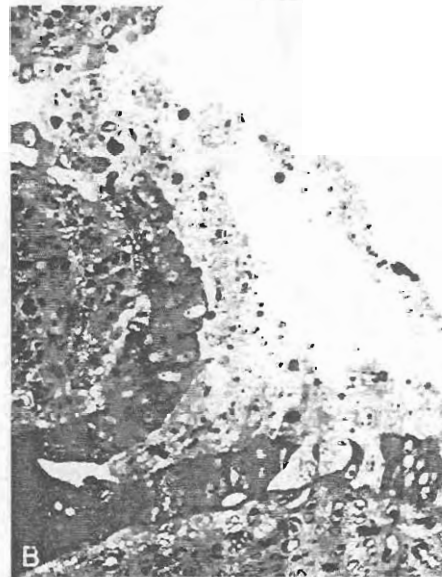
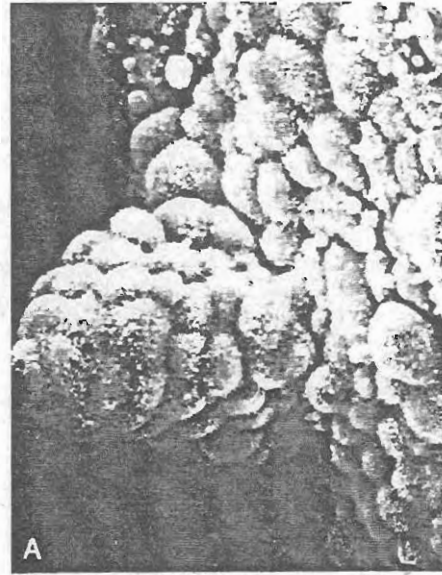


Figura 1. A, trofoectodermo de embrión de bovino; obsérvese las papilas bien formadas (870 x). B, extrusión de la papila trofoectodérmica en una glándula uterina (250x). (Tomado de M. Guillemot y P. Quay [1982]. *Ann. Re.c.* 315, 282).

La fijación se caracteriza por el desarrollo de células binucleadas a partir de células uninucleadas del trofoblasto. Aquellas aparecen por vez primera el día 17 y están presentes toda la gestación. Migran y se fusionan con células epiteliales de la superficie uterina adyacente para formar un grupo de células multinucleadas, o **sincitio**, el cual puede participar en la inmunoprotección del producto o en la transferencia de **lactógeno placentario** sintetizado por células binucleadas. Estas células binucleadas del trofoblasto de los rumiantes segregan una glicoproteína **PAG (Pregnancy Associated Glycoprotein)**, detectándose en el caso de la oveja un incremento de **PAG** entre los días 19 a 23 de gestación. La determinación de **PAG** y otras proteínas específicas de la gestación (mediante radioinmunoanálisis homólogo) se usan como diagnóstico de

gestación y como indicadores de mortalidad embrionaria. Concretamente, **GARBAYO** y cols. (1994) observó que "es posible utilizar el **RIA** de **PAG** como diagnóstico de gestación a partir del día 23 de gestación".

Durante la implantación en los animales domésticos, del **embrioblasto** surge una proyección de **mesodermo extraembrionario**, que migra entre el **trofoectodermo** y el **endodermo** (fig. 2). Esta capa **mesodérmica** se separará y se combinará con el **trofoectodermo** para formar el **corion**; y con el **endodermo** para formar el **saco vitelino**. El **mesodermo** también contribuirá a la formación de **amnios** y **alantoides**. Estas membranas ayudan a proporcionar al embrión un medio de fijación y de nutrición a partir de la madre.

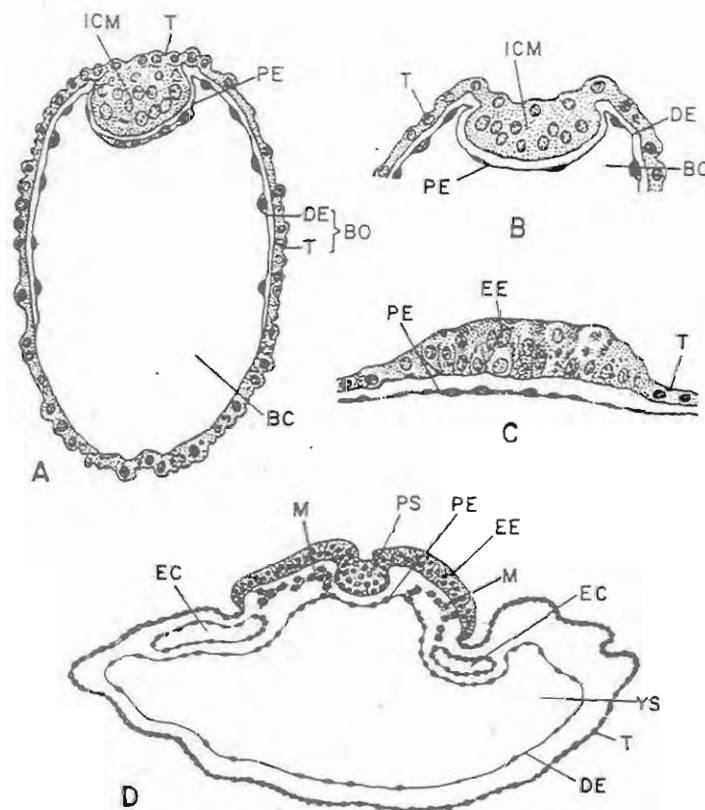


Figura 2. Gastrulación en la oveja. A, corte de blastocisto 10 días después del coito. Puede verse el endodermo que recubre la mitad superior de la cavidad blastocística. B, blastocisto un poco más viejo que A. La masa de células internas se está intercalando con el trofoblasto. C, corte del disco embrionario de un blastocisto de oveja 12 días después del coito. El ectodermo embrionario sobresale ahora por encima del nivel del trofoblasto adyacente. D, corte a través del nudo de Hensen, 14 días después del coito. El saco vitelino está ahora completamente formado, las células del mesodermo están interpuestas entre el ectodermo y el endodermo embrionarios, y el celoma extraembrionario puede verse a cada lado. BC, cavidad del blastocisto; BO, onfalopleura bilaminar; DE, endodermo distal; EC, celoma extraembrionario; EE, ectodermo embrionario; ICM, masa de células internas; M, mesodermo; PE, endodermo primario; PS, estría primaria; T, trofoblasto; YS, cavidad del saco vitelino.

**La Nidación** es la última etapa en la implantación del blastocisto y se caracteriza por la modificación de la mucosa uterina que lo circunda, con el consiguiente aumento de la superficie de fijación y posibilidades de nutrición, creándose el hábitat preciso para el desarrollo de la placenta.

El tipo de placentación viene determinado por el lugar y forma de implantación del blastocisto en el endometrio de la mucosa del cuerno uterino. El primer contacto permanente se denomina **APOSICIÓN** y ocurre en la mucosa antimesométrica. Esta **APOSICIÓN** se caracteriza por un incremento de la vascularización (muy evidente en rumiantes). En la oveja, este período ocurre entre los días 14 a 17. Durante esta fase de preimplantación, el blastocisto se nutre de la "leche uterina de Williams" (que es elaborada por glándulas de la mucosa uterina y muy rica en metabolitos de bajo peso molecular, grasa y glucógeno).

Tras la **APOSICIÓN**, ocurre la **IMPLANTACIÓN** (que es la fijación del trofoblasto a la mucosa uterina). Para KING y cols. (1982), en animales domésticos la implantación es superficial y no invasiva.

El grado y la superficie de implantación varía en las diferentes especies, dependiendo de la intensidad de crecimiento y actividad citolítica fagocitaria de las vellosidades coriales que pueda desarrollar el trofoblasto en cada especie animal (**Fig. 3**). SANDOVAL (1994) dice que: "frente a la *implantación intersticial* (C) propia de los primates (incluida la especie humana) y de algunos roedores (cobaya) y la *implantación excéntrica* (B) que caracteriza a ciertos carnívoros y a la mayor parte de los roedores (ratón, rata), destaca la *implantación central* (A) de todos los mamíferos domésticos, pues aquí el blastocisto o vesícula embrionaria ocupa el centro de la luz uterina, fijándose al endometrio circundante únicamente por cortas y simples vellosidades del trofoblasto".

Como consecuencia de la acción citolítica y fagocitaria de las vellosidades, que ejercen una actividad invasora sobre la mucosa uterina, permite, que el blastocisto se nutra tanto de las secreciones glandulares de la mucosa uterina como de los productos citoplasmáticos resultantes de esa destrucción celular. El conjunto de dichos nutrientes nos aporta el concepto ya conocido anteriormente: **histotrofo**.

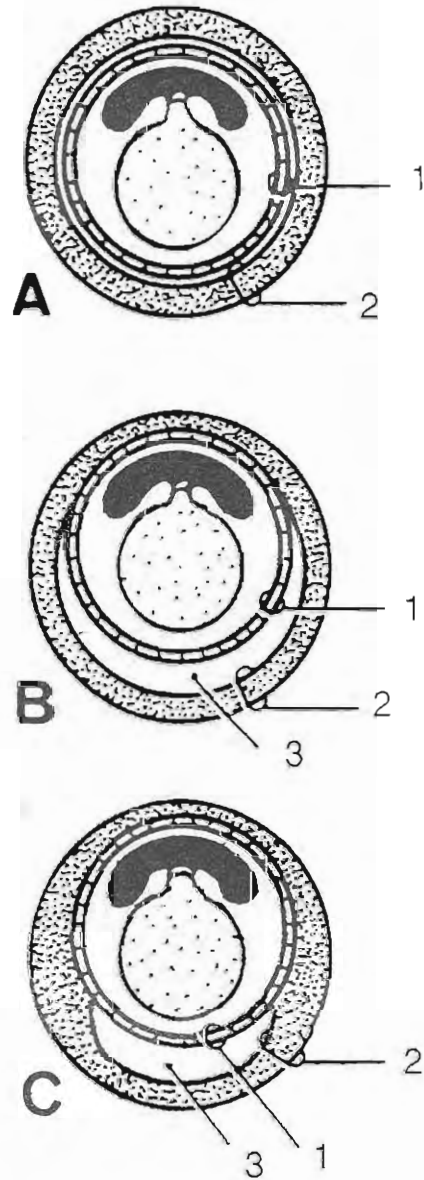


Figura 3. Esquema de las modalidades de implantación central (A), excéntrica (B) e intersticial (C) del blastocisto en el cuerno uterino. 1, trofoblasto; 2, pared del útero; 3, luz uterina.

La gástrula es en los mamíferos una fase tetrablástica, pues además de las 3 capas germinales que derivan del disco embrionario (ectodermo, mesodermo y endodermo), persiste el trofoblasto (asegurándose de esta forma la nutrición desde la **implantación** y consiguiente **nidación** en el útero materno. De éste último surge el **embriotrofo** (materiales del tipo de principios nutritivos elaborados por glándulas de la mucosa uterina y principios nutritivos procedentes de restos celulares desprendidos **-histotrofo-** así como principios nutritivos procedentes de sangre extravasada **-hemotrofo-**).

Con objeto de garantizar la protección y nutrición del embrión, que a partir de la gástrula entra en una etapa decisiva de organogénesis y crecimiento, se forman unas "membranas" más o menos adyacentes al cuerpo del embrión y quedando tanto las "membrana" como el embrión incluidos en un **saco embrionario o conceptus**. De otro lado, las "membranas" extraembrionarias se caracterizan por una escasez de vitelo.

Concluyendo con esta parte, diremos que el corion que limita el saco embrionario debe establecer con la mucosa uterina íntimas conexiones para poder llevar a cabo las funciones de captación y selección de nutrientes, intercambio de gases y eliminación de los desechos resultantes del metabolismo embrionario. La **implantación** surge como consecuencia de esa íntima unión y, en última instancia, la formación de la **placenta** (que será distinta en forma, estructura y capacidad funcional según la especie de mamífero doméstico). Pero además de las funciones primordiales que hemos indicado, la **placenta** actúa como un órgano endocrino durante la gestación y como barrera selectiva. (barrera fetoplacentaria).

### MEMBRANAS FETALES, PLACENTACIÓN Y TIPOS DE PLACENTACIÓN

La placentación es un sujeto complejo que ha sido revisado con cuidado por

los autores, representando la placenta para AMOROSO (1952), "un medio de comunicación de dos organismos en grado limitado. La inserción es lo bastante íntima para que los materiales nutritivos puedan cruzar con facilidad de la madre al feto y las sustancias de desecho puedan pasar del feto a la madre. Durante la gestación, la madre no sólo sirve como un anfitrión proveyendo alimentación, sino compartiendo también sistemas respiratorio y urinario con el feto". Igualmente, la placentación, o formación de la placenta, ha sido definida por MOSSMAN (1977) como la "aposición de las membranas extraembrionarias o fetales a los tejidos maternos con fines de intercambio fisiológico". Dos requisitos son indispensables en el proceso: de una parte, el contacto y fijación permanente del blastocisto a la mucosa uterina (**implantación**); de otra, la debida expansión exocelómica del alantoides y oportuna síntesis con el corion para formar el corioalantoides. Todo ello independientemente de las modificaciones morfoestructurales que se operan a nivel de este último y de los tejidos maternos adyacentes.

### EVOLUCIÓN Y SIGNIFICADO FUNCIONAL DE LAS MEMBRANAS EXTRAEMBRIONARIAS:

#### A) SACO VITELINO:

La formación del *tallo o pedículo vitelino* es un proceso concomitante con la formación y cierre del intestino primitivo. Dicho **pedículo** marca un tránsito preciso entre los dos endodermos, el propiamente vitelino y el intestinal o embrionario. Sin embargo, a pesar de la libre comunicación entre el saco y el intestino primitivo, la utilización del vitelo no se realiza a través del pedículo, sino a partir de la circulación vitelina oportunamente neoformada del mesodermo esplácnico del saco; dicha circulación recogería los nutrientes procedentes de los gránulos de vitelo más o menos fragmentados por la acción enzimática del endodermo vitelino. Se trata de una circulación venosa simple y transitoria en mamíferos como los rumiantes y suidos; en cambio es categórica en aquellas

especies donde el saco vitelino persiste funcional durante un período importante del desarrollo embrionario (caballo, perro) o durante toda la vida prenatal (aves).

### B) AMNIO:

Más que anejo nutritivo es membrana protectora del embrión, pues el líquido que ocupa la cavidad amniótica sirve como agente amortiguador de éste, evita su desecación y le protege de variaciones bruscas de temperatura. El *líquido amniótico* es inicialmente segregado a partir del ectodermo de dicha membrana (ectodermo amniótico), pero más tarde también recibe productos de filtración de los órganos renales y de secreción de glándulas bucales y del tracto respiratorio del feto. De ahí que la cavidad amniótica y líquido contenido en ella aumente progresivamente con el tiempo de gestación (3 a 5 litros en las hembras de las grandes especies a término). Una característica del amnios de las hembras ruminantes (y también de la yegua) es la formación, a partir de los dos meses y medio de gestación, de las llamadas *placas amnióticas*. Se trata de pequeñas excreciones ectodérmicas, ovales, blanquecinas y ricas en glucógeno que destacan de la superficie interna del mismo; en los ruminantes, su distribución es bastante uniforme.

### C) ALANTOIDES:

A medida que el alantoides se expande por el celoma extraembrionario se vasculariza, en igual plan que el saco vitelino, a expensas del mesodermo esplácnico de sus paredes. Las dos venas umbilicales (derecha e izquierda) incorporan al embrión la sangre portadora de los nutrientes seleccionados en el corioalantoides a través de las correspondientes redes venosas alantoideas. La capacidad selectiva del *corioalantoides* queda asegurada desde el momento en que se asiste a la *unión íntima de ambos mesodermos, el esplácnico del alantoides y el somático del corion y su oportuna vascularización*.

En los mamíferos el **corioalantoides** representa el principal componente fetal de la placenta. Su estructura, extensión y capacidad funcional varía entre las diferentes especies, con el tipo de placentación. En las especies ruminantes, al desaparecer pronto la placenta coriovitelina, la porción cupular o dorsal del amnios (**mesamnio**) establece contacto con el corion adyacente, de modo que en esta zona de *amniocorion* no podrá infiltrarse el alantoides, con lo que el alantoamnio es aquí incompleto.

### D) EL VOLUMEN DE LOS LÍQUIDOS AMNIÓTICO Y ALANTOIDEO:

Aumenta progresivamente en el curso de la gestación, pero a un ritmo diferente, según el momento de ésta y la especie de que se trate.

### PLACENTACIÓN CORIOVITELINA

La forma de placenta corioalantoidea, verdadera, permanente, no debe confundirse con la transitoria **placenta coriovitelina**, ya considerada anteriormente en relación con el saco vitelino. Señalemos que esta **placenta coriovitelina (onfaloplacenta)** se organiza durante el período de implantación y nidación del blastocisto, recordando que, o bien involuciona pronto en los artiodáctilos (ruminantes y cerda), o persiste funcional durante una parte importante del desarrollo embrionario en la perra y sobre todo en la yegua.

### PLACENTA CORIOALANTOIDEA: FORMAS Y TIPOS

La transitoriedad de la onfaloplacenta o placenta coriovitelina de los mamíferos conduce inexorablemente a la instauración de la placenta verdadera o **placenta corioalantoidea**, que habrá de asumir eficiente y permanentemente las funciones tróficas apremiantes del embrión y feto a lo largo de todo su desarrollo. En términos generales puede decirse que la placenta corioalantoidea de todos los mamíferos euterios responde a orígenes estructura-



les y funcionales esenciales comunes. Sin embargo, el desarrollo pleno de la misma ofrece marcadas diferencias en cuanto al número de estratos o tejidos uterinos que pueden permanecer intactos o verse afectados como resultado de la aposición o síntesis del corion fetal, así como en cuanto a la extensión y distribución de estos lugares de unión. No es fácil entender que la placentación se verifique de forma tan distinta en especies que guardan entre sí un próximo parentesco. Aunque existe cierta correlación entre la duración de la gestación y la organización evolutiva del sistema nervioso central, en los animales que se catalogan por los tipos de placentas, sorprenden las diferencias que se notan al respecto entre especies muy próximas desde el punto de vista filogené-

tico. Dos porciones fundamentales estructuran las placentas corioalantoideas (Fig. 4), a saber:

A) El corioalantoides integra la **porción fetal de la placenta** (a). Además de servir de barrera que impide la mezcla de las sangres fetal y materna, actúa como órgano de gran capacidad selectiva de los nutrientes. Se estructura a base de tres capas fundamentales: el **endotelio de los vasos sanguíneos alantoideos** (1), el **tejido conectivo** (2) de origen mesodérmico (mesodermos somático y esplácnico refundidos) y el **epitelio coriónico** (3) procedente de la capa epitelial del trofoblasto. Allí donde la APOSICION placentaria ha de ser permanente y funcional el epitelio coriónico estará capacitado para proli-

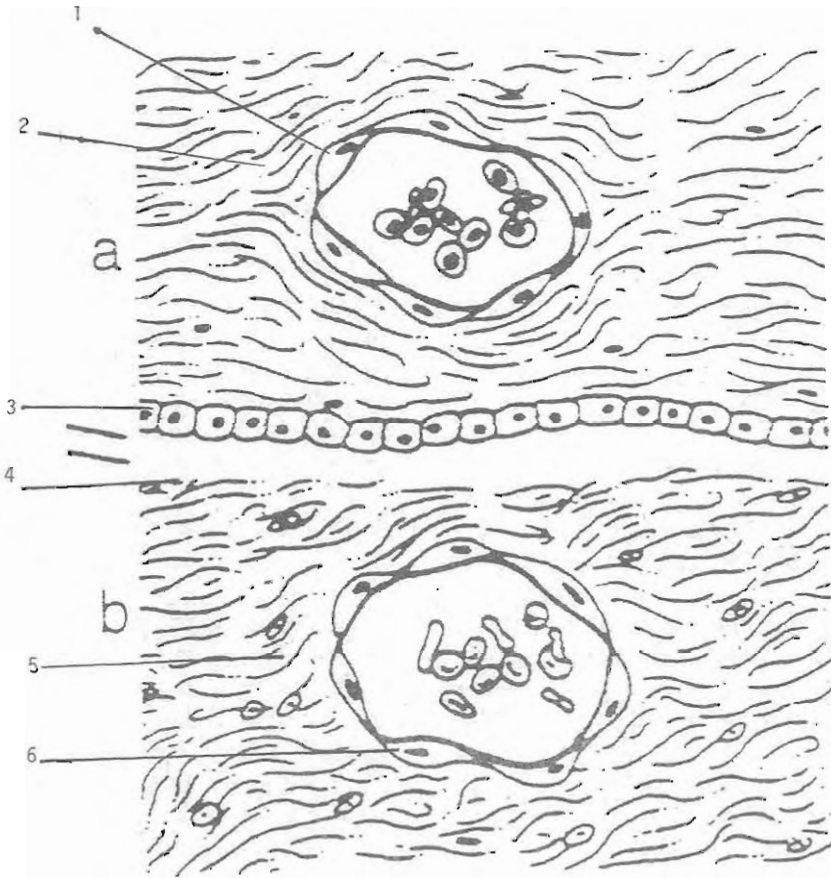


Figura 4. Representación esquemática de las porciones fetal (a) y uterina (b).

ferar *villosidades coriales*, simples o más o menos ramificadas, pero siempre rellenas de mesodermo vascularizado, conducentes a ampliar la superficie y fijación en el útero y, simultáneamente, a facilitar los mecanismos de intercambio fisiológico. Para dicho fin, determinadas células del epitelio coriónico despliegan una importante acción invasora, citolítica y destructiva en el endometrio subyacente, merced a la **coriogonadotropina** que elaboran y segregan. De este modo, el corioalantoides no solamente selecciona el material líquido **histotrófico**, sino también el **hemotrofo** procedente de la sangre materna. El conjunto de ambos nutrientes, el histotrofo y el hemotrofo, se conoce con el nombre genérico de **embriotrofo**.

**B) La porción uterina de la placenta** (b), en cambio, la forma mucosa del órgano de referencia (**endometrio**), más o menos modificada, según la actividad invasora y destructiva desplegada por las villosidades coriales en cada forma de placentación. En principio, las tres capas fundamentales que lo estructuran son, de superficie a profundidad: el **epitelio** (4) de revestimiento, los estratos de **tejido conectivo** (5) (celuloso, compacto y esponjoso) y el **endotelio vascular** (6) perteneciente al estrato basal del endometrio. Cada una de estas capas o estratos histológicos de la mucosa uterina marcan, en cuanto a la génesis placentaria, unos "niveles o gradientes de invasión" de las villosidades coriales, en armonía con las posibilidades de profundización de las mismas para los tipos de placenta que presiden en las especies de mamíferos. Así, frente a corioalantoides provistos de villosidades coriales simples, no proliferativas y escasa o nulamente destructivas (corion simple), se asiste a otras formas de placentas donde en el corioalantoides proliferan villosidades más o menos ramificadas (corion frondoso), dotadas de una gran capacidad invasora, histolítica y fagocitaria. En estos casos de intensa degeneración celular es frecuente la presencia de **sincitios** (o masas citoplasmáticas resultantes a divisiones nucleares de varias células con pérdida de las mem-

branas de unión, aunque conservando su individualidad), de **plasmodios** (resultantes de la división repetida del núcleo sin afectar al citoplasma) y de **simplesma** (o fracciones de tejidos sin estructura celular, al desaparecer todo vestigio de membrana o límite intercelular). Pueden diferenciarse masas de simplesma epitelial y conectivo, tanto en la porción fetal como en la materna de la placenta.

Hay que destacar, por otro lado, que el epitelio coriónico de las villosidades no representa un mero tránsito entre las susodichas porciones en que se divide la placenta, sino un importante vínculo funcional entre el embrión y la madre. Aparte de las funciones específicas apuntadas (citolítica y selectiva de los nutrientes o metabolitos), dicho epitelio influye, mediante la **coriogonadotropina** que produce, en la neoformación de vasos y sangre a partir del mesodermo corioalantoides, así como atrayendo y reorganizando los vasos uterinos, con vistas a un eficiente rendimiento trófico del órgano placentario. Aunque en estrecha síntesis, e independientemente de la sangre extravasada en determinadas formas de placentas, la circulación uterina es siempre independiente de la embrionaria o alantoidea; además, ambos flujos deben realizarse en direcciones opuestas (**regla de Mossmann**), circunstancia hemodinámica que contribuye de un mejor modo a la absorción del hemotrofo y demás procesos de intercambio material.

Las placentas que se describen en los pequeños rumiantes, responden a las peculiaridades de extensión y posibilidades o gradientes de aposición feto-uterina siguientes:

1. Así, en base a la forma, extensión, distribución y grado de invasión del corioalantoides, STRAHL (1960) clasificó las placentas en los grupos de semiplacentas y placentas completas:

Por **SEMIPLACENTÁS** se conocen aquellas formas de placentación (Fig. 4) donde la mucosa uterina se conserva casi

intacta, en virtud de la escasa actividad invasora y citolítica de las simples vellosidades coriales que desarrolla el corioalantoides. Precisamente, cuando dichas vellosidades emergen agrupadas en territorios circunscritos del corion (corion frondoso), bien diferenciados de la superficie restante de corion liso, asistimos a un tipo de **semiplacenta múltiple o cotiledonaria** (Fig. 5), típica de las hembras rumiantes. En general, todas las semiplacentas se catalogan también de **adeciduas** -sólo las de la oveja y cabra son parcialmente deciduas-, debido a que durante el parto normal no se producen desgarros tisulares de importancia en el endometrio (ni tampoco hemorragias significativas) al encontrarse las vellosidades simplemente invaginadas en la mucosa uterina y se desprenden con facilidad por simple tracción.

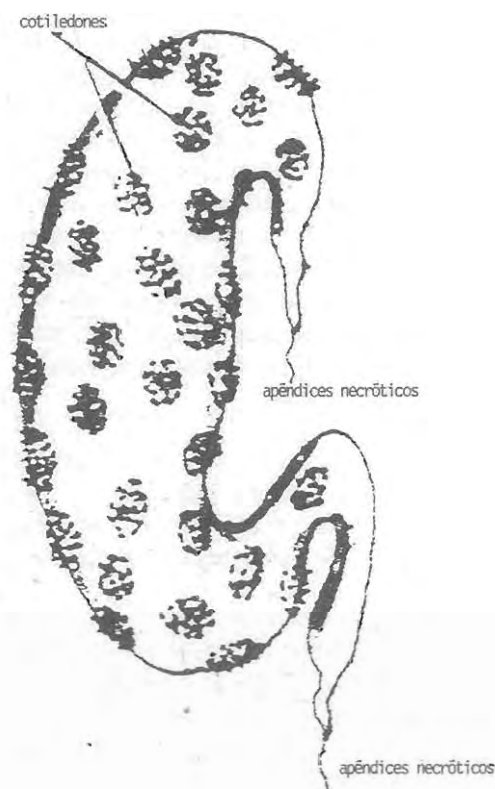


Figura 5. Saco embrionario de hembras rumiantes (semiplacenta múltiple o cotiledonaria), mostrando en superficie la modalidad de difusión o extensión del corioalantoides (en punteado).

2. Atendiendo a la estructura histológica que presentan y siguiendo un criterio más funcional GROSSER (1959) ha clasificado las placentas considerando los gradientes de ensamblaje o síntesis embrioterina, de donde se infieren las posibilidades tróficas de cada una. Los gradientes que establece determinan cinco tipos o modalidades de placenta, pero a nosotros sólo nos interesa uno de ellos (Fig. 4):

**2.1. PLACENTA SINDESMOCORIAL:** se presenta en la oveja y en la cabra. Viene caracterizada por una destrucción parcial del epitelio endometrial, lo que permite que las vellosidades coriales profundicen hasta una forma de transición entre las semiplacentas y las placentas completas, por lo que en el momento del parto pueden desprenderse algunas fracciones de los tejidos endometriales invadidos (**placenta intermedia y parcialmente decidua**).

#### CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA PLACENTA Y DEL SACO EMBRIONARIO EN LA OVEJA Y CABRA

1. **Placenta coriovitelina:** aunque la aposición de la esplacnopleura del saco vitelino a la somatopleura del corion tiene lugar precozmente, la placenta coriovitelina en todos los rumiantes es muy transitoria y prácticamente afuncional. La rápida diferenciación del celoma extraembrionario (en la oveja al 17 día de gestación) es determinante en la disociación de ambas membranas, influyendo también la no menos rápida expansión del alantoides.

2. **Placenta corioalantoidea:** Se consideró durante un largo tiempo que la placentación en la oveja ocurre sólo entre los cotiledones del corioalantoides y de las carúnculas uterinas. Ahora es evidente que *la aposición e inserción ocurre sólo en la superficie uterina completa* (KING y cols., 1982), aunque las inserciones intercarunculares pueden ser delgadas.

La **placenta corioalantoidea** responde a la forma de **semiplacenta múltiple** en

todos los rumiantes domésticos (Fig. 5), pero en la oveja y cabra es **sindesmocorial y parcialmente decidua**. Tras una primitiva aposición corio-uterina, difusa y de corta duración, se asiste en la oveja y cabra (en la 3ª semana de gestación) a la instauración de la definitiva placenta, en virtud de las reacciones focales que asientan en zonas concretas de los relieves carunculares (no glandulares) de la mucosa endometrial. Dichas reacciones endometriales emergen formando masas de aspecto esponjoso que adoptan pronto la conformación específica que corresponde, es decir, cupulares en la oveja y planas y discoideas en la cabra. Son las denominadas **carúnculas**, provistas de profundas criptas, más o menos anfractuadas, donde penetran e interdigitan las microvellosidades que agrupan un **cotiledón**, placa espesa de corion frondoso o corion veloso (Fig. 5).

Los **placentomas** (Fig. 6 y Fig. 7) son, así pues, las estructuras placentarias propias de los rumiantes; el número de **placentomas**, formados por **aposición** de el cotiledón fetal y el cotiledón materno

o carúncula es de alrededor de 90, pero puede variar de 60 a 100. Las llamadas **zonas paraplacentarias** corresponden a los territorios no ocupados por los placentomas; son meras superficies de contacto del corion liso con el endometrio glandular. Las formas de aposición aludidas dan a las placentas de las hembras rumiantes el carácter de **múltiples o cotiledonarias**. Por otro lado, no pierden la condición de **semiplacentas**, pues a pesar del perfecto engranaje que se establece entre las vellosidades de los cotiledones fetales y las criptas carunculares, el epitelio endometrial (3) se mantiene prácticamente íntegro y sin solución de continuidad, lo que sucede sobre todo en la vaca (de ahí que en esta especie la semiplacenta sea **epiteliocorial y adecidua**).

El tipo de placenta **sindesmocorial** de la oveja y cabra (Fig. 4), sin perder la condición de semiplacenta, representa una forma algo más evolucionada que la de la vaca, en virtud de que se asiste aquí a una destrucción parcial de epitelio y tejido conectivo celuloso endometrial. Dicha acción citolítica (Fig. 6 y Fig. 7) afecta

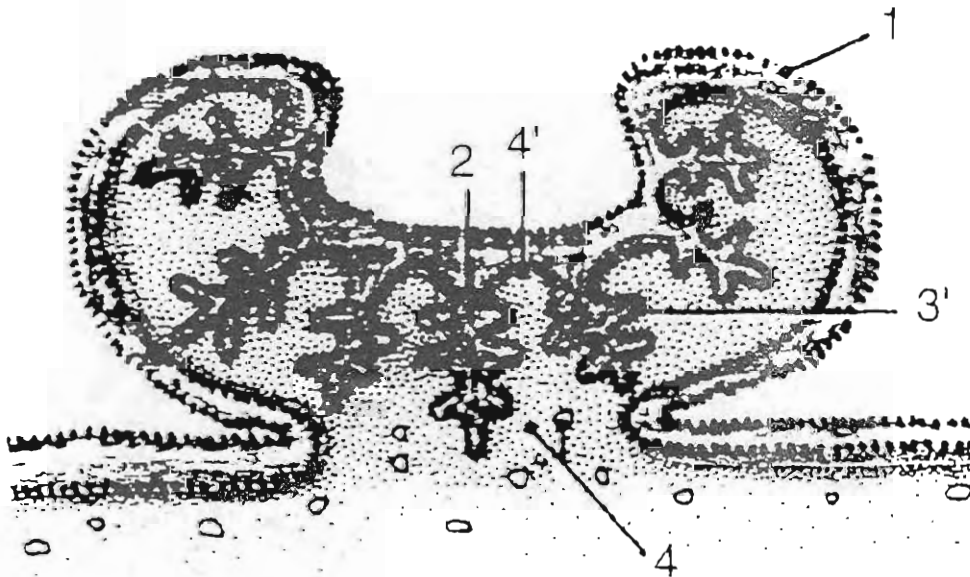


Figura 6. Representación esquemática de el placentoma de la oveja. 1, endoderma alantoidea; 2, mesoderma coriónico; 3, epitelio del corion del cotiledón; 4, tejido conectivo endometrial o uterino vascularizado; 4', vértice de la trabéculas endometriales de mayor intensidad citolítica.

preferentemente a los mencionados tejidos que revisten el vértice de las trabéculas que delimitan las criptas (4'), donde llegan a acumularse importantes masas de sincitios y "lagunas de reabsorción sanguínea" (siempre más aparentes en la oveja que en la cabra). Consecuencia de esta **aposición** son los ligeros desprendimientos de endometrio que se producen en el momento del parto, aunque siempre de muy fácil y rápida restitución (semiplacenta *parcialmente decidua*). Algunos procesos destructivos pueden también asentar en áreas concretas del corion liso pertenecientes a las zonas paraplacentarias, pero también se regeneran con facilidad antes del parto.

**3. Saco embrionario:** El blastocisto de los rumiantes se elonga rápidamente para adoptar una forma típicamente *tubuliforme* en el curso de la gastrulación.

La transitoriedad funcional del saco vitelino, por un lado, y el rápido desarrollo del amnio por otro, son la causa principal de que en el saco embrionario de las

hembras rumiantes persista una amplia zona de contacto corioamniótica, o **mesamnio**, y por consiguiente, que el **alantoides** no pueda envolver el **amnio** mucho más allá de la mitad ventral de la cavidad amniótica. En cambio, se expande con facilidad craneal y caudalmente hacia los cuernos respectivos del saco hasta un nivel determinado más allá del cual el corion degenera por falta de riego, dando lugar a las correspondientes **zonas isquémicas**. Tanto las **placas amnióticas** como los **cálculos alantoideos o hipomanes** llegarán a estar presentes en los líquidos de las cavidades de referencia, si bien los últimos pueden también aparecer en el líquido amniótico.

A medida que progresa la gestación, se refuerza la inserción por los placentomas que traban los vellos coriónicos dentro de las **criptas** de las **carúnculas**.

Con todo, lo más característico de la superficie del saco embrionario de los rumiantes son los **cotiledones** (ya considerados como parte integrante del placent-

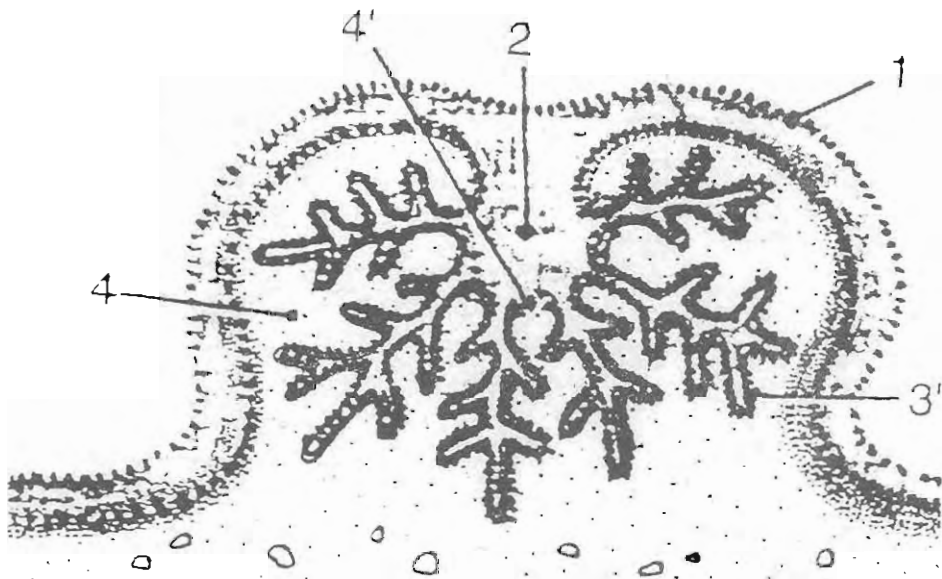


Figura 7. Representación esquemática de el placentoma de la cabra. 1, endodermo alantoideo; 2, mesodermo coriónico y alantoideo vascularizado e infiltrado en vilosidades coriales; 3', epitelio del corion del cotiledón; 4, tejido conectivo endometrial o uterino vascularizado; 4', vértice de las trabéculas endometriales de mayor intensidad citolítica.

tomo) debidos a procesos localizados de hipertrofia e hiperplasia de los tejidos correspondientes del corioalantoides. En número de unos 160, en la cabra, se alinean a intervalos definidos, en 5 hileras de 15 a 20 unidades, si bien son más numerosos en la porción de saco incorporada al cuerno uterino grávido.

El **cordón umbilical** es corto y está únicamente envuelto por la vaina amniótica.

### CIRCULACIÓN PLACENTARIA

En la placenta hay dos circulaciones paralelas, la fetal y la materna.

**Riego sanguíneo uterino:** El suministro de sangre materna a la placenta se deriva de las arterias y venas uterinas. En la oveja, según HAFEZ (1996), a medida que avanza la gestación, el gasto de sangre uterina aumenta y se relaciona con el peso fetal. Hacia el término, alrededor del 84% de todo el riego uterino pasa a los placentomas; el resto baña las capas endometrial y miometrial de la placenta.

**Riego sanguíneo umbilical:** Las arterias umbilicales llevan sangre del feto a la placenta, y las venas umbilicales la llevan de la placenta al feto. La mayor parte del riego umbilical se distribuye a los cotiledones, y sólo el 6% va al corioalantoides.

El gasto de sangre umbilical aumenta conforme avanza la preñez para satisfacer las demandas crecientes del feto. El aumento global en el flujo umbilical se logra mediante un descenso en la resistencia vascular umbilical en una fase anterior de la preñez y un aumento en la presión arterial en una fase posterior.

**Microcirculación placentaria:** Se han propuesto diversos modelos teóricos para explicar la dirección del flujo sanguíneo materno y fetal en la placenta. En canales vasculares maternos y fetales adyacentes, dicho flujo puede ser a contracorriente, concurrente, transversal (por vellosidades múltiples) o por acumulación. En este

último caso, la sangre materna entra en un gran espacio en el cual es expuesta a capilares fetales.

El patrón de flujo sanguíneo en la placenta ovina es transversal o una combinación de transversal y a contracorriente. En la oveja, los cotiledones están altamente vascularizados.

### FUNCIONES PLACENTARIAS

La placenta realiza muchas funciones y sustituye a tubo digestivo, pulmones, riñones, hígado y glándulas endocrinas del feto. Además, como ya sabemos, separa los organismos materno y fetal, asegurando de este modo el desarrollo independiente del feto.

**Transporte placentario:** La sangre del feto y de la madre nunca entra en contacto directo, aunque las dos circulaciones están lo suficientemente cerca en la unión de corion y endometrio para que pasen oxígeno y nutrientes de la sangre materna a la fetal, y productos de desecho en la dirección opuesta.

**Gases:** Existen muchas similitudes entre el intercambio de gases a través de la placenta y el que ocurre a través de los pulmones. Sin embargo, la principal diferencia consiste en que en la placenta actúa un sistema líquido-líquido, mientras que en los pulmones se trata de un sistema gas-líquido. Las arterias umbilicales llevan sangre desoxigenada del feto a la placenta, mientras que las venas umbilicales llevan sangre oxigenada en la dirección opuesta.

La eficiencia del intercambio de oxígeno varía con el sistema. Es máxima en los sistemas a contracorriente y mínima en los sistemas concurrentes (que no es el caso de la oveja ni de la cabra). La eficiencia de los sistemas de flujo transversal es intermedia entre la de los dos anteriores.

El dióxido de carbono se difunde libremente de la circulación fetal a la materna,

lo cual es facilitado por determinados mecanismos fisiológicos. Por ejemplo, la sangre fetal tiene menor afinidad por el CO<sub>2</sub> que la materna durante la transferencia placentaria de oxígeno. Esto favorece la difusión del CO<sub>2</sub> de la sangre fetal a la materna.

**Nutrientes:** La placenta permite el transporte de azúcares, aminoácidos, vitaminas y minerales como sustratos para el crecimiento del feto. El transporte placentario de nutrientes se basa en el flujo neto desde la madre hacia el feto o en la dirección opuesta. Puede deberse a una diferencia de concentración o realizarse por transporte unidireccional mediado por portadores. Muchos nutrientes, como glucosa, aminoácidos, electrolitos y vitaminas son transportados por sistemas portadores localizados en el trofoblasto (SCHNEIDER, 1991).

La placenta contiene grandes cantidades de **glucógeno**, sintetizado principalmente a partir de glucosa materna. La **fructosa fetal** es producida por la placenta a partir de glucosa y se desconoce su función en el feto. La **fructosa** constituye alrededor del 70 a 80% del azúcar contenida en la sangre fetal, mientras que la glucosa predomina en la sangre materna. Las concentraciones fetales de fructosa se correlacionan con las maternas de glucosa, y el mantenimiento de altas concentraciones fetales podría ser un indicador del funcionamiento placentario. A través de la placenta se transportan **ácidos grasos libres (free fatty acids, FFA)** por difusión simple; de todas formas, la transferencia de FFA a través de la placenta de ruminantes es mínima.

No se transfieren **proteínas** como tales. Los **aminoácidos** cruzan fácilmente contra un gradiente de concentración y se encuentran en mayores cifras en el plasma fetal que en el materno.

Las **vitaminas liposolubles (A, D y E)** no atraviesan la placenta, de modo que al nacimiento su concentración es menor en el feto que en la madre. Las **vitaminas**

**hidrosolubles (B y C)** cruzan la barrera placentaria con mayor facilidad que las liposolubles y los polipéptidos lo hacen lentamente. El **yodo** cruza con facilidad en la oveja, pero pese a ello, hay poca o nula transferencia de **hormonas tiroideas u hormona estimulante del tiroides**. Es probable que la **insulina** también cruce con lentitud y en cantidades insignificantes.

El **cortisol** no pasa de la madre al feto en la oveja y en la cabra. **Esteroides no conjugados, progesterona y estrógenos** cruzan la barrera placentaria fácilmente. Muchos esteroides sufren cambios enzimáticos al pasar por la placenta, los cuales tienen una función importante en su transporte.

**Hormonas:** La placenta es un órgano endocrino transitorio como el cuerpo amarillo (CL). Secreta tanto hormonas tróficas como esteroides que son liberadas en las circulaciones fetal y materna. El concepto de unidad fetoplacentaria fue propuesto para explicar los diversos mecanismos por los cuales se producen grandes cantidades de progesterona y estrógenos durante la preñez. Tanto la placenta como el feto carecen de ciertas funciones enzimáticas esenciales para la esteroidogénesis, pero las enzimas ausentes se hallan en el feto, y viceversa. Así, por integración sucesiva de las funciones esteroidógenas fetales y placentarias, la unidad fetoplacentaria puede elaborar la mayor parte de los esteroides con actividad hormonal.

La oveja sintetiza cantidades suficientes de progesterona para mantener la preñez utilizando acetato y colesterol provenientes de la circulación materna (placenta). La cabra, por el contrario, carece de esta capacidad; en la cabra, la secreción de progesterona por los CL es necesario a lo largo de la gestación, puesto que su placenta no la sintetiza. Durante la segunda mitad de la gestación, en la oveja y otras especies de animales domésticos pero no en la cabra, se producen grandes cantidades de estrógenos placentarios.

La placenta depende del cortisol fetal para inducir la actividad de las enzimas placentarias y, de este modo, sintetizar estrógenos a partir de progesterona.

El lactógeno placentario (**placental lactogen, PL**), también llamado **somatotropina coriónica**, es una hormona peptídica de la preñez presente en muchas especies de mamíferos y de la cual se indican efectos tróficos y tipo << hormona del crecimiento >> tanto en madre como en feto. La placenta de la oveja produce un **lactógeno placentario** con actividad tipo prolactina. Igualmente, la placenta de la cabra es una fuente rica de una **lactógeno placentario con actividad tipo prolactina** (es detectable en sangre desde alrededor del día 60 de gestación y se va incrementando en forma progresiva a lo largo de la segunda mitad, para alcanzar concentraciones medibles en mg/ml de sangre hacia el final de la gestación - McDONALD, 1991-).

## BIBLIOGRAFÍA

- AMOROSO, E.C. (1952). Placentation. In Marshall's Physiology of Reproduction, Edited by A.S. Parkers. London, Longmans Green & Co.
- BAZER, F.W.; FIRST, N.L. (1983). Pregnancy and parturition. J. Anim. Sci. 2 (57): 425-460.
- BAZER, F.W.; SHARP, D.C.; THATCHER, W.W.; ROBERTS, R.M. (1991). Comparative approach to mechanisms in the maintenance of early pregnancy. In: Reproductive Processes and Contraception. K. W. McKerns (ed.). New York. Plenum Press., pp. 581-618.
04. BIGGERS, J.D.; LEONOV, B.V.; BASKAR, J.F.; FRIED, J. (1978). Inhibition of hatching of mouse blastocysts in vitro by prostaglandin antagonists. Biol. Reprod. 19, 519-533.
- BJORKMAN, N. (1965). Fine structure of the ovine placentome. J. Anat. 99: 283.
- GARBAYO, A.; ALABART, J.L.; FOLCH, J. y BECKERS, J.F. (1994). Concentración de PAG (Pregnancy Associated Glycoprotein) a lo largo de la gestación en ovejas Manchegas inmunizadas con Fecundin o contra una mezcla de esteroides. En: 7as Jornadas Internacionales de Reproducción Animal e I.A. (Murcia), pp. 306.
- GROSSER, O. (1959). Grundriss der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Springer, Berlin.
- HAFEZ, E.S.E. (1996). Reproducción e inseminación artificial en animales. 6ª ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill (México).
- ILLERA MARTÍN, M. (1994). Reproducción de los animales domésticos. Ed. Aedos (Barcelona).
- KIMELMAN, D.; ABRAHAM, J.A.; HAA-PARANTA, T.; PALISI, T.M.; KIRSCHNER, M.W. (1988). The presence of fibroblast growth factor in the frog egg: its role as a natural mesoderm inducer. Science, 242: 1053-1056.
- KING, G.J.; ATKINSON, B.A.; ROBERTSON, H.A. (1982). Implantation and early placentation in domestic ungulates. J. Reprod. Fertil., Suppl., 31: 17-30
- LEITH, G.S.; GINTHER, O.J. (1984). Intrauterine mobility of the early equine conceptus. Proc. 10th. Int. Congr. Anim. Reprod. & A.I. Urbana-Champaign, 49 (2): 118.
- McCRACKEN, J.A.; SCHRAMM, W.; OKULICZ, W.C. (1984). Hormone receptor control of pulsatile secretion of PGF2a from the ovine uterus during luteolysis and its abrogation in early pregnancy. Anim. Reprod. Sci., 7: 31-35.
- McDONALD, L.E. (1991). Endocrinología veterinaria y reproducción. 4ª ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill (México).



- MOSSMAN, H.W. (1977). Comparative biology of the placenta and fetal membranes. In: "Fetal Homeostasis" (A.M. Wynn, ed.). N.Y. Academy of Sciences, New York.
- PERRY, J.S. (1981). The mammalian fetal membranes. *J. Reprod. Fertil.*, 62: 321-335.
- SANDOVAL, J. (1994). Tratado de Anatomía Veterinaria (Tomo I. Embriología). Imprenta Sorles (León).
- SCHNEIDER, H. (1991). Placental transport function. *Reprod. Fertil. Dev.* 3: 345.
- SIMMEN, F.A.; SIMMEN, R.C.M. (1991). Peptide growth factors and proto-oncogenes in mammalian conceptus development. *Biol. Reprod.*, 44: 1-5.
- STRAHL, H. (1960). Die embryonalen, Ilen der sauger und die placenta. In: Hertwing, O., "Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere", Bd. 1,2. Fischer, Jena.
- WEGMANN, T.G.; ANTHANASAKIS, Y.; GUILBERT, L.; BRANCH, D; DYM, M.; MENU, E.; CHAOUAT, G. (1989). The role of M-CSF and GM-CSF in fostering placental growth and fetal survival. *Transplant. Proc.* 20: 566-573.

# VI GESTACIÓN Y PARTO

**MARIO ACOSTA RODRÍGUEZ**

*Profesor Ayudante  
U.D. Reproducción y Obstetricia  
Facultad de Veterinaria  
Córdoba*



## GESTACIÓN

### INTRODUCCIÓN

Excepto los monotremas, todos los *mamíferos son vivíparos*; esto es, su desarrollo embrionario y fetal se realiza por completo dentro del útero. Este período de desarrollo intrauterino se denomina *preñez o gestación*, y en él ocurren principalmente la nutrición del feto en crecimiento y las adaptaciones maternas encaminadas a este fin.

Teóricamente, es posible para ovejas no estacionales parir dos corderos por año. Bajo condiciones ideales climáticas y de manejo, se acercan algunas veces a este patrón, pero como las ovejas rara vez entran en estro mientras amamantan corderos, es difícil desde el punto de vista práctico tener dos períodos de gestación de aproximadamente cinco meses cada uno y dos períodos de no preñez de sólo un mes en un año. Usualmente, un compromiso más práctico es parir tres corderos en dos años. No obstante, esto lleva a una falta de uniformidad de los corderos puesto que hay una variación considerable en el momento del parto, bajo dichas condiciones de manejo.

### DURACIÓN DE LA GESTACIÓN

Sabemos que es el intervalo que va de la fecundación al parto. Es determinada

genéticamente, aunque puede ser modificada por factores maternos, fetales y ambientales.

\* **Factores maternos:** La edad de la hembra influye en la duración de la preñez. Por ejemplo, para HAFEZ (1996), el período de gestación normal aumenta en dos días cuando la oveja tiene ocho años de edad.

\* **Factores fetales:** Es conocida la existencia de una relación inversa entre la duración de la gestación y el tamaño de la camada en varias especies politocas, excepto la cerda. McDONALD (1991) indica que "las gestaciones de cría única, rara en la mayor parte de las razas de cabra, tienden a tener duraciones más largas que las de gemelos". La misma incidencia sobre el acortamiento del período gestacional, cuando éste es gemelar, indica este autor. Igualmente, la duración de la preñez también puede ser modificada por el funcionamiento endocrino del feto.

\* **Factores genéticos:** La influencia del genotipo fetal equino sobre la duración de la gestación se demuestra en híbridos de caballo y burro. En estos cruces, dicha duración es más parecida a la del componente paterno que a la del materno del feto. Por ejemplo, el tiempo de la gestación de una yegua preñada por un semental es de 320 a 360 días. Las yeguas preñadas por burros, y por tanto madres de mulos, tienden a presentar el

### DURACIÓN DE LA GESTACIÓN

Animal	Promedio (días)	Intervalo (días)	Autor (año)
Oveja	148	140-159	HAFEZ (1996)
Oveja	150		GARCÍA (1962)
Oveja	148	140-159	McDONALD (1991)
Oveja	---	144-152	ILLERA (1994)
Cabra	155	----	GARCÍA (1962)
Cabra	153	142-165	QUITET (1982)
Cabra	150	146-155	McDONALD (1991)
Cabra	---	145-151	ILLERA (1994)

período gestacional propio de los burros (360-380 días), mientras que en las burras preñadas por sementales el período es más breve, similar al de los caballos. Es posible que esta influencia sea mediada por un mecanismo hormonal o simplemente sea reflejo de las dimensiones fetales.

La raza del embrión determina la duración de la preñez en bovinos (KING y cols., 1982), como se ha demostrado mediante la transferencia de embriones de razas con gestación más corta y más larga que la de la madre sustitutiva.

Para McDONALD (1991), la raza de la madre determina la duración de la gestación de la cabra. Igualmente, son factores genéticos la causa de las diferencias en el tiempo de gestación entre razas ovinas productoras de carne y lana. La duración de la gestación en ovejas está indudablemente influenciada por la raza; las razas de rápido crecimiento, como la **Hampshire**, tienden a tener gestaciones más cortas, promediando 145 días. Las razas de crecimiento lento, como la **Merino**, tienen gestaciones más largas, con un promedio de 151 días.

También, nos encontramos con ovejas muy prolíficas, como la raza *Finnsheep* y el cruce de *Boroola* con *Merino*, a menudo producen dos o más crías por parto. Estas ovejas tienen elevada tasa de ovulación, la cual, en la oveja *Boroola-Merino*, se ha relacionado con un **gen F** (fecundidad) importante. Este gen parece ser la causa de las elevadas concentraciones de FSH tanto en ovejas de corta edad como en adultas; algo que también se reseña para otras razas prolíficas de ovejas.

\* **Factores ambientales:** La estación del año influye en la preñez. Para McDONALD (1991), las condiciones ambientales pueden intervenir en la duración de la gestación de la cabra.

## FISIOLOGÍA MATERNA EN LA PREÑEZ

El inicio de la gestación se caracteriza por procesos que prolongan la duración del cuerpo lúteo (CL) del ciclo, los cuales sugieren un reconocimiento de la preñez por la madre.

**Durante el proceso gestacional, se van produciendo cambios en los órganos reproductivos:**

**Vulva y vagina:** durante la segunda mitad de la gestación ocurren cambios en estos órganos, sobre todo en el primero de ellos, manifestándose con edema y vascularización. La mucosa vaginal es pálida y seca durante la mayor parte de la preñez, pero se torna edematosa y flexible hacia su término.

**Cuello uterino:** éste se cierra herméticamente y se secreta un moco viscoso que sella el conducto cervical. Este llamado "tapón mucoso de la preñez" se licúa antes del parto y se expulsan en forma de bandas.

**Útero:** a medida que avanza la gestación, el útero experimenta una expansión gradual para dar cabida al feto en crecimiento, pero el miometrio permanece inactivo para evitar la expulsión prematura. Según HAFEZ (1996), pueden identificarse tres fases en la adaptación del útero: proliferación, crecimiento y estiramiento, con duraciones variables según la especie. Se desconocen los mecanismos que permiten el enorme incremento de tamaño, pero probablemente son hormonales.

**Ovarios:** El CL persiste como CL de la preñez.

**Ligamentos pélvicos y sínfisis del pubis:** ocurre relajación gradual de los ligamentos pélvicos durante el curso de la preñez, pero se hace más rápida a medida que se aproxima el parto. La relajación es muy notable en la oveja y se relaciona con elevadas concentraciones de estrógenos al final de la preñez y con la acción de la *relaxina*.

## HORMONAS DE LA PREÑEZ

**Mantenimiento de la preñez:** la progesterona es la hormona clave necesaria para el mantenimiento de la preñez. El CL persiste durante toda la gestación en la oveja y cabra, aunque con mayor o menor dependencia de éste. Así, los animales domésticos se clasifican, según la fuente de progesterona durante la segunda mitad de la preñez, en *dependientes de la placenta* (yegua y oveja) y *dependientes del CL* (vaca, cabra y cerda).

La concentración sanguínea de progesterona permanece constante durante toda la preñez en la oveja. La concentración sanguínea de progesterona secretada por el CL es esencial para el mantenimiento de las primeras fases de la preñez en todas las especies domésticas. Sin embargo, en la oveja es posible extirpar (así como en la yegua) los ovarios durante la segunda mitad de gestación sin interrumpirla, debido a que en estas especies la placenta produce progesterona.

En la cabra, los niveles de prolactina hipofisaria se incrementan también a niveles máximos durante la segunda mitad de la gestación y permanecen altos a lo largo del resto de la preñez (McDONALD, 1991).

## ADAPTACIONES MATERNAS

Durante el transcurso de la preñez, la madre hace ajustes metabólicos y de crecimiento a fin de aportar una cantidad adecuada de nutrientes al feto en desarrollo. Composición corporal, alimento ingerido, consumo de energía y metabolismo de la madre se modifican durante la preñez, pero no se han dilucidado por completo los mecanismos implicados.

Datos recientes sugieren que factores de crecimiento insulinoideos (**insuline-like growth factors, IGF**) y sus proteínas de unión participan de manera importante en la adaptación materna, lo que garantiza un suministro adecuado de sustratos al feto en desarrollo (OWENS, 1991).

## RELACIÓN INMUNITARIA MADRE-FETO

**El feto como aloinjerto:** la presencia de un feto en desarrollo en el ambiente intrauterino plantea un serio problema. El feto hereda del padre características genéticas que son ajenas a la madre, de modo que puede considerársele un aloinjerto o tejido de un individuo distinto pero de la misma especie. Los **antígenos que provocan rechazo se denominan antígenos de trasplante o de histocompatibilidad**. El rechazo suele ir mediado por **linfocitos T** más que por antígenos.

El feto constituye un agente antigénico para el sistema inmunitario de la madre y debería ser capaz de provocar reacciones de rechazo inmunitario; sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en la destrucción de aloinjertos en otras partes del organismo, la placenta no es rechazada sino hasta el momento del parto (un período mucho mayor que en las reacciones de los aloinjertos, que es de 2 a 3 semanas). La incapacidad del tejido materno de rechazar la placenta ha intrigado a los inmunólogos y ha llevado a proponer muchas teorías para explicar la relación madre y feto. En diversas revisiones se exponen en detalle varias teorías propuestas para explicar este fenómeno (ANDERSON, 1988; BEER y SIO, 1982; COOPER, 1980; HOGARTH, 1982). Algunas de tales teorías proponen que el feto es **antigénicamente inmaduro**; que las actividades inmunitarias maternas se reducen o suspenden durante la preñez; que el útero es un lugar inmunológicamente privilegiado, o que está presente una barrera física maternofetal.

La naturaleza exacta de los mecanismos inmunorreguladores es altamente controvertida y no hay una explicación sencilla para la coexistencia inmunitaria de madre y feto. La clave para el mantenimiento de la preñez puede residir en el trofoblasto (BILLINGTON, 1989). Los antígenos presentes en las células trofoblásticas o fetales presumiblemente sintetizan el inmunosistema materno, dando origen a anticuerpos y linfocitos sensibilizados.

zados. Sin embargo, el tejido trofoblástico actúa como barrera que impide la entrada de linfocitos maternos al feto. Esta protección contra el ataque por el sistema inmunario materno podría deberse a la estructura singular de la superficie de las células trofoblásticas (**sialomucina**), a la síntesis de factores que la hacen insensible a la lisis mediada por anticuerpos o células, o a las dos cosas.

Deben existir varios mecanismos para proteger los embriones antes de la implantación contra el inmunosistema materno. A nivel celular, uno de tales mecanismos podría ser la acción de la zona pelúcida como barrera física entre la madre y el feto (WARNER y cols., 1988).

**FISIOLOGÍA Y MORFOLOGÍA PRENATAL**

**Períodos prenatales:** El desarrollo prenatal de los animales domésticos puede dividirse en tres períodos principales. El **período ovular** culmina poco después de la conjugación gamética. El **período embrionario** se extiende desde la primera mitosis tras la fecundación (blastocito 1-célula, etapa que ocurre dentro de las primeras 38 horas post-ovocitación en la oveja y primeras 30 horas en la cabra) hasta alrededor del día 34 en la oveja. En este lapso ocurre un rápido crecimiento y diferenciación, se establecen los principales tejidos, órganos, aparatos y sistemas y son reconocibles las características básicas de la forma corporal externa. El **período fetal** se extiende desde alrededor del día 34 de la gestación en ovejas, hasta el nacimiento. Se caracteriza por crecimiento y cambios en la forma del feto.

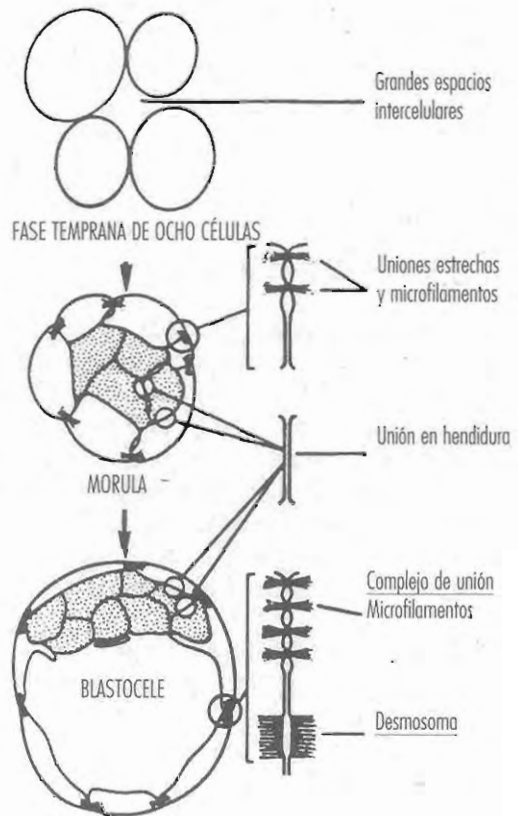
**Período ovular:** Ya desarrollado en un tema anterior de este curso.

**Período embrionario:** Los *oocitos* de oveja se liberan rodeados por células del *cumulus oophorus*. Estas células se rompen rápidamente después de la ovocitación (aproximadamente a las 2 horas de la espermatización, según indica ILLERA -1994-), quedando el oocito casi libre en el momento de la fecundación. Pero las

células de la corona radiada forman una capa que permanece adherida al óvulo fecundado hasta 48 horas después de la *fecundación in vitro*. Cuando los oocitos han sido fecundados *in vivo* las células de la corona radiada también permanecen adheridas a la zona pelúcida hasta 2 ó 3 días después de la ovocitación. La segmentación del oocito fecundado a la etapa de 2-células ocurre dentro de un plazo de 16 horas después de la anfimixis o aproximadamente 24 horas después de la ovocitación. La etapa de **mórula** se alcanza a las 96 horas (en la oveja) o 120 a 140 horas post-ovocitación (en la cabra), aproximadamente (**Fig. 0**).

El desarrollo de las uniones intercelulares estrechas de la mórula durante la compactación es seguido por la acumulación de líquido dentro de la cavidad central que forma el blastocele. Tal acumulación es el resultado del gradiente de soluto establecido por transporte activo de

Figura 0.



iones (N<sup>+</sup>/ K<sup>+</sup> ATPasa) y formación de complejos de uniones estrechas entre células externas.

La diferenciación de dos poblaciones celulares ocurre después de la formación del blastocisto (**Fig. 1**) y que tanto en la oveja como en la cabra ocurre en los días 6-7 post-ovocitación, aunque quizá en la cabra ocurre casi siempre el día 6. La mayor parte de las células forman la capa cuboide periférica externa, denominado **trofoblasto o trofoectodermo**, que está cubierta por densas microvellosidades y participa en la captación selectiva de nutrientes. En una fase posterior del desarrollo, el **trofoblasto** dará origen al *corion*. Un segundo grupo de células que se topografían en un polo, *bajo el trofoblasto*, forman el **embrioblasto** (masa de células internas), el cual se convierte en las tres capas germinales principales del embrión (ectodermo, mesodermo y endodermo) durante el proceso de **gastrula-**

**ción. Liberación del blastocisto:** La liberación ("eclosión") del blastocisto a partir de la zona pelúcida (**Fig. 1**) ocurre en el útero de la oveja a los 7-8 días post-ovocitación. La exposición al ambiente del útero estimulado por estrógeno puede causar reblandecimiento de la zona pelúcida y permitir que el blastocisto se expanda y rompa la zona pelúcida. Al parecer, en la vaca, la expansión y contracción del blastocisto constituyen el principal factor en la liberación de éste por desgarro de la zona, aunque es posible que también participen las enzimas implicadas en el debilitamiento de esta última. En la coneja, la zona pelúcida es disuelta por una enzima (la blastomelasa) secretada por células del trofoblasto subyacente. En la ratona, es posible que en dicha disolución participen expansiones y contracciones rítmicas del blastocisto auxiliadas por la producción de una lisina específica para zona a partir del epitelio uterino sensibilizado por estrógeno.

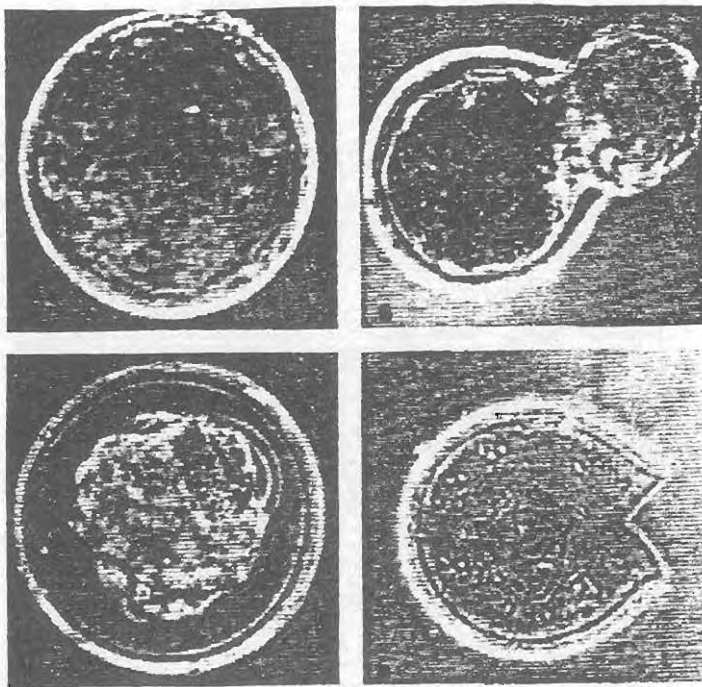


Figura 1. Liberación del blastocisto. A, comienza a penetrar la zona pelúcida. B, escapa de la zona pelúcida. C, blastocisto que se colapsó después de expandirse y no experimentó el proceso de liberación. D, restos de la zona pelúcida vacía después de la liberación. (Todas las micrografías a aproximadamente 240x). (Tomado de D. L. Davis y B.N. Day [1978]. Cleavage and blastocyst formation by pigs in vitro. *J. Anim. Sci.* 46, 1043).



La zona pelúcida se rompe en el plano ecuatorial, permitiendo al blastocisto abrirse entre los bordes de la abertura.

La expansión del blastocisto se debe tanto a hiperplasia celular como a acumulación de líquido en el blastocele. Pruebas circunstanciales (BIGGERS y cols., 1978) sugieren que en el proceso de liberación participan prostaglandinas (especialmente de la serie E), puesto que sus antagonistas impiden tanto la expansión como la liberación del blastocisto. Así, parece ser que la expansión del blastocisto es un proceso vital para la liberación y que la producción de factores enzimáticos por el útero o por el propio blastocisto tiene una función de apoyo.

**Alargamiento del blastocisto:** El desprendimiento de la zona pelúcida es seguido por una fase de rápido desarrollo y crecimiento del blastocisto, durante la cual una capa interna de células endodérmicas extraembrionarias que se originan del embrioblasto encierran al blastocele, formando un blastocisto bilaminar (Fig. 2). Dicha capa de células forma una membrana continua que pasará a formar parte del saco vitelino.

El día 11 post-ovocitación en la oveja, el blastocisto entra en una fase de alargamiento logarítmico, es decir, a partir de este momento comienza la fase de elongación (KING y cols., 1982). En esta misma especie, y el día del inicio de la fase

GASTRULACIÓN EN LA OVEJA

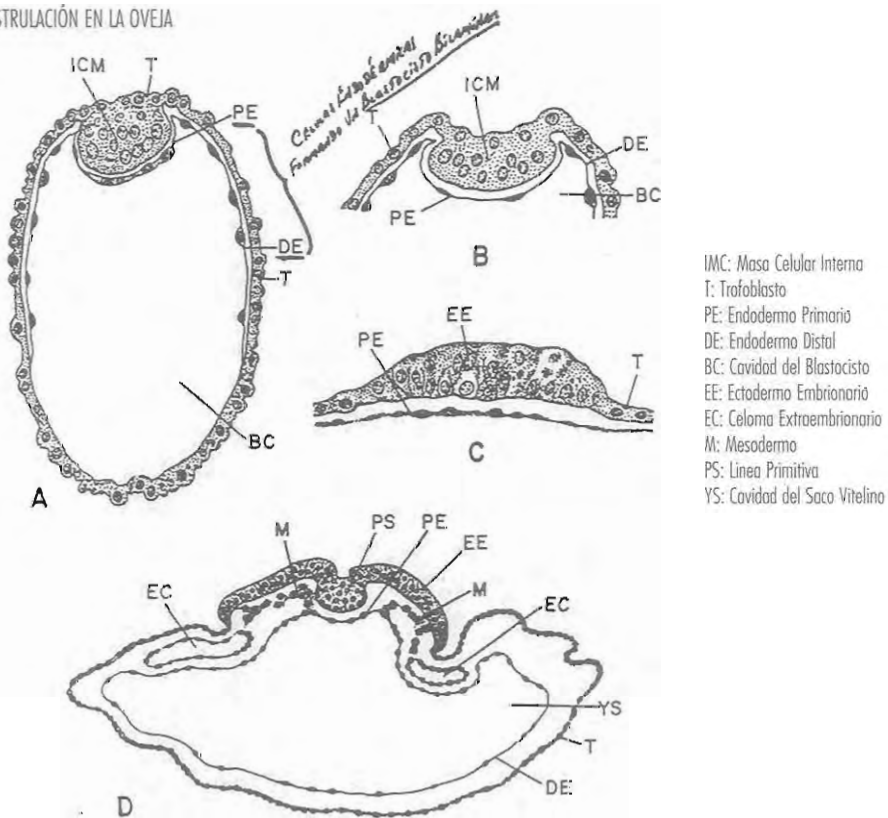


Figura 2. A, Corte de Blastocisto en la oveja, 10 días después de la E.M. Se observa que el Endoderma cubre la mitad superior de la cavidad del blastocisto; B, Un blastocisto un poco más viejo que en A. La masa de células más interna comienza a intercalarse con el trofoblasto; C, Corte de un disco embrionario de un blastocisto de oveja, 12 días después de la E.M. El ectoderma embrionario emerge por arriba del nivel del trofoblasto; D, Corte del nódulo de Hensen, 14 días después de la E.M. El saco vitelino está completamente formado, las células mesodérmicas se encuentran interpuestas entre el ectoderma embrionario y el endoderma, y se pueden observar a cada lado por fuera del embrión.

de elongación, en 24 horas pasa de 1 mm a 11.7 mm de longitud. De ser una esfera de 3 mm hacia el día 13, el día 17 mide unos 25 mm, aproximadamente. Hacia el día 18 mide más de 100 mm de longitud. Hacia el día 18 de gestación, el blastocisto se ha extendido hasta el oviducto contralateral (aunque para algunos autores - KING y cols., 1982- este acontecimiento ocurre a partir del día 13 de gestación), sucediendo este rápido alargamiento lateral en la oveja, por hiperplasia continua del trofoectodermo y el endodermo extraembrionario. El embrioblasto en desarrollo, que es aún pequeño comparado con las capas extraembrionarias, permanece en el cuerno ipsolateral.

Según varios autores, como KING y cols. (1982), McDONALD (1991) o HAFEZ (1996), la etapa de elongación se desarrolla de manera similar en la cabra.

Los óvulos fecundados de oveja pasan al útero en la etapa de blastocito (blastocito 8-16 células o 16-32 células) hacia los días 2-4 después de la ovocitación, aunque autores como KING y cols. (1982) dan unos períodos excesivamente amplios (3 a 10 días post-ovocitación). En la cabra, la entrada en el útero del blastocito ocurre hacia el día 4 post-ovocitación. El alargamiento del blastocisto ocurre en la oveja entre los días 11 a 16 post-ovocitación.

**Nutrición y metabolismos fetales:** Mientras que el blastocisto y el embrión joven son nutridos por líquido endometrial, el feto recibe su aporte de nutrientes de la circulación materna a través de la placenta. Necesita carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales para mantenimiento, diferenciación y posteriores desarrollo y crecimiento.

El feto recibe un suministro continuo de glucosa de la madre a través de la placenta. Dicho azúcar constituye el principal combustible metabólico fetal. Hacia el final de la gestación, el feto normal acumula glucógeno en hígado y músculos esqueléticos para poder soportar el período

de transición después del nacimiento, antes de que se establezca la lactancia eficiente. Aunque la fructosa constituye alrededor del 70 a 80% del azúcar en la sangre fetal de ungulados como la oveja y cabra, su utilización es insignificante, excepto cuando las concentraciones sanguíneas de glucosa son bajas. En estos fetos de pequeños rumiantes, acetato, lactato y aminoácidos pueden ser sustratos energéticos de importancia.

El feto sintetiza todas sus proteínas a partir de los aminoácidos proporcionados por la madre; las proteínas se emplean principalmente para síntesis más que para oxidación o gluconeogénesis.

Durante toda la preñez aumenta la retención de calcio, fósforo y hierro respecto al peso corporal fetal. El feto tiene la capacidad única de agotar las reservas esqueléticas maternas de calcio si los alimentos son bajos en este mineral. Se emplea hierro para la síntesis de hemoglobina, pero es poco lo que se sabe acerca de su distribución y metabolismo.

#### Crecimiento fetal:

a) **Rapidez de crecimiento:** El aumento porcentual en peso y dimensiones por unidad de tiempo (crecimiento relativo), es mayor en las fases tempranas y declina a medida que avanza la gestación.

Las velocidades de crecimiento del feto y sus órganos y tejidos varían durante las distintas fases de la vida intrauterina. Por ejemplo, en el desarrollo fetal temprano la región cefálica crece con rapidez y, en consecuencia, la cabeza fetal es desproporcionadamente grande. En etapas más avanzadas el crecimiento cefálico se desacelera, y en el momento del parto la cabeza y las extremidades están relativamente más desarrolladas que los músculos.

b) Factores que influyen en el crecimiento fetal: La rapidez del crecimiento fetal depende principalmente del aporte de nutrientes y de la capacidad del feto de

utilizarlos. Por ello, existe una estrecha integración entre el suministro de alimento al feto (factores ambientales), la rapidez de división celular (factores genéticos) y, por tanto, la rapidez de crecimiento.

c) Factores genéticos: Al nacer, los fetos de oveja Romney crecen más rápido que los Merino. La contribución materna a la variabilidad en el tamaño fetal es mayor que la paterna.

d) Factores ambientales: Entre estos factores se incluyen talla, paridad y nutrición de la madre, tamaño de la camada, dimensiones de la placenta y estrés climático. De ellos, la talla materna es importante y tan sólo después del parto, la talla del padre comienza a tener importancia.

La nutrición materna ejerce una influencia importante sobre el crecimiento fetal, notablemente en ovejas. La desnutrición de la oveja durante el final de la preñez causa enanismo en las crías, aunque antes la nutrición haya sido adecuada. Por el contrario, un programa de alimentación opuesto da por resultado corderos de tamaño normal.

En ovejas, el peso fetal se relaciona con el peso placentario.

Las temperaturas ambientales elevadas durante la preñez influyen en el tamaño fetal. La exposición de ovejas preñadas a estrés térmico reduce el crecimiento fetal de manera proporcional a la duración de la exposición. Este enanismo es un efecto específico de la temperatura y no de la menor ingestión de alimento durante la preñez.

e) Hormonas fetales: Es probable que las hormonas fetales influyan en el crecimiento fetal (COLENBRANDIER y cols., 1984; JOST, 1979). La hormona del crecimiento lo estimula, pero no existen pruebas de que sea esencial para que el feto crezca.

La insulina es importante en el crecimiento fetal y ejerce sus efectos incre-

mentando la disponibilidad de sustratos energéticos y estimulando el crecimiento placentario. El tiroides fetal no es indispensable en algunas especies (conejo, hombre), mientras que en otras (mono, oveja) su ausencia produce retardo en las maduraciones esquelética y muscular.

f) Factores de crecimiento insulinoideos: Los factores de crecimiento insulinoideos (IGF-I y II) o somatomedinas son hormonas polipeptídicas similares a la insulina. Se encuentran en tejidos fetales y placentarios (FALCONER y cols., 1991). Al parecer el IGF-II no sólo media el crecimiento fetal según la disponibilidad de glucosa sino también, actuando de manera concertada con hormonas placentarias, regula las actividades metabólicas de la madre, de manera que se dispone de un suministro continuo de sustratos para el desarrollo fetal (OWENS, 1991).

**Circulación fetal:** Es esencialmente similar a la del adulto, excepto que la oxigenación de la sangre ocurre en la placenta y no en los pulmones. También tiene varias derivaciones que dirigen la sangre oxigenada a los tejidos. Una parte importante de la sangre de la vena umbilical se desvía a través del conducto venoso en el hígado hacia la porción caudal de la vena cava, para evitar el metabolismo hepático.

La cresta divisoria se proyecta desde el borde del agujero oval y separa el flujo de la porción caudal de la vena cava en dos corrientes antes de llegar a las aurículas; la corriente que sale del conducto venoso es guiada a través del agujero oval principalmente hacia la aurícula izquierda, de modo que lleva sangre oxigenada a la cabeza y el ventrículo izquierdo en desarrollo en el período neonatal. El conducto arterioso deriva la mayor parte de la sangre arterial pulmonar hacia la aorta, lejos de los pulmones no funcionales. Las dos arterias umbilicales se originan a partir del extremo caudal de la aorta descendente y llevan sangre a la placenta.

La mayor presión arterial en el hemio-cardio derecho del feto mantiene abierto el agujero oval. De modo similar, esta diferencia de presión hace que la sangre fluya desde la arteria pulmonar hacia la aorta, a través del conducto arterioso.

En general, la frecuencia cardiaca es mayor en el feto que en el adulto y varía con la especie. En la oveja va de 170 a 220 latidos/ minuto.

Líquidos fetales:

A) Origen: Hay cuando menos cuatro sitios en los que podría ocurrir absorción y secreción: los aparatos respiratorios, urinario y digestivo y la piel fetal. En el feto de ovino, la orina formada por el mesonefros entra en la cavidad alantoica a través del uraco hasta alrededor del día 90 de la gestación. Después, la orina pasa en cantidades crecientes hacia el saco amniótico debido a oclusión uracal y permeabilidad uretral. De este modo la orina fetal es una fuente importante de líquido amniótico hacia el final de la gestación en ovinos.

Hay un rápido intercambio de agua entre la circulación materna, la circulación fetal y el líquido amniótico con una nueva circulación de agua: madre-feto-líquido amniótico-madre.

B) Volumen: Los volúmenes relativos de líquido en las cavidades amniótica y alantoidea presentan gran fluctuación durante la preñez, lo que quizá refleja las contribuciones de los compartimentos fetal y materno. El control de los compartimentos de líquido tal vez depende de los riñones y el sistema endocrino fetales. Los líquidos fetales aumentan durante la gestación en todas las especies. El volumen del líquido alantoico es relativamente mayor que el del líquido amniótico durante la gestación, excepto en la oveja a mitad de la preñez.

C) Funciones: El líquido amniótico no es un depósito estático, sino un líquido vital que baña al feto y realiza varias funciones. El líquido alantoico, constituido

por orina hipotónica, mantiene la presión osmótica del plasma fetal e impide la pérdida hídrica hacia la circulación materna..

D) Composición: Los líquidos amniótico y alantoideo tienen constituyentes metabólicos, electrolitos, enzimas, hormonas, células y otros componentes.

En rumiantes, el revestimiento interno del amnios, particularmente cerca del ombligo, contiene numerosos focos redondos bien delimitados y elevados que reciben el nombre de **placas amnióticas**, ricas en glucógeno y que desaparecen más tarde en la gestación. El líquido amniótico también contiene células que pueden emplearse en el diagnóstico prenatal del sexo. Los **hipomanes** son masas amarillas, planas, discoides, lisas y de consistencia ahulada, que flotan en el líquido alantoideo y que tal vez constituyen agregados de pelo fetal y meconio.

## OBSERVACIONES ECOGRÁFICAS

Por ecografía, vía rectal, en la oveja se observa un contenido uterino en el cuerno gestante a los 20 - 23 días de gestación. A los 26 - 28 días se detectan en la mayoría de los casos, la presencia de los embriones y su pulso cardiaco; y ya a los 30 días se observa en todos los casos el embrión muy manifiesto así como el latido cardiaco (PIERSON, 1984; KÄHN, 1994).

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, G.B. (1988). Interspecific pregnancy: barriers and prospects. Biol. Reprod. 38, 1.
- BEER, A.E. and SIO, J.O. (1982). Placenta as an immunological barrier. Biol. Reprod. 26, 15.
- BIGGERS, J.D.; LEONOV, B.V.; BASKAR, J.F.; FRIED, J. (1978). Inhibition of hatching of mouse blastocysts in vitro by prostaglandin antagonists. Biol. Reprod. 19: 519-533.

- BILLINGTON, W.D. (1989). Maternal immune response to pregnancy. *Reprod. Fertil. Dev.* 1, 83.
- COLENBRANDER, B.; GARSSSEN, G.J.; MEIJER, J.C. and SPENCER, G.S.G. (1984). Interaction of hormones and growth factors. *Proc. 10th Int. Congress on Animal Reprod. and Artif. Insem. Urbana-Champaign*, 40 (4):5-17.
- COOPER, D.W. (1980). Immunological relationships between mother and conceptus in man. In: *Immunological Aspects of Reproduction and Fertility Control*. J.H. Hearn (ed.). England, MTP Press.
- FALCONER, J.; DAVIES, J.J.; ZHANG, H.P. and SMITH, R. (1991). Release of insulin-like growth factor I by the sheep placenta in vitro. *Reprod. Fertil. Dev.* 3, 379.
- GARCÍA ALFONSO, C. (1962). *Tratado de obstetricia veterinaria y patología de la reproducción*. Imprenta BIOSCA (Madrid), pp. 229.
- HAFEZ, E.S.E. (1996). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. 6ª ed. Ed. Interamericana/McGraw-Hill (México).
- HOGARTH, P.J. (1982). Immunological aspects of mammalian reproduction. Glasgow, Blackie & Son.
- ILLERA MARTÍN, M. (1994). *Reproducción de los animales domésticos*. Ed. Aedos (Barcelona).
- JOST, A.J. (1979). Fetal hormones and fetal growth. In: *Fetal Endocrinology*. T. Zondek and L.H. Zondek (eds.). New York, S. Karger.
- KÄHN, W. (1994). Ultrasonography in sheep and goats. En: *Veterinary reproductive ultrasonography*. Ed. Mosby-Wolff (London), pp. 187-210.
- KING, G.J.; ATKINSON, B.A.; ROBERTSON, H.A. (1982). Implantation and early placentation in domestic ungulates. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 31: 17-30.
- KING, J.W., SEIDEL, G.E.Jr. and Elsden, R.O. (1982). Factors affecting gestation length in bovine transfer recipients. *Theriogenology*, 17: 92.
- McDONALD, L. E. (1991). *Endocrinología veterinaria y reproducción*. 4ª ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill (México).
- OWENS, J.A. (1991). Endocrine and substrate control of fetal growth: placental and maternal influences and insuline-like growth factors. *Reprod. Fertil. Dev.* 3, 501.
- PIERSON, R.A. and GINTHER, O.J. (1984). Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryo development in heifers. *Theriogenology*, 22: 225.
- QUITTET, E. (1982). La reproducción. En: *La cabra: guía del ganadero*. Ed. Mundi-Prensa (MADRID), pp. 171-178.
- SANDOVAL, J. (1994). Embriología. En: *Tratado de Anatomía Veterinaria*. Tomo I. Imp. SORLES (LEÓN), pp. 27-88.
- WARNER, C.M.; BROWNELL, M.S. and EWOLDSSEN, M.A. (1988). Why aren't embryos immunologically rejected by their mothers?. *Biol. Reprod.* 38, 17.

## PARTO

El parto o trabajo de parto se define como el proceso fisiológico por el cual el útero preñado expulsa el feto y la placenta del organismo materno.

**SIGNOS DE INMINENCIA DEL PARTO:** la mayor parte de los signos se relacionan con cambios en los ligamentos pélvicos, expansión y edema de la vulva y actividad mamaria. Estos signos son útiles como guía, pero resultan demasiado variables para permitir una predicción precisa de la fecha del parto.

Se produce un aumento obvio del tamaño de la glándula mamaria. Las mamas se expanden y por su orificio pueden escapar secreciones. En las ovejas, éstas permanecen con el hato pero se aíslan poco antes del inicio parto.

A causa de su prolificidad, la cabra presenta frecuentemente un estado de fatiga al final de la gestación (2 o 3 cabritos pesan un total de 8 a 12 kg, incluidas las envolturas fetales), permaneciendo largo tiempo tumbada, ya que durante esta fase el útero dificulta sus movimientos y su respiración, lo que explica la inapetencia.

**INICIO DEL PARTO:** El parto es estimulado por el feto y completado por una compleja interacción de factores endocrinos, neurales y mecánicos, pero aún no se comprenden del todo sus funciones e interrelaciones precisas.

El control del parto ha sido abordado en la oveja por LIGGINS y cols. (1973) y en la cabra por THORBURN (1979).

**MECÁNICA DEL PARTO:** El éxito del parto depende de dos procesos mecánicos: a) capacidad del útero de contraerse y b) capacidad del cuello uterino de dilatarse lo suficiente para permitir el paso del feto.

a) Contracciones miométriales: La actividad del miometrio es influida por la pro-

gesterona. Durante la mayor parte de la gestación ocurren contracciones miométriales de baja amplitud y frecuencia y al inicio del parto son sustituidas por las que causan la expulsión del producto.

No hay acuerdo unánime respecto a la participación de estrógenos y progesterona en el control de la actividad uterina durante la gestación y el parto. Estas hormonas influyen en la motilidad uterina a través de la liberación de PGF<sub>2a</sub>, la cual interactúa con el sistema de adenilciclase del músculo liso para reducir las concentraciones de cAMP y causar contracciones miométriales.

b) Dilatación del cuello uterino: Su dilatación se debe más a cambios en las características físicas del colágeno cervical que a aumento en la presión intrauterina, lo que es bastante evidente en especies como la oviná y caprina., que tienen el cuello uterino rígido (FITZPATRICK y DOBSON, 1979). Unas pocas horas antes del parto comienzan las contracciones, el cuello uterino se ablanda, se hace más distensible y gradualmente se dilata. La maduración del cuello (cambios en las características físicas del colágeno cervical) depende de hormonas y es posible que sea modificada por factores como concentración elevada de estrógenos y presencia de PGF<sub>2a</sub> al inicio del parto.

### INICIO DEL PARTO:

**Mecanismos fetales:** Las anomalías fetales congénitas que ocurren en casos de gestación prolongada en ovejas y vacas llevaron a descubrir la participación del feto en el inicio del parto, lo que también han corroborado autores como FIRST y LOHSE (1984).

El feto posee diversos mecanismos para asegurar que el miometrio permanezca quiescente y de este modo su desarrollo en el útero no se vea perturbado. La producción placentaria de progesterona impone un bloqueo a la conducción en el miometrio. En la oveja, en las etapas finales de la gestación ocurre un incre-

mento significativo en la concentración plasmática fetal de cortisol, debido a una señal que se origina en el eje hipotálamo-hipofisario fetal; no se ha establecido si se trata de una hormona adrenocorticotropa (ACTH) o de algún otro estímulo trópico procedente de la hipófisis fetal. THORBURN (1991) ha postulado que las demandas metabólicas crecientes que se imponen a la placenta en la fase de crecimiento fetal rápido (último tercio de gestación) estimulan la producción placentaria de prostaglandina E<sub>2</sub>, la cual a su vez activa el eje hipotálamo-hipófisis-corteza suprarrenal del feto, con el resultado de un ascenso en la concentración de cortisol fetal.

Un incremento similar en la secreción fetal de cortisol desencadena el parto en cabras (THORBURN y cols., 1977).

Los mecanismos que siguen a la secreción de cortisol difieren entre las especies, dependiendo de la fuente de progesterona que mantiene la preñez. En la oveja, el cortisol estimula la placenta para que convierta progesterona en estrógeno. La elevada concentración de este último estimula la secreción de PGF<sub>2a</sub> y el desarrollo de receptores para oxitocina. En especies dependientes del CL, el cortisol y la síntesis de estrógeno causan la liberación de PGF<sub>2a</sub> a partir del endometrio, lo que a su vez provoca la regresión de los cuerpos lúteos.

**Mecanismos maternos:** Aunque es menos importante que la contribución fetal, la materna es muy evidente en la programación del parto. Por ejemplo, rutinas de manejo como las de la alimentación pueden influir en el momento del parto en ovejas.

Así, es razonable concluir que el feto determina el día del parto, mientras que la madre decide la hora.

#### TRABAJO DEL PARTO:

El trabajo del parto comienza con el inicio de las contracciones uterinas peris-

tálticas regulares, acompañadas de dilatación progresiva del cuello.

**Etapas del trabajo del parto:** Con fines descriptivos se reconocen tres etapas del trabajo de parto:

- a) Dilatación del cuello uterino.
- b) Expulsión del feto
- c) Expulsión de la placenta.

En la oveja, la dilatación cervical dura unas 2-6 horas, la expulsión del feto 0.5-2.0 horas y la expulsión de la placenta 0.5-8 horas.

Ciertos signos precursores nos advierte de la inminencia del parto:

1. La mama "se prepara" llenándose e hinchándose, esto sucede (AMO y cols., 1988) desde unas 3 semanas antes del parto. Presionando los pezones aparece un líquido turbio espeso, amarillo, viscoso: los calostros.

2. Los ligamentos musculares sacroilíacos, situados a cada lado de la cola, se relajan; se dice entonces que la hembra "está cascada". La cavidad abdominal aparece abultada y descendida, así como el hueco del ijar profundamente marcado apareciendo dos surcos laterales en la base de la cola.

3. El tapón de moco que cierra el cuello del útero desde el comienzo de la gestación es expulsado.

4. La cabra (QUITTET, 1982), manifiesta una cierta febrilidad, bebe más, se muestra inquieta con aceleración de los movimientos respiratorios. El nerviosismo e inquietud del animal aumenta, da baltidos; los dolores del parto comienzan y se inician las contracciones. La cabra (AMO y cols., 1988) se apoya en la pared y se tiende en el suelo.

5. Finalmente, en la cabra (QUITTET, 1982), cuando el parto es inminente, se ve asomar en la vulva la primera "bolsa de las aguas", continuando las contracciones

y después, tras la rotura de ésta, aparece la segunda bolsa que contiene el líquido amniótico (debe ser en ambos casos siempre incoloro). Frecuentemente, sólo esta segunda es bien vista por el ganadero o cuidador (así se habla corrientemente de la "bolsa de las aguas" que aparece de color violáceo). Simultáneamente, continúan los esfuerzos o contracciones de expulsión. Tras la aparición de la segunda de las "bolsas", el feto debe estar encajado en la cavidad pélvica; al romperse esta segunda el feto debe ser expulsado totalmente. Transcurren como máximo 2 horas, entre la salida de la "bolsa de las aguas" y el nacimiento del cabrito.

**Fuerzas del parto:** En la oveja y cabra, las contracciones miométriales comienzan en la punta de las astas uterinas. Durante la primera etapa, las contracciones uterinas son dolorosas y causan inquietud y signos de malestar abdominal. A medida que el feto atraviesa el cuello, el corioalantoides se rompe, liberando un líquido parecido a orina, lo que marca el final de la primera etapa del trabajo del parto.

La distensión del cuello uterino y la vagina por el producto (cuña de la "bolsa de las aguas") inicia el reflejo neurohumoral (reflejo de Ferguson), que produce la fuerza expulsiva de las contracciones musculares abdominales (pujo), la liberación de oxitocina, que a su vez intensifica las contracciones miométriales y el inicio del comportamiento de "madre". Las fuerzas combinadas de las presiones intraabdominal e intrauterina actúan al inicio de la segunda etapa del trabajo de parto. El pujo consiste en unas pocas contracciones seguidas de algunos minutos de reposo. El feto envuelto en el amnios es empujado a través del canal del parto y aparece en la vulva. Con la continuación del pujo se rompe el amnios. El máximo esfuerzo coincide con la salida de la cabeza y el tórax.

Después del nacimiento continúan contracciones uterinas rítmicas que se originan en la punta de los cuernos del útero

(tercera etapa) y causan la inversión del corioalantoides en todos los rumiantes. Luego, la presencia de la placenta desprendida dentro del canal del parto inicia mayor pujo y su expulsión.

Ciertas ovejas muestran estro post-parto, en un plazo de 30 horas, cuando éste ocurre al principio de la estación reproductiva (quizá, como dice McDONALD -1991-, influenciado porque en esta especie, el anestro estacionario es la norma). Rara vez la gestación ocurre de apareamientos que se realizan durante el estro post-parto. En general, las ovejas no vuelven al estro hasta que los corderos se destetan. En la mayor parte de los casos, el estro se retrasa hasta la siguiente estación reproductiva.

La regresión del cuerpo lúteo precede a una tasa más baja que la regresión del CL. La progesterona secretada por el CL es necesaria para los primeros 50 días de gestación en la oveja. Si se realiza ovariectomía bilateral después del día 50 de la gestación, la secreción placentaria de progestágenos es suficiente para evitar el aborto.

**Parto normal:** Las hembras generalmente paren solas, sin ayuda ni presencia del veterinario y/o ganadero y/o pastor-cabrero, que suelen encontrar al cordero o cabrito ya de pie y sólo debe preocuparse del estado de la madre, aunque, desgraciadamente, el parto se complica a veces, siendo entonces obligada la intervención.

En particular se evitará la rotura de la "bolsa de las aguas", que como sabemos, ayuda a la dilatación del canal del parto, ya que lo más frecuente es que todo se desarrolle de manera normal, presentándose el cabrito como se ve en la **Fig. 3**.

Pronto se ajusta la "bolsa de las aguas" y se ve entonces la cabeza del cabrito, que se presenta alargada sobre las dos patas delanteras. Mediante un esfuerzo de expulsión (que se puede ayudar con una tracción moderada sobre la



cabeza y las patas del cabrito) la cabeza sale, seguida rápidamente del cuerpo entero.

Se puede ayudar a la cabra en el parto, pero es necesario dejarla realizar los esfuerzos previos de expulsión y *no precipitarse jamás*. Si las contracciones se prolongan sin resultados positivos, deberá comenzarse por examinar si la posición del feto es correcto y, en caso afirmativo, se ayudará a la cabra tirando del cabrito en cada movimiento de expulsión y descansando entre dos esfuerzos expulsivos sucesivos.

El cabrito puede nacer cubierto por las envolturas, en cuyo caso es necesario eliminarlas rápidamente; si la expulsión de las envolturas fetales no se realiza en el mismo momento del nacimiento, se hará inmediatamente después.

Si la oveja o cabra realiza esfuerzos expulsivos y no aparece el feto, conviene tener serenidad y no precipitarse. Si apareciese alguna extremidad o parte del feto, se ayudará haciendo tracción moderada mientras se produzcan los esfuerzos de expulsión; si los esfuerzos de expulsión se prolongan más de dos horas sin resultado (el feto no aparece) hay que examinar los genitales y observar la posición del feto e intervenir en función de que nos encontremos frente a un parto distócico o eutócico.

**ADAPTACIONES PERINATALES:**

El feto, que dependía de la placenta para respirar, nutrirse y excretar, hace una serie compleja de ajustes estructurales y fisiológicos para la vida extrauterina. Durante el nacimiento se enfrenta a varios peligros como asfixia o traumatismo, que pueden ser letales o reducir su capacidad de supervivencia (RANDALL, 1984).

**Cambios cardiovasculares:** Con el cese de la circulación umbilical y el inicio de la ventilación pulmonar al nacimiento, el flujo del conducto arterioso se invierte y cesa. El cierre de este conducto es uno de los ajustes más importantes para la vida extrauterina y permite el flujo sanguíneo a través de los pulmones durante cada circuito corporal.

El rápido descenso de la presión sanguínea en la aurícula derecha, debido a la interrupción del flujo umbilical y al ascenso en la presión en la aurícula izquierda, causa el cierre del agujero oval hacia el final de la primera semana de vida extrauterina en el cordero.

**Maduración pulmonar:** Después de que el neonato se separe de la placenta, su supervivencia depende del rápido establecimiento de un intercambio gaseoso eficiente en los pulmones. Para ello se requieren la expansión sostenida de éstos, movimientos respiratorios rítmicos y cambios en los patrones del riego sanguíneo hacia los del adulto. La expansión

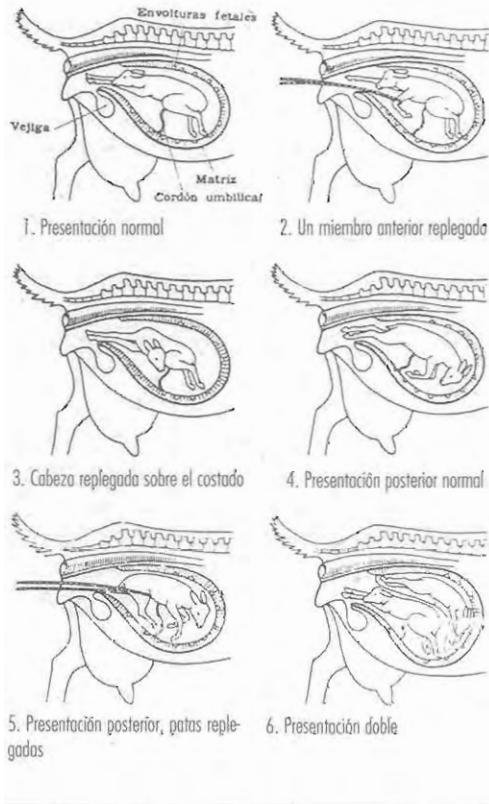


Figura 3.

pulmonar es facilitada por la secreción de una sustancia tensoactiva (surfactante) que reduce la tensión superficial dentro de los alveolos.

**Ajustes termorreguladores:** Al nacer, el neonato debe hacer ajustes termorreguladores a las condiciones ambientales fluctuantes, a diferencia de la temperatura y el suministro de nutrientes relativamente constantes de que gozaba en el útero durante la gestación. La eficiencia de tales ajustes depende en mayor medida del grado de inmadurez fisiológica de la especie al nacer, de las reservas de glucógeno y de la presencia de tejido adiposo pardo. Los ovinos son particularmente susceptibles a temperaturas ambientales bajas; la temperatura rectal disminuye 2 a 3° C en corderos en la primera hora que sigue al nacimiento.

El neonato no está bien adaptado para soportar temperaturas elevadas en etapas tempranas de la vida y siendo especialmente susceptibles los corderos. Por ejemplo, los corderos con edad de dos a siete días no sobreviven más de 2 horas a 38°C, o más de 3 horas si se exponen a la radiación solar.

**Metabolismo energético postnatal:** Durante el período comprendido entre el nacimiento y el inicio de la lactancia, el neonato depende de sus propios recursos de glucógeno almacenados en el hígado y en el músculo esquelético y cardiaco para el metabolismo energético. La rápida caída en la concentración hepática de glucógeno después del nacimiento sugiere que éste es movilizado con presteza para mantener las concentraciones sanguíneas de glucosa.

**Estado inmunitario:** Las crías nacen sin un aporte de anticuerpos o inmunoglobulinas maternas en la sangre. Durante la vida prenatal, el feto sintetiza poco o nada de anticuerpos y los adquiere de la madre (inmunidad pasiva) mientras aún se encuentra en el útero (rata, conejo y hombre), o bien tales compuestos son secretados por las glándulas mamarias y adqui-

ridos en la lactancia (animales domésticos). Sin embargo, inmediatamente después del nacimiento el neonato adquiere inmunoglobulinas del calostro; el intestino delgado es permeable a ellas durante un período de 24 a 36 horas después del nacimiento.

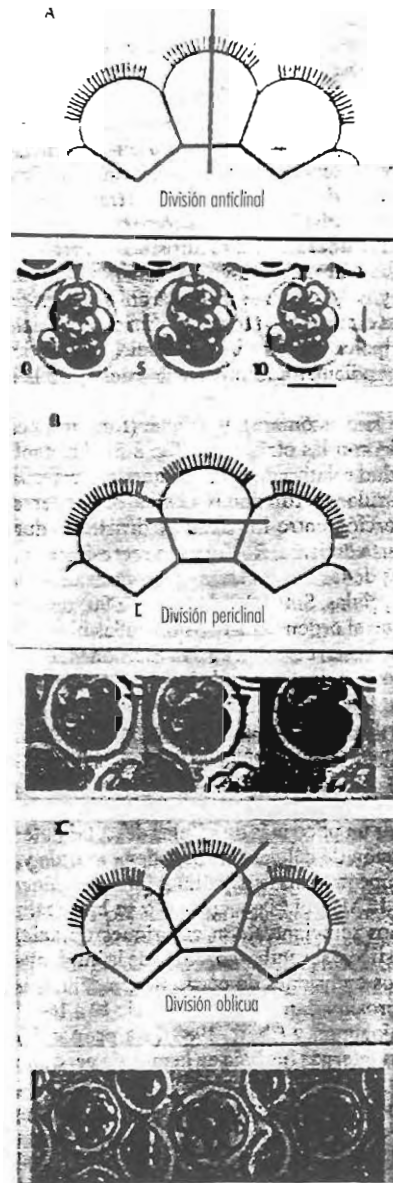


Figura 4.

## INVOLUCIÓN UTERINA

La recuperación del tamaño y el funcionamiento normales del útero después del parto se denomina *involución uterina*. Depende de contracciones miométricas, eliminación de infecciones bacterianas y regeneración del endometrio.

Los loquios, la secreción uterina que normalmente ocurre en el puerperio, consisten en moco, sangre, líquidos y restos de membranas fetales y tejido materno. Cesan al final de la primera semana postparto. La expulsión de los loquios y el decremento del tamaño uterino se deben a contracciones miométricas, en virtud de una secreción sostenida de PGF<sub>2a</sub> después del parto, lo que incrementa el tono uterino y de este modo promueve la involución.

Las condiciones estériles del útero que prevalecieron durante la preñez desaparecen en el parto, pues por el cuello dilatado entran bacterias patógenas y no patógenas las cuales se reproducen rápidamente en ese medio favorable. El útero normal posee mecanismos de defensa como una masiva infiltración de linfocitos para contrarrestar esa invasión bacteriana. El aumento de la actividad miométrica con el inicio de la actividad estrogénica de los ovarios también contribuye a que el útero elimine la infección a través del cuello. El tiempo necesario para eliminar las bacterias del útero depende del grado de contaminación en el parto, de la retención de membranas fetales y de la producción de estrógenos.

El endometrio se ha regenerado por completo entre la cuarta y quinta semanas en ovino y caprino.

## BIBLIOGRAFÍA

AMO GARCÍA, J. S.; BARO SHAKERY, E.; CUENCA SÁNCHEZ, A.; FUENTES YAGÜE, J. L.; GARCÍA LÓPEZ, J.; GARCÍA ROLLÁN, M.; MARTÍN

ASENSIO, J.D.; GARCÍA DE LAS MESTAS, R.M. (1988). Mejora y selección del ganado caprino. En: Manual sobre cabra. Ed. MAPA, pp. 31-63.

FIRST, N.L. and LOHSE, J.K. (1984). Mechanisms initiating and controlling parturition. Proc. 10th Int. Congress on Animal Reprod. and Artif. Insem. Urbana-Champaign, IL, Vol. IV, pp. 5-31.

FITZPATRICK, R.J. and DOBSON, J. (1979). The cervix of the sheep and goat at parturition. Anim. Reprod. Sci. 2, 209.

HAFEZ, E.S.E. (1996). Reproducción e inseminación artificial en animales. 6ª ed., Ed. Interamericana McGraw-Hill (México).

LIGGINS, G.C.; FAIRCLOUGH, R.J.; GRIEVES, S.A.; KENDALL, J.Z. and KNOX, B.S. (1973). The mechanism of initiation of parturition in the ewe. Recent. Prog. Horm. Res. 29, 111.

MCDONALD, L.E. (1991). Endocrinología veterinaria y reproducción. 4ª ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill (México).

QUITTET, E. (1982). La cabra: Guía del ganadero. Ed. Mundi-Prensa (Madrid).

RANDALL, G.C.B. (1984). Perinatal adaptation. Proc. 10th Int. Congress on Animal Reprod. and Artif. Insem., Urbana-Champaign, IL, Vol. IV, pp. 5-43.

THORBURN, G.D. (1979). Physiology and control of parturition: reflections on the past and ideas for the future. Anim. Reprod. Sci. 2, 1.

THORBURN, G.D. (1991). The placenta, prostaglandins and parturition a review. Reprod. Fertil. Dev. 3, 277.

THORBURN, G.D.; CHALLIS, J.R.C. and CURRIE, W.B. (1977). Control of parturition in domestic animals. Biol. Reprod. 16, 18.

# **NÚCLEO TEMÁTICO N° II**



## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 2

### SELECCIÓN Y MEJORA GENÉTICA DE LOS PEQUEÑOS RUMIANTES

Tema nº VII	Principios genéticos de base: Heredabilidad. Repetibilidad. Correlaciones genéticas y genotípicas. Respuesta a la selección	111
Tema nº VIII	Mejora genética de las razas ovinas autóctonas de aptitud cárnica	121
Tema nº IX	Mejora genética del ganado caprino	143
Tema nº X	Objetivos y nuevos criterios de selección para carne y leche en ovino y caprino	155



**VII**  
**PRINCIPIOS GENÉTICOS DE**  
**BASE. HEREDABILIDAD.**  
**REPETIBILIDAD.**  
**CORRELACIONES GENÉTICAS Y**  
**GENOTÍPICAS. RESPUESTA A**  
**LA SELECCIÓN**

**ANTONIO RODERO FRANGANILLO**

*Catedrático de Genética*  
*Departamento de Genética y Embriología*  
*Facultad de Veterinaria*  
*Córdoba*





## A) PRINCIPIOS GENÉTICOS DE BASE.

Cualquier acción en el campo de la mejora exige el conocimiento de la estructura genética de la población sobre la que se va a actuar.

Si nos referimos a poblaciones de animales de producción, debemos distinguir aquellos casos en que solamente se desea *caracterizarlas* como punto de partida para su *definición o tipificación* y para su comparación o discriminación de otras poblaciones (razas p.e.), del objetivo más profundo de llegar al conocimiento del *ganado en cuestión para posibilitar un proceso de mejora genética*.

La primera opción generalmente, aunque no siempre, se aborda aplicando los principios de genética de poblaciones a caracteres cualitativos que elegimos según nuestros intereses técnicos, a ellos se les denomina marcadores genéticos y son, en su mayoría, de naturaleza bioquímica o molecular y se rigen por las leyes mendelianas simples.

En oposición a estas variables nos encontramos con aquellas otras de naturaleza productiva y que se encuentran regulada por factores aditivos o poliméricos. Su tratamiento genético ha de ser forzosamente diferente de los anteriores.

Si se desea caracterizar una población para estas variables, no es posible aplicarles las técnicas anteriores. Hay que recurrir a otros parámetros genéticos, tanto los que estiman promedios como los que miden la variabilidad.

Se parte del principio de que si su carácter cuantitativo está en parte determinado por causas genéticas de tipo aditivo, el parecido entre individuos emparentados será mayor que el que presentan aquellos otros a los que no les une ninguna relación de parentesco.

Habrá que determinar lo siguiente:

1º. De qué tipo de parientes hablamos. Generalmente lo hacemos de 4 posibilidades.

- Padre o madre descendiente.
- Media del progenitor y descendiente.
- Grupos de hermanos totales.
- Grupo de medios hermanos.

2º. Cómo se mide el parecido. Respecto a esto se nos presenta dos opciones:

- Medir el parecido por la valoración de las relaciones o correlaciones entre los parientes respecto al carácter en cuestión.
- Por el análisis de la variabilidad dentro del grupo de pariente y entre grupos de individuos emparentados. Esta variabilidad se mide a través del análisis de la varianza.

3º. El papel que juega en la semejanza de los individuos emparentados, factores extragenéticos, como pueden ser los efectos ambientales común, o bien otros tipos genéticos pero no aditivos como puede ser los efectos epistáticos.

Por tanto, *el ambiente* puede causar diferencia en individuos no relacionados y no entre miembros de la misma familia y, de ese modo, contribuye al parecido entre individuos emparentados, afectando a la covarianza genética. Es lo que hemos llamado ambiente común (Vec) para diferenciarlo del efecto ambiental que actúa independientemente de las relaciones familiares (Vew)

$$\text{Así: } V_e = V_{ec} + V_{ew}$$

Vec afecta más especialmente a los grupos de hermanos totales. Se incluye en este efecto, la pertenencia a la misma ganadería, los efectos maternos, tanto entre madre e hijos como entre hijos y la contemporaneidad.

La covarianza epistática surge de la interacción entre factores genéticos no alélicos, que puede ser de naturaleza aditiva.

**PRINCIPIOS GENÉTICOS DE BASE. HEREDABILIDAD. REPETIBILIDAD. CORRELACIONES GENÉTICAS Y GENOTÍPICAS. RESPUESTA A LA SELECCIÓN**

Se daría: entre descendientes y progenitores =  $COV_{op} = 1/4 V_{AA}$ ; entre medios hermanos  $COV_{HS} = 1/16 V_{AA}$  y entre hermanos totales  $COV_{FS} = 1/4 V_{AA} + 1/8 V_{AD} + 1/16 V_{DD}$

**MEDIDA DEL PARECIDO**

Por lo indicado, se puede seguir dos vías para la medida del parecido, según los casos: la utilización de la estimación de la varianza y la medida de las correlaciones o regresiones.

En el primer caso, se calcula los componentes observacionales de varianza dentro de grupos de individuos emparentados (hermano, o medios hermanos) y entre grupos. A partir de éstos, de modo simple se expresa la correlación intraclase como

$$t = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_B^2 + \sigma_W^2} \quad (\sigma_B^2 \text{ componente de varianza entre y } \sigma_W^2 = \text{componente dentro})$$

A las medidas de regresión se recurre cuando se estima el parecido entre progenitor y descendiente y las de correlación entre individuos de la misma generación.

El significado de la covarianza en cada caso queda explicado en la tabla número 1. A partir de esta covarianza se pueden obtener los correspondientes coeficientes de regresión o correlación, cuyas expresiones también se indican. Queda claro que estas estimaciones exigen el control de paternidad, que, en las razas de caprinos y ovinos autóctonos no siempre es posible conseguir.

**HEREDABILIDAD**

Se define para un carácter como la proporción de la varianza de las producciones para este carácter que es de naturaleza aditiva.

En sentido estricto, se expresa como:

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \frac{V_A}{V_G + V_E}$$

Expresa también la precisión que tiene el valor fenotípico como guía del valor reproductivo.

$$h^2 = b_{AP} \quad A = h^2 P \quad (A = \text{valor aditivo o reproductivo y } P = \text{expresión fenotípica})$$

Un valor de  $h^2$  es específico de una población dada.

PARENTES	COMPONENTES DE VARIANZA					REGRESIÓN O CORRELACIÓN
	$V_A$	$V_D$	$V_{AA}$	$V_{AD}$	$V_{DD}$	
PADRE-DESCENDIENTES: $COV_{OP}$	1/2		1/4			$\left\{ \begin{array}{l} COV_{OP} \quad b = 1/2 \cdot \frac{V_A}{V_P} \\ COV_{OP} \quad b = \frac{V_A}{V_P} \end{array} \right.$
HERMANASTROS $COV_{HS}$	1/4		1/6			$t = 1/4$
HERMANOS $COV_{FS}$	1/2	1/4	1/4	1/8	1/16	$t = \frac{1/2 V_A + 1/4 V_D + V_{EC}}{V_P}$

Tabla 1.

Los factores que le afectan son:

- 1º. Las frecuencias génicas de la población.
- 2º. El historial genético de dicha población. Habiéndose sometido a la selección intensa la  $h^2$  será inferior. Por ello, los caracteres del ámbito reproductivo sobre los que ha actuado durante un número indefinido de generaciones la selección natural presentan un  $h^2$ . baja o muy baja.
- 3º. El tamaño de la población.
- 4º. La varianza ambiental. El efecto ambiental común y los efectos maternos.
- 5º. Método de medida.
- 6º. Naturaleza del carácter.
- 7º. Muestreo estadístico.

Como se comprende por su expresión, el valor de  $h^2$  puede oscilar entre 0 y 1. Se entiende, en líneas generales, como  $h^2$ , baja cuando su valor es inferior a 0,2, media entre 0,2 y 0,4 y elevada cuando  $h^2$  es superior a 0,4.

La  $h^2$  constituye el parámetro genético de más importancia dentro de la mejora genética. Su utilización es amplia, pudiéndose citar, entre otros, los siguientes:

- 1º. Eficacia de la selección.
- 2º. Estrategia genética a utilizar
- 3º. Predicción del valor aditivo.

## MEDIDA DE LA HEREDABILIDAD

Los métodos a utilizar son los siguientes:

- Regresión.
- Correlación.
- Análisis de varianza.
- Utilización de gemelos.
- Selección realizada
- Repetibilidad.

De ellos, son los análisis de regresión, correlación y varianza los que generalmente se recurre. Si tenemos en cuenta la expresión de  $h^2$  y la tabla ya citada, en su última columna, es fácil comprender que  $h^2 = 2b_{op}$ ;  $h^2_{HS} = 4t_{HS}$   $yh^2_{FS} \approx 2t_{FS}$

Se nos presenta las siguientes opciones:

- I) Regresión y correlación padres- hijo:
  - a) Regresión 1 descendiente- 1 padre
    - Hija- madre, dentro del padre
    - Hija-madre, ignorando padre.
  - b) correlación entre 1 descendiente- 1 padre.
  - c) Regresión varios descendientes: 1 padre: Media hijos-padre. Repetir padre Ponderar.
  - d) regresión descendiente - medio padre.
- II) Correlación entre miembros de la misma generación.
  - a) Entre medios hermanos.
  - b) Entre hermanos totales.
- III) Análisis de la varianza (tabla número 2)

a) Utilizando datos de hermanos de padre y madre, en un análisis jerarquizado, tal como se expone en la tabla número

b) Utilizando datos de medios hermanos, de forma que sólo se contará como fuente de varianza: entre padre y dentro del padre.

Cuando las observaciones son de tipo discreto, la obtención de  $h^2$  sigue una vía específica. En general, en un *diseño experimental* para obtener el valor de  $h^2$  hay que tener en cuenta:

1º. Elegir el método más adecuado para las posibilidades y circunstancia que se ofrecen.

2º. Decidir cuántos individuos en cada familia hay que controlar y con cuántas familias. Para esto se puede recurrir a las expresiones que calculan la precisión de la  $h^2$  (tabla número 3).

Como cualquier estadística la  $h^2$  tiene también una precisión, que es necesario calcular, por cuanto el valor obtenido de  $h^2$  es sólo una aproximación. De esas expresiones, fijando previamente perma-

**PRINCIPIOS GENÉTICOS DE BASE. HEREDABILIDAD. REPETIBILIDAD.  
CORRELACIONES GENÉTICAS Y GENOTÍPICAS. RESPUESTA A LA  
SELECCIÓN**

<b>F. V.</b>	<b>C. M.</b>	<b>C. M. ESPERADO</b>
Entre padres	$CM_s$	$\sigma_E^2 + K_1 \sigma_D^2 + K_2 \sigma_S^2$
Entre madres dentro padres	$CM_D$	$\sigma_E^2 + K_3 \sigma_D^2$
Descendientes, dentro padres dentro madres	$CM_0$	$\sigma_E^2$

$s = n^o$  padres       $n_i = n^o$  madres de padre  $i$        $N = n^o$  total de descendientes =  $\sum_{ij} n_{ij}$   
 $s = n^o$  padres       $n_i = n^o$  madres de padre  $i$        $N_i = \sum_j n_{ij} = n^o$  total de descendientes padre  $i$   
 $n_{ij} =$  descendientes de madre  $j$ , de padre  $i$        $n_{ij} =$  suma de descendientes padre  $i$   
 $n_{ij} =$  descendientes de madre  $j$ , de padre  $i$        $N_i = \sum_j n_{ij} =$  suma de descendientes padre  $i$

$$K_1 = \frac{\sum_i (\sum_j n_{ij}^2 / N_i) - \sum_{ij} n_{ij}^2 / N}{s - 1}$$

$$K_2 = \frac{N - \sum_i N_i^2 / N}{s - 1}$$

$$K_3 = \frac{N - \sum_i (\sum_j n_{ij}^2 / N)}{\sum_i (n_i - 1)}$$

$$h^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_E^2 + \sigma_D^2 + \sigma_S^2} = \frac{4\sigma_D^2}{\sigma_E^2 + \sigma_D^2 + \sigma_S^2} = \frac{2(\sigma_D^2 + \sigma_S^2)}{\sigma_E^2 + \sigma_D^2 + \sigma_S^2}$$

tabla 2.

$N = n^o$  familias       $n = n^o$  descendientes en cada familia  
 $\sigma_x^2 =$  varianza de progenitores       $\sigma_y^2 =$  varianza de descendientes  
 $t =$  correlación miembros de la familia       $T = n N$

A) Regresión Hijos Padres  
- Hijos - 1 padre

$$\sigma_b^2 = \frac{1}{N-2} \left[ \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} - b^2 \right] \approx \frac{1}{N} \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} \quad \sigma_{h^2}^2 = 4\sigma_b^2$$

- Hijos - media padres

$$\sigma_b^2 = \frac{1 + (n-1)t}{nN} \quad \sigma_{h^2}^2 = \sigma_b^2$$

B) Análisis descendientes

$$\sigma^2 = \frac{2 [1 + (n-1)t]^2 (1-t)^2}{n(n-1)(N-1)} \approx \frac{8t}{T}$$

$$\sigma_{h^2}^2 = 4\sigma_i^2 = \frac{16h^2}{T} \text{ en hermano}$$

$$\sigma_{h^2}^2 = 16\sigma_i^2 = \frac{32h^2}{T} \text{ en media hermanos}$$

tabla 3.



**CORRELACIÓN GENÉTICA**

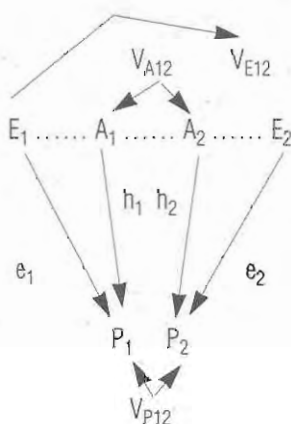
Se puede definir como la correlación, en una población, entre los valores aditivos de dos caracteres.

Su expresión sería:

$$V_A = \frac{COV(A_1, A_2)}{\sqrt{V_{A1} \cdot V_{A2}}}$$

Puede variar entre -1 y +1. La proximidad al 1, en sus signos negativos y positivos es indicativo de la existencia de correlación, bien sea de tipo negativo o positivo.

Depende de las frecuencias alélicas de la población y del medio. Es muy inestable, por lo que deberá ser revalidada periódicamente. Su sentido puede ser comprendido a partir de la descomposición de la correlación fenotípica.



Se supone ausencia de interacción

$$\begin{aligned} h^2 &= \frac{V_A}{V_P} & e^2 &= \frac{V_E}{V_P} \\ r_{12} &= \frac{COV_{P12}}{\sqrt{V_{P1} V_{P2}}} = \frac{COV[(C_{T1} + E_1)(G_2 + E_2)]}{\sigma_{P1} \sigma_{P2}} = \\ &= \frac{COV(G_1 G_2 + COV(E_1 E_2))}{\sigma_{P1} \sigma_{P2}} = \frac{COV_{G1G2}}{\sigma_{P1} \sigma_{P2}} + \frac{COV_{E1E2}}{\sigma_{P1} \sigma_{P2}} = \\ &= \frac{COV_{G1G2}}{\sigma_{A1} \sigma_{A2}} + \frac{COV_{E1E2}}{\sigma_{E1} \sigma_{E2}} = h_1 h_2 r_{G1G2} + e_1 e_2 r_{E1E2} \end{aligned}$$

La correlación genética se produce por efecto de la pleiotropía, en cuyo caso tendrá un carácter permanente, o del ligamiento factorial, que es transitorio, además de ser afectada por el fenómeno de la heterosis.

**Estimación de la correlación genética**

1º. Por la obtención de los componentes de la covarianza mediante un análisis de la covarianza entre medios hermanos, de modo semejante a como se ha indicado para la obtención de la  $h$ .

2º. Un análisis de covarianza a partir de los datos de los hermanos totales.

3º. Regresión descendencia- progenitor.

$$r_{A12} = \frac{COV_{X1Y2}}{\sqrt{COV_{X1Y1} COV_{X2Y2}}}$$

(Las X y la Y representan los datos de los padres y los hijos, respectivamente).

4º. Por estimación de la correlación genética lograda en un proceso selectivo.

$$\frac{CR_x}{R_x} = r_{2x4} \frac{i_y}{i_x} \frac{h_y}{h_x}$$

( $CR_x$ = Respuesta genética correlacionada en el carácter x;  $R_x$ = Respuesta genética directa en el mismo carácter;  $i$ = intensidad de selección).

El error de la correlación genética toma la siguiente expresión:

$$\frac{1 - r_A^2}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\sigma_{h_1^2} \sigma_{h_2^2}}{h_1^2 h_2^2}}$$

Hay que tener en cuenta como causas de variación y de error de  $V_A$  los siguientes:

- Datos confundidos.
- Datos con estructura deficiente.

- Bajo número de observaciones.
- Delimitación de la población base en que se obtiene.
- Tener en cuenta que existen variables correlacionadas por ser un función de la otra.

### Interés de la correlación genética

La correlación genética es útil para los siguientes objetivos:

1º. En la selección para varios caracteres y en la estrategia de mejora para varios caracteres simultáneamente. La acción genética sobre uno de ellos puede repercutir positiva o negativamente en otros.

2º. Cuando se lleva acabo una selección indirecta. En aquellos casos en los que es difícil o imposible seleccionar genéticamente una variable puede hacerse indirectamente actuando sobre otra, con la que esté correlacionado genéticamente.

3º. Para tener en cuenta los efectos de la selección natural. Por ejemplo, cuando se da correlación entre un carácter de producción y otro de naturaleza adaptativa.

4º. Para analizar las causas de la correlación entre dos variables.

### Respuesta a la selección

La selección artificial actúa a tres niveles:

- 1º. Selección de los progenitores.
- 2º. Diferencias naturales en fertilidad entre los progenitores.
- 3º. Diferencias naturales en viabilidad de los descendientes.

El gráfico nº nos expresa las vías del proceso selectivo.

Como se observa por diferencial selectiva (S) se entiende la diferencia entre la media de la generación progenitora sometida a selección y la media en producción de los individuos seleccionados.

Por respuesta a la selección (R) se indica la diferencia entre la media productiva en la generación paterna y la media de los descendientes.

La relación entre R y S se obtiene según el gráfico nº

El coeficiente de regresión.  $b_{OP}$ , que es la tangente del ángulo de la línea de regresión con la abcisa, es igual a  $R/S$ ; por tanto;  $R = b_{OP} S$ , pero como sabemos, ese coeficiente de regresión es igual a la  $h^2$ ; por ello  $R=h^2 S$ .

La diferencial selectiva se obtiene cuando la selección se ha realizado; por lo que sería difícil preveer el valor de R. De aquí se tenga en cuenta lo siguiente:

$$\frac{R}{\sigma_p} = \frac{S}{\sigma_p} h^2 \quad \frac{S}{\sigma_p}$$

lo hacemos igual a i, que se titula como intensidad de selección.

$$\frac{R}{\sigma_p} = ih^2 \quad R = i\sigma_p h^2$$

Hay que tener en cuenta que i es también igual a  $Z/P$  (Z= ordenada en el punto de truncación y p= proporción de individuos seleccionados).

Por todo ello, si se fija la proporción de individuos seleccionados, se obtiene el valor de i y de éste la respuesta genética.

Si se tiene en cuenta el intervalo entre generaciones se puede expresar mejor R por  $\frac{i\sigma_p h^2}{t}$

También es frecuente que en un plan de selección se actúe de diferente forma en cada sexo. Es normal que la intensidad de selección es más elevada en machos que en hembras; así como que los intervalos entre generaciones sean también distintos. En estos casos la respuesta total será:

$$R = \frac{i_1\sigma_{p1} + i_2\sigma_{p2}}{t+t} h^2$$



De todas formas, hay que tener en cuenta que la respuesta se obtiene bajo unos condicionamientos que no siempre se presentan. Éstos son:

- 1º. La selección es la única fuerza modificadora que está actuando sobre la población.
- 2º. La selección es de tipo individual. Cuando no es así hay que modificar adecuadamente las expresiones relacionadas.
- 3º. Los acoplamientos son al azar.
- 4º. Las generaciones no están solapadas.
- 5º. La distinción del carácter es de hijo normal.

Las igualdades que determinan el valor de R no son predicciones, sino realmente una descripción.

## **BIBLIOGRAFÍA**

BASELGA, M y CARABAÑO, M.J. 1992. Estimación de componentes de la varianza. Libro de Actas de la V Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. pp: 9-22. Córdoba.

BECKER, W.A. 1975. Manual of Quantitative Genetics. (2ª Edición). Washington Sta. Univ. Pullman. Washington.

BULNER, M.G. 1980. The Mathematical Theory of quantitative Genetics. Clarendon Press. Oxford.

COCKERHAM, C.C. 1954. An extension of the concept of partitioning hereditary variance for analysis of covariances among relatives when epistasis is present. Genetics 39:859-882.

CHAPMAN, A.B. (Editor). 1985. General and Quantitative Genetics. Elsevier Science Publ. Amsterdam.

FALCONER, D.S. 1983. Introducción a la Genética Cuantitativa. 13ª Edición. Ed. C.E.C.S.A. México.

MALECOT, G. 1948. Les Mathematiques de L'heredite. Masson. París.

VAN VLECK, L.D. 1979. Variance components and animal breeding. Cornell Univ. Ithaca. USA.

Varios, 1996. Ponencias y Comunicaciones de las VIII Reunión Nacional sobre Mejora Genética Animal. León.

WEIR, B.S. 1996. Genetic Data Analysis IT. Sinauer Associates. Sunderland, Mass.

**VIII**  
**MEJORA GENÉTICA DE LAS**  
**RAZAS OVINAS AUTÓCTONAS**  
**DE APTITUD CÁRNICA**

**JOSÉ MIGUEL CRUZ SALCEDO**

*Departamento de Mejora Animal*  
*Laboratorio de Producción Y Sanidad Animal*  
*Granada*



## I. INTRODUCCIÓN

La mejora genética animal tiene por objeto cambiar el valor genético medio de una población para un carácter o grupos de caracteres que determinan el valor económico de los animales. Para ello, todo plan de mejora genética contempla:

a) Un programa de selección, que incluye el conjunto de operaciones que deben ser efectuadas para la elección de los reproductores de la siguiente generación. Para ello ha de llevarse a cabo una evaluación genética de los animales de la población y la elección de los futuros reproductores en base a su mérito genético.

b) Un programa de apareamientos, por el que se determina la forma en que estos animales serán apareados a fin de cambiar el valor medio de la población y optimizar el progreso genético para el carácter o conjunto de caracteres en cuestión.

## II. PLAN GENERAL DE LA MEJORA GENÉTICA

A la hora de establecer un programa de mejora genética para una determinada raza animal todo mejorador traza un diagrama de los pasos a seguir. Estos son (Cunningham, 1976):

1. Determinación y estudio de la población a mejorar.

2. Definición de los objetivos de la mejora, de los criterios de selección y diseño de las técnicas de medición.

3. Determinación de los parámetros genéticos (heredabilidad, repetibilidad, correlaciones genéticas y fenotípicas) de los caracteres a mejorar en la población considerada.

Elección de la técnica a emplear (cruzamientos, selección o ambas).

## III. CARACTERÍSTICAS DE LAS RAZAS OVINAS ESPAÑOLAS DE APTITUD CÁRNICA

Según Gabiña (1985) las cualidades más interesantes de las razas ovinas españolas de aptitud cárnica criadas en situaciones extensivas en España son las siguientes:

- Tamaño pequeño o mediano (pesos adultos entre 30-55 kg.), lo que se traduce en unas necesidades de mantenimiento bajas.

- Prolificidad baja (entre un 10 y un 25% de partos dobles).

- Prolongado período de actividad sexual, con anoestro estacional menos marcado que en otras razas.

- Todo lo anterior se traduce en una gran adaptación al medio ambiente o, lo que es lo mismo una gran rusticidad, lo que les permite sobrevivir en medios poco favorables.

- Crecimiento de los corderos entre 200 y 250 g./día, acorde con su peso adulto.

- Canales ligeras, de conformación mediocre y estado de engrasamiento medio-bajo.

- Alta calidad organoléptica y culinaria de la carne.

## IV. OBJETIVOS DE LA MEJORA GENÉTICA

En general, la definición de los objetivos de un plan de mejora genética de una población consiste en fijar aquellas características productivas que deben presentar los animales que serán utilizados como reproductores de forma que su explotación sea económicamente rentable en las condiciones de manejo propias de su sistema de producción.

La determinación de estos objetivos es el punto más problemático con el que tropezamos a la hora de elaborar un programa de mejora genética. Las dificultades que plantea se pueden concretar en los siguientes puntos (Alenda y col., 1985):

- Enumerar cuales son los caracteres que inciden significativamente en el valor económico de los animales.
- Al tener cada raza sus propias características no se puede hablar de un único programa de mejora.
- Los sistemas de producción son muy diversos, incluso entre rebaños de la misma raza.
- Los diversos gustos del consumidor determinan que en unas regiones se prefiera un tipo de cordero diferente a los de otras.
- Los diferentes intereses de los diversos estamentos en la cadena de producción de canales (los del criador de corderos hasta el destete, los del que hace el cebado de corderos y, por último, los del matadero y carnicero).

Por consiguiente, el establecimiento de los objetivos de un plan de mejora debe realizarse en base a estudios biológicos y económicos (Danell, 1980). Estos estudios deben descubrir la relación entre las características productivas de la población objeto del plan de mejora y la rentabilidad económica del sistema de producción. Sin embargo, a pesar de la gran transcendencia de una adecuada elección de las características a seleccionar, son numerosos los autores que han resaltado la falta de investigaciones relacionadas con la completa definición de los objetivos de un programa de mejora (Brascamp, 1979; Harris, 1970; Wilton, 1979).

En ganado ovino de carne el objetivo principal será el incremento de los kg. de carne producidos por oveja y año y de la calidad de la canal en las condiciones de

explotación y bajo los sistemas de producción en que son explotados los rebaños. Los dos componentes de la producción de carne, número de corderos producidos y aptitud individual de dichos corderos para esa producción, permiten definir dos grandes grupos de caracteres que integran este objetivo:

1. Caracteres referentes al crecimiento de los corderos y la calidad de la canal.
2. Caracteres que definen la aptitud reproductiva (productividad numérica).

De todos ellos son los caracteres relacionados con la productividad numérica los que manifiestan una influencia más marcada en la rentabilidad de las explotaciones ovinas (Large, 1970).

## **V. CRITERIOS DE SELECCIÓN**

Un criterio de selección es aquel conjunto de caracteres en función de los cuales los animales pueden ser elegidos como reproductores y por consiguiente ser padres de individuos de siguientes generaciones. Dado que el objetivo de la mejora genética es la producción de más carne de calidad por unidad monetaria invertida (Gabiña, 1985), objetivo complejo, es preciso estar en condiciones de medir en los animales caracteres que pudieran integrar un criterio de selección que hiciera posible el objetivo.

La eficacia de un plan de mejora disminuye al aumentar el número de caracteres que integran el criterio de selección. Existe una relación negativa entre el número de caracteres que se seleccionan y la respuesta a la selección para cada uno de ellos. Así, si se consigue un progreso genético de 100% mediante la selección de un solo carácter, este progreso disminuye al 71% si son dos los caracteres a seleccionar y a un 50% si son cuatro, suponiendo que no existan correlaciones genéticas entre dichos caracteres (Tabla nº 1). Esta disminución sería superior si las correlaciones genéti-

cas entre los caracteres fuese negativa e inferior en el caso de correlaciones positivas. Por ello, a la hora de decidir la inclusión de un carácter en el criterio de selección habrá que tener en cuenta que dicho carácter:

- Esté efectivamente relacionado con el valor económico de los animales.
- Presente una variabilidad genética en la población a mejorar que permita progresos. Una baja heredabilidad o una correlación genética negativa entre caracteres puede dificultar e incluso impedir el progreso genético.
- Pueda ser medido sencilla y económicamente en un número suficiente de animales. Si ello no es posible, se puede recurrir a métodos simplificados de medida o a la sustitución del carácter por otros correlacionados con el y que no presente este problema.

De acuerdo con las características descritas en las razas ovinas autóctonas de aptitud cárnica y con el objetivo de mejora definido, los posibles caracteres a considerar en un criterio de selección son:

### 1. MANTENIMIENTO DE LA RUSTICIDAD

La producción de carne ovina en España se caracteriza, en lo referente al manejo del pie reproductor, por el carácter

extensivo de su explotación. Los reproductores pasan la mayor parte del día en el campo aprovechando los recursos pastables disponibles, base de su alimentación. Por su parte, la producción de estos pastos suele ser de media a baja y con una marcada variación inter e intraanual.

Este sistema de producción en el que las condiciones medioambientales, referidas a recursos alimenticios y características edafoclimáticas, suelen ser desfavorables, cuando no extremas, conlleva la necesidad de que los animales así explotados presenten características de adaptación al medio que les permitan vivir y producir en él. Por ello, la conservación de la rusticidad de nuestras razas ovinas autóctonas es una premisa fundamental en cualquier programa de mejora genética que se emprenda para las mismas.

La rusticidad es un carácter complejo que está integrado por otros más simples. Dependiendo de las condiciones de cada medio estos caracteres son:

- Resistencia a factores climáticos adversos (calor, frío, humedad,...)
- Resistencia a factores agroecológicos extremos (escasez de alimento, falta de agua, aprovechamiento de alimentos groseros, capacidad de marcha en medios orográficos abruptos,...)

**TABLA Nº1.** Progreso relativo sobre un carácter según el número de caracteres incluidos en un programa de selección, suponiendo que no hay correlación entre ellos (McDaniel, 1976).

Nº de caracteres seleccionados	Progreso relativo en el primer carácter (%)
1	100
2	71
3	58
4	50
6	41
8	35
10	32

- Resistencia a enfermedades parasitarias e infecciosas.

Estos caracteres tienen el gran inconveniente de ser difícilmente medibles, por lo que raramente se integran en un criterio de selección.

Sin embargo, su evolución en un plan de mejora no presenta excesivos problemas cuando en el criterio de selección se incluyen únicamente caracteres relacionados con la actividad reproductora de los animales y la selección se efectúa en el medio ambiente en que el animal ha de vivir y producir, ya que los individuos inadaptados presentarán peores resultados reproductivos y tenderán a desaparecer.

Por el contrario, cuando en el criterio de selección se incluyen caracteres de crecimiento, pesos e índices de transformación postdestete y conformación y calidad de canal es necesario tomar precauciones ya que todos están correlacionados positivamente con el peso adulto. Un incremento en el peso vivo de los reproductores adultos acarreará un aumento del formato de la raza, con lo que la rusticidad se resentiría al romperse el equilibrio existente entre las necesidades nutritivas de los animales y la capacidad productiva de recursos alimenticios del medio y al resultar más dificultoso para el animal desenvolverse en un medio orográfico abrupto. No obstante, sería necesario el estudio del tamaño óptimo de la raza en las condiciones de explotación de los animales ya que, a priori, no podemos saber si el aumento del formato adulto que pueda tener lugar al seleccionar por alguno de los caracteres mencionados incide de manera positiva o negativa en la economía de la explotación, ni la relación existente entre tamaño y eficacia productiva.

## **2. CARACTERES DE LA REPRODUCCIÓN**

En ganado ovino, al igual que en otras especies ruminantes, los costes de producción por hembra reproductora son notablemente superiores a los correspondientes a otras especies monogástricas pro-

ductoras de carne. La causa fundamental es la baja tasa reproductiva de las especies ruminantes. Por consiguiente, en aquellas explotaciones ovinas en las que no existan fuertes limitaciones en cuanto a recursos alimenticios o de mano de obra, el incremento de la productividad numérica se convierte en el principal objetivo de selección (Large, 1970; Espejo y Júdez, 1972; Gabiña, 1983).

La productividad numérica o número de corderos producidos por oveja y ciclo es un carácter complejo que incluye a otros más simples y de más fácil manejo. Estos son:

- Precocidad sexual.
- Fertilidad.
- Prolificidad.
- Viabilidad de los corderos.
- Estacionalidad sexual.

Estos caracteres se componen, a su vez, de otros más simples, como son la tasa de ovulación, la fertilización ovular, la mortalidad embrionaria, los niveles hemáticos de FSH, LH, PRL, ..., el ardor sexual, las características maternas de la oveja, etc.

Esta complejidad motiva que la elección como criterio de selección del número de corderos producidos por oveja y año no resulte aconsejable. Tomar como criterios de selección caracteres compuestos por otros más sencillos incrementa la incidencia de factores no genéticos y tiende a disminuir la heredabilidad del carácter con lo que se reduce la efectividad de la selección. Por contra, la elección de los caracteres más simples como criterios de selección tropieza con la dificultad de su observación y medición con técnicas sencillas que puedan ser aplicadas en el desarrollo de un programa de mejora genética y, además, su determinismo genético es mal conocido. Por consiguiente, nos vemos obligados a trabajar con criterios menos simples, pero de fácil medición y que no expresen el resultado global del proceso reproductivo.

Otros problemas ligados a la elección de los caracteres de la reproducción como criterios de selección son:

- Se hallan sujetos a una fuerte incidencia de factores ambientales.
- Sus heredabilidades y repetibilidades son bastante bajas. Sin embargo, el valor de las estimas de la heredabilidad tiende a aumentar con la edad de la oveja y el número de partos que sean tenidos en cuenta para el cálculo de este parámetro.
- Su medición solo puede realizarse en un solo sexo. En consecuencia, los moruecos han de ser valorados a partir de los rendimientos de las ovejas emparentadas con ellos.
- Sus resultados proporcionan datos categóricos, al ser la escala de medida discontinua con pocas clases, lo que plantea problemas a la hora de aplicarles la metodología lineal.

Vamos a analizar, a continuación, los caracteres utilizables, en las condiciones actuales, como criterios de selección.

### 2.1. Precocidad sexual

La precocidad sexual entendida como la edad a la cual puede tener lugar la primera cubrición efectiva se corresponde con el primer resultado de fertilidad constatado. Dado que la edad a la primera cubrición va a depender fundamentalmente de la decisión del ganadero, de acuerdo con el sistema de explotación elegido por este, la variabilidad fenotípica observable para este carácter será reducida y acotada en un intervalo corto de tiempo. Como consecuencia de ello, las influencias no genéticas pueden impedir la estimación de la componente genética del carácter.

Por otro lado, la heredabilidad que presenta es muy baja (Gabiña y col, 1983), por lo que es un carácter difícilmente seleccionable. Resulta, por ello, más interesante la posibilidad de asimilar sus mediciones a la fertilidad.

Otras medidas sujetas a la variabilidad genética de la precocidad sexual, como podrían ser la observación endoscópica de los ovarios o el control de celos desde el inicio de la pubertad, pierden todo su interés por la complejidad de su realización en las condiciones de explotación habituales de nuestros rebaños.

### 2.2. Fertilidad

La fertilidad se define como el porcentaje de hembras gestantes sobre el total de hembras puestas a cubrición. Debido a la dificultad que presenta la determinación del estado gestante de la oveja, este parámetro suele referirse al porcentaje de hembras paridas, hablándose entonces de fertilidad práctica o aparente.

Este carácter está sujeto a importantes variaciones de origen ambiental. Por ello, el hecho de que una oveja no quede gestante en una cubrición no resulta indicativo del resultado que presentará dicha hembra en cubriciones sucesivas.

La heredabilidad y repetibilidad de este carácter son muy bajas (del orden de 0,03 y 0,08), por lo que incrementarla es difícil y su utilización como criterio de selección es desaconsejable.

### 2.3. Viabilidad de los corderos

La viabilidad de los corderos se define como el porcentaje de corderos que sobreviven hasta una determinada edad. La mortalidad de corderos está condicionada fundamentalmente por factores no genéticos imputables a la madre, siendo su heredabilidad muy baja. Por ello, la mejora de este carácter debe abordarse prioritariamente mediante la mejora de las condiciones de explotación y manejo.

### 2.4. Estacionalidad sexual

La fertilidad en época de baja actividad sexual o, lo que es lo mismo, la ausencia de anoestro estacional en la oveja es un carácter con una importante incidencia en los resultados económicos de las explota-



ciones ovinas ya que los corderos procedentes de las cubriciones de esta época (primavera) alcanzan en el momento de su venta (noviembre/diciembre) las máximas cotizaciones anuales en los mercados nacionales.

A nivel individual, el método más adecuado para la evaluación directa del carácter estacionalidad sexual es la determinación de la duración del período de inactividad ovárica. Otra posibilidad para la medición directa de este carácter es hacerlo en base a la duración de los períodos de actividad sexual aparente nula, esto es, sin manifestaciones de celo. En ambos casos, la naturaleza de las mediciones requeridas para la estimación de los valores correspondientes a la duración del período anoéstrico es excesivamente compleja, máxime en las condiciones de explotación habituales en nuestros rebaños.

Resulta, pues, necesario recurrir al empleo de medidas indirectas relacionadas con este carácter. Entre estas destacan por su mayor interés:

- a) La determinación del intervalo entre partos.
- b) La estimación de la fertilidad durante el período de anoestro estacionario.

La eficacia como estimador de la estacionalidad sexual del primero de estos parámetros no es excesivamente alta debido a la inferencia de numerosos factores externos en los valores medibles del mismo (edad del animal, régimen alimenticio, duración de la lactación y, en general, las técnicas de manejo a que son sometidas las ovejas). Otra dificultad inherente es el hecho de que en un sistema de tres partos cada dos años las corderas llegan a su primera cubrición en distintas épocas, por lo que sería necesario evaluar el carácter en corderas procedentes de la misma paridera y, por tanto, de edad y desarrollo similares. Todo ello, junto con el hecho de que su heredabilidad no parece tener un valor distinto de cero, hacen aconsejable prescindir de este

parámetro para la evaluación de la actividad sexual de la oveja en época de anoestro estacionario.

En lo referente al segundo de los parámetros de medición indirecta, es probable que el empleo de criterios más precisos como puede ser el intervalo entre partos con posterioridad a los partos de invierno resulte más aconsejable siempre y cuando se consigan aquilatar de una manera efectiva los efectos ambientales que influyen de forma importante sobre este carácter.

## **2.5. Prolificidad**

La prolificidad o número de corderos producidos por parto es un importante componente de la productividad ponderal en la oveja, contribuyendo más a la diferencia en el peso total de carne de cordero destetado producido por oveja que la tasa de crecimiento de los corderos. Es de todos los caracteres ligados a la actividad reproductora el que presenta una mayor heredabilidad y repetibilidad, por lo que su utilización como criterio de selección permite obtener un mayor progreso genético. Además, es fácil de medir.

Si bien su heredabilidad es baja cuando se considera un solo parto, el valor de esta aumenta al considerar un mayor número de partos alcanzando valores del orden de 0,30 en el tercer parto.

## **3. CARACTERES DE CRECIMIENTO, CONFORMACIÓN Y CALIDAD DE LA CANAL DE LOS CORDEROS**

En el crecimiento de los corderos es preciso diferenciar dos etapas:

### **• Etapa predestete:**

Durante esta etapa el crecimiento del cordero dependen de forma casi exclusiva de los cuidados de la madre y, en particular, de su producción lechera, como lo demuestra el hecho de que la correlación existente entre dicha producción lechera y el crecimiento del cordero es muy alta, alcanzando valores del orden de 0,7 a 0,9.

En menor medida, depende del vigor del propio cordero y de su capacidad para transformar el alimento. Por consiguiente, la aptitud del cordero para el crecimiento durante esta etapa es, en gran medida, una manifestación del genotipo de la madre.

Los caracteres de crecimiento predes-tete tienen una heredabilidad media-baja. Así, para el peso a las ocho semanas su valor es de 0,23 con un intervalo de variación de 0,05-0,63 (Carabaño y col., 1985).

• **Etapa postdestete:**

Durante esta etapa la alimentación del cordero se basa en el consumo de concentrados junto con una pequeña cantidad de forraje. Por consiguiente, su crecimiento va a depender únicamente de su propio potencial genético y de factores externos al animal.

Los caracteres de crecimiento postdestete tienen una heredabilidad media-alta, con un valor medio de 0,41 y un rango de variación de 0,23-0,58. Se trata, por consiguiente, de caracteres fácilmente mejorables. No obstante, están correlacionados positivamente con el peso adulto, por lo que su inclusión como criterio de selección en un programa de mejora conllevaría un incremento en el formato de la raza y, en consecuencia, una pérdida de rusticidad. Por ello, su inclusión en los programas de mejora de razas ovinas autóctonas españolas no resulta, en principio, aconsejable.

En relación a las características de la canal (conformación y calidad), los parámetros que pueden ser incluidos como criterios de selección dentro de un plan de mejora para una raza de aptitud cárnica vendrán dados por aquellas características organolépticas de la misma que el consumidor sea capaz de detectar y por las relativas al rendimiento carnicero de la canal. La incidencia que para el productor de carne ovina puede tener la mejora de estas características va a venir dada por la rigidez de los mercados en los que ofer-

ta su producto y la posible repercusión en la rentabilidad de la explotación ovina.

Al igual que los caracteres de crecimiento postdestete, los caracteres que definen la conformación y calidad de la canal tienen una heredabilidad media-alta. Por otra parte, las correlaciones fenotípicas entre los distintos caracteres no presentan valores negativos, salvo en algún caso concreto, por lo que es de esperar una respuesta efectiva a la selección de estos caracteres. No obstante, su elección como criterios de selección debe rechazarse al estar correlacionados positivamente con el peso adulto. Para evitar su deterioro y con independencia de los caracteres incluidos en el criterio se pueden adoptar las siguientes medidas:

- Tener en cuenta, en el momento de la elección de los futuros reproductores, fundamentalmente los machos, el aspecto externo de los animales.

- Investigar los posibles métodos de manejo de la alimentación que limiten los efectos desfavorables sobre la calidad de la canal.

## VI. EVALUACIÓN GENÉTICA DE LOS REPRODUCTORES

De acuerdo con la teoría general de la mejora genética la producción de un animal, esto es, el valor fenotípico para un determinado carácter medido en un individuo y relacionado con su producción va a venir dado por su genotipo y el medio ambiente en que produce. El genotipo es la dotación genética o conjunto de genes que posee el animal y la parte del fenotipo debido a él es su valor genotípico. El medio ambiente engloba el cúmulo de circunstancias en las que el animal vive y produce y que alteran la expresión del genotipo.

Los caracteres de importancia económica tienen una forma de herencia sumamente compleja. Su herencia está determinada por un gran número de genes de

pequeño efecto de los que se desconoce el número de ellos, su situación en los cromosomas, sus formas alélicas, frecuencias génicas, frecuencia de recombinación y la importancia de cada gen en la determinación del carácter. Por ello, es necesario recurrir a técnicas estadísticas que consideran al genotipo como una variable aleatoria cuyo valor se debe predecir.

La predicción del valor genético está basada en la utilización de la información recogida en los controles de producción y el parentesco con otros animales también incluidos en el control. La forma de combinar toda esta información es mediante la utilización de modelos estadísticos.

Un modelo estadístico es una descripción matemática simplificada de la producción de un individuo. De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el modelo más simple sería:

$$Y_i = G_i + E_i$$

donde:

$Y_i$  es el *valor fenotípico* del animal para el carácter considerado.

$G_i$  sería el *valor genotípico* del animal para dicho carácter.

$E_i$  sería la *desviación ambiental* o fracción del valor fenotípico debida a factores ambientales.

Este tipo de modelo se conoce como modelo *aditivo* pues supone que los efectos actúan de forma que su acción conjunta es la suma de la de cada uno de ellos.

El valor genotípico o valor genético aditivo de un animal viene dado por la fracción de su valor fenotípico susceptible de ser transmitido a su descendencia.

Los factores incluidos en la desviación ambiental puede descomponerse en:

1. Aquellos factores que son identificables, fácilmente medibles y que afectan a

grupos de animales por igual (ej., rebaño, año, tipo de parto, nº de parto, sexo del cordero, etc.). Al conjunto de estos se les conoce como *macroambiente*.

2. Aquellos otros factores ambientales desconocidos, difíciles y/o costosos de medir y que afectan a los animales de forma individual (ej., una enfermedad, una característica física peculiar, etc.). El conjunto de estos se denomina *microambiente*.

Por consiguiente, en el caso particular de la producción de carne de ovino la expresión fenotípica de los caracteres de mayor interés para su inclusión en un criterio de selección, prolificidad y velocidad de crecimiento, va a venir dada por una serie de factores que motivaran las variaciones observables en los resultados productivos de los animales. Estos factores pueden ser fijos (macroambiente) o aleatorios (valor genotípico y microambiente).

## 1. FACTORES FIJOS

En este grupo se incluyen aquellos factores que pueden ser identificados y cuantificados independientemente y que motivan diferencias sistemáticas en producción en grupos distintos de animales.

Así, la prolificidad puede verse afectada por el rebaño, el año, el mes de nacimiento, el número de parto y la edad de la hembra en producción. Por su parte, el crecimiento se ve influido por el rebaño, el año, el mes, el número de parto y la edad de la madre del cordero en crecimiento, el tipo de nacimiento de dicho cordero y su sexo.

### 1.1. El rebaño

Se refiere a todos los animales que forman parte de un mismo rebaño y que, por tanto, están sometidos a las mismas condiciones de manejo y experimentan los mismos acontecimientos. Este factor coincide con el factor ganadería cuando en esta existe un solo rebaño. En caso contrario hay que definir también el factor ganadería.

## 1.2. El año

Se refiere al año en que tiene lugar la medición del carácter considerado. Podemos encontrar diferencias entre grupos de animales que han producido en diferentes años o dentro de un mismo animal entre sus producciones correspondientes a años distintos. Estas diferencias se deben a todo lo que puede cambiar de un año a otro: condiciones climatológicas, manejo, calidad de la mano de obra, etc.

## 1.3. El mes, época o estación

El mes en el que tiene lugar la producción puede influir en los valores de esta, originando diferencias debidas a algunas de las mismas causas mencionadas para el factor año. Estas diferencias presentan una cierta periodicidad de modo que se repiten en los mismos meses, épocas o estaciones.

## 1.4. La edad y el número de parto

Estos factores expresan el grado de madurez de la hembra productora o madre del animal que dio lugar a la producción. La prolificidad de una oveja aumenta en general hasta los 4 años, estabilizándose entonces y disminuyendo paulatinamente a partir de los 7 años. El número de parto no es asimilable a la edad ya que dos ovejas pueden tener el mismo número de parto a distintas edades. Sin embargo, incluye una gran parte de la diferencia entre edades aunque no toda.

## 1.5. El tipo de parto

El tipo de parto, esto es, el número de corderos habidos en el parto incide significativamente tanto en la producción lechera de la oveja como en el peso al nacimiento de los corderos. En ambos casos, las producciones son superiores en los partos simples. No obstante y para el caso del peso la influencia del tipo de parto se va reduciendo a medida que los animales crecen.

## 1.6. Sexo

A este factor se le atribuyen las diferencias en crecimiento y pesos entre machos y hembras. Los primeros tienen una velocidad de crecimiento superior a las hembras, alcanzando pesos más altos.

## 2. FACTORES ALEATORIOS

Son aquellos factores no cuantificables separadamente, ya que aunque se conocen las causas en conjunto, no son ni separable ni incluso a veces identificables. Se supone que se distribuyen normalmente con media cero y sus varianzas se representan por parámetros como la heredabilidad, la repetibilidad y las correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales.

### 2.1. Factores genéticos aditivos

La parte heredable, esto es, la componente genética aditiva, del valor fenotípico de un animal es la debida a los efectos aditivos de los genes. Es sobre esta fracción de la varianza total del carácter a seleccionar sobre la que habrá de trabajar el mejorador. Esta parte se representa por la heredabilidad, que es la proporción de la varianza total cuyas causas son genéticas aditivas. Dicho de otro modo, es la proporción del comportamiento genético susceptible de transmitirse de una generación a la siguiente. De hecho, el efecto aditivo es el único efecto genético que no está supeditado a la presencia de alelos concretos en los otros genes. Los otros efectos genéticos, la dominancia y la epistasia (enmascaramiento de la expresión de un gen por otro gen no alélico), están condicionados, en el primer caso, por el alelo situado en el mismo locus del cromosoma homólogo y, en el segundo, por las cadenas que preceden y siguen al gen en cuestión.

### 2.2. Factores ambientales permanentes

Cuando la expresión de un carácter se repite varias veces durante la vida de un animal algunos efectos permanecen de

una producción a otra para el mismo individuo. Estos son los efectos permanentes. Dentro de los efectos permanentes están incluidos los efectos aditivos, los efectos genéticos no aditivos y otros efectos que, aun siendo no genéticos, son específicos de cada animal. La fracción de la varianza total debida a estos efectos, expresada como proporción de la varianza fenotípica, es lo que se conoce como repetibilidad. Eliminando de los efectos permanentes el valor genético aditivo obtenemos el denominado efecto ambiental permanente (nótese que incluye otros efectos genéticos).

### **2.3. Factores maternos**

Cuando se actúa sobre caracteres en los que incide la influencia materna, los efectos de los factores maternos son una importante fuente de variación tanto genética como ambiental. Así, los caracteres de crecimiento medidos en el cordero antes del destete están fuertemente influenciados por su madre, ya sea por la alimentación u otros cuidados maternos. Estos efectos maternos son ambientales con respecto al cordero, pero arrojan una predicción del valor genotípico de la madre para sus cualidades maternas, lo que podría ser un criterio de selección para las ovejas. En estos casos, la variabilidad observada para el carácter puede desdoblarse en componentes de varianza directos (debidos al genotipo del cordero) y maternos.

### **2.4. Factores ambientales temporales**

La parte del valor fenotípico de un animal para un carácter dado que no puede atribuirse a alguno de los factores anteriormente citados incluye el residuo, el error, el ambiente temporal y, en su caso, los efectos genéticos no aditivos. Llamamos ambiente temporal a la condición específica del animal en el momento de arrojar esa producción. El error se debe a la incertidumbre, imposible de corregir, que acompaña a cualquier medida. Aquellos efectos cuyas causas no se pueden explicar representan el residuo no identi-

cado. Cuando el carácter estudiado no se repite durante la vida del animal (como los pesos a edades fijas) la parte debida a efectos genéticos no aditivos se incluye también en este residuo.

### **2.5. Correlaciones**

Las correlaciones miden las relaciones que pueden existir entre los diferentes efectos de los factores aleatorios. La correlaciones genéticas permiten predecir la incidencia que la selección de un carácter tendrá sobre otro correlacionado con él. Las causas de los comportamientos genéticos correlacionados son la pleiotropía de los genes (un solo gen tiene un amplio rango de efectos fenotípicos), que es la que más puede interesar al mejorador debido a su persistencia, y su presencia o no en el mismo cromosoma, causa más o menos lábil en función de la distancia entre genes en un mismo cromosoma. La distinción entre ambas causas no es posible hoy por hoy.

Por otro lado, algunos efectos ambientales pueden influir en varios caracteres siempre en una misma dirección dando origen a las correlaciones ambientales.

### **2.6. Cosanguinidad**

La consanguinidad puede afectar a los resultados productivos de los animales de dos maneras. Por un lado, tiene un efecto negativo sobre los rendimientos (depresión por consanguinidad). Por otro, reduce la varianza aditiva y, por consiguiente, las posibilidades de la mejora.

En general, un modelo será tanto más descriptivo cuanto mayor sea el número de los efectos arriba descritos que se expliciten en él. El modelo estadístico que se utilice para una evaluación genética debe ser aquel que mejor describa la realidad biológica de una producción. No obstante, la inclusión de un número excesivo de efectos en el modelo complicaría en exceso los cálculos matemáticos consiguientes, que podrían llegar a ser irrealizables. Por consiguiente, es necesario

alcanzar un compromiso entre el modelo ideal y el modelo operacional.

Una vez alcanzado un compromiso sobre los factores de variación fijos y aleatorios, salvo los factores genéticos aditivos, a incluir en el modelo de predicción la decisión a tomar es qué efectos genéticos aditivos se tendrán en cuenta y, como consecuencia, cuales serán las necesidades de cálculo. Las posibles alternativas son el origen de los distintos modelos clásicos de los que los más utilizados en ganado ovino extensivo son el "modelo padre" y el "modelo animal".

En el modelo padre el único efecto genético incluido es el del padre del animal. Un modelo padre genérico sería:

$$Y_{ij} = \mu + M_j + 1/2 up_j + E_i$$

donde:

$Y_{ij}$  representa el valor fenotípico de una animal para un carácter determinado.

$\mu$  es el valor medio del carácter.

$M_j$  engloba a todos los factores fijos ambientales considerados (macroambiente).

$up_j$  es el valor genotípico del padre del animal que produce  $Y_{ij}$ .

$E_i$  incluye todos los efectos ambientales no conocidos o no controlados.

En este caso el resto del valor genético ( $1/2um_i + \theta_i$ ) se supone desconocido y se incluye en  $E_i$ . Este modelo es relativamente fácil de utilizar y no tiene un alto costo computacional. Sin embargo adolece de varios defectos entre los que destacan que no tiene en cuenta el parentesco por vía materna, considera que los apareamientos se realizan al azar y que no existen relaciones entre los padres.

El modelo más completo y efectivo para la descripción del valor fenotípico de un carácter es el llamado "modelo animal", que se diferencia de modelos anteriores en que el efecto genético incluido es el del propio animal que produce el dato. La ecuación sería:

$$Y_{ij} = \mu + M_j + u_i + E_i$$

donde:

$Y_{ij}$  representa el valor fenotípico de una animal para un carácter determinado.

$\mu$  es el valor medio del carácter.

$M_j$  engloba a todos los factores fijos ambientales considerados (macroambiente).

$u_i$  es el valor genotípico del animal que produce  $Y_{ij}$ .

$E_i$  incluye todos los efectos ambientales no conocidos o no controlados.

Las principales ventajas del modelo animal son las siguientes:

- Se utiliza toda la información fenotípica del control de producciones combinada con todas las relaciones de parentesco que se conozcan. La evaluación genética de un animal se lleva a cabo utilizando toda la información disponible, tanto por vía paterna como materna.

- Tiene en cuenta el que los apareamientos sean dirigidos, así como el que la población pueda estar sometida a selección.

- Se obtiene una evaluación simultánea de todos los animales del control de producciones, de sus padres y sus madres, de forma que son comparables entre sí.

El principal problema que conlleva la adopción de este modelo es su elevado coste computacional, por lo que sólo ha podido ser utilizado a partir del desarrollo de sistemas informáticos avanzados.

Dentro del modelo animal y en función de la naturaleza del carácter a evaluar y de la información disponible podemos hacer uso de un modelo aditivo simple, un modelo con datos repetidos (incluye efectos ambientales permanentes), un modelo con efectos maternos (que incluye los efectos maternos sobre las producciones de los hijos) o un modelo animal multicaácter.

Para los caracteres que hemos definido como de elección, prolificidad y crecimiento, podemos proponer los siguientes modelos:

- Prolificidad:

$$Y_{ijklmn} = \mu + G_i + A_j + E_k + O_l + a_m + p_m + e_{ijklmn}$$

donde

$G_i$ : es el efecto de la ganadería.

$A_j$ : es el efecto del año.

$E_k$ : es el efecto de la estación.

$O_l$ : es el efecto de la edad de la oveja al parto.

$a_m$ : es el valor aditivo.

$p_m$ : es el valor ambiental permanente.

$e_{ijklmn}$ : es la variación ambiental temporal.

- Crecimiento:

$$Y_{ijklmnop} = \mu + G_i + A_j + E_k + O_l + T_m + S_n + d_p + m_o + q_o + E_{ijklmnop}$$

donde:

$Y_{ijkln}$ : Peso del cordero  $n$ , nacido en el rebaño  $i$ , en el año  $j$ , en la estación  $k$  y de sexo  $s$ . La madre tuvo un tipo de parto  $m$  con una edad  $l$ .

$R_i$ : Efecto del rebaño sobre el peso del cordero.

$A_j$ : Efecto del año.

$E_k$ : Efecto de la estación de nacimiento del cordero.

$O_l$ : Edad de la madre en el momento del parto.

$T_m$ : Modo de nacimiento del cordero (tipo de parto).

$S_n$ : Sexo del cordero.

$d_p$ : Valor aditivo directo del cordero.

$m_o$ : Valor aditivo materno.

$q_o$ : Valor ambiental permanente materno de  $o$  (la madre de  $p$ ).

$E_{ijklmnop}$ : Efecto de todos los demás factores no explicitados en el modelo.

Una vez que se ha establecido un modelo de evaluación, el siguiente paso es calcular las predicciones del valor

genotípico de cada animal y las estimas de los efectos ambientales. De los distintos métodos utilizados con este fin, el más moderno y potente es el conocido método *BLUP* (Best Linear Unbiased Predictor). Este método tiene las siguientes propiedades:

- Permite la valoración conjunta de corderos y reproductores, no siendo en este último caso necesario disponer de información relativa al carácter evaluado, y la estima de los factores hijos.

- La variabilidad de las predicciones de los valores genéticos alrededor de su valor auténtico es la más pequeña en relación con otros métodos (Varianza del error de predicción mínima).

- Conforme el número de animales aumenta, el valor predicho se acerca más al auténtico.

- La correlación entre los valores auténticos y los predichos es máxima en comparación con otros métodos.

## VII. ORGANIZACIÓN DE LA SELECCIÓN

Una vez efectuada la evaluación genética de los animales integrados en la población sujeta al plan de mejora y seleccionados aquellos que actuarán como reproductores para dar lugar a la siguiente generación, la utilización de estos puede hacerse siguiendo esquemas de diferente complejidad. La adopción de un esquema determinado vendrá condicionado por la consecución de un óptimo entre el progreso genético que permita alcanzar y el coste que ello represente.

La respuesta a la selección o progreso genético esperado en un plan de mejora, esto es, el cambio temporal de la media de un carácter o de una combinación lineal de varios caracteres puede expresarse en términos anuales como:

$$R = (i \cdot \sigma_p \cdot h^2) / l$$

donde:

- $i$  es la *intensidad de selección* que se define como la superioridad media del conjunto de padres seleccionados sobre la población de su procedencia. Es inversamente proporcional al porcentaje de animales seleccionados. Por consiguiente, cuanto mayor sea la población base y menor el número de animales seleccionados mayor será la intensidad de selección y, por ende, el progreso genético obtenido.

- $\sigma_p$  es la *varianza fenotípica* del carácter.

- $h^2$  es la *heredabilidad* del carácter.

- $l$  es el *intervalo generacional*, que puede definirse como la edad media de los padres cuando sus descendientes seleccionados como futuros reproductores del rebaño nacen. Un aumento del intervalo generacional tendrá como consecuencia una disminución del progreso genético a obtener.

Por consiguiente, una vez definido el criterio de selección y conocidas, por tanto, la heredabilidad y varianza fenotípica de los caracteres que lo integran, la optimización del progreso genético se conseguirá incrementando la intensidad de selección y reduciendo el intervalo generacional en la medida de lo posible. Ambas actuaciones se hallan limitadas por condicionantes tales como el tamaño de la población a mejorar, el número de animales a evaluar, el ciclo biológico de la especie, las técnicas de manejo de los rebaños y el método de evaluación.

A continuación se describen los tres esquemas fundamentales de organización de un plan de mejora basado en la selección de los que se derivan múltiples variantes.

#### a) Selección intra-rebaño.

Como su nombre indica, en este caso la selección de los animales se efectúa sobre los efectivos de cada rebaño, sin

que exista entrada de reproductores procedentes de otras explotaciones. Cuando se está acometiendo la mejora genética de una raza el interés de esta opción es nulo. Además su puesta en práctica puede conducir a un aumento de la consanguinidad en las explotaciones y, por otro lado, en aquellas explotaciones con un nivel genético bajo la mejora se podría alcanzar más rápidamente mediante la introducción de reproductores procedentes de rebaños con un nivel genético superior.

#### b) Selección estratificada.

Este sistema consiste en la agrupación de los rebaños en tres categorías diferenciadas por el tipo de actuaciones que llevan a cabo en el contexto global del plan de mejora. Estas categorías son:

- Rebaños élite.
- Rebaños de multiplicación.
- Rebaños comerciales.

Los rebaños élite, esto es, aquellos con un nivel genético superior son los responsables de suministrar reproductores a los rebaños de multiplicación, quienes aseguran una producción de reproductores suficiente para atender las necesidades de los rebaños comerciales.

Este sistema presenta dos grandes ventajas: la simplicidad de organización, y por ende la reducción de los costes de control, y su efecto multiplicador.

Por contra, presenta dos graves inconvenientes. Por un lado, requiere un acierto completo en el reconocimiento de los rebaños de mayor nivel genético. En caso contrario, todas las actuaciones realizadas en el marco del plan de mejora pueden conducir a un retroceso en los valores de los parámetros productivos de la población. Por otro lado, cuando el criterio de selección incluye caracteres con una baja heredabilidad, el progreso genético dependerá en gran medida de la intensidad de selección que se aplique y esta es



necesariamente baja cuando se actúa sobre una base poblacional reducida.

c) Selección cooperativa.

En este sistema la selección se efectúa sobre la totalidad de los animales de la población sujeta al plan de mejora, al menos en el caso de los machos. No existe, pues, un núcleo de selección cerrado compuesto siempre por las mismas ganaderías.

Este sistema presenta las siguientes ventajas:

- Al aumentar la base poblacional sobre la que tiene lugar la selección, se contará con una mayor variabilidad y se podrán aplicar intensidades de selección más altas, máxime en el caso de utilizar inseminación artificial. Por consiguiente, el progreso genético obtenido será mayor.

- Al no existir escalones intermedios en la utilización de los reproductores seleccionados la difusión del progreso genético será también mayor.

La principal desventaja de este sistema viene dada por las necesidades de una cadena de control más amplia con lo que los costes del programa de selección son mucho más elevados.

Una variante de los esquemas descritos resulta de la combinación de la selección estratificada y la selección cooperativa. Esta variante consiste en que el núcleo de selección no sea cerrado, como en el caso de la selección estratificada, sino que cada año entren a formar parte de él un mayor número de ganaderías de modo que se amplíe la base de selección. Se denomina "porcentaje de apertura" del núcleo al porcentaje de hembras que ingresan anualmente en el mismo.

Cuando se evalúa el progreso genético esperado en estos sistemas se obtiene que este es mayor en el caso de un núcleo parcialmente abierto que cuando el núcleo es cerrado, siendo máxima la

diferencia cuando el porcentaje de apertura es del 50%. En cualquier caso, el mayor progreso genético se alcanza mediante la puesta en práctica de un sistema cooperativo.

## **VIII. PROGRAMAS DE MEJORA GENÉTICA EN RAZAS OVINAS DE APTITUD CÁRNICA**

A continuación se exponen, a modo de ejemplo y de una forma simplificada, los programas de mejora que se desarrollan en algunas de las principales razas ovinas comunitarias y nacionales.

### **1. PROGRAMA DE MEJORA DE LA RAZA RAVA EN FRANCIA**

Es un programa apropiado para razas de censo reducido y cuando se cuenta con escasos recursos económicos. Se inició en 1981 fijando como objetivo la mejora de la prolificidad y del valor lechero.

Tras la cubrición de las mejores ovejas con los mejores machos se seleccionan de su descendencia los 20 mejores corderos, ingresando estos en un Centro de Cría de Machos. Cuando alcanzan los 8-9 meses de edad son sometidos a una selección por parte de una comisión técnica constituida al efecto, eliminándose el 25% de estos machos. De los 15 restantes, unos diez se destinarán a cubrir en monta dirigida a las mejores ovejas para así obtener los corderos que iniciarán un nuevo ciclo. El resto de machos son difundidos en la parte no controlada de la población.

### **2. PROGRAMA DE MEJORA DE LA RAZA LACAUNE DE CARNE EN FRANCIA**

Es un programa apropiado para razas de censo moderado o alto siempre que la red de control de rendimientos funcione adecuadamente y se cuente con la necesaria infraestructura y medios económicos. Se inició en 1968 con los ganaderos de la UNICOR, siendo continuado en 1975 por la cooperativa OVI-TEST.

El objetivo del plan de mejora es mejorar la productividad de los rebaños. Como criterios de selección principales se consideran la prolificidad, la fertilidad, la ausencia de estacionalidad sexual y el valor lechero. Como criterios secundarios se incluyen el crecimiento y el rendimiento, conformación y estado de engrasamiento de la canal.

A los ganaderos participantes en el programa se les exige, entre otros requisitos, aceptar la propiedad colectiva de los machos y aplicar una alta tasa de reposición de hembras (25%) de las que la mitad serán hijas de machos probados y la otra mitad hijas de machos en prueba. El programa se puede dividir en tres fases:

- Selección por ascendencia.

Los mejores machos se aparean con las mejores hembras. Los corderos nacidos entran al Centro de Control Individual (CCI) a las 5-7 semanas de edad.

- Selección individual.

En el CCI los corderos son alimentados "ad libitum" durante tres meses. Tras estos una comisión de expertos los valora por su conformación y su estado de carnes.

- Selección por descendencia.

Con el semen de los mejores corderos se realizan las inseminaciones necesarias para obtener unas 40 hijas por cordero. Estas hijas permanecen en los rebaños como reposición y sirven para la valoración de los machos en prolificidad y valor lechero, determinando este último a través del crecimiento de la descendencia entre los 10 y los 30 días de edad.

### **3. PROGRAMA DE MEJORA DE LA RAZA RASA ARAGONESA**

Este programa de mejora se inició en 1977 en los rebaños controlados por el Servicio de Mejora Ovina de la Excm. Diputación Provincial de Zaragoza.

El criterio de selección empleado es la prolificidad media de al menos tres partos corregida para los efectos edad y época de parto. Otros criterios secundarios son el intervalo entre partos y el valor de producción de leche estimado a partir del crecimiento predestete de la descendencia. Los machos son seleccionados por el valor de su madre. Los mejores ingresan en un Centro de Machos donde son entrenados para su utilización en inseminación artificial. Con estos machos se insemina a las mejores ovejas de cada rebaño. De los corderos nacidos los mejores pasan a reponer los machos del Centro, mientras que el resto sirven de reposición en cada ganadería.

### **4. PROGRAMA DE MEJORA DE LA RAZA MERINA EN LA DEHESA DE CASTILSERAS**

Este programa se inició en 1984 fruto del acuerdo suscrito entre el INIA de Madrid y la empresa Minas de Almadén, propietaria de la finca. En esta se explotaba en régimen extensivo un rebaño de 12.000 ovejas adultas agrupadas en rebaños de 1.000 cabezas. Sobre uno de estos rebaños se aplicó el programa de mejora cuyo objetivo era la mejora del crecimiento de los corderos y los criterios de selección empleados eran el peso a los 30 días y el crecimiento predestete.

En este programa se utilizó por primera vez en nuestro país la metodología BLUP para la valoración de los animales. De este modo, se obtenía la valoración de todos los animales del rebaño, contasen o no con registros de producción, para los caracteres indicados. Utilizando la valoración de los corderos vivos se dejaba para reposición aquel grupo con mayor valor genético y el resto se sacrificaba. En el caso de que hubiera dos corderos con igual valoración se prefería a aquel que procediera de parto doble.

La valoración de los adultos se utilizaba, en el caso de los moruecos, para elegir los que se emplearían en monta controlada y, en el caso de las hembras, para

eliminar las de menor valor siendo cubiertas las demás los machos seleccionados.

#### 5. PROGRAMA DE MEJORA DE LA RAZA SEGUREÑA

Este programa de mejora se inicia en 1993 bajo la dirección y coordinación de la ANCOS y las Administraciones involucradas.

Los objetivos de selección son, en orden de importancia, incrementar la productividad numérica por oveja y ciclo, mejorar la aptitud maternal de la oveja y aumentar la tasa de crecimiento de los corderos, con la restricción de mantener el formato actual de la raza y, finalmente, aumentar la fertilidad contraestación.

Los criterios de selección aplicados son:

- Para las hembras élite, que serán inseminadas con machos testados: prolificidad a partir del primer parto y en un mínimo de tres partos, fertilidad contraestación y crecimiento predestete propio y familiar.

- Para los machos en testaje: prolificidad de las hijas en sus tres primeros partos y crecimiento predestete propio y familiar.

Los machos finalmente seleccionados tras el proceso de testaje como machos mejorantes serán utilizados para inseminar a las hembras que, por su valoración, alcancen la categoría de "hembras élite". Las hijas se destinan a reponer la población de hembras del núcleo de control, mientras que de los hijos los 40 mejores son ingresados en el Centro de Inseminación Artificial para su testaje, los siguientes se destinan a reposición en las ganaderías del núcleo de control y el resto se cederá al resto de ganaderías.

#### IX. UTILIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA ENTRE RAZAS. CRUZAMIENTO

A finales del siglo XIX se inicia una corriente para mejorar la producción de la carne de cordero, partiéndose de razas del Norte de Inglaterra caracterizadas por su gran tamaño y buena conformación, que son cruzadas con diversas razas en Europa, Australia y Norteamérica donde anteriormente se habían introducido los *Merinos*. El origen de estos cruces es la raza *LEICESTER*, característica por su lana larga y basta (Longwool), que mejoran las características cárnicas de los *Merinos* pero a costa de perder finura de lana y rusticidad. Así surgieron las razas francesas:

- *ILE de FRANCE*, si bien la fijación de esta raza se llevó a cabo con posterioridad a los cruzamientos mediante selección,

- *BERRINCHON de CHER*, obtenida igual que la anterior pero seleccionada hacia un tipo menos huesudo.

- *MERINO PRECOZ*, aunque ésta última según los franceses no lleva sangre *LEICESTER* sino que fue el resultado de una selección en raza pura de *Merinos* importados para caracteres laneros y de rusticidad y, posteriormente, para conformación.

Más recientemente, la raza *LINCOLN* (también de tipo Longwool) fue cruzada con ovejas *Merinas* dando origen a las razas *COLUMBIA* y *CORRIEDALE*, explotadas en Estados Unidos, Nueva Zelanda, Australia y Rusia, muy poco conocidas en nuestro país.

Las razas *TEXEL* y *MILCHSCHAF*, muy difundidas en los Países Bajos y Alemania son también del tipo Longwool.

Otro tronco que dio lugar a razas cárnicas es el tipo Shortwool, siendo el origen de estas las *DOWN*, que se caracterizan por tener una mejor conformación y

un menor tamaño que las Longwool, estando muy bien adaptadas a climas húmedos de tipo marítimo. Se utilizan como cruce terminal en Inglaterra y Nueva Zelanda. Las razas más representativas de este tronco son la *SOUTHDOWN*, la *SUFFOLK* y la francesa *CHARMOISE*.

Con posterioridad se ha acometido la obtención de razas más prolíficas a partir del cruzamiento de razas locales con las raza *ROMANOV* y *FINESA*.

Los sistemas de cruzamiento habituales son:

#### A) CRUZAMIENTO INDUSTRIAL.

Se realiza para la mejora de los caracteres de crecimiento y calidad de la canal de los corderos destinados al sacrificio mediante la utilización de machos de razas de gran formato de procedencia, generalmente, francesa, británica o germánica sobre nuestras razas autóctonas.

Estos cruzamientos comenzaron a ser promocionados en nuestro país hace unos cuarenta años por el Ministerio de Agricultura. Las razas de aptitud cárnica más utilizadas como parentales son la *ILE de FRANCE*, la *MERINO PRECOZ* y la *FLEISCHSCHAF* y en menor medida la *LANDSCHAF*, la *BERRINCHON de CHER*, la *CHARMOISE*, la *TEXEL* y la *SUFFOLK*.

La utilización de una u otra raza va a venir dada por:

- Las condiciones de explotación.
- El tipo de cordero a producir.
- Las características productivas de la raza materna.

Los resultados obtenidos del cruzamiento industrial con estas razas extranjeras indican que el crecimiento e índice de conversión mejoran notablemente (en torno al 20%) así como la calidad de la canal, no existiendo diferencias apreciables entre las razas de padres para los citados criterios siempre que los pesos de

canal no superen los 12-13 kg. A pesos de sacrificio más elevados hay algunas experiencias que indican que la raza *SUFFOLK* puede ser superior a otras como la *FLEISCHSCHAF*, si bien las diferencias nunca son superiores al 10%.

Globalmente, las ventajas de los corderos cruzados sobre los de raza autóctona en pureza son más ostensibles cuanto mejores son las condiciones de explotación y mayor es el peso al sacrificio. No obstante, si bien el peso máximo al que es interesante llegar utilizando el cruce industrial sobre nuestras razas autóctonas depende del formato de la raza madre, de acuerdo con algunas experiencias realizadas con pesos de sacrificio elevados (de hasta 40 kg.) parece que por encima de los 17-18 kg. de canal en los machos y 15 kg. de canal en las hembras el estado de engrasamiento puede resultar excesivo, incluso para los gustos del mercado europeo.

Los inconvenientes que puede presentar la utilización de estas razas foráneas como machos para el cruzamiento industrial con las razas autóctonas son:

- Su falta de adaptación a la climatología (gran sensibilidad al calor).
- Poca aptitud para la marcha.
- Caída de la actividad sexual en primavera (anoestro estacionario más marcado que en las razas autóctonas).

#### B) CRUZAMIENTO CON RAZAS PROLÍFICAS.

La fertilidad, estacionalidad sexual y viabilidad de los corderos en nuestras razas autóctonas es relativamente buena y, por consiguiente, difícil de mejorar por cruzamiento ya que no existen razas que presenten grandes ventajas respecto de los citados caracteres. Por el contrario, la precocidad sexual y la prolificidad sí pueden ser mejoradas utilizando otras razas.

Entre las razas que se utilizan destacan la *ROMANOV* y la *FINESA*, que han sido bien descritas. Otra raza de alta prolificidad es la *GALLEGA*, pero presenta

muchas limitaciones para su uso como mejorador de la prolificidad de otras poblaciones, debido principalmente a su reducido formato.

Desde la década de los 70 se han venido realizando en España experiencias relativas a la utilización de la raza *ROMANOV* con varias razas autóctonas obteniéndose en todos los casos resultados similares. Las conclusiones alcanzadas en una experiencia relativa al cruzamiento de la *RASA ARAGONESA* con la *ROMANOV* y la *FINESA* realizada en 1973 fueron las siguientes:

a) La obtención de F1 no presenta problemas específicos y sus resultados no se diferencian de los obtenidos con Raza Aragonesa (R.A.) en cualquier época del año. los machos F1 crecen más (15% para Romanov y 10% para Finesa) que los Rasos y producen canales ligeramente mejores que las de estos.

b) Las hembras F1 se cubren más pronto que las R.A. (30% vs 15% de fertilidad a los 7 meses), pueden reproducirse en las mismas épocas que éstas con resultados de fertilidad similares y producen un 50% más de corderos por parto (30% para la Finesa).

c) La mortalidad de corderos entre el nacimiento y los 100 días de edad es del 15% para las hembras F1 y del 8% para las R.A. Las características de crecimiento de los corderos y de sus canales son similares para las tres razas cuando se practica el cruce industrial.

d) Las F1 pesan más que las R.A. y producen más lana. No hay diferencias en la incidencia de abortos.

e) Los resultados obtenidos con la F1 resultante del cruce con Romanov son siempre superiores a los del cruce con Finesa.

Posteriormente se evidenció una mayor incidencia de enfermedades pulmonares y una mayor sensibilidad a los parásitos gas-

trointestinales tanto de los corderos como de los animales adultos de esta F1.

A la vista de los resultados podría llegarse a la conclusión de que para mejorar la prolificidad de nuestras razas autóctonas en un plazo corto el cruzamiento con la raza Romanov parece ser la técnica más adecuada. No obstante, hay que tener en cuenta que el brusco incremento en el porcentaje de partos múltiples que se obtienen en este caso trae consigo un aumento en las necesidades de suplementación de las ovejas así como de mano de obra para atender la paridera y de instalaciones para conseguir un buen ahijamiento de los corderos.

El incremento de la prolificidad por medio de cruzamientos está recibiendo, desde hace poco tiempo, un tratamiento nuevo en algunos programas de mejora, después de haber sido puesto en evidencia, en la raza Merino Booroola de Australia, que algunas ovejas presentan valores de prolificidad muy elevados debido a que poseen en su dotación génica un alelo dominante (alelo F) que se transmite por herencia mendeliana simple, esto es, su forma de herencia se ajusta a la de cualquier gen mayor. Las ovejas portadoras de este alelo tienen una prolificidad superior a 2, siendo las hijas de los machos u ovejas homocigotos FF prolíficas en un 100%, mientras que las hijas de machos u ovejas heterocigotos son prolíficas en un 50%, en ambos casos con independencia de la otra raza.

La consecuencia más importante de este tipo de herencia es que se puede llegar a constituir una población de alta prolificidad, formada por una pequeña parte de sangre Booroola y el resto de la raza autóctona con lo que la adaptabilidad al medio de este cruce de alta prolificidad es prácticamente idéntico al de la raza madre. La táctica a seguir para la consecución de este genotipo sería el retrocruzamiento sucesivo de la F1 Booroola x Raza autóctona con la raza autóctona, conservando siempre los animales portadores del gen.

Sin embargo la utilización de la raza Booroola presenta una serie de inconvenientes entre los que destacan:

- La dificultad para identificar a los animales portadores del gen y, en caso afirmativo, si son homocigotos o heterocigotos.
- La segregación de tipo mendeliano del gen F originará un mayor porcentaje de partos simple, triples y cuádruples que en el caso del cruzamiento con otras razas prolíficas como la Romanov.

**C) CRUZAMIENTO A DOBLE ETAPA.**

Representa un sistema global de producción que utiliza tres razas especializadas cuando las condiciones del medio imponen el que en algunas zonas tenga que persistir alguna raza rústica. Esta raza rústica, insustituible en su medio, puede sin embargo usarse parcialmente para producir por cruzamiento con moruecos prolíficos, hembras de prolificidad intermedia que se adapten a situaciones mejoradas. En estas condiciones estas ovejas F1 (rústica x prolífica) puede cubrirse con moruecos de cruce industrial sacrificándose todos los corderos procedentes de este último cruzamiento F1 x raza de carne, ya que la reposición de las F1 se hace a partir de corderas cruzadas obtenidas de la raza rústica.

La justificación más importante de este sistema es aprovechar la interacción genotipo medio que hace que en A la mejor raza sea la rústica y en segundo lugar se trata de aprovechar la heterosis que, para el conjunto de caracteres que

determinan el número de corderos producidos al año, tienen las F1. Sin embargo presenta una serie de inconvenientes, a saber:

- Complejidad organizativa considerable, sobre todo cuando las diferencias entre A, B y C no son muy netas.
- Obliga a mantener una población de ovejas rústicas que oscila entre el 30% y el 50% del total de ovejas en todo el sistema para asegurar la reposición de los rebaños de A y B.

**BIBLIOGRAFÍA**

ALENDA, R. (1985). Consideraciones sobre los objetivos de un programa de mejora genética en el ganado vacuno de carne. Monografía sobre vacuno de carne. ONE.

ALONSO, A. y ALENDA, R. (1989). Programas de selección. OVIS, Mejora Genética III, 23-30.

ANALLA, M. (1996). Valoración genética de reproductores y selección de ovino Segureño: un estudio de simulación. Tesis Doctoral, E.T.S.I.A.M. de la U.C. Córdoba, 1996.

ANALLA, M., MUÑOZ, A., CRUZ, J.M. y SERRADILLA, J.M. (1995). Estimation of genetic parameters of growth traits in Segureña lambs. Joorunal of Animal Breeding and Genetic nº 112, 183-190.

CARABAÑO, M.J., JURADO, J.J., ALENDA, R., DIÉGUEZ, E. y GÓMEZ, E. (1985). Objetivos y desarrollo de un programa de mejora genética en un rebaño de ovino de carne. OVINO (Monografía ONE), 88-98.

Tipo de medio	Raza de padre	Raza de madre	Destino de los corderos	
			Machos	Hembras
(A) Pobre	Rústica	Rústica	Reposición A y sacrificio	Reposición A y B
(B) Intermedio	Prolífica	Rústica	Sacrificio	Reposición C
(C) Bueno	Carne	F1	Sacrificio	Sacrificio

- ESPEJO, M., FLAMANT, J.C. y VALLS, M. (1978). Curso de mejora genética de ovino y caprino. Centro Internacional de Altos estudios Agronómicos Mediterráneos (Zaragoza).
- GABIÑA, D. (1985). La mejora genética del ganado ovino de aptitud cárnica en España. *OVINO* (Monografía ONE), 77-85.
- JURADO, J.J., CARABAÑO, M. (1989). Nuevas técnicas estadísticas en la mejora genética. *OVIS*, Mejora Genética III, 41-52.
- JURADO, J.J. y ALONSO, A. (1990). Aplicación de las modernas técnicas estadísticas a los esquemas de selección de ganado ovino de aptitud cárnica en situaciones extensivas en España. Apuntes VI Curso de Especialización en Mejora Animal. I.N.I.A. y U.C.M. Madrid, 1994.
- JURADO, J.J., SÁNCHEZ, A., ALONSO, A., ALENDA, R. y CARABAÑO, M. (1986). Plan de selección de un rebaño de ganado Merino en la dehesa de Castilseras. Publicaciones de Extensión Agraria.
- McDANIEL, B.T. (1975). Selection goals for dairy cattle. National Workshop on genetics improvement of dairy cattle. St. Louis, Missouri.
- SERRADILLA, J.M., MUÑOZ, A. y CRUZ, J.M. (1992). Valoración genética y selección de reproductores de la raza ovina Segureña. *Ovis* nº 20, 51-61.
- VALLS, M. (1977). La selección de las poblaciones locales de ovinos destinadas a la producción de carne. Comunicaciones INIA, Serie Producción Animal nº 2.

**IX**  
**MEJORA GENÉTICA DEL**  
**GANADO CAPRINO**

**JUAN M. SERRADILLA MANRIQUE**

*Profesor Titular Fisiogenética*  
*Departamento de Producción Animal*  
*ETSIAM*  
*Universidad de Córdoba*





## INTRODUCCIÓN

Para entender cual es el actual grado de desarrollo de los programas de mejora genética del ganado caprino es necesario conocer sus distribución y ubicación geográfica. La mayor parte del censo caprino del mundo se concentra en áreas menos desarrolladas y está ligado a una economía de subsistencia. Su principal orientación productiva es la producción de cabritos.

La explotación caprina de aptitud fundamentalmente lechera es propia de áreas del mundo más desarrolladas, en las que la leche de cabra se consume una vez procesada industrialmente o transformada en otros productos, principalmente quesos. En Europa, la casi totalidad de la leche de cabra se destina a la fabricación de quesos y, con un 3% del censo mundial, se produce el 22% de la leche de cabra (Gall. 1981). Pero, incluso en Europa, la explotación de la cabra se localiza, en general, en las regiones menos desarrolladas y en los medios más desfavorables, con sistemas de explotación muy variables que van desde el extensivo (casi siempre con pastoreo) hasta el intensivo estabulado.

Existen solo unos pocos programas efectivos de mejora genética del ganado caprino en el mundo. Estos programas se circunscriben a razas de cabras lecheras en países desarrollados, en los que está bien estructurado el sector productivo (asociaciones de productores) en lo que se refiere a la comercialización de la leche y la relación entre el sector productor y el transformador. Francia y estados Unidos pueden considerarse países líderes en lo que al desarrollo de la mejora del ganado caprino se refiere. España está en una situación de desarrollo de dichos planes, con muy escasos resultados efectivos en la actualidad.

Metodológicamente, la mejora genética del caprino lechero sigue las mismas pautas que la del vacuno lechero, fundamentándose en la selección en raza pura. Dos de los principales factores condicio-

nantes de la eficacia de la selección de las cabras lecheras son el sistema de reproducción predominante (la monta natural) y el tamaño de los rebaños (en general pequeño).

## OBJETIVOS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

El objetivo de la selección es siempre un objetivo económico, frecuentemente complejo, que depende de factores derivados del sistema productivo y del mercado del producto. El producto comercializado y su forma de pago son determinantes del objetivo de selección. En el caso de la producción caprina lechera en Europa, el producto principal es la leche y su principal destino el queso, por lo que el objetivo de selección es, normalmente, producir más cantidad de queso por cabra. Si el sistema de pago de la leche al productor no está relacionado con este objetivo (como es el caso en España en donde la leche se paga en la actualidad en función de la cantidad entregada con una prima por contenido graso) se produce una discrepancia entre el objetivo de la selección deseable para el productor y el que interesa al transformador. No obstante, esta discrepancia es temporal, porque la tendencia lógica es a que las industrias paguen la leche en función de su contenido proteico, tal y como ya ocurre en otros países europeos.

El tipo de cabrito que demanda el mercado, particularmente en los países mediterráneos, es un cabrito lechal (sacrificado entre los 30 y los 45 días de edad), por lo que aunque la producción de cabritos constituye una parte importante de los ingresos de la explotación, no existe incompatibilidad entre el objetivo de selección mencionado en el párrafo anterior y el deseable incremento de peso de los cabritos producidos por cada cabra.

Los criterios de selección son caracteres medibles, relacionados con el objetivo de selección, más sencillos que éste y de cuya selección se espera una mejor res-

puesta que seleccionando directamente para el objetivo. Normalmente, o no es posible medir el objetivo de selección, o es tan complejo que tiene una heredabilidad muy baja, por lo que es necesario seleccionar caracteres más simples, con una heredabilidad mayor, para conseguir el objetivo de selección.

El principal determinante del rendimiento quesero de la leche es la concentración de proteína coagulable o concentración de caseínas. La cantidad de queso producido por lactación es directamente proporcional a la cantidad total de caseína que se ha producido en dicha lactación. Debido a la correlación genética negativa que existe entre la cantidad de proteína coagulable y la concentración de ésta en la leche, es imprescindible considerar ambos caracteres como criterios de selección.

La medida de la concentración de caseínas en la leche requería hasta hace poco procedimientos costosos y lentos, por lo que en lugar de ésta se ha utilizado como criterio de selección la concentración de proteína total (las caseínas y las proteínas del suero). En la actualidad existen métodos analíticos automáticos, rápidos, fiables y poco costosos, para medir la concentración de caseínas en la leche (Díaz Carrillo y col. 1992) pero estos métodos no han sido incorporados aún a los esquemas de control lechero oficiales.

Ciertos caracteres anatómico-morfológicos (particularmente los relacionados

con las ubres) deben formar parte de los criterios de selección si se quiere mejorar la longevidad productiva de las cabras. Idealmente, estos criterios de selección deberían estar combinados con los de producción y riqueza de la leche en un índice de selección. es decir, un criterio único que permita al ganadero elegir los reproductores en base a un solo valor. Esto requiere un buen conocimiento de las relaciones genéticas entre los caracteres y sus contribuciones relativas en los ingresos totales que obtiene el ganadero por cabra en producción (pesos económicos relativos). Estos conocimientos no se dan en el caso de las cabras en la actualidad, por lo que lo más frecuente en los programas de selección existentes es proporcionar al ganadero información sobre el valor de mejora de los reproductores relativa a cada criterio por separado, o, en algunos casos, un índice de los valores de mejora relativos a la cantidad de materia proteica y concentración de proteínas, por un lado, y el valor de mejora de la calificación morfológica, por otro lado.

Avances recientes en el conocimiento de la genética de las caseínas han permitido establecer la relación existente entre el polimorfismo genético de la caseína  $\alpha_{S1}$  y el contenido de caseínas de la leche  $y$ , por tanto, a un mayor o menor rendimiento quesero de ésta. En las razas francesas Alpina y Saanen, se han encontrado tres tipos de formas alélicas del gen de la caseína  $\alpha_{S1}$ : alelos asociados a un contenido alto, a un contenido medio y a un contenido bajo de caseínas (Tabla 1).

**Tabla 1.-** Clasificación de los alelos de la caseína  $\alpha_{S1}$  según el nivel de síntesis de caseína.

Contenido en caseína	Alelo $\alpha_{S1}$	Tasa caseína
Alto	A, B y C	3,6 g/l
Medio	E	1,6 g/l
Bajo	F y D	0,6 g/l
Nulo	Q	Ausencia $\alpha_{S1}$

Fuente Grosclaude et al, 1987.

**Tabla 2.** Medias mínimo-cuadráticas (derecha) y medias aritméticas (izquierda) de las concentraciones (g./100g) de proteína y caseínas en la leche de cabras de raza Malagueña con diferentes genotipos de la caseína  $\alpha_{S1}$ . (Medias con letras diferentes son significativamente distintas al nivel de  $P < 0,05$ )

Genotipo (n)	Proteína	Caseína	Caseína as	Caseína b	Caseína k
<b>AE (18)</b>	3,37a 3,39b	2,56b 2,55b	0,88a 0,89a	1,31b 1,27c	0,43a 0,42ab
<b>BB (43)</b>	3,50a 3,51a	2,70a 2,68a	0,84a 0,84b	1,46a 1,44a	0,45a 0,44a
<b>BE (21)</b>	3,47a 3,50a	2,61b 2,60b	0,85a 0,85b	1,38ab 1,37ab	0,45a 0,44a
<b>EE (95)</b>	3,41a 3,40a	2,60b 2,61b	0,84a 0,85b	1,38ab 1,38ab	0,43a 0,44b

Fuente: Angulo y cols. 1996

En algunas de las razas españolas, como la Malagueña y la Payoya, estudiadas hasta el momento, también se han encontrado estas relaciones entre el polimorfismo del gen de la caseína  $\alpha_{S1}$  y la concentración de caseínas en la leche (Tabla 2).

Las frecuencias de los alelos asociados a concentraciones altas y medias de caseína son mayores en las razas españolas que en las francesas (Tabla 3).

### FACTORES AMBIENTALES DE VARIACIÓN

Entre los numerosos factores de naturaleza ambiental, tanto extrínseca como intrínseca al animal, que influyen en los

caracteres productivos de las cabras, hay una serie de ellos que permiten clasificar a los animales en categorías y que pueden ser, por lo tanto, tenidos en cuenta (corregidos) cuando se trata de estimar el valor genético de un reproductor. Estos factores son: La edad al parto, el número de orden del parto o lactación, el mes o estación y el año del parto, el tipo de parto o número de cabritos habidos en el parto, el número de ordeños diarios y el rebano en el que está la cabra.

Las diferencias de edad en un mismo número de orden de parto son significativas solamente en la primera lactación. Las máximas producciones corresponden a la segunda, tercera y, más raramente, cuarta lactaciones. La producción mínima corresponde a la primera lactación.

**Tabla 3.** Frecuencias alélicas de la caseína  $\alpha_{S1}$  en varias razas de cabras

Alelos	Saanen	Alpina	Murciano-Granadina	Malagueña	Canaria
<b>A</b>	0,07	0,14	0,08	0,09	0,28
<b>B</b>	0,05	0,06	0,23	0,09	0,32
<b>C</b>	0,01	-	-	-	-
<b>D+O</b>	-	-	0,02	0,13	0,20
<b>E</b>	0,34	0,41	0,59	0,65	0,20
<b>F</b>	0,41	0,43	0,08	0,04	-
<b>O</b>	0,03	0,05	-	-	-

Fuente: Jordana y cols. 1996

Las diferencias de producción entre lactaciones que comienzan en distintas estaciones son debidas, fundamentalmente, a diferencias en su duración.

El factor número de cabritos no siempre da lugar a diferencias de producción. Parece estar asociado, cuando es significativo, al efecto del amamantamiento natural de éstos.

Las producciones de cabras ordeñadas dos veces al día se incrementan considerablemente (entre un 10 y un 30%) en relación con las de un ordeño diario (Hernández, 1991; Díaz carrillo, 1993).

El factor más inclusivo de todos los considerados es el factor rebaño. Engloba multitud de factores microambientales, de manejo, sanitarios, alimentarios, etc. Refleja las diferencias de producción media de los distintos rebaños y se puede considerar debido a dos grandes componentes: la puramente ambiental y la debida a las diferencias de nivel genético medio de los rebaños.

Las concentraciones de grasa, proteína y el extracto seco total de la leche varían de manera inversa a como lo hace la producción, tanto durante cada lactación como cuando se comparan producciones totales de distintas lactaciones. Por lo tanto, las influencias sobre estos parámetros de los factores mencionados anteriormente es de naturaleza inversa a la que tienen sobre la producción de leche. La concen-

tración más variable es la correspondiente a la grasa y la menos variable la de las proteínas.

Las interacciones entre algunos de estos factores son importantes, particularmente las existentes entre los factores año y estación de parto y el rebaño.

## FACTORES GENÉTICOS DE VARIACIÓN

La raza es una de las causas de variación genética más importantes, pero escasamente aprovechable en la mejora genética del ganado lechero, excepto si se realizan cruzamientos de absorción de una raza menos productiva por otra mejorada. Las diferencias genéticas de más interés para la selección son las que pueden existir entre individuos de una misma raza. Estas diferencias se estiman, en función de las diferencias fenotípicas o totales, observando las semejanzas entre individuos emparentados y se indican mediante el parámetro heredabilidad.

Las estimaciones de heredabilidad de los caracteres de interés en ganado caprino son escasas, frecuentemente poco precisas y muy variables (Tabla 4). La imagen general que se obtiene de ellas es que son bajas para los caracteres reproductivos, medias-bajas para la producción de leche y medias-altas para las concentraciones de sólidos en la leche y para los caracteres de crecimiento de los cabritos.

**Tabla 4.** Rangos de variación y valores medios de las estimas de la heredabilidad de los caracteres de producción y contenidos de los principales componentes de la leche de cabra.

Carácter	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio	Nº estimas
<b>Producción de leche/lactación</b>	0,16	0,68	0,40	33
<b>Producción de proteínas/lactación</b>	0,23	0,60	0,37	9
<b>Producción de grasa/lactación</b>	0,10	0,64	0,42	20
<b>Tasa de proteína media/lactación</b>	0,41	0,71	0,52	10
<b>Tasa de grasa media/lactación</b>	0,16	0,66	0,5	19

Fuente: Estimaciones propias a partir de una revisión de Jiménez-Gamero y cols. 1995.

Otro parámetro importante, que aunque no indica variación genética si establece un límite superior a ésta, es la repetibilidad: La correspondiente a la producción de leche por lactaciones, en general, elevada (entre un 40% y un 70%). Lo mismo ocurre con las repetibilidades de las concentraciones de sólidos en la leche. esto quiere decir que los valores de estos caracteres se repiten bastante de una lactación a otra de una misma cabra.

Las correlaciones genéticas entre los diferentes caracteres determinan como varían unos al seleccionar otros. Es necesario su conocimiento para obtener los índices de selección que permiten seleccionar con un solo criterio varios caracteres. Son muy pocas las estimaciones existentes de correlaciones genéticas entre caracteres productivos en caprino. Son siempre positivas las correlaciones genéticas entre cantidades (cantidad de leche y cantidad de productos sólidos producidos, ya sea en un ordeño o en toda la lactación). Son también positivas las correlaciones genéticas entre las concentraciones de los componentes sólidos de la leche (grasa y proteína, por ejemplo). Son negativas las correlaciones genéticas entre las producciones y las concentraciones de productos sólidos. Un aspecto importante es la correlación genética positiva que existe entre la concentración de proteína coagulable y la de proteína total, que ha permitido seleccionar indirectamente la primera empleando como criterio de selección la segunda. El tamaño de la camada y el peso adulto son dos caracteres reproductivos que presentan correlaciones genéticas positivas con la producción de leche (

Cuando se tiene en cuenta el polimorfismo del gen de la caseína  $\alpha_{s1}$ ; es decir, cuando se estima la heredabilidad de los caracteres de producción y concentración de proteínas de individuos portadores de alelos de la misma categoría, se reduce considerablemente la heredabilidad de estos caracteres. esto indica que una buena parte de las diferencias genéticas entre las cabras para estos caracteres son debi-

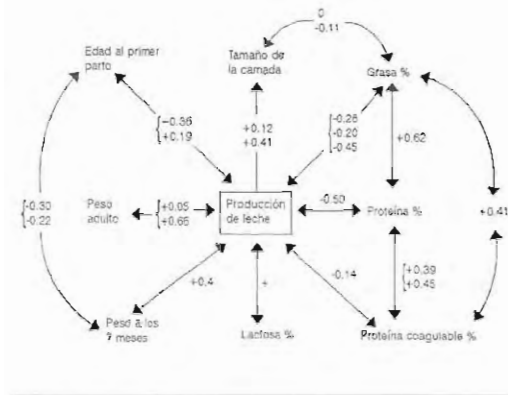


Figura 1. Correlaciones genéticas.  
Fuente: Ricordeau, 1981

das a que tienen diferente genotipo para este gen mayor (Barbieri y cols. 1995).

### ESTIMACIÓN DEL VALOR GENÉTICO DE LOS REPRODUCTORES

Los métodos empleados para estimar el valor genético de los reproductores de caprino son los mismos que los del vacuno lechero. En los años 70 y 80 se empleó el método de compañeras de establo, en la actualidad se emplea el BLUP modelo animal.

En el caso de los programas de selección de las razas Murciano-Granadina y Malagueña, el modelo empleado ha sido:

$$Y_{ijklm} = RAE_j + Nl_k + Tp_l + No_m + u_i + p_i + e_{ijklm}$$

Donde:

Y es el valor del caracteres medido en el animal evaluado.

RAE es la combinación de niveles de los efectos rebaño, año y estación de parto.

Nl es el efecto del número de lactación.

Tp es el efecto del tipo de parto o número de cabritos.

$N$  es el número de ordeños diarios.

$u$  es el valor genético aditivo o valor de mejora del animal.

$p$  es el efecto permanente (efectos ambientales que afectan al animal durante toda su vida productiva, estimado por la repetición del carácter de un parto a otro).

$e$  es el error o componente residual.

Con este modelo se lleva a cabo simultáneamente la corrección de los efectos ambientales descritos (considerados factores fijos) y se predice el valor genético aditivo del individuo  $u$ . Este valor es siempre relativo, bien a la media de todos los animales evaluados o a la media de la primera generación de antepasados de los que se dispone de información (generación base). Este valor  $u$  nos indica la diferencia entre el valor medio esperado de la descendencia del animal evaluado en relación a la media de referencia.

Se llevan a cabo valoraciones independientes para cada carácter, producción de leche, producciones de grasa, proteína y extracto seco por lactación, concentraciones medias de grasa y proteína y extracto seco. En algunos casos (en las valoraciones genéticas de las cabras Alpinas y Saanen en Francia, por ejemplo) se combinan los valores BLUP para cantidad de proteína por lactación y para concentración media de proteína en un índice.

Existen una serie de circunstancias que determinan el sesgo y la precisión de las predicciones obtenidas con el modelo animal. Las principales son:

- La estructura poblacional y genética de las ganaderías del núcleo de selección. (N.S.) esta estructura está condicionada fundamentalmente por el sistema de reproducción empleado. Con la I.A. se logra un mayor grado de conexión (flujo de genes) entre las ganaderías, lo que redundaría en que el N.S. se comporte al cabo del tiempo como un único rebaño en selección.

- En el caso en el que el sistema de reproducción es la monta natural (M.N.), el manejo reproductivo (M.N. dirigida o libre), el tamaño de las explotaciones y el movimiento conocido de reproductores entre rebaños, son también circunstancias esenciales.

En definitiva, estas circunstancias se traducen:

- Cantidad de información genealógica conocida.
- Grado de conexión genética entre rebaños.
- Diferencias de nivel genético medio de los rebaños.

Estas circunstancias determinan también el modelo a emplear en la valoración genética. Se está investigando en la actualidad cual es el modelo de valoración genética más adecuado a las circunstancias de las explotaciones de los N.S. de las razas Murciano-Granadina y Malagueña en España. También se está investigando como se puede incorporar en los modelos de valoración la información del genotipo correspondiente al gen de la caseína  $\alpha_{s1}$ . Dicha información se está utilizando ya en el programa de selección de las razas Alpina y Saanen en Francia para realizar los apareamientos dirigidos y para seleccionar entre los descendientes de dichos apareamientos. Es decir, una vez que los reproductores han sido seleccionados mediante sus valores genéticos para el índice que combina cantidad de materia proteica y concentración de proteína, se eligen los apareamientos entre animales con genotipos homogéneos para el gen de la caseína  $\alpha_{s1}$  y entre los descendientes de estos apareamientos se eligen los chivos que son portadores de los alelos fuertes de dicho gen.

## ESQUEMAS DE SELECCIÓN

El esquema de selección tipo para el ganado caprino lechero es el basado en la I.A., tal y como se lleva a cabo en Francia. Este esquema se estructura en dos etapas (Figura 2): Una primera en la que lle-

va a cabo una selección de chivos machos, candidatos a ser sometidos a prueba de descendencia, por medio de los datos de sus antepasados, y un seguimiento y eliminación de parte de éstos por caracteres de crecimiento, morfológicos y calidad de semen, en centros de I.A. Una segunda fase se basa en la prueba de descendencia o valoración de estos sementales por sus hijas. si bien en esta valoración también interviene la información de sus hembras antepasadas y coetáneas. La elección de los cabritos candidatos a ser probados mediante la prueba de descendencia se hace en el conjunto de los rebaños. La selección de hembras

de reposición se realiza intra-rebaño. Los apareamientos (I.A. de las cabras elegidas) están determinados colectivamente en base a sus valores genéticos y los genotipos de la caseína  $\alpha_{S1}$ .

Existen otros esquemas de selección con prueba de descendencia más flexibles, sin pre-determinación de los apareamientos, en los que el ganadero, al igual que ocurre en el caso del vacuno lechero, escoge el semen que más se ajusta a sus necesidades en un mercado de semen de diferentes machos mejorantes. Este es el sistema que existe en los Estados Unidos.

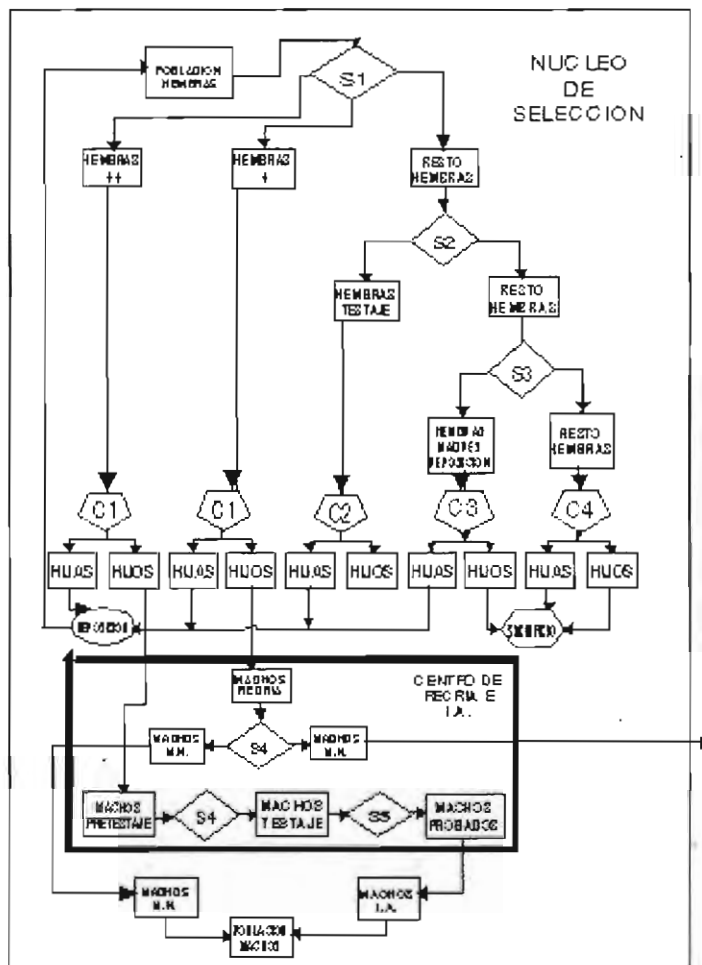


Figura 2. Esquema de selección tipo de un núcleo de ganaderías con I.A.  
Fuente: Sanchez-Palma y Serradilla, 1997



Otros esquemas, como el de la cabra Noruega, son mixtos, combinando un sistema tradicional de rotación de sementales en M.N. (círculos de sementales) por los diferentes rebaños que constituyen el N.S., de forma que tengan hijas en más de un rebaño, con la reciente incorporación de la I.A.

En los casos, como el de las razas españolas, en los que la reproducción se realiza exclusivamente mediante la M.N., generalmente libre e intra-rebaño, la selección debería realizarse también intra-rebaño. Solamente si se supone que no existen diferencias genéticas entre los rebaños, se puede hacer una selección de sementales en el N.S. En este caso, la cría colectiva de sementales permite superar parcialmente algunas de las limitaciones del sistema de M.N., al lograr, con una adecuada distribución de los sementales entre las ganaderías, disminuir la tasa de consanguinidad y establecer conexiones genéticas conocidas entre los rebaños.

## RESPUESTA A LA SELECCIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO

En la situación actual de los N.S. de las razas españolas, las siguientes circunstancias limitan considerablemente la respuesta que cabe esperar con los programas de selección:

- El sistema de lactancia natural de los cabritos hace que el valor del primer control de producción se registre en un periodo en el que el cabrito está aún mamando, con lo que dicho control carece de validez. Habida cuenta de las diferencias que existen en la fecha del segundo control, algunas estimaciones de la producción de las cabras en la primera fase de la lactación son muy imprecisas. Por lo que sería conveniente introducir en el modelo de valoración genética un factor fijo adicional: el intervalo entre el parto y el primer control.

- El sistema de lactancia natural de los cabritos de reposición, puede dar lugar a

subestimaciones de los valores genéticos de las mejores cabras, ya que es costumbre entre los cabreros poner a mamar a estos cabritos de las cabras más productoras de leche, con lo que se produce un infraestimación de la producción de estas cabras

- La frecuencia diaria de ordeños es variable a lo largo de la lactación, con pautas de variación diferentes de unos animales a otros de la misma ganadería y de unas ganaderías a otras. Esto hace difícil establecer unos niveles generales de este factor.

- La escasa validez de los registros de maternidad, resta fiabilidad a las valoraciones genéticas.

- La ausencia de genealogías paternas da también lugar a una corrección inadecuada del efecto rebaño y a una menor fiabilidad y precisión de las valoraciones genéticas.

Existen pocos análisis de tendencias genéticas y respuestas a la selección en caprino lechero. En un estudio de simulación, realizado con los programas de selección aplicados a los censos y parámetros de las razas Murciano-Granadina y Malagueña (Fernández, 1995), se estimó que los incrementos anuales del valor genético estaban comprendidos entre el 1% y el 4% para el carácter producción de leche por lactación y entre 0,05% y 2% y entre 1% y 2,5% para las concentraciones de grasa y proteína, respectivamente. No obstante, los resultados observados son siempre inferiores a los predichos, debido a los errores de las valoraciones genéticas, a intensidades de selección efectivas inferiores a las teóricas y al solape de generaciones. La principal utilidad de estas predicciones es poder comparar esquemas de selección diferentes.

En el mismo trabajo citado anteriormente se llegó a las siguientes conclusiones:

- En general, la respuesta que se obtiene es tanto mayor cuanto mayor es el

número de descendientes de los machos probados y menor el intervalo generacional medio, y cuanto mayor es la heredabilidad del carácter y más información genológica existe.

- La fórmula empleada para el índice de selección (que depende en última instancia de la fórmula de pago de la leche) incide de una manera importante en la ganancia genética esperada.

- Los resultados de los análisis económicos de los programas de selección muestran que éstos son siempre socialmente rentables, sobretodo cuando se establecen con el empleo de la I.A. Sin embargo, el largo periodo de tiempo necesario para recuperar la inversión hace difícil que ésta sea asumida íntegramente por los productores o por alguna otra iniciativa privada..

- Los programas de selección son rentables para los ganaderos del N.S., aunque éstos asuman todos los costes, siempre y cuando generen suficientes ingresos con la venta de la mejora genética a las ganaderías de fuera del N.S. La venta de dosis seminales de machos probados, o de hijos de los machos de cría seleccionados en el caso de un esquema basado en la M.N., constituye un elemento importante de rentabilización de la inversión en el N.S.

## **FUTURO DE LA MEJORA GENÉTICA DEL GANADO CAPRINO**

Los aspectos en los que se está trabajando en la actualidad y en los que se prevé una evolución de los programas de selección del ganado caprino se pueden clasificar en dos categorías: Desarrollos técnicos y desarrollos organizativos y económicos.

### **DESARROLLOS TÉCNICOS**

- Extensión y profundización del uso de la I.A. como sistema de reproducción

para la prueba de sementales y la difusión de la mejora genética.

- Aplicación de otras técnicas de reproducción que mejoran la eficacia de los programas de selección, aumentando la precisión de las valoraciones y, sobretodo, reduciendo el intervalo generacional y aumentando las intensidades de selección y la capacidad de difusión de la mejora genética. (I.A. intra-uterina, T.E.).

- Aplicación de nuevos criterios de selección más directamente relacionados con los objetivos de la selección (concentración de caseínas en la leche) y de marcadores (polimorfismos genéticos de las caseínas).

- Reducción del coste de los programas de selección mediante sistemas de automatización de los controles de rendimiento.

### **DESARROLLOS ORGANIZATIVOS Y ECONÓMICOS**

- Desarrollo de los programas de mejora genética paralelo al desarrollo organizativo del sector productor y al desarrollo de interprofesionales que le permitan coordinarse mejor con el sector transformador. Mayor participación del sector en la financiación y dirección de los programas de mejora.

- En la parte del sector donde predomina la intensificación, cabe esperar una mayor competencia internacional por la difusión de las distintas razas mejoradas. Es posible también la aparición de empresas privadas dedicadas a la selección, empleando tecnologías avanzadas (programas MOET, por ejemplo) y a la difusión (venta) de la genética.

### **BIBLIOGRAFÍA**

ANGULO C., AMILLS M., ARES J.L., JIMÉNEZ I., JORDANA J., SÁNCHEZ, A., SERRADILLA, J.M. 1996. Genetics of caseins and its relation with yield,

- composition and cheese making capacity of milk in Spanish breeds of goats. *47<sup>th</sup> Annual Meeting of the EAAP. Lillehammer, Norway.*
- BARBIERI M.E., MANFREDI E., ELSEN J.M., RICORDEAU G., BOUILLON J., GROSCALUDE F., MAHÉ M.F., BIBÉ B. 1995. Influence du locus de la caséine  $\alpha_{S1}$  sur les performances laitières et les paramètres génétiques des chèvres de race alpine. *Genet. Sel. Evol.* 27:437-450.
- DÍAZ CARRILLO E. 1993. Análisis de los contenidos y producción total de las fracciones caseínicas en la leche de tres razas de cabras españolas. Factores de variación y relaciones con otros componentes lácteos. *Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias, Sección de Biológicas.* 1993.
- DÍAZ-CARRILLO E., MUÑOZ-SERRANO A., ALONSO-MORAGA A., SERRADILLA J.M., BAENA F. 1992. Rapid estimation of main milk components using NIR. En K.I Hildrum, T. Isaksson, T. Naes and A. Tandberg (De.) *Near Infra-red Spectroscopy. Bridging the Gap between Analysis and NIR Applications.* Ellis Horwood. pp. 349-352. 1993
- FERNÁNDEZ REBOLLO R. 1995. Valoración económica de los programas de mejora genética en cabras lecheras andaluzas de las razas Malagueña y Murciana-Granadina. *Trabajo profesional Fin de Carrera. ETSIAM. Universidad de Córdoba.*
- GALL, C. 1981. Goats in agriculture: distribution, importance and development. En Gall, C. (Ed.) *Goat Production.* Academic Press. Cap.1, pp.1-34.
- GROSCALUDE F., MAHÉ G., BRIGNON G., DI TASIO L., JENNET R. 1987 A Mendelian polymorphism underlying quantitative variation of goat  $\alpha_{S1}$ -casein. *Genetics, Selection and Evolution*, 19(4):399-414.
- HERNÁNDEZ FERRER. D. 1991. Bases de un programa de selección de ganado caprino. Controles de producción. *Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.*
- IMÉNEZ GAMERO I., ANALLA M., FALAGÁN PRIETO A. 1995. Parámetros fenotípicos y genéticos. En *Mejora Genética del Ganado Caprino.* OVIS nº38: 47-55.
- JORDANA J., AMILLS M., DIAZ E., ANGULO C., SERRADILLA J.M., SÁNCHEZ A. 1996. Gene frequencies of caprine  $\alpha_{S1}$ -casein polymorphism in Spanish breeds. *Small Ruminant Research.* 20:215-221.
- RICORDEAU G. 1981. Genetics: Breeding Plans. En Gall, C. (Ed.) *Goat Production.* Academic Press. Cap.4, pp.111-169 specials  $\pm$  la population
- SÁNCHEZ PALMA A., SERRADILLA J.M. 1995. Valoración Genética y selección. En *Mejora Genética del Ganado Caprino.* OVIS nº3 8: 57-65.

**X**  
**OBJETIVOS Y NUEVOS  
CRITERIOS DE SELECCIÓN  
PARA CARNE Y LECHE EN  
OVINO Y CAPRINO**

**ANTONIO RODERO FRANGANILLO**

*Catedrático de Genética  
Departamento de Genética y Embriología  
Facultad de Veterinaria  
Córdoba*



## MEJORA GENÉTICA

Como mejora genética animal entendemos un conjunto de métodos y técnicas que pretenden producir un cambio en la estructura genética de las poblaciones de modo que se consiga un incremento económico de las producciones de los animales domésticos.

Es por tanto el paso de una situación a otra mejor, por lo que se introduce un juicio de valor que debe quedar previamente clarificado.

Se exige en la mejora (gráfica número 1): el conocimiento de punto de partida, es decir el análisis de la situación actualmente, la concreción de donde actualmente se quiere llegar, que supone fijar los objetivos de la mejora, y, por último, determinar los métodos que debemos aplicar para conseguir tales objetivos.

El punto de partida de todo proceso de mejora surge de la expresión  $P = G + E$ , donde P representa la expresión fenotípi-

ca del carácter que se pretende mejorar, G, el genotipo del individuo o de la población y E los efectos ambientales.

## FASES DE LA MEJORA

Desde un punto de vista realista la mejora genética de los animales domésticos lleva consigo, entre otras, las siguientes acciones que se expresan en la gráfica número 2. La existencia y reconocimiento de un libro de registro es paso obligado para poder contar con datos que certifiquen las relaciones familiares que posibiliten el análisis genético. La valoración fenotípica generalmente se realiza a través de los controles de producción y constituye el elemento más esencial del proceso y es punto de partida de los cálculos, de forma que una falta de precisión o error en su estimación supone la invalidez de todas las acciones posteriores.

A partir de los controles y aplicando los distintos métodos genéticos apropiados a las distintas circunstancias se logra la

Tabla 1.

### A) RAZAS OVINAS

#### - Latxa y Carranzana

Objetivos: Selección en raza pura  
Producción de leche: lactancia tipificada a los 120 días  
Valoración genética utilizando metodología BLUP (modelo animal con repetibilidad)  
Empleo Inseminación Artificial

#### - Manchega

Objetivos: Producción de leche  
Calidad de la leche  
Control lechero: Extensión lactación  
Empleo Inseminación Artificial  
Valoración genética: utilizando metodología BLUP (modelo animal con repetibilidad)

#### - Churra

Objetivos: Producción láctea tipificada a los 120 días

Mantener rusticidad  
Empleo Inseminación Artificial

#### - Raza Aragonesa

Objetivos: Prolificidad y fertilidad  
Valoración genética por modelo umbral  
Empleo Inseminación Artificial

#### - Raza Segureña:

Objetivos: Crecimiento: Peso destete  
Prolificidad  
Valoración genética: BLUP con tipificación  
Determinación número de hijos por macho

### B) RAZAS CAPRINAS

Objetivos: Cantidad de leche  
Contenido graso  
Contenido proteínico  
Criterio morfológico  
Intervalo entre partos

Valoración genética por BLUP (modelo animal)

valoración genética de los animales que optan a ser elegidos como progenitores de la generación siguiente. De la valoración de los reproductores se pasa de forma fácil a la selección de aquellos animales que se supone reúnen las características más apropiadas para reproducirse de acuerdo con un esquema de selección, que no sólo tendría en cuenta cuál es el método elegido de selección y reproducción sino también una organización adecuada a las condiciones de la especie, raza, y necesidades de las propias ganaderías. Un paso previo tendría que introducirse que es la fijación de los objetivos del plan de mejora, lo que en muchas ocasiones presenta muchas más dificultades de las que pueden esperarse.

En algunos casos, aparece como una labor necesaria la elaboración de un catálogo de sementales, mediante el cual al ganadero y al técnico se le proporciona una información sobre las cualidades genéticas de un conjunto de reproductores que le puede orientar en la elección de aquellos que le sean más apropiadas para la utilización en las hembras de la ganadería.

Elegidos los animales a reproducirse, el siguiente paso consiste en el emparejamiento más adecuado entre machos y hembras. Según proceda reproducir animales emparentados o se intente evitar éstos, se llevará a cabo una reproducción consanguínea o un cruzamiento.

La estimación de la consanguinidad de la población puede ser útil desde distintos puntos de vista, además de incidir en lo dicho en el párrafo anterior. Para obtener un parámetro genético, o para aplicar cualquier método de valoración de reproductores hay que contar previamente con la estima de la consanguinidad para introducirla en los cálculos.

El proceso de mejora no debe acabar en la selección del grupo de animales de élite. La mejora conseguida en ellos, para ser rentable, debe difundirse al mayor número de la raza. Cómo se consigue ello es un problema no sólo genético sino también organizativo y de decisión política. Una exposición más detallada de lo ya reseñado se hace en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Métodos de evaluación de reproductores

**A: PRUEBAS EN ESTACIÓN:**

Valor individual

**B: PRUEBAS DE CAMPO**

Valoración por su descendencia

**MÉTODOS DE SELECCION:**

Núcleos de selección

Pruebas en estación

Machos de referencia o pruebas en reba—o

**VENTAJAS DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL EN UN PLAN DE MEJORA**

- Eficiencia al evaluar el valor genético de los animales
- Intensidad de selección
- Acortar intervalo entre generaciones
- Posibilidad de evaluar un gran número de caracteres

**AUMENTO PROGRESO GENETICO**

- Mejor evaluación
- Difusión de los genes seleccionados en la población

**VENTAJAS DE UTILIZAR LAS PRUEBAS DE PROGENIE + INSEMINACION ARTIFICIAL.**

- Número de hijas suficientemente grande para una estimación del valor genético de los toros.
- Hijas distribuidas en muchos rebaños ---- reducción error debido al medio ambiente.
- Los toros pueden ser probados en edad más joven a la de la monta natural.
- Escaso número de toros de Inseminación Artificial -- **MAYOR INTENSIDAD DE SELECCION**
- Selección más intensa de sementales probados

La gráfica número 3 expone de modo sintético los componentes de un esquema de mejora cada uno de esos componentes van a ser considerados en éste o en los siguientes temas del curso.

Probablemente el núcleo principal, desde el punto de vista genético, lo constituye la evaluación de reproductores, evaluación que según su característica va a determinar de un modo distinto el esquema de selección.

Diríamos, por tanto, que la mejora implica el conocimiento genético de la población y, en segundo lugar el cambio genético. Lo primero supone que hay que utilizar los métodos que logran la caracterización genética de la población. Si se trata de variables cualitativas, para ello, habrá que recurrir a la obtención de las frecuencias génicas y genotípicas; para las variables cuantitativas son los parámetros genéticos los que caracterizan.

Según pues estos dos tipos de variables y el valor de los parámetros genéticos, serán distintas las opciones (gráfica nº 4 tomada de Minvielle, 1990) para la

selección y mejora. Para caracteres cualitativos, basta una selección mendeliana y fenotípica; para los cuantitativos las medidas a tomar dependerán de si la heredabilidad es alta o baja. En el primer caso, procede el cruzamiento; para el segundo, la selección para uno o varios caracteres.

### OBJETIVOS DE LA SELECCIÓN

Quando se propone llevar a cabo un programa de selección normalmente se presenta como principal objetivo el incremento de la producción o de las producciones. Pero no es éste el único fruto u objetivo del proceso selectivo. Podríamos relacionar los siguientes:

- La Mejora de los controles.
- La búsqueda de la financiación.
- La consecución de una ganadería sostenible que respete y proteja el medio ambiente.
- El incremento de las producciones y de la productividad.
- El estímulo del asociacionismo y de la capacidad de organización.

**Tabla 3.** Genética formal de caprinos

**A) ANOMALIAS CROMOSOMICAS**

- Intervalos xx/xy
- Difícil distinguir con intersexos si cuernos
- Translocación 10/12 10/59

**B) PRESENCIA-AUSENCIA CUERNOS**

P-ausencia cuernos masculinización (recesiva)

p-presencia cuernos

Normales pero estériles en masculinización en todas. Intersexos  
Seudomachos

pp y Pp-fértiles

en pp-50% estériles

**C) MAMELLAS**

Gen simple autosómico dominante con penetración completa, pero expresividad variable.  
WW y Ww ---- 7% más prolíficas

**D) BARBAS**

Dominante ligado al sexo

**E) COLORACION**

Bianco de saane, dominante

locus A: 7 alelos: A (tipo salvaje); Ar(rojo); As(gris oscuro);

Ab(rebeco o tejón); Al(negro y fuego con vientre blanco); Ap(negro y fuego con vientre negro); a (negro)

locus B: marrón:



Como una demostración del análisis de los objetivos en un plan de mejora vamos a exponer el caso de ovino de carne.

La tabla nº 5 nos indica algo que ya hemos referenciado. La mejora genética de tales animales pasa por fijar los objetivos, conocer las bases genéticas y los criterios que se van a aplicar en el plan y especifica las herramientas y métodos con que se cuenta para conseguir los objetivos. El objetivo de la selección se define como lo que quiere mejorar el que decide (tabla nº 6). Pero ¿quién decide? Puede ser, y no ser mutuamente excluyente, los responsables gubernamentales de la política ganadera, los propios consumidores, los ganaderos, o los seleccionadores o técnicos. No hace falta indicar que es frecuente que los intereses de cada grupo sean opuestos.

En el caso que tratamos, ovinos de carne, fijaríamos los siguientes posibles objetivos de selección (tabla nº 7):

- Productividad numérica, que incluye la prolificidad, la fertilidad y la estacionalidad reproductiva. Hay que precisar que estos caracteres no se presentan adaptados en su variabilidad a una distribución normal, sino que se definen como caracteres discretos; lo que exige un tratamiento estadístico específico propio de variables umbrales.

En segundo lugar, citaríamos el valor lechero de las madres manifestado a través del amamantamiento de los corderos múltiples. El crecimiento de los corderos representa el objetivo más directamente relacionado con la producción cárnica. Hay que diferenciar el crecimiento antes del destete del postdestete por el significado bien distinto que tienen ambas fases del crecimiento. Por último, podría fijarse como otro objetivo las variables relacionadas con las cualidades de la canal, manifestadas por la conformación del animal, que puede ser estimada "in vivo" mediante las apropiadas medidas y el estado graso, que presenta más dificultades en su control.

**Tabla 4.** Programa de mejora genética

**CAPRINOS**

- Objetivos
- Métodos de selección a seguir
- Difusión de la mejora
- Acciones colaterales
- Estudio de la población y su dinámica
- Informatización
- Diagnóstico de paternidad
- Determinaciones citogenéticas
  
- Caracteres a controlar: Variabilidad  
Heredabilidad  
Valor económico
  
- Correlaciones
- Funciones de producción
- Situación nutricional y sanitaria

**CONTROLES**

- A) Crecimiento:
  - Peso al nacimiento

- Peso al destete
- Peso hasta el 1º parto
- B) De producción
  - Fecha inicio lactación
  - Control producción leche 305 días-100 días
  - Control calidad
- C) Aptitud para ordeño
  - Medidas flujo
  - Frecuencias caída pezoneras
- D) De reproducción
  - Fecha y edad 1º parto
  - Duración gestación
  - Dificultades parto
  - Tipo parto
  - Peso chivos nacidos
  - Hermafroditismo
- E) Morfológicos
  - De la ubre
  - Diámetro caña
  - Perímetro torácico
- F) De nutrición y sanitarias
- G) De partenidad

Dentro del conjunto de herramientas (tabla nº 8) señalamos las siguientes:

1º *Control de rendimientos*. En el ovino de carne (tabla nº 9) supone los cálculos genéticos de los siguientes controles:

- De reproducción, que incluye la filiación maternal y la medida del índice de prolificidad.

- El control del valor lechero, medida por el crecimiento de 10 á 30 días de edad y dará lugar al índice del valor lechero.

- La precocidad, estimado por el crecimiento de los 30 á 70 días.

- El control paternal o filiación paternal, a lo que se incorporaría el índice macho sobre la descendencia.

2º *La Inseminación Artificial* y las nuevas técnicas reproductivas, de las que tendrán ustedes debida información por otros profesores. Solamente le señalamos las siguientes ventajas de la Inseminación Artificial en un plan de mejora, siempre que esta técnica este suficientemente desarrollada (tabla nº 10).

- Eficiencia al evaluar el valor genético de los animales.

- La mejora de la intensidad de selección.

- Acorta el intervalo entre generaciones.

- La posibilidad de evaluar un gran número de caracteres.

- Como consecuencia de todo ello un aumento del proceso genético, que supone una mejor evaluación y una mejora difusión de los genes seleccionados en la población.

3º La implantación de un centro de cría de jóvenes machos dentro del esquema de selección.

4º La existencia de una estación de testaje o de control individual, no siempre como un hecho indispensable dentro del esquema.

5º La organización de las pruebas de descendencia en las propias ganaderías. La posibilidad de conseguir machos de referencia o de conexiones se nos presenta como un hito fundamental; lo que a su vez está íntimamente relacionado con el empleo de la Inseminación Artificial (tabla nº 11)

6º La estimación de índices de selección utilización de modelos mixtos como vía para la valoración de reproductores.

La elección entre las dos opciones que a veces se presenta control en ganadería o en estación va a depender de distintos factores.

En el caso del control en ganadería juegan a favor (tabla nº 12) que los caracteres se miden en el medio en que se va a criar los animales productores. Se ensancha la base de la pirámide selectiva y puede suponer el comienzo de una organización que afecte a un amplio colectivo ganadero. En todo ello se puede producir la uniformización del manejo y de los objetivos y un feed-back técnico. Por el contrario, presenta como inconvenientes la gran variabilidad de medios en los que se crían los animales; lo cual dará lugar a fuertes dificultades en la medida del efecto ganadería; así como la toma en cuenta, o inclusión de las especificidades regionales y raciales. Las ventajas del control en estación (tabla nº 13) están representadas por que se dan unas condiciones de cría y explotación común y uniforme a todos los animales que se valoran en la estación. En estos centros es posible llevar a cabo controles que serían irrealizables en las ganaderías, como puede ser el índice de consumo de alimentos, tasa de ovulación, etc... La precisión de la valoración y de la selección es muy elevada.

Los inconvenientes han quedado ya expresados. El medio de la estación puede ser muy diferente de aquel en que se criarán los animales dedicados a la producción. Este inconveniente se resalta cuando existe una significativa interacción

genotipo-ambiental. No cabe duda que los costes del control en estación van a ser más elevados que la organización de los controles en ganaderías.

El número de animales que se van a someter a prueba para su posible selección es también reducido en comparación con la otra opción.

Resumimos lo dicho según la tabla nº 14. En general la prueba en estación se utiliza para la valoración individual, mientras que la de campo es utilizada en la prueba de descendencia, lo que determina a los respectivos métodos de selección.

Como nos hemos referido poco en este tema, a los caprinos, queremos terminar para de un modo conciso exponer lo que podría ser un programa de mejora de caprino (tabla nº 15). Como se puede observar es muy coincidente con todo lo que se ha estado exponiendo. En temas posteriores se hará referencia a cada uno de estos apartados que se señalan en dicha tabla.

Pero en esta especie no se puede despreciar totalmente algunas variables que se rigen por una determinación genética formal o mendeliana (tabla nº 16)

No es raro la presentación en la especie caprina de anomalías cromosómicas que van a afectar muy especialmente al área reproductiva.

La presencia/ausencia de cuernos esta regida por un locus con un par de alelos que se comportan en su expresión de distinto modo en machos y hembras.

La presencia de mamellas, así como la de hembras también están determinadas de forma simple mendeliana.

En las siguientes tablas (nº 17, 18 y 19) recogemos algunos datos de los objetivos, tipos de valoración, empleo de inseminación Artificial, estos, que se están aplicando en la actualidad en diferentes razas de ovinos y caprinos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ALENTA, R. 1983. La mejora Genética del Ganado Vacuno. INIA. Madrid.
- AYALA, F.J. 1982. Population and Evolutionary Genetic. Cumming Publ. California.
- BAKER, J.S.F.; HAMMOND, K. y MCCLINTOCK, A.E. 1982. Future developments in the Genetic improvement of animals. Academy Press. Sydney.
- CARDELLINO, R. y ROVIRA, J. 1987. Mejoramiento Genético Animal. Edit. Hemisferio Sur. Montevideo.
- HENDERSON, C.R. 1953. Estimation of variance and covariance components. Biometrics 9:226-252.
- JOHANSSON, I. y RENDEL, J. 1971. Genética y Mejora Animal. Ed. Acribia. Zaragoza.
- LERNER, I.M. y DONALD, H.P. 1969. La nueva Zootecnia. Ed. Academia. León.
- MINVIELLE, F. 1990. Principes D'amélioration Génétique des animaux domestiques. INRA. Paris.
- MRODE, R.A. 1996. Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values. CAB International.
- RODERO, A. 1991. La Mejora Genética en España. Univ. de Córdoba. Córdoba.
- TURNER, H.M. y YOUNG, S.S.Y. 1969. Quantitative Genetics in Sheep Breeding. Cornell Univ. Press. Ithaca. New York.
- Varios. 1989. Mejora Genética I. Ovis Nº3. Ed. Luzan. Madrid.
- Varios. 1989. Mejora Genética II. Ovis Nº4. Ed. Luzan. Madrid.
- Varios. 1989. Mejora Genética III. Ovis Nº5. Ed. Luzan. Madrid.

# **NÚCLEO TEMÁTICO N° III**



**NÚCLEO TEMÁTICO: nº 3**

**COMPORTAMIENTO SEXUAL DE LOS REPRODUCTORES**

Tema nº XI	Biología y metabolismo espermático	167
Tema nº XII	Comportamiento sexual del morueco. Factores de variación	179
Tema nº XIII	Características reproductivas del morueco de raza segureña	189



**XI**  
**BIOLOGÍA Y METABOLISMO**  
**ESPERMÁTICO**

**MARIO ACOSTA RODRÍGUEZ**

*Profesor Ayudante*  
*U.D. Reproducción y Obstetricia*  
*Facultad de Veterinaria*  
*Córdoba*





## BIOLOGÍA ESPERMÁTICA

### COMPONENTES QUÍMICOS DEL SEMEN

	Carnero		M. Cabrío	
pH	5.9 -	7.3	6.5 -	6.8
Proteína (g/100 ml).	5		1.4 -	3.73
	(mg/ 100 ml)			
Fructosa	250		475	-865
Sorbitol	6-	170		
Ácido cítrico	110-	260		
Inositol	7-	14		
Glicerilfosforil- colina (GPC)	1100-	2100		
Ergotioneína	0			
Sodio	178±	11	93	-178
Potasio	89±	4	121	-285
Calcio	6±	2	5.06-	11.39
Magnesio	6±	0.8	4.60-	6.38
Cloruro	86			
	(HAFEZ, 1996)		(DUNDAR, 1989)	

Como sabemos, los espermatozoides maduros son células alargadas consistentes en una cabeza aplanada portadora del núcleo y una cola.

El espermatozoide es una célula altamente especializada que ha evolucionado para llevar a cabo una única función, que es la de fecundar el oocito. La cabeza del espermatozoide está preparada para penetrar en el oocito a través de sus envolturas y transmitirle su potencial genético. La cola, está provista de maquinaria metabólica capaz de producir la energía necesaria y proporcionar los mecanismos de propulsión, para la motilidad espermática.

### PLASMA SEMINAL

Aunque no es un concepto que pertenezca al epígrafe del tema, vamos a considerar brevemente las siguientes cuestiones:

- Tiene tres funciones principales:

a) Actúa como vehículo para los espermatozoides, transportándolos desde el aparato reproductor del macho, durante la eyaculación, al aparato reproductor de la hembra.

b) Sirve de activador a los espermatozoides, previamente no móviles.

c) Proporciona un medio rico en nutrientes, tamponado, que colabora en mantener la supervivencia de los espermatozoides después de depositarse éstos en el aparato genital de la hembra.

- El plasma seminal de los machos cabríos puede ser, a veces, de color amarillo, por su contenido en riboflavina procedente de las glándulas vesiculares.

- El principal componente del plasma seminal es el agua (75%), aunque también aparecen sustancias orgánicas e inorgánicas que sirven de protectores y nutrientes de los espermatozoides.

- El plasma seminal normalmente es un líquido isotónico y neutro.

- La presión osmótica se mantiene más por los componentes orgánicos que por los iones inorgánicos, aunque existen cantidades considerables de sodio, potasio y cloro.

Las principales sustancias orgánicas presentes en el semen del macho cabrío son: fructosa, sorbitol, inositol, ácido cítrico, glicerilfosforilcolina, fosfolípidos, prostaglandinas (> 40 mg/ml) y proteínas.

- El pH del plasma seminal del macho cabrío se mantiene próximo a 7.

- Una característica del plasma seminal del macho cabrío es que contiene una enzima (**fosfolipasa A**) que se origina en las glándulas bulbouretrales.

**MORFOLOGÍA DEL ESPERMATOZOIDE**

La longitud total del espermatozoide del macho cabrío es de unos 60 micrones. La cabeza mide 8 a 10 micrones de largo, 4 micrones de ancho y 1 micrón de grueso. Es relativamente pequeña comparada con el oocito, cuyo diámetro es de unos 160 a 180 micrones.

**Cabeza:**

Es plana y ovoide, tanto en el ovino como en el caprino, destacando como característica principal en la cabeza del espermatozoide que el núcleo la ocupa en su mayor parte. La cabeza está compuesta de cromatina condensada y pequeñas proteínas (**protaminas espermáticas**) y contiene como elemento destacado el **núcleo**, con n haploide de cromosomas, cuyo DNA representa el material genético del macho. En la cabeza también aparece el **acrosoma**.

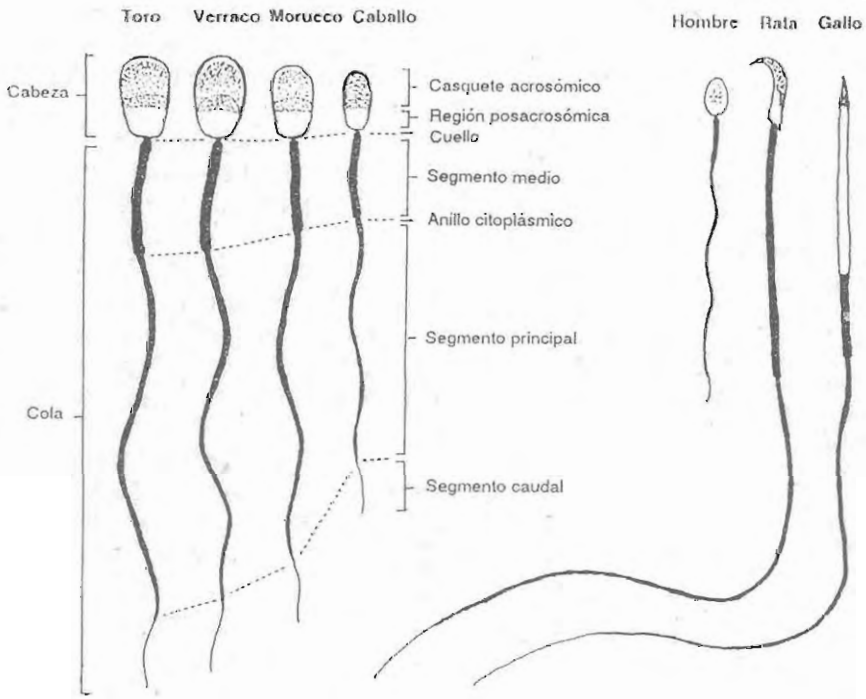


Figura 1. Comparación de los espermatozoides de animales domésticos y otros vertebrados. Nótese las diferencias en tamaño relativo y forma.

Tanto la cabeza como la cola se encuentran envueltas por una membrana plasmática que, desde la región apical de la cabeza, cubre el subyacente acrosoma cuya propia membrana tiene varios segmentos: apical, principal, ecuatorial y región postacrosómica..

**Acrosoma:**

El extremo anterior de la cabeza del espermatozoide está cubierto por el **acrosoma**, un delgado saco membranoso de doble capa. Esta estructura en forma de casquete, que contiene varias **enzimas hidrolíticas incluyendo proacrosina, hialuronidasa, esterasas e hidrolasas**, etc., participa en el proceso de la fecundación (MANN y cols., 1981). El segmento ecuatorial del acrosoma es importante debido a que es esta parte del espermatozoide, junto con el segmento anterior de la región postacrosómica, la que se fusiona inicialmente con la membrana del oocito durante la fecundación.

La **hialuronidasa** capaz de escindir los mucopolisacáridos relacionados con la dispersión del *cúmulus oophorus*.

La **acrosina** es una proteasa capaz de disolver la zona pelúcida del oocito.

**Cola:**

La *cola espermática* está formada por el **cuello y los segmentos intermedio (o medio)** (provisto de mitocondrias), **principal** (que contiene la vaina fibrosa) y **terminal**. El **cuello** se une a la cabeza en la llamada **“fosa de implantación”** y forma una placa basal que embona en una depresión en la superficie posterior del núcleo. La placa basal del cuello es continua en sentido posterior, y tiene nueve fibras gruesas que se proyectan hacia atrás a través de la mayor parte de la cola. El **centriolo proximal** permanece unido a la **“fosa de implantación”** en el cuello, pero el **centriolo distal** da lugar al **axonema**, rodeado de fibras densas

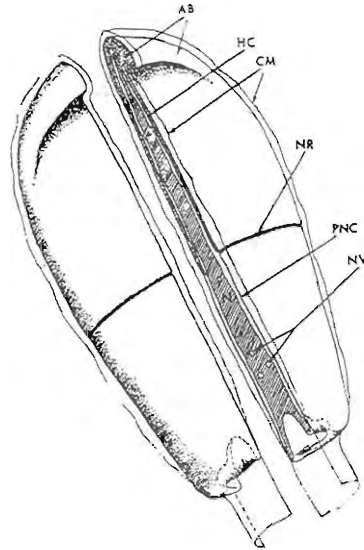


Figura 2. Ilustración gráfica que resume las características ultraestructurales de la cabeza del espermatozoide bovino. Cuerpo apical (AB); capuchón de la cabeza (HC); membrana de la célula (CM); anillo nuclear (NV). (De Saacke, R.G. y Almqvist, J.O.: Am. J. Anat. 115:144, 1964).

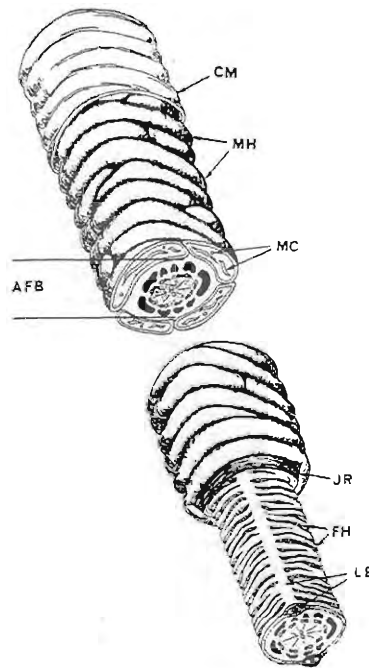


Figura 3. Ilustración gráfica que resume las características ultraestructurales de la pieza media y de la porción anterior de la pieza principal de la cola del espermatozoide. La membrana celular fue eliminada en forma parcial y se cortó el flagelo para mostrar la estructura interna. Membrana de la célula (CM); hélice mitocondrial (MH); crestas mitocondriales (MC); anillo de Jensen (JR); hélice fibrosa (FH); elemento longitudinal (LE); fascículo de fibra axial (AFB), que consiste en las nueve fibras gruesas exteriores, las nueve fibras interiores o dobletes y el par central de fibras. (De Saacke, R. G. , y Almqvist, J. O.: Am. J. Anat. 115: 165, 1964).

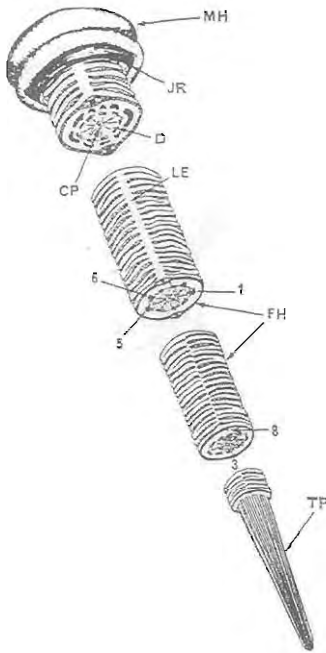


Figura 4. Ilustración gráfica de las piezas principal y terminal de la cola del espermatozoide. La membrana de la célula se ha eliminado y la pieza principal se ha cortado en varios lugares para mostrar la estructura interna. Hélice mitocondrial (MH); anillo de Jensen (JR); par central de fibras (CP); doblete (D); elemento longitudinal (LE); hélice fibrosa (FH); pieza terminal (TP). (De Saacke, R. G., y Almqvist, J. O.: Am. J. Anat. 115: 169, 1964).

La región de la cola comprendida entre el cuello y el **anillo citoplasmático** es el segmento intermedio. El centro de este segmento intermedio, junto con toda la longitud de la cola, constituye el antes mencionado **axonema**. Este se compone de nueve pares de microtúbulos dispuestos radialmente alrededor de dos filamentos centrales. En el segmento intermedio, esta disposición 9 + 2 de los microtúbulos está rodeada por nueve fibras gruesas o densas que al parecer están asociadas a los nueve dobletes del axonema y cuya función parece ser la de estructuras elásticas pasivas, obviamente de funcionalidad elástica.

El axonema y las fibras densas asociadas del segmento intermedio están cubiertos periféricamente por numerosas mitocondrias. Esta vaina mitocondrial, dispuesta en un patrón helicoidal alrededor de las fibras longitudinales de la cola, genera la energía necesaria para la moti-

lidad espermática. La vaina mitocondrial termina en el anillo citoplasmático.

El **segmento principal**, que continúa en sentido posterior desde el anillo citoplasmático y se extiende casi hasta la punta de la cola, está formado por el axonema en el centro y sus fibras gruesas asociadas, formando una vaina fibrosa, que es de naturaleza proteica. Se piensa que la vaina fibrosa da estabilidad a los elementos contráctiles de la cola y sobre todo tiene funcionalidad en el alabeo.

El **segmento caudal o terminal**, posterior a la terminación de la vaina fibrosa, contiene sólo el axonema cubierto por la membrana plasmática. El axonema es el que da la motilidad al espermatozoide.

Los pares externos de microtúbulos del patrón 9 + 2 generan las ondas de fle-

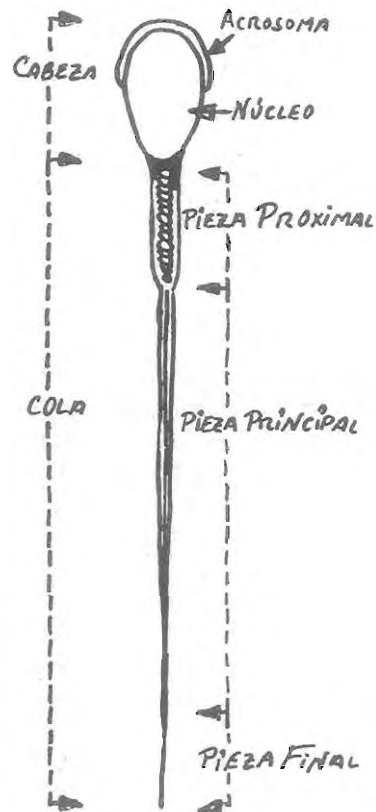


Figura 5. Estructura de un espermatozoide.

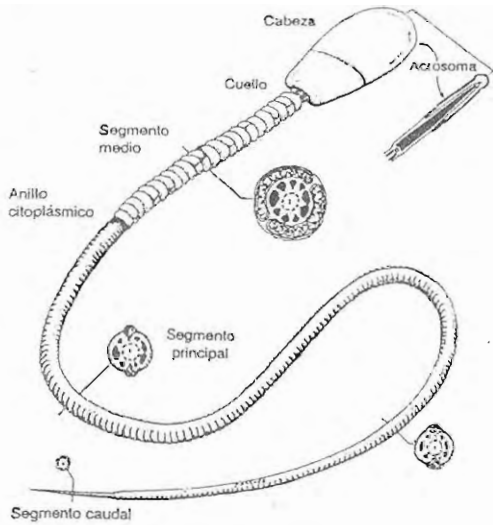


Figura 6. Características de un espermatozoide de bovino. Se observan la cabeza, con su casquete acrosómico y la cola, con sus cuatro divisiones anatómicas. Cortes transversales del segmento medio, el segmento principal (2) y el segmento caudal muestran el núcleo axonémico central con 9 + 2 microtúbulos; las nueve fibras externas gruesas, la vaina mitocondrial, las columnas longitudinales dorsal y ventral, y las costillas circunferenciales.

xión de la cola por un movimiento deslizando entre pares adyacentes.

La velocidad de "movimiento progresivo" de un espermatozoide, suspendido en plasma seminal, es de 5 a 15 mm/ minuto.

En el espermatozoide normal, los espermatozoides tienen cargas eléctricas negativas, con lo que se repelen entre sí. Si los espermatozoides pierden su carga negativa tienden a agruparse. Este fenómeno recibe el nombre de **aglutinación** y puede deberse a un aumento de la acidez del medio, presencia de iones metálicos, bacterias u otras impurezas, o a la presencia de aglutininas (formadas después de la inmunización) originadas en el animal.

### COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ESPERMATOZOIDEOS

Los principales componentes químicos de los espermatozoides son **ácidos nucleicos, proteínas y lípidos**. Alrededor de un tercio del peso seco de una

célula espermática corresponde al núcleo. La cromatina nuclear está constituida por proporciones aproximadamente iguales de **DNA y proteína**. El casquete acrosómico contiene una variedad de proteínas enzimáticas. En la cola hay muchas proteínas estructurales y enzimáticas así como lípidos.

### Constituyentes inorgánicos:

Los espermatozoides son ricos en **fósforo, nitrógeno y azufre**. La mayor parte del fósforo está asociado a DNA, mientras

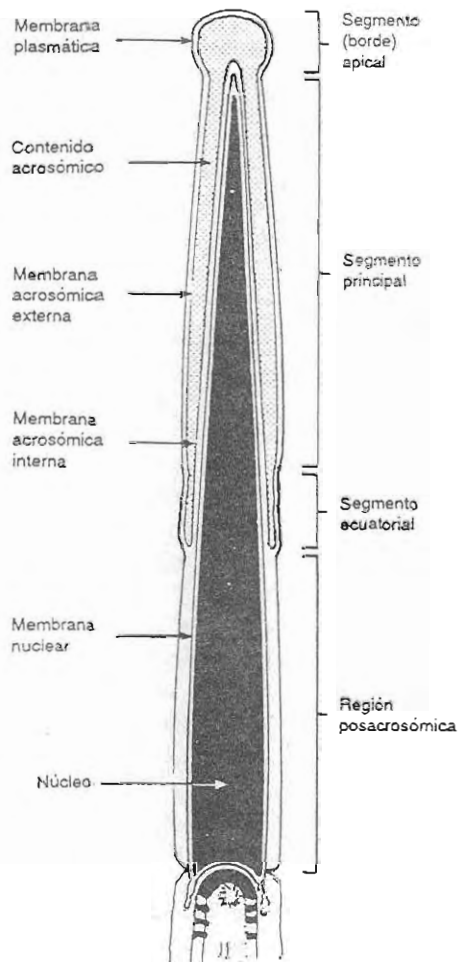


Figura 7. Corte sagital de una cabeza espermática de bovino en donde se observan las diversas subdivisiones anatómicas. El acrosoma incluye los segmentos apical (borde apical), principal y ecuatorial. La membrana externa de los segmentos apical y principal constituye lo que se denomina el casquete acrosómico. También se muestra la relación del acrosoma con sus membranas internas y externa y con las membranas nuclear y plasmática.

que el azufre se deriva tanto de proteínas nucleares básicas como de los componentes queratínicos de la cola (MANN y cols., 1981).

#### Componentes bioquímicos:

El núcleo del espermatozoide está compuesto por cromatina condensada en la que el DNA se estabiliza por conjugación con las proteínas específicas de los espermatozoides llamadas en conjunto **histonas espermáticas** (MANN y cols., 1981). En algunas especies, el núcleo contiene principalmente pequeñas *histonas espermáticas de bajo peso molecular conocidas como protaminas*, mientras que en otras especies contiene cantidades variables de *histonas ricas en arginina, más grandes*. Estas proteínas nucleares básicas, importantes para la condensación y estabilización del DNA, son mantenidas juntas por enlaces sulfhidrilo. Dicha variante de enlace aumenta cuando los espermatozoides pasan por el epidídimo.

Durante la fecundación el espermatozoide experimenta una reacción acrosómica en la cual la mayor parte del contenido acrosómico se libera o expone a través de aberturas creadas por fusión del plasma y membranas acrosómicas externas. La hialuronidasa liberada dispersa las células del *cúmulus oophorus*. La **pro-acrosina** es el precursor de una enzima proteolítica, la **acrosina** que, según se cree, ayuda a digerir parte de la zona pelúcida para que el espermatozoide penetre. Sin embargo, no se comprende del todo el cometido específico de cada enzima acrosómica en la fecundación. El segmento ecuatorial difiere del casquete acrosómico en que su contenido no se libera durante la reacción acrosómica inicial, sino que se piensa que es expuesto cuando el espermatozoide penetra en la zona pelúcida. No obstante, estudios biofísicos indican que es posible que los espermatozoides sean capaces de penetrar mecánicamente en la zona pelúcida por medio de su propia motilidad (GREEN y cols., 1984).

La vaina mitocondrial de los gametos masculinos, rica en fosfolípidos, varía mucho con la especie respecto al número de mitocondrias y composición bioquímica. Dichos gametos contienen enzimas del sistema respiratorio citocromo-oxidasa. Están presentes asimismo otras enzimas metabólicas, incluyendo la deshidrogenasa de lactato específica de los espermatozoides (**llamada LDH-X**). *Los nucleótidos adenina y guanina, ricos en energía, son componentes importantes de la energética espermática, como lo son también las proteínas del axonema, tubulina y dineína*. La dineína espermática, es la principal proteína en los brazos de los microtúbulos axonémicos.

#### METABOLISMO ESPERMÁTICO

Para ILLERA (1994), por desgracia, casi todos los estudios sobre el metabolismo de los espermatozoides testiculares, se han realizado en medios sintéticos, cuya composición se encuentra más próxima a la del plasma sanguíneo que a la del líquido de la rete testis, con lo que es bastante difícil extrapolar esos resultados a la situación planteada in vivo. Para estos autores, lo que sí es cierto es, en cualquier caso, que todas las situaciones en que se han realizado estudios de este tipo se ha encontrado una diferencia notable entre los espermatozoides testiculares y los del epidídimo o los del eyaculado. Estos últimos, por ejemplo, convierten una alta proporción de glucosa en lactato, incluso en condiciones aeróbicas, mientras que en los espermatozoides testiculares, la glucosa se transforma en dióxido de carbono y aminoácidos y otros compuestos, algunos no identificados.

**Motilidad de los espermatozoides:** esencial para poder llegar a través del largo aparato reproductor femenino a poder realizar la fecundación en condiciones y en tiempo óptimos.

Para Illera (1994), al final de la década de los 70 se publicaron muchos trabajos

relacionados con la capacidad de los espermatozoides epididimarios bovinos para transportar calcio exógeno y se demostró también, por aquel entonces, la existencia de un inhibidor del transporte de calcio, en el líquido seminal, que recibió el nombre de **caltrina**. Se trata de una proteína de 47 residuos aminoácidos, sin puentes disulfuro. Esta proteína se une a la membrana plasmática que recubre el acrosoma apical y la pieza principal de la cola del espermatozoide epididimario del toro y parece que por sí sola es la responsable de la diferencia de transporte de  $\text{Ca}^{2+}$ . Su mecanismo de acción, parece que sea a través del intercambiador  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  de la membrana plasmática del espermatozoide.

A tenor de los resultados obtenidos, con caltrina parece concluirse que la adición de aniones, como citrato o fosfatidilserina, ambos presentes en el líquido seminal, cambian la función de esa proteína en el sentido de que de favorecedora del transporte de calcio la convierten en supresora del mismo. En definitiva, parece que *in vivo* la función de la caltrina es evitar la captación prematura de  $\text{Ca}^{2+}$  al comienzo de su "largo viaje" por el tracto genital de la hembra, pero cuando se aproxima a su unión con el oocito y, posiblemente, por la acción de factores presentes en el propio tracto genital de la hembra, se estimula la captación de calcio y, por tanto, se potencian los procesos dependientes de  $\text{Ca}^{2+}$ , tales como hiperactividad de la motilidad, reacción acrosómica, etc. En cualquier caso, se precisan más estudios sobre este particular.

En el flagelo de los espermatozoides de los mamíferos se encuentran varias enzimas (proteínquinas dependientes de cAMP y proteínquina C) con funciones no muy bien conocidas. También se ha identificado una **fosfodiesterasa**, dependiente de la **calmodulina**.

El carácter móvil de los espermatozoides constituye un medio fácilmente discernible para evaluar su estado fisiológico. Sin embargo, la motilidad en sí no es

un predictor exacto de la capacidad fecundante potencial. Al parecer, la energía requerida para la motilidad proviene de reservas intracelulares de ATP. Posiblemente el empleo del ATP es regulado por la concentración endógena de **monofosfato de adenosina cíclico (cAMP)**. El cAMP no sólo regula la hidrólisis del ATP sino que también tiene un efecto directo sobre la motilidad de los espermatozoides. Este efecto complejo del cAMP sobre la motilidad se ha demostrado *in vitro* agregando a los espermatozoides **dibutiliril-cAMP** o inhibidores como **metil xantinas**, que bloquean la degradación intracelular normal de cAMP (HOSKINS y CASILLAS, 1973).

El pH del citoplasma también parece ser un factor decisivo de la motilidad de los espermatozoides de los mamíferos. El aumento del pH intracelular puede que active la dineína ATP-asa, como sucede en los espermatozoides de urquínidos marinos.

De todas formas, para que el espermatozoide adquiera su capacidad fecundante, debe pasar por las fases ya conocidas por todos/as cuales son: Maduración (en el propio macho), Capacitación espermática y Reacción acrosómica (estas dos últimas en el tracto reproductor femenino).

La energía necesaria para mantener la motilidad y viabilidad de los espermatozoides procede de los azúcares, especialmente de la **fructosa**, presentes en el plasma seminal; la glucosa que también es metabolizada por los espermatozoides, a menudo, se utiliza como componente de los diluyentes. Cuando los azúcares son metabolizados por los espermatozoides se produce dióxido de carbono, agua y algo de ácido láctico.

El dióxido de carbono en alta concentración tiene el efecto de inhibir la motilidad de los espermatozoides y puede ser utilizado como un medio de conservación de semen a corto plazo. Sin embargo, si se acumula ácido láctico en el semen, el



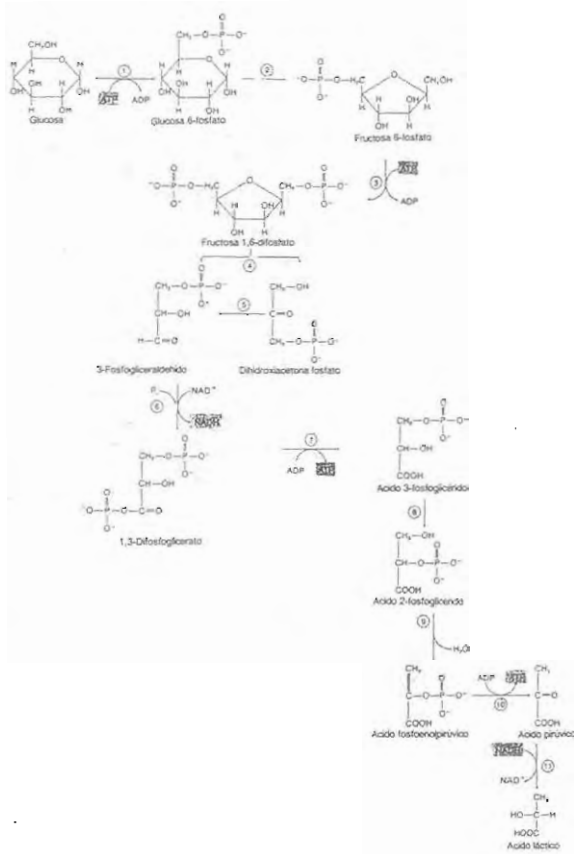


Figura 8. Glucólisis.

pH puede descender y ello puede reducir, irreversiblemente, la viabilidad de los espermatozoides.

**Glucolisis**

En condiciones anaerobias ésto es, en ausencia de oxígeno, los espermatozoides degradan glucosa, fructosa o manosa a ácido láctico. Esta actividad glucolítica o más correctamente fructolítica (porque la fructosa es el principal azúcar del semen) permite a esos gametos sobrevivir en las condiciones anaerobias. Esta característica es importante durante el almacenamiento de espermatozoides para su uso en espermatación manual.

**Respiración**

Los espermatozoides utilizan una variedad de sustratos en presencia de

oxígeno. Su actividad respiratoria es la que permite emplear el lactato o el piruvato resultantes de la fructólisis de azúcares, con la producción de dióxido de carbono y agua (MANN; 1981). Esta vía oxidativa, que se localiza en las mitocondrias, es mucho más eficiente que la fructólisis para producir energía. Por medio de estos procesos catabólicos, los espermatozoides convierten la mayor fracción de la energía en ATP. Aunque gran parte del ATP se emplea en el proceso consumidor de energía de la motilidad, otra parte se destina a mantener la integridad de los procesos de transporte activo de las membranas del espermatozoide. Estos procesos de transporte activo impiden la pérdida de componentes iónicos vitales de la célula espermática. En ausencia de sustratos exógenos, los espermatozoides utilizan sus reservas intracelulares de plasmalógeno como fuente de energía a corto plazo (WHITE, 1980).

**FACTORES QUE AFECTAN A LA SUPERVIVENCIA DE LOS ESPERMATOZOIDES**

1. El semen a la hora de la recogida puede ser de buena calidad, pero igualmente se puede deteriorar con suma facilidad. El material seminal del macho cabrío es muy sensible a los cambios ambientales y a otras circunstancias, por lo que es aconsejable el tomar medidas precautorias para evitar su degradación.

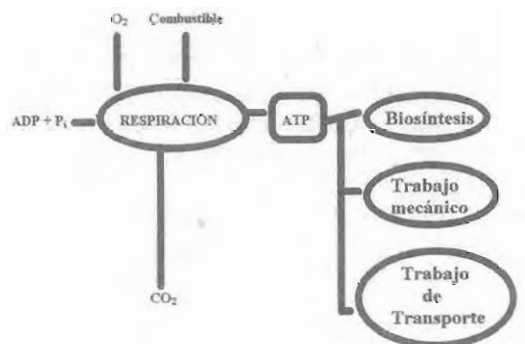


Figura 9. Respiración

2. Los factores que pueden afectar a la supervivencia de los espermatozoides, entre otros, son los siguientes:

### 2.1. Temperatura:

- La temperatura del semen es similar a la basal. La exposición del semen a temperaturas superiores, aumenta el ritmo metabólico y se agotan las reservas de energía; temperaturas superiores a 45°C matan a los espermatozoides.

- La disminución de la temperatura reduce el metabolismo de los espermatozoides, pero una bajada súbita de la temperatura (fundamentalmente por debajo de 10°C) producirá una pérdida irreversible de su viabilidad (= **shock a frigore**).

- El enfriamiento lento del semen (2 a 5°C) no es fatal. La reducción del metabolismo, a esta temperatura, contribuye a prolongar la viabilidad de los espermatozoides. Al calentar de nuevo la muestra, se restaura la motilidad y los espermatozoides permanecen fértiles.

### 2.2. La luz:

- La luz solar directa es muy perjudicial para el esperma. Una exposición corta a la luz solar puede reducir su viabilidad y si ésta se prolonga durante 30 a 40 minutos, pueden morir (o al menos, la proporción de vivos/muertos se incrementa notablemente en detrimento de los vivos).

- También es aconsejable evitar la exposición de semen a la luz fluorescente intensa o a la radiación ultravioleta.

### 2.3. Contacto con metales:

- El contacto del semen con cualquier metal es peligroso, y por ello, sólo debe utilizarse material de vidrio o equipos de materiales sintéticos inertes.

### 2.4. Contacto con el agua:

- El agua reduce la presión osmótica del plasma seminal, con lo que se puede matar a los espermatozoides.

### 2.5. Impurezas y bacterias:

- Las bacterias, polvo, pelos, orina y

otros contaminantes que puedan estar contenidos en el material seminal reducirán, e incluso matarán, la viabilidad de los espermatozoides.

- La contaminación del semen ocurre con mucha frecuencia durante la recogida.

### 2.6. Desinfectantes:

- Los desinfectantes y antisépticos son muy peligrosos para los espermatozoides, por lo que se evitará su uso.

- Para esterilizar el material se puede utilizar alcohol al 70% (secándolo bien posteriormente).

- Para el material de vidrio se debe utilizar la esterilización mediante calor seco.

### 2.7. Exposición prolongada al aire:

- El oxígeno del aire incrementa notablemente la actividad metabólica de los espermatozoides con lo que se acumula ácido láctico en el semen. Ese ácido puede reducir el pH del semen por debajo del óptimo, con lo que la viabilidad de los espermatozoides se reducirá notablemente.

- El semen, una vez recogido debe utilizarse de inmediato, bien para la espermatación o para su conservación.

### 2.8. Capacidad tamponante del diluyente:

- El medio que se utilice para diluir el semen debe tener suficiente capacidad amortiguadora para mantener el pH óptimo. Las desviaciones, tanto hacia la acidez como hacia la alcalinidad, del pH disminuirán la viabilidad de los espermatozoides.

### 2.9. Presión osmótica del diluyente:

- Los medios en los que la concentración de solutos (presión osmótica) es equivalente a la del interior de la célula se dice que son isotónicos; los medios que tienen concentraciones más bajas de solutos, son hipotónicos y los que tienen más solutos, son hipertónicos.

- Tanto los hipo como los hipertónicos son peligrosos para los espermatozoides.

- Los espermatozoides permanecen más móviles en medios isotónicos.

## BIBLIOGRAFÍA

COLE, H.H.; CUPPS, P.T. (1984). Reproducción de los animales domésticos. Ed. Acribia (Zaragoza).

DUNDAR, Y.; TEKIN, N.; ALTINTAS, A. (1989). Fructose and fructolysis in semen, and some chemical constituents in seminal plasma of Angora goat. *Lala. Zootek. Arast. Enst.*, 23: 100-113.

GREEN, D.P.L.; PURVES, R.D. (1984). Mechanical hypothesis of sperm penetration. *Biophysical J.*, 45: 659.

04. HAFEZ, E.S.E. (1996). Reproducción e inseminación artificial en animales. 6ª ed. Ed. Interamericana-McGraw Hill (México)

HOSKINS, D.D.; CASILLAS, E.R. (1973). Function of cyclic nucleotides in mam-

malian spermatozoa. En: *Handbook of Physiology, Section 7, Endocrinology, Vol. V, Male Reproductive System.* R.O. Greep and E.B. Astwood (eds.). Washington D.C., American Physiological Society, pp. 453-460.

ILLERA MARTÍN, M. (1994). Biología de los espermatozoides. En: *Reproducción de los animales domésticos.* Ed. AEDOS (Barcelona), pp. 119-122.

MANN, T.; LUTWAK-MANN, C. (1981). Male reproductive function and semen. New York, Springer-Verlag.

McDONALD, L.E. (1991). *Endocrinología Veterinaria y Reproducción.* Ed. Interamericana-McGraw Hill (México).

WHITE, I.G. (1980). Secretion of the male reproductive tract and seminal plasma. En: *Reproduction in Farm Animals*, 4th ed. E.S.E. Hafez (ed.) Philadelphia, Lea & Febiger.

**XII**  
**COMPORTAMIENTO SEXUAL  
DEL MORUECO. FACTORES DE  
VARIACIÓN**

**VIDAL MONTORO ANGULO**

*Director C.E.R.S.Y.R.A.  
Consejería de Agricultura y Medio Ambiente  
Castilla - La Mancha*



## 1. INTRODUCCION

La etología es el estudio científico del comportamiento de los animales, tanto en su ambiente natural como habitual (Fraser, 1980). En el caso de los animales explotados por el hombre habría que incluir el hecho de la domesticación. Por tanto, esta ciencia, en el caso de los animales de granja, tiene un sentido aplicado con el objetivo de aprovechar los conocimientos para mejorar su salud o función (producción) (Lindsay, 1996).

En la especie ovina encontramos algunos rasgos generales del comportamiento que contribuyeron a su explotación desde hace más de 10.000 años: estructura de grupo con jerarquización, comportamiento sexual característico basado en movimientos y posturas, lazos precoces entre padres-crías, amplio rango de adaptación al medio, huida del hombre a corta distancia, etc. Mientras la domesticación, a través de los objetivos productivos (la mayoría regidos por genes mayores) y del medio ambiente, ha supuesto la obtención de animales con características morfológicas y de aptitud muy diferentes (Como ejemplo sirva la existencia de más de 2.000 razas ovinas), queda aún mucho por conocer de las características del comportamiento en las que, sin duda, se encuentran implicados multitud de genes (Lynch *et al.*, 1992).

Dentro del presente trabajo, la justificación del estudio del comportamiento del macho ovino se encontraría en la posibilidad de, a través de su conocimiento, llegar a obtener el mayor rendimiento posible en su función reproductiva, máxime si se tiene en cuenta que con una proporción muy reducida de animales (los moruecos) se condiciona el potencial productivo del conjunto de la explotación ganadera ovina.

## 2. BASES FISIOLÓGICAS DEL COMPORTAMIENTO DEL MACHO

La conducta sexual del macho viene determinada por una secuencia de eventos endocrinológicos que finalmente dan lugar a unos niveles adecuados de esteroides testiculares que son los que regulan la función reproductiva. En condiciones normales, el estímulo de la hipófisis a través de los factores neuroendocrinos (a su vez modulados por la producción de melatonina) provocan la producción de FSH y LH que darán lugar a la producción de testosterona y otras hormonas esteroideas en los testículos. No obstante se tiene evidencia de que los niveles de andrógenos testiculares son habitualmente superiores a los necesarios, por lo que en la conducta sexual intervienen otra serie de factores aparte de los meramente endocrinos. Esta evidencia se ha comprobado al castrar animales adultos, manteniéndose el mantenimiento de la actividad sexual durante alrededor de un año tras la pérdida de las gónadas.

Un aspecto muy interesante de la reproducción de los óvidos es la modulación endocrina en relación a la estación. La disminución de las horas de luz eleva el nivel de melatonina que influye en el factor de regulación gonadotrópico (GnRH) en el hipotálamo que, a su vez, controlan los niveles de FSH y LH de la hipófisis que regulan la función endocrina del testículo. En la estación de días largos hay menor producción de LH y FSH, con lo que los niveles de testosterona son más reducidos. Este fenómeno se produce incluso en las razas menos estacionales.

## 3. COMPORTAMIENTO SEXUAL PREVIO A LA MADUREZ

La diferenciación del comportamiento sexual se establece en el periodo fetal como consecuencia del efecto de diversos esteroides en el cerebro. El cerebro de los mamíferos es intrínsecamente femenino y en el macho los cambios

necesarios para la defeminización y masculinización del comportamiento sexual se debe a una serie de exposiciones a los esteroides testiculares. En el macho de óvidos esta defeminización ocurre entre los 50-80 días de gestación. Así se ha demostrado la agresividad y monta en hembras tratadas con testosterona en ese periodo de tiempo. La importancia de esta diferenciación prenatal queda patente en animales castrados antes del nacimiento que presentaron comportamiento sexual de adultos en los casos que se aportaron andrógenos posteriormente.

También se ha evidenciado la diferenciación sexual post-natal. La suplementación de testosterona entre las 4 y 8 semanas de vida del cordero se corresponde con un aumento en la libido del macho adulto. Por el contrario, aquélla se ve reducida en los casos en los que se tratan en ese periodo con antisuero de testosterona (Lynch *et al.*, 1992).

Se ha descrito en numerosos trabajos la importancia de las experiencias sexuales tempranas y la cría en lotes de ambos sexos en los machos para su comportamiento normal en su vida adulta. Por el contrario, la cría de machos en lotes homosexuales ha provocado la reducción de los niveles de actividad sexual frente a hembras (Castiella *et al.*, 1987). Orgeur y Signoret (1984) señalan un periodo juvenil en la vida del macho en el que es importante el contacto con las hembras para el posterior desarrollo del comportamiento reproductivo. En este periodo se distinguen dos etapas: infancia, en el que se encuentra con la madre y adolescencia, desde el destete hasta la pubertad. En la infancia los "juegos sexuales" no guardan ningún tipo de patrón que se pueda asimilar a la monta de los adultos, es más activo en los machos y no lleva asociada una preferencia hacia las hembras. Durante la adolescencia el comportamiento del macho tiene una clara orientación hacia la hembra y la ruptura de esta información con el aislamiento lleva a las anomalías antes descritas que se manifestarán en su vida de adulto. No obstante, también se

ha descrito que los efectos que pueden tener la cría en lotes monosexuales puede ser transitorios, aunque mantendrán menor grado de actividad que otros moruecos que hayan tenido contacto en las fases juveniles con las hembras.

#### 4. PATRONES DEL COMPORTAMIENTO SEXUAL DEL MORUECO

El impulso sexual o libido del morueco viene condicionado por varios factores entre los que cabe destacar la estacionalidad. Parece lógico pensar que en esta especie y sobre todo en las razas con mayor influencia de la estación de reproducción se encuentren cambios en la intensidad de la libido, coincidiendo el mayor grado con la época favorable de reproducción.

En poblaciones salvajes de óvidos se han demostrado la existencia de varios hechos que también encontramos en los domésticos. La estación de actividad reproductiva se limita al otoño (días de luz decreciente) y su aparición está condicionada, según los años, a varios factores de tipo ambiental (sobre todo la alimentación) que se reflejan en el estado de la condición corporal de los animales (Chemineau, 1992). En muflón y en ciertas razas ovinas primitivas como la Soay, se ha demostrado el alejamiento de los machos en los periodos previos a la época sexual, hecho que tendría relación con la posterior provocación del efecto macho (Folch, 1990). Una vez reunidos machos y hembras, se establecen jerarquías entre los machos que determinan la preeminencia de los más fuertes y experimentados, aunque según van apareciendo mayor número de hembras en celo, se evitan las situaciones de enfrentamiento. El periodo de cubriciones se suele limitar a unas tres semanas, aunque el tiempo de permanencia de ambos sexos puede prolongarse mucho más.

Si se encuentran varios machos aparecen una serie de patrones básicos:

amenazas, desafíos, actividades territoriales, búsqueda y conducción de la hembra y atracción hacia ésta. Esta secuencia varía en función de diversas circunstancias (proporción de machos y hembras, superficie disponible, etc.) y puede decirse que en las razas sometidas a sistemas de explotación más intensivos se encuentra más o menos, atenuada. El morueco no suele manifestar amenaza al hombre, aunque en gran número de ocasiones presenta una serie de fuertes pateos intimidatorios. El desafío suele quedar resuelto por la dominancia de los moruecos jerárquicamente superiores.

La serie de acontecimientos que se encuentran implicados en el cortejo y monta sigue un estereotipo parecido al de otras especies domésticas, sobre todo de ungulados. Existe una atracción olfativa denominada según la palabra alemana *flehmen* que se caracteriza por la extensión de cabeza y cuello, contracción de los ollares y elevación con curvatura del labio superior. Estos acontecimientos suelen ir precedidos de movimientos de aproximación y de olfacción de la orina y, en algunos casos, el lamido del periné de la hembra. Otras de las aptitudes precoitales de los ovinos incluyen la presión con la cabeza en flancos, aproximación de las cabezas, pateo con alguna de las extremidades anteriores, emisión de balidos, etc. El contacto corporal con la hembra comienza con la presión e incluso golpeo de la cabeza del macho en el tercio posterior de la hembra que favorece la vinculación física que, una vez establecida, puede facilitar la realización de varias cópulas, hecho que contribuye a garantizar la reproducción. Es frecuente la repetición de varias falsas montas previas al coito.

Una de las características del comportamiento reproductivo de los óvidos es el menor grado de manifestaciones del celo que presenta la hembra en comparación con otras especies domésticas y que condiciona que el macho tenga mayores dificultades de detección de las que existen en otras hembras domésticas. Por este

hecho, es común que en esta especie sea la oveja la que inicie los acontecimientos que habrán de concluir con la monta.

## 5. INTERACCIÓN SOCIAL ENTRE MACHOS

Las relaciones jerárquicas entre moruecos dominantes-subordinados se establecen rápidamente en los grupos de machos, pudiendo permanecer hasta 6 meses. Afectan a dos funciones principales que pueden ser conocidas de una manera fácil: la obtención del alimento y la prioridad ante la monta. Existe, además, una alta correlación entre ambas. En la explicación del establecimiento de jerarquías no hay unidad en cuanto a la importancia que se asigna a los atributos diferentes atributos físicos: tamaño, peso corporal, cantidad de arrugas faciales, agresividad, etc. Tampoco en qué medida intervienen en el establecimiento de la dominancia los diversos mecanismos de orden nervioso y hormonal. En este sentido, hay que destacar la importancia que tiene el factor edad (muy relacionado con la experiencia) en el establecimiento de la jerarquía, siendo de mucha más importancia que, por ejemplo, el tamaño corporal (Vijil *et al.*, 1985). Los contactos físicos entre machos no parecen ser necesarios para establecer los niveles de dominancia y subordinación, siendo suficiente el efecto de audiencia por parte del dominante para que se reduzca la actividad de monta en el subordinado. La dominancia no implica necesariamente mayor actividad de monta en las hembras, así Kilgour (1984) en raza Merina indica que en muchas ocasiones pueden permanecer sin cubrir a las ovejas o manifestando su supremacía con actos homosexuales.

Las consecuencias prácticas de este fenómeno se han comprobado experimentalmente y tienen especial repercusión en aquellos casos en que los machos predominantes presentan problemas de fertilidad.



## 6. PREFERENCIA EN LA CUBRICIÓN DE DETERMINADAS HEMBRAS

Es de sobra conocido que cuando en un lote de ovejas se encuentran varias en celo simultáneamente existe una preferencia manifiesta de los machos hacia algunas de ellas. Este hecho puede tener como consecuencia la falta de fertilización de una proporción importante de ovejas con una pérdida de resultados reproductivos, bien sea por subfertilidad del morueco, insuficiencia de espermatozoides por montas sucesivas, incapacidad de servicio en el caso de lotes de ovejas con celos sincronizados, etc. (Orgeury Signoret, 1984). Este fenómeno ha sido objeto de varios estudios entre los que cabe destacar los realizados por parte de investigadores australianos (Kilgour, 1984; Oldham *et al.*, 1990) llegando a una serie de conclusiones prácticas muy importantes en sus condiciones de explotación. Entre ellas cabe destacar que hasta un 30% de las hembras en celo pueden quedar sin cubrir y que tan sólo un bajo porcentaje (7%) fueron objeto de más de cuatro montas, lo que indica la trascendencia productiva de esta pauta etológica. La "atractividad" de las hembras ha sido medida por estos investigadores por una serie de tests que permiten ordenar a las hembras en función de esta cualidad, siendo más o menos estable en ciclos sucesivos. Una de las características que se destacan es la importancia de la lana en cuanto a la preferencia por parte de los machos, siendo mayor por las ovejas con lana frente a las que se encuentran esquiladas. Incluso cuando los mismos animales han sido sometidos a esquileo se produce una disminución en el número de montas por hembra. La pérdida de "atractivo" se mantiene en las citadas condiciones al menos durante 11 semanas. Éste es un caso concreto de la importancia de cómo el conocimiento de los patrones de comportamiento sexual pueden limitar la producción esperable al no realizar un manejo reproductivo que los contemple.

## 7. FACTORES DE VARIACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO DEL MORUECO

### 7.1. GENÉTICOS

La información disponible en la literatura es algo contradictoria. Se encuentran trabajos en los que se demuestra la transmisión de la capacidad de servicio de padres a hijos (Revisión de Tilbrook *et al.*, 1990) aunque en la mayoría de los casos se encuentran estimaciones de heredabilidad débiles, muy por debajo de las alcanzadas en otras especies como bóvidos y aves (Kilgour, 1984).

### 7.2. FACTORES AMBIENTALES

Es de todos conocido que la época del año influye considerablemente en el comportamiento reproductivo de los óvidos, aunque deberíamos tener presente aquí la influencia de la raza. En efecto, la raza Merina y otras razas de origen meridional presentan capacidad de reproducción a lo largo de todo el año mientras que otras de origen más alejado de los trópicos sufren mayor estacionalidad. Otros efectos ambientales, como la temperatura condicionan el comportamiento reproductivo. Así se cita la inhibición en la monta de animales de origen europeo, Ile-de-France en zonas tropicales por encima de 41° C, en comparación con ovejas de pelo (Chemineau, 1992). En este caso también la influencia racial juega un importante papel. Otro de los ejemplos ambientales que se indican como limitantes de la actividad reproductiva es la lluvia intensa (Tilbrook *et al.*, 1990).

El mecanismo de acción de los agentes modificadores del comportamiento reproductivo pasa por una variación de los niveles hormonales, aunque es un tema que precisa aún, de investigación.

### 7.3. ESTRÉS

Posiblemente se trate del factor que precise de mayor estudio. El comportamiento sexual de los machos es el espec-

to más vulnerable de su reproducción. El estrés social entre machos condiciona casi automáticamente una modificación de los niveles de gonadotropinas y testosterona que se traduce en una disfunción, casi de forma inmediata. El desencadenamiento de este fenómeno no está claro, aunque indudablemente existe una profunda relación endocrinológica entre los ejes hipotálamo-hipófisis con preponderancia de las glándulas adrenales en el caso de agentes estresantes frente al órgano diana que, en condiciones normales, son los testículos (Hargreaves, 1990).

#### 7.4. RAZA

A parte de lo ya citado, no se encuentra apenas bibliografía referente al factor racial relacionado con el comportamiento de los machos. La causa, probablemente, sea, más que la importancia intrínseca de dicho factor, la limitación experimental de los distintos equipos de investigadores a razas y condiciones muy concretas. Como ejemplo, podemos citar un trabajo de Vijil et al. (1985) en el que parece demostrarse la mayor actividad sexual de los machos de raza Manchega frente a los Karakul, aunque se trata de un experimento realizado con hembras amarradas para recolección de semen mediante vagina artificial.

### 8. COMPORTAMIENTO SEXUAL DE LOS MACHOS EN CENTROS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Las condiciones de los centros de inseminación artificial y la pauta de actividad sexual de los machos tiende a la obtención del máximo rendimiento de los mismos. Aunque existe una importante cantidad de referencias bibliográficas sobre el tema (sobre todo de autores franceses), seguiremos como ejemplo el caso de la raza Manchega.

La elección de los machos que ingresan el centro de inseminación artificial (IA) se realiza en base a los antecedentes de los progenitores en cuanto al objetivo del

programa de selección que en nuestro caso es el aumento de la producción y calidad de leche. En principio, no creemos que este hecho influya en el comportamiento reproductivo.

La edad de ingreso se encuentra en torno a los cuatro meses de vida, por lo que las etapas antes citadas de infancia y parte de la adolescencia han transcurrido en las ganaderías de procedencia. Desde el momento en que ingresan en el centro de IA se mantendrán durante el resto de su vida en lotes monosexuales y el contacto con hembras se limitará a las sesiones de entrenamiento para recogida en vagina artificial y una vez superada esta fase, en los momentos de colecta seminal rutinaria.

Los machos jóvenes se comienzan a entrenar para la recogida en vagina artificial prácticamente desde su ingreso. En una primera etapa se permite a un grupo de 5-10 machos que accedan a varias hembras en celo. El periodo de tiempo durante el que se realiza esta práctica es variable y viene condicionado, entre otros factores, por la época del año, acortándose en otoño y siendo más prolongado en los meses de febrero a mayo. En todo caso, no suele ser menor de un mes. Una vez que los corderos cubren a las ovejas, los machos individualmente se introducen a la sala de recogida donde se les presenta una hembra estrogenizada inmóvil y a partir de ese momento el tiempo y las sesiones que se precisan para conseguir obtener semen en vagina artificial varía en función del propio macho y de la habilidad del operario que realiza esta actividad. Como media se precisan unas 15 sesiones de una hora aproximadamente para entrenar a 10 machos, aunque existe un rango muy amplio de variación. De todos los animales que inician esta actividad, en nuestro caso, un 15% de los moruecos se desechan por imposibilidad de colecta en vagina artificial. Los acontecimientos que se suceden hasta la eyaculación en la vagina artificial son los descritos en el apartado 4, condicionados por la inmovilidad de la oveja y el espacio de la sala (10 m<sup>2</sup>).

La organización de lotes de 8-12 machos que precisa el manejo en el centro de IA lleva consigo el establecimiento de jerarquías que suelen mantenerse siempre que el grupo está formado por los mismos individuos. Cuando por diversas razones es necesario reestructurar la composición de los lotes se rehacen los sistemas jerárquicos casi automáticamente. En el caso de animales adultos y posiblemente debido a la alta densidad de animales por unidad de superficie (en el caso más favorable 20 m<sup>2</sup> por morueco) es muy común que existan enfrentamientos físicos con fuertes golpes de testuz. La jerarquía no se mantiene rígida en el orden de acceso de los moruecos desde la sala de espera a la de recogida, y tampoco se manifiesta en el acceso a la ración porque la amplitud de los comederos no facilita este hecho.

Cuando los machos se encuentran entrenados, la recogida se mantiene a lo largo de todo el año y se procura la obtención, al menos, de un eyaculado por semana. El tiempo que transcurre entre la presentación de la hembra y la eyaculación es de unos 40 segundos de media. Se presentan con cierta frecuencia inhibiciones en los machos, que podemos dividir en tres grupos. El primero de ellos sería el de las provocadas por la edad y que es muy variable en función de los distintos individuos. Hay machos con más de 7 años a los que se les recoge semen de calidad de forma regular. Otro apartado estaría representado por las provocadas por alteraciones del estado de salud de los animales, entre las que cabría resaltar por su frecuencia las de origen podal. El tercer grupo estaría compuesto por las de causa desconocida. Menos de la mitad de las inhibiciones son reversibles.

## **9. TEST DE CAPACIDAD SEXUAL**

La necesidad de garantizar la función reproductiva de los machos implica que éstos se mantengan activos en la monta de las hembras en celo que existan en el

rebaño. En un intento de sistematizar, predecir y mensurar esta función se han diseñado diversos test, entre los que cabe destacar:

1. Tiempo de reacción: el que transcurre entre la presencia de una hembra en celo y la primera eyaculación
2. Test de extenuación: máximo número de servicios por hembra
3. Test de eficacia: relación de montas necesarias para el servicio
4. Test de capacidad de servicio: servicios alcanzados en un tiempo fijo. Se suelen realizar en espacios limitados unos 40 m<sup>2</sup> en los que se introduce un morueco con dos o tres hembras en celo durante 20 ó 60 minutos.

Las dos primeras pruebas tienen especial aplicación en los centros de IA, en las que se contrasta el semen, mientras los otros dos son de más utilidad en condiciones de campo.

El empleo de estos test es reducido a nivel de ganaderías y han sido aplicados a condiciones experimentales. No obstante, es una forma fácil de poder identificar los machos inactivos en explotaciones de gran tamaño sometidos a condiciones extensivas de manejo.

## **10. BIBLIOGRAFÍA**

- CASTIELLA, L. ORGEUR, P., SIGNORET, J.P. 1987. effects of rearing conditions on sexual performance in practical use. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 19:111-118.
- CHEMINEAU, P. 1992. Medio ambiente y reproducción animal. 6 Jorn. AERA. Libro de ponencias 292-306. Salamanca.
- FOLCH, J. 1990. Utilización práctica del "efecto macho" para la provocación de celos y ovulaciones en ganado ovino. *ITEA*. Vol. 86A No. 3, 145-163.
- FRASER, A.F. 1980. Comportamiento de los animales de granja. 291 pp. Ed. Acribia. Zaragoza.
- HARGREAVES, A.L. 1990. Stress, handling and reproduction in sheep. En.

- OLDHAM, C.M., MARTIN, G.B., PURVIS, I.W. (Editores). Reproductive physiology of Merino sheep. Concepts and consequences: 253–264. Ed. University of Western Australia.
- KILGOUR, R.J. 1984. Le comportement des béliers en saillie naturelle et sa prediction. 9 Journées Rech. ovine et caprine: 240–251. Ed. INRA Paris.
- LYNCH, J.J., HINCH, G.N., ADAMS, D.B. 1992. The behaviour of sheep: biological principles and implications for production. 237 pp. Ed. CAB international y CSIRO. Oxon (UK).
- LINDSAY, D.R. 1996. Environmental and reproductive behaviour. En: STONE, G.M. y EVANS, G. (Editores). Animal reproduction: research and practice: 1–12. Ed. Elsevier.
- OLDHAM, C.M., LINDSAY, D.R., MARTIN, G.B. 1990. Effects of seasonal variation of live weigh on the breeding activity of Merino ewes. En. OLDHAM, C.M., MARTIN, G.B., PURVIS, I.W. (Editores). Reproductive physiology of Merino sheep. Concepts and consequences: 41–58. Ed. University of Western Australia.
- ORGEUR, P., SIGNORET, J.P. 1984. Sexual play and its functional significance in the domestic sheep. *Physiol. Behav.*, 33: 111–118.
- TILBROOK, A.J., CAMERON, A.W.N. 1990. The contribution of the sexual behaviour of rams to successful mating of ewes under fields conditions. En. OLDHAM, C.M., MARTIN, G.B., PURVIS, I.W. (Editores). Reproductive physiology of Merino sheep. Concepts and consequences: 143–160. Ed. University of Western Australia.
- VIJIL, E., GONZALO, C., CIUDAD, C., RUIZ-POVEDA, J. 1985. Jerarquía social, diámetro testicular, libido y calidad seminal en los moruecos de raza Manchega y Karakul. *ITEA*, 60:19–27.



**XIII**  
**CARACTERÍSTICAS**  
**REPRODUCTIVAS DEL**  
**MORUECO DE RAZA**  
**SEGUREÑA**

**M. CRUZ MIRA, J. M. CRUZ SALCEDO, M. A. GARCÍA**  
**SALCEDO, A. CARACUEL GARCÍA, R. FONTALBA**  
**GONZÁLEZ Y M. GÓMEZ FERNÁNDEZ**

*Centro de Investigación y Formación Agraria*  
*Departamento Producción Animal, Pastos y Forrajes*  
*Unidad Reproducción y Obstetricia*  
*Granada*



## I. INTRODUCCION

Con la utilización de las modernas técnicas de explotación, el inadecuado empleo de los moruecos se convierte en un factor limitante de la producción. Tanto el número de machos como sus edades, condición física, conducta sexual y características seminales pueden limitar o hacer fracasar los objetivos de explotación. En el desarrollo de programas de mejora, si bien el efectivo de hembras tiene un papel importante, la mayor trascendencia le corresponde a los machos utilizados por la difusión que se hace de los caracteres propios de éstos, ya que cada morueco está destinado a cubrir un elevado número de hembras.

Las características reproductivas del morueco vienen determinadas genéticamente, existiendo grandes diferencias en su actividad sexual tanto a nivel individual como racial. Al detectarse una amplia variabilidad genética, la estrategia de la mejora pasa necesariamente por la realización de comparaciones objetivas de individuos, actuando sobre una muestra representativa de reproductores (machos y hembras), explotados en las mismas condiciones de medio.

El estudio de los parámetros que definen la capacidad reproductiva de los moruecos constituye, por tanto, un requisito imprescindible para la puesta en marcha de cualquier programa de mejora genética. Sin embargo, existe una serie de factores, propios o ajenos al reproductor, que mediatizan la expresión de su potencial como raceador. Entre los factores inherentes a los propios animales se citan: la conducta sexual (grado de dominancia, tiempo de reacción ante la cópula y eficiencia de la monta), edad, desarrollo corporal y testicular, etc., citándose el manejo, alimentación, fotoperiodo, localización geográfica, gradiente climático, etc., entre los ajenos al reproductor. De aquí, que el conocimiento previo del nivel de respuesta a los factores que mediatizan su expresión debe ser objeto de un estudio preciso.

Desde el punto de vista de la aplicación de un programa de mejora la elección de los moruecos se realizará, previo testaje de candidatos a la selección, entre aquellos machos que reúnan mejores características morfológicas y genéticas, con arreglo al índice de selección prefijado. El mantener a través del año un rendimiento elevado de machos mejoradores, aumentará la capacidad de producción seminal coadyuvando de esta forma a la aceleración del progreso genético.

Ha sido demostrado fehacientemente, que los rendimientos cuantitativos y cualitativos de la producción seminal según la edad de los animales, son dependientes de la raza y fecha de nacimiento. Los efectos de la edad sobre producción seminal son difíciles de separar de los debidos a los cambios en el tamaño corporal. Un hecho cierto es que los efectos negativos desaparecen una vez superado el crecimiento y conforme avanza la edad. Por ello, cuando se inicia la valoración de jóvenes machos, antes de eliminarlos por defectos de comportamiento o bajo rendimiento seminal, debemos tener en cuenta que hasta no superado el año de vida no se define en ellos su verdadero potencial como raceador.

Por otra parte, el patrimonio genético de razas autóctonas, cuyo régimen de explotación principalmente es de tipo extensivo o semiextensivo, contempla la dominancia como un carácter deseable en los reproductores ya que tiene trascendencia en los resultados reproductivos. Al igual que el ardor sexual, el tiempo de reacción a la cópula o libido, tiene una componente individual, evidenciándose una relación directa entre ambas y dependiente de la forma en que los machos han sido entrenados y manejados para y durante el acto de la copulación. La presencia de machos dominantes en la sala de extracción puede condicionar el estado psicológico de otro animal hasta el punto de rechazar la cópula o reducirse cuantitativa y cualitativamente su producción seminal.



Los efectos de factores ambientales tales como el fotoperiodismo y agentes climáticos, no se manifiestan con la misma intensidad en todos los moruecos de una misma población lo cual es un hecho trascendente de cara a garantizar unos niveles adecuados de fertilidad, ofreciendo la oportunidad de seleccionar como reproductores aquellos moruecos que presentan una menor dependencia de los mismos.

Entre los factores climáticos que tienen una importancia particular en nuestro país se encuentran las altas temperaturas, cuya incidencia se traduce por una disminución del ardor sexual y alteraciones de la espermatogénesis. Los efectos climáticos vienen definidos por la acción conjunta de la temperatura en relación directa con el grado de humedad relativa. No obstante, son escasos los estudios que analicen los posibles efectos negativos sobre el comportamiento y las producciones de semen en el gradiente del binomio Temperatura / Humedad relativa.

En el presente trabajo se estudian las relaciones que puedan existir en moruecos de raza Segureña entre el grado de dominancia, la libido o capacidad reaccionante del individuo y su eficacia ante la copulación, evaluando su incidencia sobre el rendimiento seminal y considerando como posibles fuentes de variación la edad, el fotoperíodo y el binomio temperatura/humedad relativa.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

Los trabajos de campo se han desarrollado en el Centro Experimental de "Los Morales" del Patronato Rodríguez Penalba situado en el Huéscar (Granada) y localizado en el sureste de la Península Ibérica entre las coordenadas geográficas:

35° 60' y 36° 80' latitud Norte  
2° 35' y 2° 26' longitud Este

La granja con una altitud media de 1215 m.s.n.m. disfruta de un clima de tipo

continental. Un errático régimen de precipitaciones < de 350 mm. y una amplia variabilidad térmica caracterizan a la zona como de gran aridez.

El período experimental ha comprendido desde Febrero de 1991 hasta Diciembre de 1992.

### **2.1. MATERIAL**

Se han utilizado 15 moruecos de raza Segureña con edades comprendidas entre los cinco y treinta y cinco meses. Tres de ellos se incorporaron en Octubre de 1991.

### **2.2 MÉTODOS**

Con periodicidad semanal, siempre a la misma hora y día y una vez superada la etapa de aprendizaje de los moruecos a eyacular en vagina artificial convencional empleando maniquí vivo (oveja estrogenizada y trabada en potro de monta), se procedió a la toma de datos sobre la conducta sexual y calidad cuantitativa y cualitativa del eyaculado, registrándose los siguientes parámetros.

#### **A) Factores inherentes al reproductor.**

##### **1) Jerarquía u orden social grupal (JS)**

En Febrero de 1991, el lote de moruecos se dividió en dos grupos (n = 6), uniformes en cuanto a edades ( $\geq 15$  meses) y desarrollo corporal. Mantenidos en boxes independientes, cada grupo era trasladado semanalmente a un espacio anexo a la sala de extracción y recolección de semen y carentes de cualquier estímulo. El orden de acceso a la sala fue el que libremente fijaban los machos. El período experimental se prolongó durante 32 semanas con dos etapas fijas de 16 semanas en primavera (01/03 al 21/06) y en otoño (13/09 al 20/12) de los años 1991 y 1992.

Para su análisis comparativo hemos adoptado una escala según el puesto ocupado por el individuo respecto de la pri-

mera monta, asignando al primero y segundo puesto un valor del 83.3 %, el 66, 6 % a los puestos tercero y cuarto y el 50, 0 % para el quinto y sexto puestos.

#### a.2) Eficacia a la cubrición (EC)

Se anota el número de montas y/o intentos en cada sesión hasta que cada morueco completó la eyaculación. Para el cálculo del índice de la líbido se adopta el método Chenoweth (1981), estimando como Eficacia de cubrición = (Número de eyaculados/Número de montas o intentos) x 100.

#### a.3) Tiempo de reacción (TR)

Se controló la respuesta del morueco a la eyaculación en presencia de la hembra, medida como el lapso de tiempo en segundos que invierte el macho desde el acceso a la sala de extracción hasta completada la eyaculación. Para la evaluación del comportamiento copulatorio del morueco se sigue la metodología propuesta por Chenoweth (1981), Tulley y Burfering (1983) y Vigil et al., (1985).

#### a.4) Rendimiento seminal (RDU)

Tras su extracción, el eyaculado era objeto de valoración física y de contrastación seminal, anotándose: el volumen, aspecto, color, motilidad masal e individual, concentración espermática y % de vivos y muertos. Tomando como base los

espermatozoides totales por eyaculado cuya motilidad masal tuvieran un valor  $\geq 3$  y una tasa de espermatozoides muertos  $\leq 20$  %, se calculó el rendimiento en dosis seminales útiles (RDU) de 300 millones de espermatozoides.

#### B) Factores intrínsecos al reproductor.

Al objeto de unificar las respuestas animales tanto en la conducta como en sus rendimientos se ha considerado la edad como posible fuente de variación. Los grupos de edad presentaron la siguiente distribución según el período experimental (Cuadro nº 1).

#### C) Factores extrínsecos

##### c.1) Factores ambientales.

Los factores de ambiente han sido controlados durante todo el período experimental, anotándose los datos correspondientes a los días control registrados por la estación mecánica meteorológica existente en el Centro Experimental.

A efectos de medir el grado de incidencia de la posible interacción de binomio Temperatura/Humedad relativa sobre el comportamiento y producción seminal en los moruecos, se han considerado cuatro grupos de la gradiente climática cuyo rango y valores medios son los siguientes (Cuadro nº 2).

**Cuadro nº 1.** Distribución de la edad media de los moruecos, según el grupo y períodos experimentales.

GRUPOS DE EDADES			
Tiempo experimental	1	2	3
	$\geq 15 \text{ m.} \leq 18 \text{ m.}$	$> 18 \text{ m.} \leq 24 \text{ m.}$	$> 24 \text{ m.} \leq 36 \text{ m.}$
General	$15.9 \pm 0.14$	$21.1 \pm 0.14$	$29.3 \pm 0.11$
F.Ascendente	$15.9 \pm 0.41$	-	$26.7 \pm 0.08$
F.Descendente	-	$21.1 \pm 0.14$	$31.7 \pm 0.10$

## CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DEL MORUECO DE RAZA SEGUREÑA

**Cuadro nº 2.** Rangos de la gradiente climática y comparación múltiple de medias (Test LSD) del binomio TEMPERATURA / HUMEDAD RELATIVA, durante el período experimental.

GRUPO CLIMA	RANGOS Temptra/Humedad	Temperatura $\bar{x} \pm E.S$	Humedad relativa $\bar{x} \pm E.S.$
I	> 25° C. > 75 %	29.5 ± 0.34 a	80.5 ± 0.40 b
II	> 25° C. < 75 %	28.8 ± 0.44 a	64.9 ± 0.95 a
III	< 25° C. > 75 %	15.3 ± 0.25 c	85.1 ± 0.23 c
IV	< 25° C. < 75 %	18.2 ± 0.39 b	68.2 ± 0.55 a

Lectura: Los valores con distinta letra dentro de la misma difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

Valores medios del FOTOPERIODO, según las coordenadas de la zona del estudio.

FASE LUMÍNICA	PERÍODO DE TIEMPO	HORAS DE LUZ
Ascendente	01/03 a 20/06	Media 13.38 Mediana 13.68 Moda 12.95
Descendente	15/09 a 20/12	Media 11.75 Mediana 11.30 Moda 9.87

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. JERARQUÍA SOCIAL (JS)

De nuestros resultados se deduce una cierta dinamicidad en el orden jerárquico, si bien las diferencias tanto ahondar como intragrupal (Cuadro nº 3) son poco marcadas. Se constata la presencia invariable de tres escalones jerárquicos formados por dos moruecos sin que la edad, el fotoperiodo o el gradiente climático se muestren como fuentes de variación significativas.

En el grupo 1 se aprecia un macho netamente dominante ( $n^\circ = 301$ ), que ocupa los dos primeros lugares en el 90 % de las semanas, acusándose la dominancia durante la fase de luz ascendente en el 94 % de las semanas frente al 85 % en la fase descendente. La dominancia ha sido contestada dentro del grupo por un

solo morueco sin que éste lograra alterar el orden establecido desde la formación del grupo. Esta estabilización en orden social justifica la existencia de una correlación positiva ( $r = 0.272$ ) entre el grado de dominancia intragrupal y los individuos (Cuadro nº 13).

Sin embargo, el comportamiento de los machos en relación con el fotoperiodo presenta características diferenciales, pues mientras en la fase ascendente el grado de dominancia es compartido a nivel de escalón jerárquico, en el período descendente o época de plena actividad sexual el orden social en el grupo es más marcado con diferencias significativas entre todos y cada uno de los individuos que integran el grupo.

Respecto a la posible incidencia de los agentes climáticos (Cuadro nº 4), el nivel de las respuestas tiene una componente:

**Cuadro nº 3.** Análisis estadístico (Test LSD) de los valores medios en porcentaje de la jerarquía social en dos grupos de moruecos Segureños (n = 6) durante 64 semanas, según el período de tiempo experimental, la edad y el fotoperíodo. Cruz Mira y col. (1993)

nº Grupomacho	Período exptal	Grupos de edad			Fases lumínicas		
		1	2	3	Ascndte	Descndte	
1	301	73.4 a	75.4 a	68.5 a	75.0 a	75.0 a	71.9 a
	9093	63.5 b	68.2 a	59.3 a	62.8 b	67.6 a	59.5 b
	9099	41.3 c	38.9 b	58.3 a	32.8 c	36.3 b	45.8 c
	34	38.9 c	32.5 bc	32.4 b	47.2 d	38.2 b	39.5 c
	303	22.2 d	22.2 cd	27.8 b	18.9 e	19.1 c	25.2 d
	35	11.6 e	12.7 d	5.6 c	14.4 e	12.7 c	10.5 e
2	302	72.3 a	77.4 a	71.6 a	69.7 a	72.4 a	72.2 a
	304	64.8 b	60.7 b	65.7 a	66.7 a	64.1 a	65.4 a
	33	47.8 c	52.4 b	43.1 b	48.5 b	50.0 b	45.7 b
	9098	36.5 d	32.1 c	40.2 b	36.4 c	35.9 c	37.0 c
	305	17.3 e	16.7 d	21.6 c	14.4 d	16.0 d	18.5 d
	306	11.9 e	8.3 d	8.8 d	16.7 d	12.2 d	11.7 d

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

individual, que da lugar a la observación de individuos "insensibles" cualquiera que sea el gradiente climático, frente a otros en los cuales la influencia es bastante marcada, especialmente para el binomio +/- . No obstante, este factor no influye distorsionando de forma significativa el orden jerárquico en el grupo.

En el grupo 2 se observa un mayor equilibrio en la dominancia intragrupo con un condominio en todo el período experimental de los moruecos nº 302 y 304, con la excepción del carácter plenamente dominante del nº 302 en las edades jóvenes, sin que factores de tipo intrínseco (individuo, edad, etc) o extrínseco (fotoperíodo) hayan interferido en el comportamiento de los machos.

En lo que afecta a la incidencia del binomio Temperatura / Humedad en el grupo 2, se observa una mayor distorsión en el orden social relacionado con las

altas temperaturas cualquiera que sea el índice de humedad relativa.

En ambos grupos se aprecia la existencia nítida de individuos "dominantes" y "subordinados" con carácter estable, cualquiera que sea el rango de edad considerado o la fase lumínica que se analice. En cuanto a los segundos, el lugar jerárquico ocupado por estos nunca logran superar el tercer puesto en el orden social. El análisis de varianzas multifactorial y sus posibles interacciones (Cuadro nº 7), nos muestra que mientras que los efectos individuo y grado de dominancia son significativos en ambos grupos, sólo lo es en el primero respecto del factor edad y exclusivamente en la fase más acentuada de la actividad sexual de los moruecos.

### 3.1.1. Discusión

Con arreglo a nuestros resultados, en los agrupamientos de moruecos cualquie-

**Cuadro nº 4.** Análisis estadístico (Test LSD) de los valores medios en porcentaje de la jerarquía en dos grupos de moruecos, según el gradiente climático (binomio temperatura / humedad relativa) durante 64 semanas. Cruz Mira y col. (1993)

Grupo	nº macho	GRUPO CLIMÁTICO			
		I (+/+)	II (+/-)	III (-/+)	IV (-/-)
1	301	75.0 a	75.0 a	72.2 a	75.0 a
	9093	62.5 ab	61.1 ab	65.0 a	61.1 a
	34	47.9 bc	47.2 bc	34.5 c	40.3 b
	9099	35.4 cd	30.5 cd	42.8 b	45.8 b
	303	25.0 d	13.9 de	25.4 d	15.3 c
	35	4.2 e	11.1 e	11.9 e	15.3 c
2	302	75.0 a	66.7 a	73.6 a	69.2 a
	304	69.4 a	70.8 a	61.5 b	67.9 a
	33	50.0 b	62.5 a	43.1 c	55.1 a
	9098	19.4 c	29.1 b	42.5 c	32.0 b
	305	30.6 c	0.0 c	18.4 d	15.4 c
	306	2.8 d	20.8 b	9.2 d	17.9 bc

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

ra que sea la edad y el orden social o jerárquico estos presentan escasas variaciones, determinándose una serie de agrupamientos de menor magnitud dentro del grupo con la presencia estable de individuo/s dominantes frente a otros que permanentemente ocupan los últimos lugares del escalón social intragrupal. Estos hechos contrastan con las aportaciones de Zenchak y Anderson (1980) en el sentido de que los machos mantenidos en grupos y criados en cautividad tienen pequeñas respuestas frente a ovejas en celo.

Asimismo, Schreffler y Hohenboken (1974) señalan el carácter estable del orden social en grupos de moruecos durante la monta, si bien existen amplias diferencias entre los diseños experimentales: 64 semanas y extracciones en vagina artificial en nuestro caso frente a 20 días y monta natural ensayado por estos autores. Vigil et al. (1985) en un grupo de 17 moruecos observan inestabilidad permanente en el orden jerárquico, detectan-

do dos agrupamientos definidos como "dominantes" y "subordinados", y concluyendo que en los moruecos Manchegos la dominancia depende más de la edad que del peso vivo.

Estos resultados contrastan con los obtenidos por nosotros donde el lugar jerárquico depende más del individuo - ardor genésico - que de su edad, como lo muestra el hecho de mantenerse prácticamente estable en el tiempo el orden jerárquico cualquiera que sea el rango de edad analizado o la fase lumínica considerada. En definitiva, en moruecos criados y manejados en cautividad en grupos permanentes, el factor determinante del orden jerárquico es de carácter genético e intrínseco a cada individuo, sin que la edad del mismo o el fotoperíodo incidan significativamente en una alteración de las pautas de conducta sexuales dentro del grupo.

Respecto a las vinculaciones del factor jerárquico frente a la respuesta a la cópu-

la y la producción de semen, nuestros resultados ponen de manifiesto la correlación positiva y significativa entre la JS y la EC ( $r = 0.133$  y  $r = 0.121$ ) y entre aquella y el TR ( $r = 0.126$  y  $0.229$ ). A idénticas conclusiones llegaron Lindsay (1966), Bourke (1967) y Lindsay y col. (1976), observando una mejor y mayor respuesta a la cópula en los machos dominantes frente a los machos subordinados.

Por el contrario, Matner y col. (1967) no encuentran una relación directa entre la jerarquía y la libido o TR, corroborando dicha aseveración Vigil y col. (1985). Esta aparente contradicción entre nuestros resultados y el de estos últimos autores son producto del diseño experimental adoptado como lo muestra el hecho de que detectan una correlación positiva y significativa ( $r = 0.130$ ) entre la JS y el TR.

Asimismo, la JS no solo no está correlacionada con el RDU  $r = -0.042$  y  $r = 0.054$  sino que incluso ésta es negativa. Este mismo hecho ha sido señalado por Vigil et al. (1985), si bien estos autores adoptan una escala subjetiva para la determinación de la calidad seminal (Cuadro nº 15).

En otro sentido, y según nuestras observaciones de campo (Cruz Mira et al 1988, datos no publicados), la incidencia de machos dominantes no solo lo es por el mayor número de hembras que monta, sino también por impedir en los lapsos de agotamiento genésico la monta de otros machos. Por otro lado, las propias hembras en numerosas ocasiones no permiten la monta por otros machos que no sean los dominantes.

**Cuadro nº 6.** Análisis estadístico (Test LSD) de los valores medios de la Eficacia a la cubrición (EC) en dos grupos de moruecos ( $n = 6$ ) durante 64 semanas, según el período experimental, edad y fase lumínica. Cruz Mira y col. 1993

Grupo	nº macho	Período exptal	Grupos de edades			Fases lumínicas	
			1	2	3	Ascend.	Descend.
1	34	66.2 a	66.6 a	58.3 ab	70.6 a	69.1 a	63.3 a
	35	62.1 abc	63.5 ab	55.6 ab	65.0 a	62.3 ab	61.9 a
	9093	60.4 bc	55.6 bc	59.3 a	64.4 a	57.4 bc	63.3 a
	9099	59.4 c	64.3 ab	47.2 b	63.3 a	61.6 bc	57.4 a
	301	57.2 c	48.4 c	55.6 ab	64.4 a	54.4 c	60.0 a
	Medias	61.7	60.4 b	56.2 a	65.9 c	61.3 a	62.1 a
2	304	72.3 a	70.2 a	67.7 a	77.3 a	73.7 a	71.0 a
	306	71.4 a	60.7 ab	72.6 a	77.3 a	68.6 ab	74.1 a
	9098	65.7 ab	60.7 ab	64.7 ab	69.7 ab	63.5 bc	67.9 ab
	305	62.9 bc	69.1 a	53.0 bc	66.7 b	64.7 abc	61.1 bc
	302	58.2 cd	56.0 ab	48.0 c	67.4 b	60.9 bc	55.6 c
	33	55.0 d	53.4 b	46.1 c	62.9 b	55.8 c	54.3 c
	Medias	64.3	61.7 a	58.7 a	70.2 b	64.5 a	64.0 a
	Test de Medias	n.s	n.s	n.s	*	n.s	n.s
	General	62.7	60.9 b	57.4 a	67.6 c	62.8 a	62.6 a

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0.05$ ). Test medias (x): n.s = no significativo; \* =  $P < 0.05$ .

### 3.2. EFICACIA A LA CUBRICIÓN (EC)

El Cuadro nº 6 refleja los resultados sobre el grado de eficacia de los moruecos o número medio de montas hasta producida la eyaculación expresado en porcentaje.

De su estudio se deduce la identidad de resultados de la EC intragrupal destacándose como hecho significativo la contraposición entre la jerarquía grupal y la eficacia al salto, siendo más eficaces los moruecos dominados que los dominantes sin que la edad o el fotoperíodo tengan una influencia decisiva a nivel colectivo.

Asimismo, se observa cómo el régimen de temperaturas (altas vs bajas) incide sobre el comportamiento de los morue-

cos aunque no de forma significativa, sin que el índice de humedad relativa interfiera sobre el grado de eficacia a la cópula (Cuadro nº 7).

No obstante, a nivel individual y en relación con los efectos de la edad y fotoperíodo se observan comportamientos diferenciales significativos, mostrando ser más eficaces los animales cuando alcanzan su pleno desarrollo. Las diferencias, a veces significativas, y favorables a los moruecos con edades  $\leq 18$  meses frente a los comprendidos entre esta edad y los 24 meses, se deben en nuestro criterio a los efectos de las altas temperaturas medias de la fase descendente frente a la fase ascendente (23° C vs 13° C), ya que el factor humedad relativa no presenta diferencias de una época frente a la otra (Cuadro nº 7). Este último extremo se

**Cuadro nº 7.** Análisis estadístico (Test LSD) de la eficacia a la cubrición expresado en porcentaje en dos grupos de moruecos Segureños, según el grupo del binomio temperatura / humedad.  
Cruz Mira y col.(1993).

Grupo	nº macho	GRUPO CLIMÁTICO			
		I (+/+)	II (+/-)	III (-/+)	IV (-/-)
1	34	66.7 a	66.7 ab	65.1 a	69.4 a
	9099	66.7 a	61.1 ab	58.7 ab	56.9 a
	303	66.7 a	75.0 a	63.5 a	62.5 a
	301	60.4 a	55.6 b	55.6 b	59.7 a
	9093	60.4 a	61.1 ab	59.5 ab	61.1 a
	35	60.4 a	63.9 ab	62.7 a	59.7 a
	Medias	63.5 a	63.9 a	60.8 a	61.6 a
2	304	80.6 a	66.7 a	72.4 a	69.2 a
	306	77.8 a	79.2 a	69.5 a	70.5 a
	305	72.2 ab	58.3 a	64.9 ab	55.1 a
	9098	58.3 bc	62.5 a	67.2 a	65.4 a
	33	52.8 c	62.5 a	51.7 c	59.0 a
	302	50.0 c	62.5 a	56.9 c	55.1 a
	Medias	65.3 a	65.3 a	63.8 a	63.9 a
Test medias:		n.s	n.s	n.s	n.s

Lectura: Los valores con distinta letra dentro de la misma columna difieren significativamente  $P < 0.05$ .

corroborar con el análisis de los datos frente al binomio temperatura/humedad poniéndose de manifiesto que la eficacia de los machos se ve mejorada con un régimen termométrico alto, sin que el índice de humedad influya decisivamente sobre los resultados. De ello se deriva la existencia de una correlación positiva y significativa (Cuadro nº 15) entre la EC y el factor edad ( $r = 0.168$  y  $r = 0.248$ ) respectivamente en los grupos 1 y 2.

El análisis multifactorial (Cuadro nº 5) adoptando como covariable el factor edad, nos confirma que el efecto individuo es el que establece diferencias estadísticamente significativas a nivel de grupo frente a la efectividad a la cubrición, sin que el fotoperíodo se constituya en factor de variación en el comportamiento.

Asimismo, las posibles correlaciones entre la EC (Cuadro nº 15) respecto de otros parámetros, se muestran significativas frente a la JS ( $r = 0.133$  y  $r = 0.121$ ), así como con el TR ( $r = -0.361$  y  $r = -0.386$ ). En cambio, el EC no incide sobre el RDU en el grupo 1 pero sí en el 2, con unos valores de ( $r$ ) de 0.024 y 0.171, respectivamente.

Es decir, que la JS introduce diferencias en el grado de eficacia a la eyaculación de los grupos en sentido inverso al grado de dominancia sin que ello represente, de forma general, un mejor rendimiento seminal de los machos.

### 3.2.1. Discusión

Nuestros resultados en términos absolutos (61.7 % vs 64.3 %) respectivamente en los grupos 1 y 2, son paralelos a los encontrados por otros autores Vigil et al. (1985) señalando coeficientes del 63, 6 por ciento en un grupo de 17 moruecos Manchegos.

Estos autores observan un mejor grado de eficacia, aunque no significativa, en los machos dominantes frente a los subordinados. En nuestro caso, y en los dos grupos estudiados, el nivel de eficacia es

independiente del grado de dominancia del individuo, manteniéndose está en el tiempo, sin que le afecte el fotoperíodo o el gradiente climático; pero no frente a la edad del individuo con la cual está correlacionada positivamente. Este comportamiento se diferencia de los observados por Vigil et al. (1985), los cuales encuentran resultados, como ellos mismos concluyen, muy contradictorios.

Analizando los resultados de EC frente a la capacidad de reacción de los individuos encontramos una contraposición entre ambos parámetros ( $r = -0.361$  y  $r = -0.386$ ), es decir que el TR no es sinónimo de EC. A estas mismas conclusiones llegan Vigil et al. (1985) en el grupo de moruecos Manchegos ( $r = -0.64$ ). Por otro lado, el grado de eficacia o número medio de montas hasta producida la eyaculante es independiente de la calidad seminal según las observaciones de Vigil et al. (1985) encontrando un grado de asociación entre los machos manchegos incluso negativo ( $r = -0.07$ ). Nuestros resultados muestran mayores niveles de asociación entre estos caracteres, presentándose en uno de los grupos estudiados correlaciones positivas y significativas ( $r = 0.171$ ), si bien en nuestro caso la asociación lo es respecto del RDU y no de la calidad seminal.

En relación con los resultados, la EC es un carácter, en cierta medida, ligado al individuo como lo demuestra el paralelismo de los resultados medios, cualquiera que sea el período de tiempo analizado y la edad del animal.

En definitiva, la eficiencia a la cópula pudiera ser un factor a tener en cuenta en el índice de selección, independientemente de que la capacidad de reacción sea menor, en tanto que ello pudiera presuponer un mejor aprovechamiento de los caracteres deseables del raceador al cubrir en el mismo intervalo de tiempo un mayor número de ovejas o proporcionar un número más elevado de dosis seminales. No obstante, abundando en la propuesta de Vigil et al. 1985, creemos dese-



## CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DEL MORUECO DE RAZA SEGUREÑA

able proseguir los estudios aplicando diseños específicos respecto del carácter EC.

### 3.3. TIEMPO DE REACCIÓN, LÍBIDO O ARDOR SEXUAL (TR)

El parámetro definido como el lapso de tiempo (en segundos) que el morueco tarda ante una hembra en celo en realizar la cópula, presenta variabilidad en relación directa con el individuo, la edad y el fotoperíodo.

El TR alcanza valores medios de 107.1 y 101.3 respectivamente en los grupos 1 y 2, comparativamente carentes de significación estadística (Cuadro nº 8). Sin

embargo, el nivel de respuesta intragrupo presenta características diferenciales a tenor con el individuo, la edad, el fotoperíodo y el grupo climático.

En el grupo 1, con excepción de un individuo las respuestas son prácticamente similares entre los demás moruecos, con ausencia de diferencias significativas pero sí con respecto al primero, cualquiera que sea el estadio de edad, fase del fotoperíodo o el binomio climático.

En el grupo 2, por el contrario, se observa el excelente comportamiento de un solo individuo y de dos agrupamientos de machos que mantienen diferencias significativas entre sí y con respecto al primer

**Cuadro nº 8.** Análisis estadístico (Test LSD) del tiempo de reacción a la cópula (TR) de dos grupos de moruecos segureños (n = 6) durante 64 semanas, según el período, la edad y la fase lumínica.

Cruz Mira y col. (1993).

Grupo	nº macho	Período exptal	Grupos de edades			Fases lumínicas	
			1	2	3	Ascend.	Descend.
1	303	77.8 a	84.0 a	84.5 a	69.3 a	86.0 a	69.7 a
	9099	85.6 ab	91.5 ab	102.4 a	71.3 a	90.1 a	81.4 a
	34	89.1 ab	104.4 ab	105.7 a	68.5 a	90.4 a	87.9 a
	301	102.3 ab	132.2 b	111.5 a	75.9 a	116.4 ab	88.7 a
	9093	111.1 b	82.8 a	84.3 a	147.0 b	144.4 b	78.8 a
	35	177.0 c	219.7 c	218.9 b	121.9 ab	207.7 c	147.2 b
	Medias	107.1	119.1 a	117.9 a	92.3 b	122.7 a	92.2 b
2	304	48.0 a	55.2 a	49.6 a	42.2 a	54.1 a	42.2 a
	9098	78.6 b	55.5 a	88.7 b	85.6 b	67.2 ab	89.6 b
	302	81.8 b	85.7 ab	86.6 ab	75.6 ab	73.9 ab	89.4 b
	305	100.7 b	116.3 b	96.3 b	94.3 bc	97.3 b	104.0 b
	306	114.7 c	228.6 c	96.1 b	128.7 c	192.8 c	98.3 b
	33	153.9 c	183.8 c	154.6 c	134.4 c	160.7 c	147.3 c
	Medias	101.3	120.9 a	95.3 b	93.5 b	107.7 a	95.1 b
Test medias	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	
Media General	104.9	119.8 a	106.9 b	93.1 c	116.0 a	93.8 b	

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

Test medias: n.s = no significativo

Media General: Los valores con distintas letras dentro de la misma fila y apartado difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

morueco, sin que los factores edad o fotoperíodo tengan incidencia significativa en relación a la cadencia de los resultados.

El estudio de los efectos de la edad en sus diferentes estadios y el fotoperíodo presentan valores medios significativos. A medida que se incrementa la edad de los animales el TR disminuye, independientemente de la fase lumínica o el gradiente climático. Asimismo, tanto a nivel individual como colectivo los moruecos se muestran fotodependientes siendo consecuentemente más activos en la época de plena actividad sexual (fase descendiente).

El comportamiento para el TR respecto del gradiente climático (Cuadro nº 9),

muestra como las bajas temperaturas inciden, aunque no significativamente, sobre la capacidad reaccionante de los moruecos sin que el nivel de humedad relativa interfiera los resultados.

El análisis multifactorial e interacciones factoriales (Cuadro nº 10) considerando como covariable al factor edad, muestra la existencia de un efecto positivo y significativo del individuo frente al TR en el grupo 1 pero no en el 2. De ello se deduce la fuerte componente individual del factor en relación directa con su capacidad de reacción a la monta, constituyéndose en un parámetro a adicionar al índice de selección por ser una fuente importante de variación y de efectos significati-

**Cuadro nº 9.** Análisis estadístico (Test LSD) del tiempo de reacción a la cópula expresado en segundos, en dos grupos de moruecos Segureños, según el grupo del binomio temperatura/humedad relativa.

Cruz Mira y col. (1993).

Grupo	nº macho	GRUPO CLIMÁTICO			
		I (+/+)	II (+/-)	III (-/+)	IV (-/-)
1	303	54.7 a	54.1 a	73.6 a	122.7 ab
	9099	59.4 a	75.1 ab	87.9 ab	101.2 a
	301	69.6 ab	86.5 ab	114.4 b	96.4 a
	9093	79.1 ab	103.2 ab	113.8 b	134.3 ab
	34	80.9 ab	70.0 ab	91.7 ab	91.0 a
	35	126.8 b	117.2 b	186.5 c	215.7 b
	Media	78.4 a	84.3 ab	111.3 bc	126.9 c
2	304	33.0 a	67.5 a	51.1 a	44.5 a
	9098	93.8 ab	76.7 ab	72.7 ab	89.4 bc
	306	96.3 ab	66.0 a	174.5 c	124.7 cd
	302	107.2 b	63.0 a	76.6 ab	71.7 ab
	305	112.3 b	162.7 b	93.5 b	92.6 bc
	33	187.0 c	164.0 b	155.3 c	138.6 d
	Media	104.9 a	100.0 a	103.9 a	93.6 a
Test medias	*	n.s	n.s	*	
Media General	89.8 a	90.6 a	108.3 a	109.9 a	

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente,  $P < 0.05$ .

Test 1/2: \* =  $P < 0.05$ ; n.s = no significativo.

Medias: Los valores con distinta letras dentro de la misma fila difieren significativamente. ( $P < 0.05$ ).

vos sobre la productividad final de los rebaños.

### 3.3.1. Discusión

Es sabido que el TR o líbido varía entre los moruecos según su impulso sexual básico y la forma en que se los entrena, trata y maneja.

En nuestras condiciones de trabajo, el tiempo medio en reaccionar a la monta muestra un valor medio de 105 segundos y de 107 y 101 respectivamente para los agrupamientos 1 ó 2, observándose diferencias significativas respecto de la edad y el fotoperíodo. Estos resultados contrastan fuertemente con los observados por Vigil et al. (1985) cualquiera que sea el genotipo estudiado con una media general de TR fijada en 48.5 segundos. La diferencia tan marcada comparativamente entre las dos experiencias, nos induce a pensar que o bien la sistemática de estimación del tiempo haya sido sustantivamente diferente, o bien que la líbido en los machos Manchegos y Karakul es muy superior a los de raza Segureña. Nosotros achacamos la amplitud en las diferencias al elevado grado de rusticidad de los machos Segureños, no debiéndose olvidar que la conducta sexual se encuentra estrechamente ligada al estado psicológico del animal. En efecto, el macho puede rehusar la copulación o reducir su producción seminal en cantidad y calidad en un medio forzado o no natural, llegando a cohibirse fuertemente ante la presencia de personas muy próximas.

Las correlaciones y nivel de significación del parámetro respecto de los factores en estudio (Cuadro nº 15) nos muestra como el TR esta correlacionado positiva y significativamente con la JS ( $r = 0.126$  y  $0.229$  en los grupos 1 y 2 respectivamente). Vigil et al. (1985) obtienen un valor positivo y significativo entre los moruecos de raza Manchega ( $r = 0.13$ ), lo que nos lleva a deducir que los machos dominantes realizan la cópula en un tiempo menor que los dominados.

Como conclusión y según nuestros estudios, el TR es un factor a considerar en la evaluación de los raceadores, especialmente por estar correlacionado con la JS y la EC, denotándose que en cierta medida existe una componente genética para el factor y que indudablemente va a repercutir en los resultados de fertilidad y quizá se propicien efectos negativos al seleccionar las poblaciones de machos.

### 3.4. RENDIMIENTO EN DOSIS ÚTILES SEMINALES (RDU)

La calidad seminal medida como el rendimiento medio en dosis de semen útiles (RDU), se manifiesta como una importante fuente de variación entre individuos, según nuestros resultados (Cuadro nº 11 y 12). Las diferencias se presentan tanto a nivel de individuo como de grupo, siendo estas estadísticamente significativas entre determinados estadios de edad, fotoperíodo o gradiente climático.

Por lo que respecta a la edad, ésta influye decisivamente en el RDU con diferencias marcadamente significativas tanto si se estiman los resultados a nivel de grupo como de toda la población, observándose como hasta no superados los dos años de edad, y más del 90 % del peso vivo y desarrollo corporal, los machos no exteriorizan su verdadero potencial en la producción de semen.

Abundando en lo observado por otros autores, se confirma la existencia de diferencias significativas respecto del fotoperíodo, tanto a nivel de grupo como de la población estudiada (10.8 vs 13.0). Sin embargo, estas diferencias tienen carácter individual detectándose machos que muestran una caída significativa en su producción espermática, cuantitativa y cualitativamente, durante la fase lumínica ascendente frente a otros individuos cuyos RDU no presentan diferencias significativas achacables al fotoperíodo. Ello nos indica la necesidad de evaluación del factor a nivel individual, ya que su trascendencia en el plano selectivo pudiera ser importante, pudiéndose dar lugar a

una selección negativa para el carácter RDU si nos atenemos a valoraciones medias grupales.

De forma unánime se acepta la influencia en el proceso de producción espermática de los agentes climáticos temperatura y humedad relativa. Nuestros resultados (Cuadro nº 12) muestran el grado de incidencia del binomio temperatura/humedad relativa sobre el RDU, presentándose valores similares en los dos grupos y evidenciando que con un régimen termométrico alto el nivel de humedad va a condicionar significativamente la producción seminal.

Para obviar la edad como factor de variación, hemos realizado el estudio de los RDU de moruecos  $\geq 2$  años (Cuadro

nº 14), confirmándose que las altas temperaturas unidas a un índice alto de humedad interfieren significativamente la producción seminal, al tiempo que se confirma como un factor estable de variación el fotoperíodo, cualquiera que sea el régimen del binomio temperatura/humedad relativa.

El análisis multifactorial de los efectos e interacciones adoptando el factor edad como covariable de posible incidencia sobre el RDU (Cuadro nº 10), pone de manifiesto el alto nivel de significación estadística que para éste último marcan tanto el individuo como la fase lumínica, siendo más débil la influencia del binomio Temperatura / Humedad relativa, sin que interacciones entre los efectos distorsionen los resultados.

**Cuadro nº 11.** Análisis estadístico (Test LSD) del Rendimiento en Dosis Seminales (RDU) en dos grupos de moruecos Segureños ( $n = 6$ ), durante 64 semanas, según el período, la edad y fase lumínica.

Cruz Mira y col. 1993.

Grupo	nº macho	Período exptal	Grupos de edades			Fases lumínicas	
			1	2	3	Ascend.	Descend.
1	35	14.3 a	11.4 a	14.0 a	16.5 ab	13.4 a	15.2 a
	9093	13.9 ab	11.8 a	10.8 b	17.3 a	13.2 a	14.7 ab
	9099	13.7 ab	11.0 a	10.4 a	13.2 ab	15.8 ab	11.6 ab
	301	12.3 b	10.4 a	10.4 a	11.7 ab	13.9 b	11.3 ab
	303	10.6 c	9.7 a	9.7 a	11.8 ab	10.6 c	9.6 bc
	34	9.0 c	7.3 b	7.3 b	10.2 b	9.6 c	7.3 c
	Medias	12.3	10.3 a	10.3 a	12.0 b	14.0 c	11.1 a
2	304	12.0 a	6.5 bc	6.5 bc	11.7 ab	15.7 a	10.9 a
	306	11.9 a	10.7 a	10.7 a	11.3 ab	13.1 a	11.5 a
	33	11.5 a	8.6 ab	8.6 ab	10.4 b	14.4 a	10.7 ab
	9098	11.4 a	4.4 c	4.4 c	13.9 a	13.9 a	8.2 b
	305	10.9 a	8.5 ab	8.5 ab	9.9 b	13.2 a	9.9 ab
	302	10.6 a	8.6 ab	8.6 ab	9.5 b	12.6 a	10.2 ab
	Medias	11.4	7.9 a	7.9 a	11.1 b	13.8 c	10.3 a
Test 1/2	*	***	***	n.s	n.s	n.s	n.s
Media General	11.8	9.3 a	9.3 a	11.6 b	13.9 c	10.8 a	13.0 b

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

Test medias: n.s = no significativo; \* = ( $P < 0.05$ ); \*\*\* = ( $P < 0.001$ ).

Media General: Los valores con distinta letra dentro de la misma fila difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

**CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DEL MORUECO DE RAZA  
SEGUREÑA**

**Cuadro nº 12.** Análisis estadístico (Test LSD) del RDU en dos grupos de moruecos Segureños (n = 6) durante 64 semanas, según el grupo del binomio Temperatura/Humedad relativa. Cruz Mira y col. 1993

Grupo	nº macho	GRUPO CLIMÁTICO			
		I (+/-)	II (+/-)	III (-/+)	IV (-/-)
1	34	8.1 a	10.2 a	8.8 a	9.7 a
	303	8.5 a	10.0 a	10.8 ab	10.9 ab
	301	10.4 ab	14.6 b	12.7 bc	11.3 ab
	9093	12.4 b	17.7 c	13.6 b	14.4 b
	35	12.5 b	14.9 b	14.5 b	14.1 b
	9099	17.5 c	13.9 b	13.2 b	12.4 ab
	Medias	11.6 a	13.6 a	12.2 a	12.1 a
2	305	7.7 a	13.6 a	11.1 ab	11.0 a
	306	9.6 b	11.3 a	13.0 b	10.6 a
	33	9.7 b	17.5 c	11.0 ab	11.2 ab
	304	10.2 b	15.6 b	10.8 ab	14.0 c
	9098	10.3 b	15.2 b	10.7 ab	12.3 b
	302	13.4 c	12.6 a	9.3 a	11.5 ab
	Medias	10.2 a	14.3 b	11.0 a	11.8 a
Test medias	n.s	n.s	*	n.s	
Media General	11.0 a	13.9 b	11.7 a	11.9 a	

Lectura. Los valores con distintas letras dentro de la misma columna o en la fila para las medias difieren significativamente; n.s = no significativo\* = (P < 0.05).

**Cuadro nº 13.** Análisis estadístico (Test LSD) del RDU en moruecos Segureños (n = 12) durante 64 semanas, según el rango del binomio Temperatura/Humedad relativa, edad y fotoperíodo

Cruz Mira y col. 1993

Rangos T/HR	Grupos de edades			Fases lumínicas	
	1	2	3	Ascend.	Descend.
I	7.9 a	9.4 a	13.4 b	7.9 a	12.2 b
II	-	10.7 a	17.0 b	-	14.1 c
III	9.6 a	12.2 b	13.2 b	10.7 a	13.0 b
IV	9.0 a	11.0 a	14.2 b	11.6 a	12.7 a

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma fila difieren significativamente (P < 0.05).

**Cuadro nº 14.** Análisis estadístico (test LSD) de los factores de la conducta sexual y rendimiento seminal en moruecos Segureños mayores de 2 años, según el rango del binomio Temperatura/Humedad relativa.  
Cruz Mira y col. 1993.

RANGOS T/HR	EFICACIA CUBRICIÓN	TIEMPO REACCIÓN	RENDO SEMEN
I	69.4 ab	77.5 a	13.5 a
II	72.2 b	74.8 a	16.9 b
III	65.5 a	100.1 a	13.2 a
IV	69.2 ab	96.2 a	14.2 a
<b>FOTOPERIODO</b>			
Ascendente	65.2 a	111.0 a	12.7 a
Descendente	70.0 b	76.2 b	15.0 b

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

### 3.4.1. Discusión

El RDU como expresión de las características seminales, es uno de los principales factores que definen a un buen raceador. Numerosos autores establecen la existencia de variaciones significativas de la producción seminal respecto de la edad, principalmente en el volumen y en la concentración espermática (Folch, 1984; Boland et al. 1985; Colas et al. 1986; Vigil et al. 1985). Este último autor encuentra correlaciones negativas y significativas ( $r = -0.42$ ) en moruecos Manchegos. Nuestros resultados ponen de manifiesto diferencias significativas entre las distintas clases del rango de edades (Cuadro nº 10), con un nivel de correlación del factor respecto de la edad positivo y significativo ( $r = 0.324$  y  $0.450$  respectivamente en los grupos 1 y 2 lo que contrasta con la negatividad de la correlación respecto de la edad observada por Vigil et al. (1987) debiendo ello ser originado por el rango de edades con las cuales han realizado sus experiencias.

Los factores medioambientales que parecen intervenir, directa o indirectamente, en los RDU son el fotoperíodo, la tem-

peratura y la humedad ambiental (Roca, 1991). Otros autores (Folch, 1984; Mahouachi y Khandi, 1987) matizan que sobre distintas razas las condiciones medioambientales pueden influir de diferente manera. A estos efectos, Thimonier et al., (1986) y Langford et al., (1989) consideran que el principal factor de variación en la producción seminal de los pequeños rumiantes es el fotoperíodo mientras que la temperatura y humedad relativa parecen tener un papel moderador sobre dicha actividad, disminuyéndola o aumentándola. Thimonier et al. (1986) concluyen que en los momentos actuales todavía se está estudiando si los pequeños rumiantes mantienen una buena calidad de sus eyaculados durante todas las estaciones del año.

Nuestros resultados confirman la incidencia significativa y grado de asociación entre el fotoperíodo y el RDU ( $r = 0.214$  y  $0.206$  respectivamente en los grupos 1 y 2), si bien el efecto tiene un componente individual (Cuadro nº 12), observándose diferencias interfase lumínica a nivel de individuos muy altas, frente a otros en los cuales la incidencia del fotoperíodo es escasa.

**CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DEL MORUECO DE RAZA  
SEGUREÑA**

Por otra parte, numerosos trabajos indican la incidencia significativa de las temperaturas y humedad relativa elevadas sobre el volumen y concentración seminales, pero consideran sus efectos unitariamente. En nuestro criterio, el grado de incidencia de uno u otro parámetro climatológico no puede considerarse en condiciones de explotación aisladamente, ya que los efectos están directamente relacionados con la gradiente del binomio Temperatura/Humedad relativa en un episodio de tiempo determinado. Nuestro estudio, evidencia que los efectos de la Humedad relativa son más marcados que

los de las Temperaturas en la producción cuantitativa y cualitativa de los eyaculados, al menos en nuestras condiciones experimentales (Cuadros nº 11 y 12). El grado termométrico, si no está relacionado con unos porcentajes bajos de humedad relativa ambiental carece de incidencia sobre la producción seminal, extremo por otra parte independiente de la edad y del fotoperíodo, sin que en ningún caso el binomio Temperatura/Humedad relativa, tenga un papel secundario y actúe como factor moderador de las características del eyaculado como afirman Thimonier et al. (1986) y Langford et al. (1989).

**Cuadro nº 15.** Matriz de correlaciones entre la edad, el comportamiento, rendimiento seminal y fotoperíodo de dos grupos de moruecos Segureños (n = 6) durante 64 semanas. Cruz Mira y col. 1993.

PARÁMETROS	Grupo exptl de macho	Edad de los moruecos E	Jerarquía u orden social JS	Eficacia a la cubrición EC	Tiempo de reacción TR	Rendto dosis semen RDU
E	1	-	-0.003 n.s	0.168 **	-0.147 *	0.324 ***
	2	-	-0.008 n.s	0.248 ***	-0.131 *	0.450 ***
JS	1	-0.003	- n.s	0.133 **	0.126 ***	-0.042 n.s
	2	-0.008 n.s	-	0.121 *	0.229 ***	0.054 n.s
EC	1	0.168 **	0.133 **	-	-0.361 ***	0.024 n.s
	2	0.248 ***	0.121 *	-	-0.386 ***	0.171 **
TR	1	-0.147 *	0.126 *	-0.361 ***	-	0.152 **
	2	-0.131 *	0.229 ***	-0.386 ***	-	0.073 n.s
RDU	1	0.324 ***	-0.042 n.s	0.024 n.s	0.152 **	-
	2	0.450 ***	0.054 n.s	0.171 **	0.073 n.s	-
Fase lumínica	1	-	-0.004 n.s	-0.007 n.s	-0.150 **	0.214 ***
	2	-	0.001 n.s	-0.022 n.s	-0.082 n.s	0.206 ***

Lectura: n.s = no significativo; \* = P< 0.05; \*\* = P< 0.01; \*\*\* = P< 0.001.

**Cuadro nº 5.** Anova e interacciones de la jerarquía social y eficacia a la cubrición (adoptando como covariable la edad) durante 64 semanas en dos grupos de moruecos Segureños, según el individuo, fase lumínica y grupo climático.

Cruz Mira y col. 1993.

Grupo machos FACTOR Período tiempo	Grupo nº 1 (n = 6)			Grupo nº 2 (n = 6)		
	General	JERARQUÍA		SOCIAL	FASES	
		Ascendente	Descendente	General	Ascendente	Descendente
Efectos Principales	84.8 ***	64.7 ***	27.0 ***	70.6 ***	43.2 ***	25.8 ***
. Morueco	118.3 ***	77.3 ***	48.5 ***	98.8 ***	51.8 ***	46.5 ***
. Fase	0.1 n.s	-	-	0.0 n.s	-	-
. G.Clima	0.2 n.s	0.0 n.s	0.3 n.s	0.1 n.s	1.0 n.s	0.0 n.s
. Edad	0.2 n.s	0.1 n.s	0.3 n.s	0.0 n.s	0.0 n.s	0.0 n.s
Interacciones	3.8 **	2.2 n.s	2.1 **	1.6 n.s	2.3 n.s	0.9 n.s
Morueco/Fase	2.8*	-	-	0.2 n.s	-	-
" / G.C	1.0 n.s	0.6 n.s	1.5 n.s	1.7 *	1.0 n.s	1.1 n.s
" / Edad	6.1 ***	2.1 n.s	3.9 **	0.9 n.s	1.4 n.s	0.7 n.s

FACTOR	EFICACIA A LA CUBRICIÓN (Número salto eyaculante)					
Covariable	13.583	0.200	27.662	24.418	5.733	30.264
Edad	***	n.s	***	***	*	***
Efectos Principales	6.8 ***	4.2 ***	1.4 n.s	6.9 ***	3.2*	4.2 ***
. Morueco	4.0 ***	3.5 **	1.5 n.s	8.6 ***	3.0*	7.1 ***
. Fase	3.2 *	-	-	2.1 n.s	-	-
. G.Clima	0.4 n.s	0.6 n.s	0.6 n.s	0.3 n.s	0.2 n.s	0.4 n.s
Interacciones	2.5 *	2.8 *	1.0 n.s	1.4 n.s	2.0 n.s	1.4 n.s
Morueco/Fase	1.7 n.s	-	-	0.8 n.s	-	0.8 n.s
" / G.C	0.4 n.s	0.7 n.s	0.1 n.s	0.9 n.s	1.2 n.s	2.2 n.s

Lectura: n.s = no significativo; \* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001.



**CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DEL MORUECO DE RAZA  
SEGUREÑA**

**Cuadro nº 9.** Anova e interacciones del tiempo de reacción a la monat y el rendimiento en dosis útiles seminales (adoptando como covariable la edad) durante 64 semanas en dos grupos de moruecos Segureños, según el individuo, la fase lumínica y el grupo climático. Cruz Mira y col. 1993

Grupo machos FACTOR Período tiempo	Grupo nº 1 (n = 6)			Grupo nº 2 (n = 6)		
	General	JERARQUÍA		SOCIAL	FASES	
		Ascendente	Descendente		Ascendente	Descendente
Covariable Edad	12.661 ***	1.563 n.s	38.018 ***	6.982 **	6.679 *	0.085 n.s
Efectos principales	11.1 ***	7.2 ***	5.7 ***	14.2 ***	11.9 ***	5.3 ***
. Morueco	12.3 ***	6.9 ***	7.9 ***	19.5 ***	14.7 ***	9.4 ***
. Fase	15.3 ***	-	-	0.5 n.s	-	-
. G.Clima	2.8 *	0.6 n.s	2.5 n.s	0.5 n.s	0.5 n.s	0.0 n.s
Interacciones	5.7 ***	4.8 ***	1.8 *	3.2 **	2.2 *	1.1 n.s
Morueco/Fase 1.9	n.s	-	-	5.6 ***	-	-
"/G.C.	0.4 n.s	0.5 n.s	0.5 n.s	1.5 n.s	1.9 *	1.1 n.s
<b>FACTOR</b>	<b>RENDIMIENTO DOSIS ÚTILES</b>					
Covariable Edad	56.858 ***	10.630 **	22.498 ***	83.102 ***	51.299 ***	22.206 ***
Efectos principales	9.2 ***	6.7 ***	3.4 ***	2.1 n.s	1.4 n.s	1.5 n.s
. Morueco	12.4 ***	8.0 ***	5.0 ***	0.7 n.s	1.5 n.s	1.8 n.s
. Fase	0.1 n.s	-	-	0.6 n.s	-	-
. G.Clima	2.0 n.s	0.7 n.s	1.5 n.s	1.8 n.s	0.9 n.s	1.2 n.s
Interacciones	1.9 *	2.2 n.s	1.0 n.s	2.3 *	2.6 *	1.3 n.s
Morueco/Fase	0.8 n.s	-	-	2.6 *	-	-
"/G.C	0.8	n.s	0.6 n.s	0.4 n.s	1.0 n.s	1.5 n.s
1.1 n.s						

Lectura: n.s = no significativo; \* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001.

## V. CONCLUSIONES.

La conducta sexual y la capacidad reproductiva del morueco no es en modo alguno uniforme, no ya durante su etapa productiva sino incluso a lo largo del año. Los resultados de nuestro estudio concluye:

1) La jerarquía social o grado de dominancia en grupos de moruecos mantenidos y criados conjuntamente, determina la existencia de individuos "dominantes" y "subordinados" de origen genético, pero sensibles o no a factores ambientales y relacionados positivamente con el grado de eficacia a la copula y la capacidad de reacción, siendo indiferente, cuando no

negativo, a su rendimiento seminal. El carácter "agresividad" que marca el grado de dominancia no constituye por sí solo un factor determinante de la calidad genética del morueco.

En definitiva, moruecos criados y manejados en cautividad en grupos permanentes, el factor determinante del orden jerárquico es de carácter genético e intrínseco a cada individuo, sin que la edad, el fotoperíodo o la relación temperatura/humedad relativa incidan significativamente en una alteración continua y evidente de las pautas de conducta sexuales.

II) La eficiencia reproductiva, medida como la capacidad de monta de los individuos, es un carácter ligado al individuo directamente relacionado con la edad, siendo independiente de la capacidad de reacción y del grado de dominancia en el grupo, sin que le afecte la fase lumínica en que se evalúe o los efectos del binomio temperatura/humedad relativa.

A nivel de explotación, su consideración en el índice de selección pudiera presuponer un mejor aprovechamiento de los caracteres deseables del morueco al fecundar en el mismo intervalo de tiempo un mayor número de ovejas o proporcionar un número más elevado de dosis seminales.

III) El tiempo de reacción a la cópula o líbido tiene en el morueco Segureño un fuerte componente individual, en nuestro criterio de origen genético, relacionado directamente con la edad e inversamente con el grado de dominancia en machos criados en grupos, sin que sus efectos lleguen a ser significativos sobre la producción y calidad del semen.

La libido, como expresión externa de la conducta sexual se muestra fotodependiente, volviéndose los moruecos más activos en la fase lumínica descendiente, sin que la gradiente climática del binomio temperatura/humedad relativa manifieste efectos significativos en la expresión del

carácter; no así, frente a otros factores ajenos al reproductor tales como: la presencia de machos dominantes, pautas de manejo, presencia de personas extrañas, etc. que pueden condicionar su estado psicológico hasta el punto de rechazar la cópula o reducir drásticamente la producción y calidad del eyaculado.

IV) El potencial de rendimiento, cualitativa y cuantitativamente, de los eyaculados en dosis seminales útiles, no alcanza su máxima expresión hasta no superado los dos años de vida, si bien existen marcadas diferencias a nivel de individuo, lo que confirma la componente genética del factor.

La expresión del carácter no está relacionada con la conducta sexual del individuo, pero sí y de manera significativa con el fotoperíodo, mejorándose los resultados a medida que decrece el período de luz. El gradiente climático del binomio Temperatura/Humedad relativa incide negativamente sobre el RDU cuando las altas temperaturas se acompañan de unos bajos niveles de humedad relativa.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- BOLAND, M.P., AL-KAMALI, A.A., CROSBY T.F., HAYNES, N.B., HOWLES, C.M., KELLEHER, D.L., GORDON, I., 1985. "The influence of breed, season and photoperiod on semen characteristic, testicular size, libido and plasma hormone concentrations in rams" *Anim. Reprod. Sci.*, 9, 241-252.
- BOURKE, M.E. 1967. "A study on mating behaviour in Merino rams" *Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb.*, 7, 203-205.
- CHENOWET, P.J. 1981, "Libido and mating behavior in bulls, boars and rams. A review. *Theriogenology*, 16 (2): 155-157.
- COLAS, G., GUERIN, Y., LEMAIRE, Y., MONTASSIER Y., DESPIERRES, J., 1986. "Variations saisonnières du diamètre testiculaire et de la morphologie des spermatozoides chez le béliers Vendéen et chez le bélier Texel" *Repr. Nutr. Develop.*, 26 (3), 863-875.

- DZUIK, F. J., 1970. "Estimation of optimum time for insemination of gilts and ewes by double-mating at certain times relative to ovulation" *J. Reprod. Fert.* 22, 227-282.
- FOLCH, J., 1984. "The influence of age, photoperiodism and temperature on semen production of rams", pp. 141-160. En: *The male in farm animal reproduction*, ed. M. Courot, 377 pp. Martinus Nijhoff Publisher. Holanda.
- EDEY, T.N., KILGOUR, R., BREMMER, K. 1978. "Sexual behaviour and reproductive performance of ewes lambs at and after puberty". *J. Agric. Scie. Camb.*, 90, 83-91.
- FOWLER, D. G., JENKINS, L. D. 1976. "The effects of dominance and infertility of rams reproductive performance". *App. Anim. Eth.* 2, 327-337.
- HULET, C. V., ERCANBRACK, S. K., BLACKWELL, R. L., WILSON, L. O. 1962b "Mating behaviour of the ram in the one-sire pen" *J. Anim. Sci.* 21, 49-52
- KILGOUR, R.J. 1984. "Sexual behaviour in male farms animals" pp. 108-134. En: *The male in farm animal reproduction*, ed. M. Courot, 377 pp. Martinus Nijhoff Publisher. Holanda.
- LANGFORD, G.A., MARCUS, G.J., SHRESTHA, J.N.B., 1989. "Repeatability of scrotal size and semen quality measurements in rams in a short-day light regime" *Anim. Reprod. Sci.*, 19, 19-27
- MAHOUACHI, M., KHALDI, G., 1987. "Variations saisonnières de la production spermatique chez les béliers de races Barbarine et Noire de Thibar. *Ann. INRA de Tunisie*, 60 (11), 27 pp.
- LINDSAY, D.R., 1966. "Mating behaviour in ewes and its effects on mating efficiency" *Anim. Behav.*, 14, 419-424.
- LINDSAY, D.R., DUNSMORE, D.G., WILLIAMS, J.D., SYME, G.J., 1976. "Audience effects on the mating behaviour of rams". *Anim. Behav.*, 24, 818-821.
- MATTNER, P.E., BRADEN, A.W.H., TURNBULL, K.E. 1967 "Studies on flock mating of sheep". I: Mating behavior. *Aus. J. exp. Agric. Anim. Husb.*, 7: 102-109
- ROCA, J., MARTÍNEZ, E., VÁZQUEZ, J. M., 1991. "Factores fisiológicos que influyen en la actividad sexual del macho cabrío" *Rev. ITEA*, vol 87 A, 1, 3-15.
- SHREFFLER, C., HOHENBOKEN, W.D., 1974. "Dominance and mating behavior in rams lambs". *J. Anim. Sci.* 39, 725-731.
- THIMONIER, J., TERQUI, M., CHEMINE-AU, P., 1986. "Conduite de la reproduction des petits ruminants dans les différentes parties du monde" *Proc. Int. Atomic Energy Agency*, 135-147 pp. Viena.
- TULLEY, D., BURFENING, P.J., 1983, "Libido and scrotal circumference of rams as effected by season of the year and altered photoperiod. *Theriogenology*, 20 (4) 435-448.
- VIGIL, E., GONZALO, C., CIUDAD, C., RUIZ POVEDA J., 1985 "Evolución de las características seminales en el ovino Manchego. I. Variables que la condicionan" *Rev. ITEA*, vol extra, 5, 341-345.
- VIGIL, E., GONZALO, C., CIUDAD, C., RUIZ POVEDA, J., 1985 "Jerarquía social, diámetro testicular, libido y calidad seminal en los moruecos de raza Manchega y Karakul" *Rev. ITEA*, 60, 19-27.
- ZENCHAK, J.J., ANDERSON, G. C., 1980 "Sexual performance levels of rams as affected by social experience during rearing" *J. Anim. Sci.*, 50, 167-174.

# **NÚCLEO TEMÁTICO N° IV**



## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 4

### MEJORA DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Tema nº XIV	Selección, manejo y entrenamiento de machos jóvenes	215
Tema nº XV	Determinación de la calidad seminal	223
Tema nº XVI	Programas de reproducción. Métodos de control reproductivo	231
Tema nº XVII	Control de la actividad ovárica mediante la utilización del efecto macho	247
Tema nº XVIII	Influencia del fotoperiodo-melatonina sobre la estacionalidad sexual en pequeños rumiantes	255
Tema nº XIX	Transferencia de embriones	271
Tema nº XX	Diagnóstico precoz de la gestación	279
Tema nº XXI	Efectos del nivel de alimentación en la esfera reproductiva de la oveja y la cabra	285



**XIV**  
**SELECCIÓN, MANEJO Y**  
**ENTRENAMIENTO DE MACHOS**  
**JOVENES**

**ANGEL MANUEL CARACUEL GARCÍA**

*Departamento Producción Animal  
unidad Reproducción y Obstetricia*

*CIFA  
Granada*





Los índices reproductivos no constituyen por sí mismos una base para la selección de sementales dentro de un programa de mejora, sino que éstos se eligen en función de parámetros productivos y morfológicos. Sin embargo, sería un inconveniente que un animal no presentara una aptitud reproductiva que permita la difusión de los caracteres por los que ha sido seleccionado. Por ello, previamente a su inclusión dentro de un programa de mejora e inseminación artificial, es necesario evaluar algunos aspectos concernientes a su valor reproductivo, como la capacidad de adaptación al método de obtención de semen, el comportamiento sexual o la calidad seminal.

Antes de que un macho sea capaz de producir dosis seminales aptas para su utilización en inseminación artificial ha de someterse a un período de entrenamiento y adaptación a la recogida de semen. Este intervalo de tiempo servirá para poner de manifiesto sus aptitudes reproductivas, que permitirán realizar una selección adecuada. El resultado de estas observaciones, que continuarán después de finalizar el entrenamiento, condiciona el futuro del macho como semental, pues éstas son la causa de la eliminación de algunos animales, generalmente en número reducido, e independientemente de su potencial genético.

Por lo tanto, el entrenamiento tiene como objetivos: primero, lograr que los animales se habitúen a un entorno (sala de extracciones) y a unas condiciones específicas que permitan la obtención de material seminal de forma óptima y continuada, y segundo, la selección de los futuros sementales según sus cualidades reproductivas. Durante este período es importantísimo que el manejo, la alimentación y la higiene de los animales reúnan unas condiciones óptimas.

## 1. OBTENCIÓN DEL SEMEN DE MORUECO

Existen diferentes métodos de recolección, aunque el ideal ha de cumplir unas

premisas fundamentales según las cuales la técnica debe:

- a) Ser aplicable al animal vivo sin riesgo para su salud y bienestar.
- b) Permitir recoger el semen en las mejores condiciones higiénicas, posibilitando la obtención de la mayor cantidad y calidad posible.
- c) Ser un método barato y de aplicación sencilla al mayor número de sementales.
- d) Ser apta para repetirse a intervalos frecuentes y así hacer frente a la demanda que significa cualquier programa de inseminación artificial.
- e) No entrañar riesgo para el personal encargado de llevarla a cabo.

Aunque existen un gran número de sistemas de recogida aplicables a las diferentes especies animales, en el caso del morueco sólo tres son de interés: la vagina artificial, la electroeyaculación y la recogida post-coito. Aunque actualmente el método de elección es la vagina artificial, en casos especiales se pueden aplicar los otros dos.

La *electroeyaculación* es la alternativa a la vagina artificial, cuando se trata de machos con reflejos inhibitorios, anormalidades en el tracto genital externo, escasa libido o incapaces de responder al entrenamiento, pero que por sus características genéticas, son de gran interés en los programas de mejora. En líneas generales, consiste en la aplicación de estímulos eléctricos sobre los centros de eyección y eyaculación, con la ayuda de unos electrodos, cuyas características varían según la técnica empleada.

La *recogida post-coito* se realiza absorbiendo el semen de la vagina de la hembra, inmediatamente después de ser cubierta, con una jeringa o pipeta, pero aunque es de fácil realización, presenta el grave inconveniente de obtener al mismo

tiempo exudados y células epiteliales que disminuyen notablemente la calidad.

Centrándonos en la *vagina artificial*, hay que mencionar que no es un sistema nuevo. Fue ideada en el Instituto de Inseminación Artificial de Moscú en 1922, pero fue Amantea quien propuso el modelo precursor de los actuales.

## 2. INSTALACIONES Y MATERIAL

La sala de recogidas debe tener unos cinco o seis metros cuadrados de superficie como mínimo, siendo una habitación de suelo impermeable, antideslizante y de fácil limpieza. Las paredes deben estar encaladas o hechas con material que permita una correcta desinfección. La habitación ha de estar perfectamente aislada del aprisco, pero comunicada directamente con él mediante al menos una puerta, por la que tengan acceso los animales.

Debe estar junto al laboratorio de análisis del esperma, en el cual se encuentran todos los utensilios necesarios para la recogida (vagina artificial, colectores, calentador de agua) y el equipo para el posterior análisis del semen. Este laboratorio contará con una superficie mínima similar y ha de poder aislarse de la luz natural.

La vagina artificial del morueco consta de 4 partes, un cuerpo, un intermediario, un colector y un protector. El cuerpo consiste en un cilindro rígido provisto de una válvula capaz de abrir y cerrar un orificio. Dentro de este cilindro exterior se coloca otro, de goma blanda, denominado "camisa", cuyos extremos se reinvierten sobre el cuerpo rígido, de tal manera que entre ambos, cilindro externo y camisa, queda una cámara conectada al exterior por la válvula mencionada anteriormente, y por la que se introduce agua y aire hasta conseguir una presión que nos permita introducir el dedo índice sin demasiada dificultad. De esta manera, se trata de imitar las condiciones naturales, logrando una temperatura final de unos 39-40° centígrados.

El intermediario es un embudo de goma blanda, cuyo extremo anterior se conecta al cuerpo de la vagina, y el posterior al colector, que es un tubo de vidrio graduado. Una vez montadas estas tres partes, se cubren con el protector, hecho de un material aislante, a fin de mantener constante la temperatura de la vagina artificial durante la recogida.

El objetivo del entrenamiento es permitir recoger el semen con vagina artificial, para ello es necesario contar con una oveja que sirva de maniquí; ésta se situará en un potro de sujeción, que consiste en una base de madera o material antideslizante a la que se encuentran ancladas cuatro barras metálicas. Las dos anteriores, perpendiculares a la base, llevan soldado un cepo en su extremo superior que sujetará la oveja por el cuello. Las posteriores, ligeramente inclinadas hacia delante, se unen por su extremo superior mediante otras barras transversales a las anteriores.

Con esta colocación se impide cualquier lesión de las extremidades anteriores del morueco en el momento de la monta y se evitan posteriores reflejos inhibitorios.

## 3. PERIODO DE ENTRENAMIENTO

La especial conducta de estos animales gregarios hace del morueco un animal asustadizo, que necesita acostumbrarse a la presencia del ser humano y a su diaria proximidad y contacto. Por tanto, interesa que estos animales, desde los 4-6 meses (dependiendo de la raza), se acostumbren al técnico responsable de la obtención del semen.

La libido, variable en función de las razas, pero con grandes diferencias individuales, será la responsable de la duración del periodo de entrenamiento. Una rutina con manejo homogéneo indicará en 30-50 días la capacidad reproductiva de estos animales.

El tratamiento consiste en estimular la libido de los sementales mediante unas pautas de comportamiento que permitan recoger el semen en un corto período de tiempo sin necesidad de la presencia de ovejas en celo. Los resultados se aceleran muy notablemente si, tras unas seis o siete sesiones de entrenamiento en la sala de recogidas (preferentemente con la presencia de un macho ya entrenado que demuestre a los corderos lo que se espera de ellos), se les introduce en un rebaño con ovejas en celo y moruecos adultos durante 3-4 días para que realicen monta natural o al menos aprendan las pautas de conducta que tienen lugar en ese momento, especialmente los reflejos sexuales de la oveja en celo.

Al finalizar este período se llevan de nuevo al aprisco colindante con la sala de recogidas y se reinicia el entrenamiento con una hembra en celo natural, o provocado con inyecciones seriadas de estrógenos, hasta conseguir que los moruecos se habituen totalmente a la recogida con vagina artificial.

Esta fase puede realizarse con una oveja en reposo sexual, siempre y cuando el personal entrenador sea capaz de imitar con ella todos los reflejos sexuales del animal en celo. Por ejemplo, girar el cuello de la oveja, mirando ésta fijamente al morueco tanto al lado izquierdo como al derecho, así como permitir al morueco olfatear y seguir la pista de la hembra, paseándola por la sala de recogidas y provocando la parada de la misma en ocasiones para imitar el reflejo de inmovilidad de la oveja en celo. Si durante esta sesión la hembra orina es necesario tapar con paja, arena o serrín la orina, para que el macho no se distraiga, inhibiéndose su libido.

La preparación de la vagina requiere los siguientes pasos: todas las piezas deben guardarse perfectamente limpias y secas, protegidas del medio ambiente. En primer lugar, procederemos a su desinfección, mediante una gasa impregnada en alcohol. Todas las partes deben guardar-

se en una estufa que las mantenga a 37-40°, incluidos los colectores de cristal.

En segundo lugar, se carga de agua el cuerpo de la vagina, aproximadamente 180-190 cc a 50-55°C, y por la misma válvula se introduce aire hasta conseguir una presión similar a la de la vagina de la hembra. A continuación se montan las tres partes, verificando que todas ellas se encuentren totalmente secas, y se cubren con el protector.

Inmediatamente después de concluir el montaje, el técnico se dirige a la sala de recogida, que ha de estar contigua.

En el momento de la recogida, la posición del técnico ha de ser contigua al tercio posterior de la oveja que actúa de maniquí, agachado o de rodillas. Una vez situado, se introduce al morueco en la sala y si éste está bien entrenado, se dirigirá rápidamente hacia la hembra, iniciando el cortejo sexual. Durante este tiempo el técnico ha de estar alerta, para poder desplazar al macho en sus primeros intentos de monta. Esto tiene como finalidad estimular y aumentar la libido del semental, lo que se traduce en un aumento del volumen del material seminal obtenido.

Cuando el morueco realiza el salto definitivo, el técnico debe desplazar el pene sin sujetarlo directamente. Para ello, su mano izquierda debe colocarse en la piel que recubre el pene (prepucio), y desde esta posición dirigirlo hacia la vagina artificial, que se encuentra sujeta con su mano derecha, pegada al tercio posterior de la hembra, y ligeramente inclinada, con el colector hacia arriba. Este proceso es muy rápido y uno o dos segundos después, si se ha realizado correctamente, tiene lugar el "golpe de riñón", que indica que se ha verificado la eyaculación. El macho inmediatamente después desmonta a la hembra, debiéndose mantener la vagina en contacto con el pene. Una vez que el morueco está en estación se retira la vagina. Sin perder tiempo, para evitar que el semen se enfríe, se retira el protector, se quita el colector y se coloca ver-

ticamente en el interior de un recipiente que contenga agua a 37°, cuidando en todo momento que ésta no penetre en el interior del colector, ya que de hacerlo destruiría a los espermatozoides.

Los sementales ovinos, al igual que otras especies, presentan un período refractario a continuación de la eyacuación, es decir, pierden todo interés por la hembra y se muestran reacios a saltar nuevamente. Sin embargo, tienen una recuperación lo suficientemente rápida como para permitir una nueva eyacuación pasados diez o doce minutos, al cabo de los cuales se le introduce en la sala de recogidas para intentar conseguir el segundo eyaculado. De esta manera se obtiene la máxima cantidad de espermatozoides y se maximiza el número de hembras a inseminar.

Cuando los machos están acostumbrados a un régimen sexual de dos eyaculados por sesión y dos o tres sesiones por semana, podemos afirmar que el período de entrenamiento, variable según la raza, ha concluido, pudiendo entonces integrarse en el programa de inseminación artificial ovina. Siempre existirá un porcentaje de machos a los que no se les logre entrenar para la obtención de semen con vagina artificial, pero siguiendo estas normas los machos eliminados serán muy pocos.

#### 4. EVALUACIÓN DE LA APTITUD REPRODUCTIVA DE LOS MACHOS

A partir de este momento va a ser posible comprobar su aptitud para la reproducción. Para ello, existen algunos parámetros de fácil determinación y que pueden aportar una información muy valiosa a la hora de seleccionar los futuros sementales.

##### IMPORTANCIA DEL DIÁMETRO TESTICULAR

El diámetro testicular (DT) se considera como la media aritmética, expresada

en milímetros, del diámetro de ambos testículos, medido sobre el diámetro máximo antero-posterior, y a la que se ha deducido el espesor de un pliegue de piel escrotal. Su medida se realiza con calibre, manteniendo el macho de pie e impidiendo la retracción testicular. Este parámetro en la especie ovina sufre un crecimiento particularmente rápido entre los 5 y 11 meses de edad, y alcanza su valor máximo entre los 25-35 meses. El DT puede sufrir variaciones debidas a la raza, la edad, el peso corporal, el fotoperíodo, la temperatura y la alimentación.

##### PARÁMETROS INDICATIVOS DE LA LÍBIDO

En el ganado ovino la actividad sexual depende, entre otros factores, del fotoperíodo y la raza. Para la valoración de la líbido se han empleado diferentes parámetros:

##### Jerarquía social

Los moruecos presentan de forma natural un comportamiento jerárquico, que en el caso de la recogida de semen mediante VA se manifiesta por orden de entrada a la sala de recogida. En efecto, se ha observado en algunos casos una clara tendencia de los animales a ocupar 1 ó 2 puestos determinados en el orden de entrada, especialmente cuando se maneja un redil con pocos animales. En otros casos en los que no se aprecia una jerarquía estable, al menos es posible distribuir los machos en dos grupos: dominantes, que salen siempre en los primeros lugares, y subordinados, que lo hacen en las últimas posiciones.

Se ha especulado sobre la relación entre el puesto jerárquico que ocupan los animales y su calidad seminal, aunque parece ser que esta relación es inexistente. Sin embargo, sí es posible que dentro de un rebaño algunos machos muy dominantes impidan aparearse a otros moruecos. Esto provocaría posteriormente efectos negativos sobre la fertilidad de aquellos machos que han realizado un número de cubriciones muy elevado. Sin embar-

go, en el caso de la obtención de semen mediante VA este hecho obviamente no tendría implicaciones.

### Tiempo de reacción

El tiempo de reacción se ha definido como el lapso en segundos que transcurre desde la irrupción del macho en la sala de recogida hasta la eyaculación. En la raza Manchega se ha establecido un valor medio de 49.16 segundos y en la raza Segureña tiene un valor medio de 104.2 segundos, aunque este parámetro está sujeto a variaciones estacionales debidas al fotoperíodo y a la temperatura ambiente, de forma que durante los períodos de luz decreciente se obtienen los valores más reducidos.

Esta variable está correlacionada negativamente con la motilidad y la concentración espermáticas, por lo que se ha considerado que los machos de mayor reactividad sexual son también los de mayor calidad seminal in vitro. En ello, y en su posible relación con la fertilidad, se fundamenta su empleo como indicador del valor reproductivo de un animal.

### Eficacia a la cubrición

La eficacia de cubrición resulta de la relación existente entre el número de eyaculados y el número de montas y/o intentos realizados, expresado en porcentaje (Chenoweth, 1981).

### Rendimiento seminal

Tras su extracción, el eyaculado es objeto de valoración física y de contrastación seminal. Se toma como base los espermatozoides totales por eyaculado y se calcula el rendimiento en dosis seminales útiles (RDU) de 50 millones de espermatozoides.

### OTROS INDICADORES DE LA ACTIVIDAD SEXUAL

El **test de agotamiento** es una prueba indicadora de la capacidad de monta.

Consiste en dejar saltar a los machos hasta el agotamiento, dejando 15 minutos de descanso entre salto y salto y permitiendo un tiempo máximo de estancia en la sala de recogida de 10 minutos. Si al cabo de este tiempo el macho no ha hecho intentos de salto se le saca de la sala y termina la prueba. Los machos que presentan mejor respuesta se consideran especialmente útiles en programas cortos de inseminación artificial, en los que es importante utilizar machos con buena capacidad de monta.

Existen otros indicadores de la actividad sexual algo más complejos. El estímulo provocado por la presencia de una hembra en celo se traduce en un aumento de los **niveles de testosterona plasmática** en los moruecos adultos. Se ha comprobado que este incremento es mayor en los machos de fertilidad elevada que en los de fertilidad baja, y que existe una correlación entre el aumento de testosterona plasmática y la capacidad de cubrición de los machos. Por ello, la medida de este incremento se ha propuesto como método de clasificación de sementales.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO, M.J. y cols., 1995. Entrenamiento y evaluación de la actitud reproductiva de los moruecos para la elaboración de dosis seminales. *Ovis*, 36: 17-25.
- BOLAND, M.P. y cols., 1985. The influence of breed, season and photoperiod on semen characteristic, testicular size, libido and plasma hormone concentrations in rams. *Anim. Reprod. Sci.*, 9: 241-252.
- CHENOWETH, P.J., 1981. Libido and mating behaviour in bulls, boars and rams. *Theriogenology*, 16 (2): 155-157.
- ROCA, J. y cols., 1991. Factores fisiológicos que influyen en la actividad sexual del macho cabrío. *ITEA*, 87 (A), 1: 3-15.



**XV**  
**DETERMINACIÓN DE  
LA CALIDAD SEMINAL**

**ANGEL MANUEL CARACUEL GARCÍA**

*Departamento Producción Animal  
Unidad de Reproducción y Obstetricia*

*CIFA  
Granada*





Las pruebas de laboratorio para estimar la calidad seminal tienen como objetivo predecir la capacidad fertilizante del espermatozoide. La evaluación de dicha calidad seminal se fundamenta en una serie de características morfológicas que son función de los procesos de maduración y de características fisiológicas: metabolismo, integridad de membrana, mecanismo motor, etc. Entre las diferentes pruebas del semiograma, destacamos: motilidad, normalidad acrosómica, endósmosis y tinción vital.

Se han realizado numerosos estudios para establecer una correlación entre resultados de laboratorio y de campo. En general dichas correlaciones no son muy altas debido a la interacción de diversos factores como pueden ser la objetividad o subjetividad de las pruebas, la calidad de la muestra seminal aplicada en la inseminación artificial (semen fresco, diluido, congelado) y efecto del transporte espermático a través del tracto genital de la hembra.

El método más preciso para valorar la viabilidad del semen es el nacimiento de una cría, pero requiere tiempo y dinero. Los investigadores han tratado de desarrollar, sin éxito, métodos objetivos y prácticos para predecir la fertilidad del semen inmediatamente después de su preparación en el laboratorio, evitando la pérdida de tiempo y de dinero de los ensayos de fertilidad en campo mediante la cubrición de hembras.

Esta falta de éxito puede deberse a que la fertilidad del semen es una función biológica extremadamente compleja y que por tanto puede verse afectada por multitud de factores, más aún cuando nos referimos no al semen fresco, sino al semen que ha sufrido un tratamiento laboratorial y una conservación posterior. En este sentido debe indicarse que el espermatozoide es una célula muy especializada que para poder realizar el proceso de fertilización debe poseer propiedades de movimiento, reconocimiento celular, secreción y fusión de membrana. En consecuencia, para poder juzgar el poder fer-

tilizante del espermatozoide deberán valorarse estas propiedades mediante la integración de varios métodos.

## 1 RELACIONES ENTRE CALIDAD Y CANTIDAD SEMINAL

El éxito de una cubrición depende tanto de la calidad como de la cantidad de semen depositado en el tracto genital de la hembra. Los métodos laboratoriales deben permitir determinar cuántas y/o qué células espermáticas son funcionalmente competentes para lograr el proceso de fertilización.

La relación entre la calidad seminal y la cantidad de espermatozoides es el concepto principal en la valoración de la fertilidad de un macho o de una dosis de semen. Según este concepto, propuesto inicialmente por Salisbury y VanDemarck (1961), la fertilidad se incrementa a medida que aumenta el número de espermatozoides, hasta un umbral después del cual los factores limitantes en la hembra se hacen importantes.

Las principales barreras al transporte espermático hasta el punto de fertilización son el complejo cérvix/mucus cervical en rumiantes en monta natural o inseminación antecervical (ovino) y en todo caso el útero, unión úterotubal/istmo. La población de espermatozoides que alcanza el oviducto es muy pequeña en proporción al número de espermatozoides inseminado, observándose además que esta población está enriquecida tanto en viabilidad como en morfología normal. Además existen evidencias de que la propia zona pelúcida ofrece una barrera final contra la participación, en la fertilización, de espermatozoides morfológicamente anormales. Para evaluar el semen de forma correcta es necesario llegar a comprender este "sistema de filtro". Una consecuencia directa de este proceso de selección será el que en eyaculados de baja calidad la selección será más intensa, por lo que será preciso emplear dosis con mayor

número de espermatozoides para conseguir un número mínimo de espermatozoides viables en el punto de fertilización.

## 2. CARACTERES COMPENSABLES Y NO COMPENSABLES DE LA CALIDAD SEMINAL

### CARACTERES COMPENSABLES O EXTRÍNECOS

En consecuencia, se consideran caracteres compensables, aunque indeseables, de la calidad seminal a aquellos propios de espermatozoides incapaces de atravesar las barreras y alcanzar el lugar de fertilización o de participar en la fertilización (considerada hasta el momento del inicio del bloqueo de la poliespermia). Estos espermatozoides pueden tener poco impacto en la fertilidad si se insemina con un número suficiente de espermatozoides competentes para la característica en cuestión (número superior al necesario para alcanzar el nivel umbral de máxima fertilidad para la característica estudiada y el semental en cuestión).

### CARACTERES NO COMPENSABLES O INTRÍNSECOS

En machos que poseen espermatozoides capaces de alcanzar el ovocito, iniciar la fertilización (considerada hasta el momento del bloqueo de la poliespermia) y/o el desarrollo embrionario, pero que son incapaces de mantener estos procesos, no puede esperarse elevar su fertilidad aumentando el número de espermatozoides por dosis de inseminación.

Por lo tanto, para comprender el concepto de fertilidad del macho, y poder mejorar este parámetro reproductivo, debe afrontarse el problema de la infertilidad diferenciando la naturaleza de la deficiencia espermática:

a.- Identificar las características espermáticas que reducen la disponibilidad de

los espermatozoides para la fertilización (caracteres compensables o extrínsecos).

b.- Identificar las características espermáticas de los espermatozoides que una vez iniciada la fertilización, y haber penetrado el ovocito, son incapaces de completarla o de mantener la embriogénesis (caracteres no compensables o intrínsecos).

## 3. MÉTODOS LABORATORIALES DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD SEMINAL

La relación entre las características seminales en laboratorio y la fertilidad ha sido con frecuencia inconsistente. Una de las razones es que la mayor parte de los estudios se han realizado con un número de espermatozoides fijo por inseminación. La interacción entre calidad y cantidad seminal, junto con otros factores como la baja repetibilidad laboratorial de muchas pruebas de semen, ha explicado gran parte del ambiente confuso inicial, resultante de la inconsistencia en las correlaciones señaladas entre calidad seminal y fertilidad, con valores desde  $r=0$  hasta  $r=0,6$ .

Por este motivo, los métodos clásicos de valoración seminal (volumen, concentración, proporción de espermatozoides anormales y las distintas valoraciones de la motilidad), al estudiar caracteres compensables del semen, han resultado ser indicadores relativamente malos de la fertilidad, y actualmente deben contemplarse desde otra perspectiva. Estos métodos, junto con otros como por ejemplo el análisis de las proporciones vivos/muertos, los índices de fructofisis y la producción de aspartato transaminasa, resultan útiles en la identificación de eyaculados con escasa capacidad fertilizante, pero, como ya se ha señalado, por su propia naturaleza compensable y baja repetibilidad en algunos de ellos no han servido para predecir la fertilidad posterior del semen.

## ANÁLISIS MACROSCÓPICO

Es el primer paso en el proceso de análisis seminal. El **volumen** debe calcularse preferentemente mediante pesada y transformación posterior de este valor a volumen mediante el factor de densidad correspondiente. En rumiantes, con pequeño volumen de eyaculado, éste debe recogerse preferentemente en tubo de ensayo de material plástico biológicamente atóxico, que normalmente no viene graduado. De esta forma se evita el posible choque térmico de la recogida sobre tubo de vidrio graduado, normalmente tubos de centrifuga. Además, la comprobación del volumen directamente en tubo de graduado suele dar lugar a error tanto por la presencia de espuma que dificulta la observación del nivel del líquido como por la inexactitud de la escala.

El **color** normal del eyaculado es blanco lechoso. La presencia de sangre, pus o materiales extraños debe ser anotada y comprobado su origen. Si aparece hemospermia es importante averiguar si procede del tracto genital o es como consecuencia de algún traumatismo producido durante la obtención del semen.

El **olor** del eyaculado es muy característico, por lo que olores extraños derivados de contaminaciones de orina o de otro origen deben ser causa excluyente para la utilización del eyaculado en inseminación artificial.

## ANÁLISIS MICROSCÓPICO

### a. Pruebas básicas y clásicas

#### Concentración

La concentración suele determinarse normalmente con espectrofotómetro o mediante recuento en cámara. Este método se presenta como un método tedioso y con alta variabilidad frente al recuento espectrofotométrico, ya que una determinación espectrofotométrica equivale a la media de dos o tres recuentos directos.

#### Morfología

La presencia de un elevado número de formas anormales en el eyaculado disminuye notablemente la fertilidad. En caprino se admite hasta un 20% de morfoanomalías, en moruecos este porcentaje no debe exceder del 15%.

Algunos tipos concretos de defectos morfológicos se han asociado con fertilidad reducida: diferentes defectos en el ADN, espermatozoides con vacuolas nucleares, determinadas variedades de anomalías de cabeza, defectos en la cromatina, núcleos anormales, espermatozoides decapitados, anomalías del tracto intermedio y colas dobladas o enrolladas en espiral. Además de estos defectos específicos, cualquier defecto morfológico consecuente a una resolución incompleta del proceso de maduración espermática puede tener como consecuencia unas características de motilidad aberrantes que los incapaciten para la progresión y fecundación. Este sería el caso de los defectos en la cola o pequeñas diferencias geométricas en la morfología de la cabeza, que pueden causar grandes diferencias en la hidrodinámica espermática.

Debe considerarse que la selección contra el acceso de los espermatozoides al oviducto o a la zona pelúcida (como espermatozoides accesorios) es proporcional a la severidad de la distorsión morfológica, es decir, no se verán excluidos los espermatozoides levemente deformes. Asimismo, al tratarse de un carácter que puede compensarse mediante la elevación del número de espermatozoides por dosis, estas anomalías, siempre que no sean masivas, no tienen por qué suponer un descenso de fertilidad.

#### Motilidad y pruebas de funcionalidad del transporte espermático

La observación de la motilidad debe realizarse inmediatamente después de la recogida, evitando de esta manera que se pierda rápidamente el movimiento al disminuir la temperatura.

La motilidad ha venido valorándose rutinariamente de forma subjetiva mediante la estimación visual microscópica del porcentaje de células móviles. sin embargo hoy día es posible determinar objetivamente este parámetro mediante equipos de "análisis de imagen computerizados", que permiten determinar sobre la muestra observada, además del clásico porcentaje de espermatozoides móviles, un conjunto de nuevos parámetros. Entre estos nuevos parámetros dos de ellos parecen ser los principales atributos del movimiento espermático, siendo éstos la amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza y la velocidad progresiva. Asimismo estos equipos informatizados permiten hacer un cálculo exacto de la concentración mediante el recuento espermático automático de una muestra situada en una cámara calibrada.

Otra técnica sería la "penetración en mucus cervical", que se realiza comprobando la distancia que los espermatozoides son capaces de recorrer en tubos capilares con mucus cervical. Para evitar la influencia de la variabilidad en la composición del moco cervical se pueden utilizar tubos capilares con moco cervical normalizado (que se venden como reactivo comercial) o sustituir éste por otras sustancias como el gel de poliacrilamida, Test T, glucosa y citrato.

Dentro de este grupo de pruebas de motilidad y funcionalidad espermática pueden incluirse las pruebas de resistencia en incubación a diferentes temperaturas y tiempos. Sin embargo junto con experiencias que indican que esta incubación eleva la correlación de la prueba con la fertilidad otras indican mejor correlación si la medición se hace inmediatamente después de la descongelación.

La "filtración en columna Sephadex" es un método objetivo de determinar el número exacto de espermatozoides móviles en una muestra. La técnica, desarrollada por Graham et al. (1976), consiste en situar los espermatozoides sobre una corta columna de Sephadex. Sólo los

espermatozoides móviles pasan a través de la columna, incluso después de varios lavados. Las células móviles se recogen, se cuentan y se comparan con la concentración de la muestra original.

El método de "tinción vivos-muertos" basado en la diferente permeabilidad de las membranas de unos y otros a la eosina, que normalmente va acompañada de otro colorante de fondo (nigrosina), ha venido utilizándose como técnica habitual desde hace muchos años. Sin embargo es frecuente obtener recuentos diferentes entre diferentes partes de la misma preparación microscópica, entre distintas preparaciones de la misma muestra o cuando los recuentos se hacen por diferentes observadores. Algunas de estas diferencias responden a la dificultad de interpretación de los espermatozoides parcialmente teñidos por lo que se ha planteado la necesidad de desarrollar sistemas alternativos de lectura o de tinción (triple tinción).

También se han utilizado profusamente diversas pruebas encaminadas a valorar el "metabolismo espermático" (índice de fructolisis, prueba de reducción del azul de metileno, demanda de oxígeno, calor metabólico en ciclocalorímetro, etc.). Todas estas medidas comparten el inconveniente de que son mediciones medias de la muestra y no tienen en cuenta diferencias individuales entre los espermatozoides.

#### **b. Pruebas de integridad y funcionalidad de la membrana espermática**

##### **Endósmosis celular**

Watson y cols., en 1992 estudiaron la resistencia de distintas especies a cambios de presión osmótica. La utilización del test de endósmosis refleja la sensibilidad de la membrana plasmática al paso del agua, con lo cual, dicha prueba puede reflejar en cierta medida, las diferencias que nos encontramos entre especies, a la hora de evaluar su capacidad de sobrevivir a los procesos de congelación.

La prueba de "endósmosis celular", HOS Test o Hipoosmotic Swelzing Test, se muestra como un buen indicador de viabilidad espermática a través del análisis de la integridad funcional de la membrana. Con esta técnica las células con membrana plasmática intacta pueden identificarse al observar bajo microscopía de contraste de fases el efecto de hinchamiento y torsión helicoidal de la cola que tiene lugar cuando se someten los espermatozoides a un medio hipoosmótico. La lectura de esta prueba puede hacerse de forma automatizada y objetiva empleando un contador de partículas que permite recoger una información completa del número de partículas (espermatozoides) y su tamaño (reacción positiva de hinchamiento o negativa).

#### Pruebas FIV

En los últimos años se han empezado a utilizar las pruebas de Fecundación In Vitro (FIV), ya sean homólogas o heterólogas, para determinar las posibilidades fecundantes de los espermatozoides. Ello se debe a que con el empleo de estas pruebas se puede conseguir un mayor acercamiento a los resultados de fertilidad, ya que en ellas las condiciones de estudio se acercan más a lo que sucede in vivo. La FIV homóloga presenta un gran número de ventajas para ser empleada como técnica de contrastación seminal, pero tiene el gran inconveniente de necesitar ovocitos intactos de la especie en cuestión, reduciéndose así las posibilidades de empleo de la técnica de una forma considerable.

Por este motivo, se ha empleado el denominado *test* del ovocito de hámster libre de zona pelúcida o prueba de penetración espermática (SPA) para valorar la capacidad fecundante de los espermatozoides de las diversas especies de animales de granja. Estos ensayos, a pesar de su gran complejidad técnica proporcionan datos valiosos sobre la viabilidad de los espermatozoides, al necesitar éstos, para fertilizar in vivo los ovocitos de hámster, una combinación de características

similares a las necesarias para fertilizar in vivo los ovocitos homólogos, obteniéndose correlaciones significativas con la fertilidad.

#### Estudio de la integridad molecular de la membrana

Este grupo de pruebas se basa en la naturaleza de la membrana espermática, entendiéndose que la capacidad fecundante del espermatozoide depende de un complejo sistema de modificaciones de la motilidad, el metabolismo y la ultraestructura de la membrana.

La integridad del acrosoma puede determinarse mediante observación microscópica bajo iluminación de contraste de fases, o por determinadas técnicas de tinción bajo iluminación normal. La reacción acrosómica debe tener lugar en el lugar de fertilización y es desencadenada por las condiciones locales o uniones específicas del espermatozoide a la zona pelúcida. Después de la reacción acrosómica el contenido enzimático del lisosoma se libera. En este sentido son varios los autores que comprueban una alta correlación entre el porcentaje de espermatozoides con integridad acrosómica presentes en una muestra seminal y la fertilidad de la misma. Se plantea un problema en cuanto a la posible diferenciación entre la alteración acrosómica fisiológica, debida a la propia reacción acrosómica, y la pérdida patológica del acrosoma, secundaria a una pérdida de la viabilidad espermática.

La discriminación entre estos fenómenos (alteración acrosómica fisiológica o patológica, o simplemente integridad acrosómica) y la determinación de si esta alteración acrosómica se presenta en células viables o no, puede hacerse mediante la técnica de triple tinción o TST, basada en la utilización de tres colorantes, el azul Tripán (colorante vital), el marrón Bismark (colorante postacrosómico) y el rosa de Bengala (colorante acrosómico) o combinando un reactivo que marque el estado del acrosoma (reactivo que puede sustituirse por una observa-

ción bajo contraste de fases) con un colorante vital que indique la viabilidad de una célula dada. También puede realizarse mediante tinción Giemsa, microscopía electrónica, de contraste de fases o interferencia de contraste.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOIXO, J.C., 1994. Interpretación clínica del espermograma. Correlación con la fertilidad. 7ª Jornadas Internacionales de Reproducción Animal, Murcia: 61-70.
- Gª ARTIGA, C. y cols., 1992. Estudio in vitro de la calidad del semen ovino. 6ª Jornadas Internacionales de Reproducción Animal: 348-353.
- Gª ARTIGA, C. y cols., 1995. Determinación de la calidad seminal en morueco. Ovis, 36: 27-36.
- GARDE, J., 1994. Evaluación de la capacidad fecundante de los espermatozoides mediante test heterólogos de FIV. 7ª Jornadas Internacionales de Reproducción Animal, Murcia: 87-92.

**XVI**  
**PROGRAMAS DE**  
**REPRODUCCIÓN. MÉTODOS DE**  
**CONTROL REPRODUCTIVO**

**M. CRUZ MIRA, J. M. CRUZ SALCEDO,**  
**M. A. GARCÍA SALCEDO Y R. FONTALBA GONZÁLEZ**

*Departamento de Producción Animal, Pastos y Forrajes*  
*Unidad Reproducción y Obstetricia*  
*Centro de Investigación y Formación Agraria*  
*Granada*





## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas tradicionales de explotación de los ovinos y caprinos someten a los animales a una serie de condicionantes que inciden significativamente en la normalización de sus procesos fisiológicos, con una gran peso específico, en particular, sobre la esfera reproductiva.

Por otro lado, ante la nueva situación planteada con el ingreso de España en la UE, los ganaderos tienen necesidad de incrementar la productividad de sus rebaños, elevando al máximo su techo productivo, optimizando la capacidad de sus recursos alimenticios y todo ello conjugado con una buena gestión empresarial. La productividad y rentabilidad de las explotaciones va a estar subordinada a que las funciones reproductoras puedan ser reguladas, ya que ello permite:

1) Aumentar el potencial productivo de las ovejas y cabras, pero exigiendo:

- Aplicar correctamente el programa de cubriciones, para evitar periodos improductivos.

- Conocer los métodos de control de la reproducción, para obtener crías y/o leche en las épocas más favorables.

2) Racionalizar el trabajo en las granjas, permitiendo:

- Fijar las épocas de mayor atención en el manejo de los animales (cubrición, partos, destetes, ordeños, etc.).

- Establecer los calendarios forrajeros adecuados a las necesidades y hacer las provisiones de almacenamiento que vaya a demandar el rebaño a través del año.

## II EFICIENCIA REPRODUCTIVA

La oveja y la cabra son especies de reproducción estacional y las técnicas de control reproductivo durante todo el año son necesarias en el manejo rentable de

los rebaños comerciales; es lo que se conoce como "Eficiencia reproductiva" parámetro estimado por el producto del número de partos por oveja y año, la tasa de prolificidad y la viabilidad de las crías tras el parto.

La mejora de la eficiencia reproductiva constituye uno de los aspectos básicos para el incremento de la productividad, y por tanto, de la rentabilidad de las actuales estructuras de explotación de los pequeños rumiantes en nuestra comunidad autónoma, teniendo como una de sus principales virtudes el hacer innecesario aumentar el número de reproductoras del rebaño. Como consecuencia de ello se han desarrollado y puesta a punto diversas estrategias, a tenor con la edad de los animales, estado productivo, época del año, etc.

Bajo esta óptica, a nivel de explotación es necesario considerar la estructura del rebaño, pues las técnicas que son recomendables adoptar variarán según la composición del mismo, referida esta a la edad de los animales y la época de que se trate.

Por lo que se refiere a la primera de ellas, "edad de las ovejas y moruecos", no hay que olvidar que en un rebaño normal de nuestra zona un 16/18 por ciento del total de animales son ovejas menores de un año, otro 14/15 por ciento presentan edades entre uno y dos años y el resto son reproductoras adultas mayores de dos años. De aquí, que tanto el manejo como las técnicas reproductiva que se apliquen deberán estar de acuerdo con esta circunstancia si en verdad queremos optimizar el rendimiento reproductivo, como lo demuestran los resultados obtenidos por nosotros Cuadro nº 1.

En lo referente al segundo de los aspectos objeto de consideración, "época del año", la experiencia muestra que existe una estrecha relación entre esta y la edad de las ovejas.

Como consecuencia, se han desarrollado diversas estrategias para mejorar la

## PROGRAMAS DE REPRODUCCIÓN. MÉTODOS DE CONTROL REPRODUCTIVO

**Cuadro nº 1** Valores medios reproductivos de ovejas de raza Segureña, según la edad y la estación del año.

Cruz Mira, 1984

Número de Ovejas	Fechas de las Cubriones	PARÁMETROS REPRODUCTIVOS		
		Fertilidad	Prolificidad	Fecundidad
OVEJAS	> 7 m. y < 1 año			
133	Marzo/Abril	23,1	100	23,1
337	Agost/Sept	49,6	106	52,7
167	Novbr/Dicbre	76,6	103	78,9
OVEJAS	> 1 año < 2 años			
118	Marzo/Abril	51,1	105	53,6
272	Agost/Sept	74,5	112	83,4
30	Novbr/Dicbre	80,0	108	86,4
OVEJAS	> 2 años < 3 años			
175	Marzo/Abril	81,4	129,3	105,2
175	Agost/Sept	82,6	146,2	120,7
246	Novbr/Dicbre	86,5	127,0	109,8
OVEJAS	> 3 años			
101	Marzo/Abril	86,3	139,0	120,0
77	Agost/Sept	88,3	158,0	139,5
147	Novbr/Dicbre	93,8	146,0	137,0

eficiencia reproductiva de los rebaños que afecta tanto al manejo de hembras y machos como a las posibilidades de aplicación de nuevas tecnologías reproductivas, sin olvidar la situación previsible de la oferta y la demanda en el mercado de la carne y/o leche ovina y caprina.

### 2.1 PROGRAMAS DE REPRODUCCIÓN

Para alcanzar la óptima producción del rebaño es necesario que anualmente planifiquemos el programa y el método reproductivo a seguir en cada una de las etapas de cubrición que se estimen.

En síntesis, las metas que se persiguen tienen un signo marcadamente económico, debiendo estar de acuerdo con el calendario de recursos alimenticios para su mejor aprovechamiento, la disponibili-

dad de mano de obra y la comercialización de los corderos y cabritos o leche, fijando como objetivos:

a) El incremento de la productividad por oveja reproductora y año.

b) Situación de las parideras en los momentos más adecuados a los fines empresariales de la explotación.

La programación reproductiva está fijada por las fechas de introducción de los machos a través del año. Cuando se inicia el período de cubriciones o inseminaciones las necesidades de la oveja y el calendario de trabajo en la granja deben seguir un orden determinado que termina con la venta del cordero o cabrito o la finalización de la etapa de ordeño que se ha previsto.

Con la introducción de los modernos métodos de control de la reproducción es posible tomar decisiones sobre el programa más conveniente, en función de la capacidad y demandas generales de la explotación. La adopción de un sistema u otro de cubrición tiene, en los momentos actuales, repercusiones económicas considerables.

Así lo confirman los análisis sobre el particular realizados por Valls Ortiz (1981), interpretando los resultados de productividad de 16 rebaños de ovejas de Raza Aragonesa en el valle del Ebro (Cuadro nº 2). Los resultados muestran como puede mejorarse la productividad en torno al cuarenta por ciento (40%), cuando se compara el sistema de monta continua frente al de tres partos cada dos años. Por otra parte, dentro del sistema últimamente citado las diferencias en producción pueden ser considerables en función de la cadencia anual de puesta a cubrición del rebaño, alcanzando entre algunas combinaciones el veintiocho por ciento (28 %).

No obstante, y como ya indicábamos anteriormente, el factor cotización o demanda de canales de cordero o, en su caso, leche será el que determine en cada

circunstancia y explotación la programación reproductiva más rentable.

## 2.2 MÉTODOS DE CONTROL DE LA REPRODUCCIÓN

Las estrategias de manejo de los reproductores, tanto machos como hembras, para incrementar la eficiencia reproductiva, desde el punto de vista técnico-empresarial, tiene un especial interés para el ganadero por las alternativas que ofrece, teniendo como ventajas:

- a) Adelantar la cubrición o incrementar la producción en animales jóvenes.
- b) Obtener producciones a contraestación (corderos cebados en otoño, leche en invierno).
- c) Aumento en la frecuencia y prolificidad de los partos.
- d) Posibilita adoptar técnicas de Inseminación Artificial
- e) Facilita el manejo de los rebaños con:
  - Mejor aprovechamiento de la mano de obra.

**Cuadro nº 2** Productividad de rebaños de raza Rasa Aragonesa según, el sistema reproductivo utilizado. (Valls Ortiz, 1981)

TIPO DE MANEJO DE LAS OVEJAS	CORDEROS OVEJA/AÑO	MARGEN COMPARATIVO
* Cubrición continua	145	100
* Tres partos en dos años		
Machos en: Enero/Mayo/Septiembre	163	127
Machos en: Febrero/Junio/Octubre	200	142
Machos en: Marzo/Julio/Noviembre	158	114
Machos en: Abril/Agosto/Diciembre	168	129
* Cubriciones cada dos meses	178	146
* Cubriciones mensuales	189	124

- Prestación de mejores atenciones en los períodos de partos (reducción de las pérdidas por mortinatalidad).

- Obtención de lotes de corderos uniformes en cuanto a peso, mejorándose con ello la comercialización y las cotizaciones.

Sin embargo, no debemos olvidar que cualquiera que sea la técnica elegida buscando un incremento de la eficiencia reproductiva del rebaño, esta deberá fundamentarse en disponer de ganado sano

y bien alimentado. Ambos son condicionantes para alcanzar el umbral de respuesta esperado de la técnica ensayada.

En una primera revisión del conjunto de técnicas existentes para la inducción, sincronización e incremento de la tasa reproductiva, bien ya contrastadas desde hace años o bien en fase muy avanzada de experimentación, y según la naturaleza de los medios empleados, podemos distinguir:

## MÉTODOS DE CONTROL REPRODUCTIVO

### 1. MÉTODOS DE CONTROL POR MEDIOS NATURALES

- Flushing
- Efecto macho
- Técnicas fotoperiodicas

### 2. MÉTODOS DE CONTROL POR MEDIOS ARTIFICIALES

- a) Técnicas hormonales
  - Progestativos de síntesis (FGA/MAP)
  - F.S.H.
  - Gn RH
  - Melatonina
- b) Técnicas inmunitarias
  - Contra esteroides
  - Contra inhibina

### 3) MÉTODOS DE CONTROL COMBINADOS

- Progesterona + Efecto macho
- Esponja vaginal (FGA o MAP) + Efecto macho
- Inmunización activa + Efecto macho
- Melatonina + Efecto macho

## CONTROL DEL CICLO ESTRAL

Se han utilizado una amplia gama de métodos para el control del ciclo estral, unos son naturales, otros son artificiales y otros son combinación de ambos. El control de la reproducción en la oveja viene justificado por:

- La existencia de periodos de baja actividad sexual que limitan el manejo y la rentabilidad de las explotaciones.

- El interés de un control preciso del momento de la ovulación para la realización de una sola inseminación en un momento determinado, sin necesidad de detectar los celos.

- La sincronización de la aparición de los partos en una determinada época del año.

## MÉTODOS HORMONALES

La sincronización del estro por métodos hormonales admite multitud de tratamientos, de fácil aplicación. Estos llevan asociados el inconveniente de encarecer la técnica, e incluso efectos negativos, como la dificultad en el transporte espermático (Langford y Marcus, 1982) o la producción de anticuerpos por el tratamiento sucesivo con derivados hormonales.

### GNRH

El sistema ideado por Reeves, Arimura y Schally (1972), tiene el inconveniente de que la GnRH al actuar sobre el folículo determina la ovocitación y subsiguiente formación de un cuerpo lúteo, pero esta eclosión del folículo suele ir acompañada de un celo silencioso además de que el cuerpo lúteo formado es de corta vida media. (5)

Para evitar este inconveniente se ha intentado utilizar combinaciones de otras hormonas con la GnRH con el fin de inducir la provocación de ciclos de duración y características normales. Las combinacio-

nes que se han venido utilizando han sido las siguientes:

- Utilización de un progestágeno previo por vía intramuscular, vaginal o subcutánea, inyectando la GnRH al terminar el tratamiento progestativo.

- Utilización de un análogo de la PGF2 alpha 12 días después de la administración de la GnRH.

- Aplicación de inyecciones sucesivas de GnRH (Haresing y Crighton, 1977).

Estos tres sistemas están siempre limitados por el precio.

## ESTRÓGENOS

Entre los estrógenos naturales se ha utilizado, aunque sólo de forma experimental, el benzoato de estradiol por vía parenteral para provocar un efecto de retroacción positivo sobre la LH hipofisaria provocando el pico preovular y consiguiente ovulación. Los estrógenos sintéticos se utilizaron hace muchos años pero con efectos muy desfavorables, provocan el celo pero no la ovulación y generalmente provocan degeneraciones poliquísticas ováricas a veces irreversibles.

## PROSTANOIDEOS LUTEOLÍTICOS

La prostaglandina F2 alpha está reconocida como el agente responsable de la luteolisis en los rumiantes domésticos. Su producción tiene lugar en el útero, fundamentalmente en el endometrio, de ahí que la histerectomía prevenga la luteolisis (Cooke y Knifton, 1981). Dicha luteolisis se caracteriza por una destrucción de los cuerpos lúteos del ovario, acompañada de una caída brusca de los niveles de progesterona, que dará lugar a la aparición de un nuevo celo en animales cíclicos o a la inducción del aborto en los primeros estadíos de la gestación.

Haresing, W. (1977) puso a punto el método de aplicación por vía parenteral de la PGF2 alpha con resultados excelen-

tes en época estacional, aunque con el inconveniente de su carestía.

Actualmente se utilizan diversos análogos con el mismo efecto, es decir, provocar una lisis del cuerpo lúteo en cualquier momento de la fase progesterónica. Inmediatamente después de la luteolisis, se produce un desbloqueo hipofisario apareciendo el celo a las 48-72 horas de la inyección. El problema se plantea cuando se utiliza en hembras no cíclicas ya que el análogo de la PGF2 alpha no tendrá efecto por ausencia del cuerpo lúteo como efector.

La PG2 alpha se puede utilizar para controlar el ciclo sexual y predecir con cierta exactitud el momento de la ovulación merced a su efecto luteolítico. Debido a su principio de acción su uso está excluido en animales que no presenten actividad ovárica cíclica, limitándose por tanto a la estación sexual.

Con respecto al protocolo de utilización, se sabe que una sola dosis dará lugar a la aparición sincronizada del celo en un número insuficiente de los animales tratados, por lo que la mayoría de los autores propugnan el empleo de dos inyecciones separadas 8-11 días, habiéndose constatado como la segunda de estas inyecciones va seguida de la aparición de un celo sincronizado en la casi totalidad de los animales tratados.

## MELATONINA

La administración de melatonina exógena durante el período de anestro con el fin de adelantar el inicio de la actividad reproductiva ha sido el objetivo fundamental de la mayoría de la bibliografía en la especie ovina al respecto, si bien existe alguna referencia en la que es administrada durante la estación sexual, con un efecto positivo, adelantando el inicio de la siguiente estación reproductiva.

En general y para asegurar la eficacia del tratamiento, distintos autores señalan que antes de recibir la hormona, las hem-

bras deben haber experimentado un número suficiente de días largos. Por lo que al intervalo entre el inicio del tratamiento y la respuesta se refiere, si bien algunas ovejas son capaces de responder a periodos muy cortos de exposición a la melatonina, se requieren al menos 36 días para obtener una ciclicidad normal en la mayoría de las hembras. Así, cuando se utilizan implantes subcutáneos a nivel comercial con 18 mg de melatonina se recomienda introducir los moruecos a los 35 días de la colocación del implante.

Los implantes subcutáneos de melatonina, al igual que otros sistemas de aplicación que proporcionan una liberación continua de la hormona, elevan los niveles basales de la melatonina en plasma, pero no eliminan la secreción endógena normal de la misma por la glándula pineal durante la noche, dado que la diferencia entre valores nocturnos y diurnos es muy similar entre animales implantados y testigo. Dichos implantes ya están comercializados en distintos países de la Unión Europea, con lo que presumiblemente los tendremos a disposición en nuestro país a corto plazo. Por ello, un protocolo práctico de utilización que permitiera asegurar una buena respuesta podría ayudar, en ocasiones, a resolver problemas reproductivos o a adoptar las oportunas decisiones en nuestras explotaciones ovinas.

## PROGESTÁGENOS

### Etapas de desarrollo

El desarrollo histórico de las técnicas de control del ciclo sexual en la oveja, que ha ido paralelo al de las cabras, sigue para Cognie y Mauleon (1983) tres etapas principales:

1.- La demostración en los años 50 del papel de la progesterona como inhibidora de la ovulación, durante la estación sexual, y su acción inductora de un comportamiento de celo sincronizado al finalizar el tratamiento.

2.- La demostración de la necesidad de la inyección de eCG durante la época de anestro estacional, tras un periodo de sensibilización por la progesterona, para inducir un celo fértil.

3.- La disponibilidad en los años sesenta de progestágenos sintéticos más activos que la progesterona que pudieran ser administrados por otras vías distintas a la intramuscular.

Los primeros estudios fueron realizados por Dutt y Casida en 1948, viendo cómo la progesterona en inyecciones diarias inhibía la ovulación durante el periodo de administración, apareciendo el celo en todos los animales una vez que se suprimía el tratamiento. La ovulación aparecía en las ovejas entre los 2 y 4 días posteriores al cese del tratamiento.

Un segundo paso lo constituyó el descubrimiento de que un tratamiento de progesterona previo a una inyección de eCG inducía el celo y la ovulación en ovejas en anestro (Robinson, 1976). En animales en anestro, el tratamiento a base de progesterona exclusivamente, iba seguido de ovulaciones pero no así de celos. Posteriormente se obtuvo el celo con ovulación en ovejas en anestro al combinarlo con la acción de la eCG.

El tercer paso se dio gracias a la disponibilidad en los años 50 de numerosos compuestos de acción progestágena como consecuencia del desarrollo de anticonceptivos orales para la especie humana. Mientras que en dicho periodo los americanos dirigieron su esfuerzo a la incorporación de tales productos en el pienso, los investigadores australianos encaminaron sus estudios a la obtención de un progestágeno de corta acción que pudiese ser aplicado como un "cuerpo lúteo artificial", por vía subcutánea o intravaginal. De esta forma, se llegó al desarrollo de un método basado en el empleo de un progestágeno, el acetato de fluorogestona (FGA) o SC 9880, que se caracteriza por su potencia y por tener un patrón de actividad indistinguible del de la

progesterona, pero siendo 25 veces más activo que esta. Dicho progestágeno se aplica por vía vaginal impregnado en un soporte de esponjas de poliuretano, de ahí que se le conozca como el "método de las esponjas vaginales" (Robinson, 1976).

La clave del control de la reproducción mediante métodos hormonales consiste en la administración de progesterona, o uno de sus análogos más activo, por vía vaginal (Robinson, 1976) o por otras vías, de modo que permanezca durante un periodo variable de 12 a 16 días, para la oveja, y de 11 a 21 días para las cabras (Corteel, 1985).

La combinación de progestágenos y eCG permite el desarrollo de una fase folicular en ovejas en anestro, a partir de la retirada del progestágeno, provocando una inducción de celos y ovulaciones sincronizadas en los animales tratados y asimismo un incremento de la prolificidad cercano al 30% gracias al uso de la eCG.

El control hormonal del ciclo sexual se basa en la asociación de un bloqueo del desarrollo folicular y de la ovulación, por la progesterona, seguido de la administración de gonadotropinas que estimulan el crecimiento terminal de los folículos.

En la década de los setenta, esta metodología fue desarrollada por el INRA y se comenzó a aplicar en los planes de selección de ovino lechero en el área mediterránea, utilizando semen refrigerado por vía cervical, de forma sistemática sin detección previa de celos, a las 55-56 horas de la retirada del progestágeno, con unos resultados de fertilidad cercanos al 50%.

#### **Mecanismo de absorción**

El producto se absorbe actuando de forma diferente según el estado ovárico de los animales tratados:

- En hembras cíclicas prolonga artificialmente el efecto bloqueador de la progesterona del cuerpo lúteo, después de la



regresión de éste (Corteel y cols., 1982). De esta forma, impide la ovulación y prepara el sistema nervioso central (SNC) para responder a los fenómenos asociados con la ovulación subsiguiente (Robinson, 1976). Por ello, independientemente del momento del ciclo, si el tratamiento comienza simultáneamente en todas las hembras de un grupo y permanece por un periodo suficientemente largo de tiempo, la mayoría de los animales del grupo estará en celo en un número limitado de días después del mismo, siempre que éste finalice en todos los animales al mismo tiempo (Corteel y cols., 1982).

- En hembras en anestro, el tratamiento sensibiliza el tracto reproductivo y el SNC para responder de forma fisiológica al estímulo por una gonadotropina adecuada, tal como la PMSG, suministrada en el momento de finalizar el tratamiento (Robinson, 1976), o bien, uno o dos días antes (Corteel, 1985). Para tener éxito en el desencadenamiento del celo y de la ovulación, en hembras en anestro, es necesario asociar al tratamiento progestativo la inyección de una dosis variable de eCG al final del mismo (Cognie y Mauleon, 1983). La eCG es una hormona gonadotropa de alto peso molecular producida por las yeguas gestantes, entre los 50 y los 120 días de gestación, que se caracteriza por estimular el crecimiento folicular (Saumande, 1977). Su papel en los tratamientos de inducción y sincronización de celos consiste en:

. Inducir la ovulación en animales en anestro.

. Acortar el intervalo transcurrido entre el final del tratamiento progestágeno y el inicio de los celos (Evans y Robinson, 1980) y reducir el escalonamiento en la aparición de los mismos (Cognie y cols., 1984). Es decir, aumentar el grado de sincronización (Corteel y cols., 1972).

. Modificar la tasa de ovulación (Cognie y cols., 1984) y aumentar el número de ovulaciones de forma lineal, según la dosis (Evans y Robinson, 1980).

. Mejorar la fertilidad y prolificidad de las hembras tratadas (Corteel y cols., 1972; Cognie y cols., 1984).

El cuerpo lúteo correspondiente a la ovulación inducida con progestágenos y eCG tiene similares características en su función, tanto por duración como por secreción de progesterona, respecto a la función del cuerpo lúteo en ovejas cíclicas. En algunos casos, se ha descrito una mala calidad del cuerpo lúteo inducido, si bien esto aparece de forma individual. La secreción de progesterona por el cuerpo lúteo inducido es similar a la del cuerpo lúteo del ciclo, si bien puede estar aumentada la concentración en sangre dependiendo de la tasa de ovulación de cada hembra.

#### Factores que influyen los índices reproductivos

Tipo de progestágeno:

Los primeros progestágenos sintetizados por G.D. Searle y cols. en 1959 permitieron la utilización de sustancias más activas que la progesterona y a una menor dosis, pudiéndose incluso administrar por vía oral.

En la actualidad los estudios comparativos en ganado ovino con los dos progestágenos más comunes: FGA (Acetato de Fluorogestona) y MAP (Acetato de Medroxiprogesterona), han demostrado una eficacia similar de los tratamientos (Steffan y cols., 1982).

Robinson (1976), señala que entre las características que debe reunir un progestágeno para ser usado en el control del ciclo sexual se encuentran: ser potente, tener el mismo patrón de interacción con los estrógenos que la progesterona, poseer actividad corta y poderse incorporar en un tratamiento que imite un "cuerpo lúteo artificial". Dicho autor propone el SC 9880 o FGA y el Provera o MAP como progestágenos más adecuados, descartando el CAP por su duración de acción considerablemente más larga.

El tipo de progestágeno no parece tener un efecto sobre la tasa de ovulación, pero se han observado diferencias significativas entre tratamientos sobre el momento de aparición de los celos (Ainsworth y Wolynetz, 1982), la fertilidad y la prolificidad (Cognie, 1988). El norgestomet, aplicado en forma de implantes subcutáneos, se metaboliza más rápidamente que el FGA administrado mediante esponjas vaginales. Ello da lugar a la aparición de una ovulación más precoz en relación con el final del tratamiento (55 vs 62 horas) en la oveja (Ainsworth y Wolynetz, 1982; Cognie y Mauleon, 1983; Cognie, 1988).

La sincronización de celos es más precisa tras el empleo de FGA que tras el uso de MAP, lo cual conlleva una tasa de fertilidad similar cuando las ovejas se cubren por monta natural, pero una ventaja significativa a favor del FGA cuando se realiza la IA sistemática (Cognie, 1987; Cognie, 1988). La razón de los mejores resultados obtenidos tras el empleo de FGA en relación con el MAP, parece residir en el hecho de que cuanto mayor es la potencia del progestágeno menor es la dosis del mismo necesaria para bloquear la descarga de gonadotropinas, y más rápida la eliminación del producto tras la retirada de las esponjas (Cognie y Mauleon, 1983).

#### Vía de administración

La vía de administración y el soporte farmacéutico de aplicación no sólo conllevan diferencias en la comodidad de uso, sino también en la eficacia del método. El empleo de norgestomet por vía subcutánea ha dado lugar a la obtención de buenos resultados en ganado ovino (Ainsworth, 1985) y caprino (Bretzlaff y Madrid, 1989). El empleo de progestágenos por vía vaginal, tanto MAP como FGA, ha dado lugar a unos resultados satisfactorios en el control del ciclo sexual, tanto en el ganado ovino (Cognie y Mauleon, 1983; Cognie, 1987; Cognie, 1988) como en el ganado caprino (Corteel, 1975; Corteel y cols., 1984; Corteel, 1985).

Aún cuando se han llegado a obtener en la oveja resultados similares tras la administración oral de FGA que tras su empleo intravaginal, la cantidad de progestágeno requerido para la primera es muy superior, lo que aumentaría los costes del tratamiento (Cognie y Mauleon, 1983).

Las vías de administración incluyen la vía oral, intramuscular, subcutánea o intravaginal, si bien en la práctica los sistemas comercializados utilizan esta última, con soportes de poliuretano para FGA y MAP, y dispositivos intravaginales (CIDR) capaces de liberar progesterona (Rhodes y cols., 1988).

La progesterona o progestágenos son liberados, alcanzando a través de la mucosa vaginal concentraciones en sangre capaces de limitar la pulsatilidad de la LH a frecuencias similares a la de la fase luteal, impidiendo la formación de folículos ovulatorios.

El progestágeno alcanza la máxima concentración a las 48 horas de la colocación de la esponja, descendiendo lentamente hasta el día de retirada (Robinson, 1965).

#### Dosis de progestágeno:

La dosis de progestágeno tiene un efecto sobre el número de animales que presentaran celo y ovulación. Dicha dosis estará en función de la potencia del progestágeno y de su biodisponibilidad dentro del animal. Ello está relacionado con la vía y forma de administración (Corteel y cols., 1982).

Robinson (1970), estudió la tasa de absorción de FGA aplicado mediante esponjas intravaginales, tras distintos procedimientos de impregnación, poniendo en evidencia que la cantidad de progestágeno absorbida dependía del método de impregnación, y que existía una relación entre la cantidad de progestágeno absorbido diariamente, entre 1 y 10 ng, y la fertilidad resultante.

Tanto la dosis inicial como el grado de dispersión del progestágeno en la esponja son importantes en lo que hace referencia a una tasa de absorción óptima, y de ahí que estos factores ejerzan un efecto fisiológico en el eje hipotálamo-hipofisario y en el tracto reproductivo (Robinson, 1970). Las dosis de progestágeno son importantes, asociándose una dosis baja de éste con una baja fertilidad (Robinson, 1972).

Allison y Robinson (1970), encontraron que el aumento de las dosis de cronolone de 10 a 30 y 90 mg se asociaba con una incidencia creciente de celos, una mayor respuesta ovárica y un número más elevado de espermatozoides en las trompas de Falopio; así como un mayor porcentaje de ovocitos fertilizados (Robinson, 1972). En ganado ovino, se vio que la dosis crítica de FGA que debía ser contenida en la esponja era del orden de 20 mg (Robinson, 1976).

Duración del tratamiento progestágeno:

Quinlivan y Robinson (1969) mostraron que la administración prolongada de progestágenos se opone al ascenso de los espermatozoides en el tracto vaginal de la oveja.

Dosis y momento de aplicación de la eCG:

La eCG es una hormona glicoprotéica que se produce en las cúpulas endometriales de yeguas gestantes (Clegg, 1954). Su actividad es fundamentalmente FSH, si bien posee también una acción LH apreciada en 1932 por Cole y Hart.

Su uso, con preferencia sobre otras gonadotropinas, se debe tanto al bajo coste y fácil disponibilidad en el mercado como a su larga vida media, aproximadamente de 3 días en la oveja, dada su riqueza en ácido siálico (Scharns y cols., 1978), lo que permite un estímulo continuado con una sola inyección por vía intramuscular en el momento de retirada de la esponja. La dosis habitual de eCG es de 500 U.I., aunque varía en función de

distintos factores. Evans y Robinson (1980) compararon dosis de eCG entre 0 y 1.600 U.I. y sus resultados en otoño y primavera, determinando un aumento en la respuesta y un acortamiento del momento de la ovulación directamente relacionados con la dosis de eCG, coincidiendo con los resultados de Cognie y cols., (1970); mientras que a igual dosis, la respuesta es mayor en otoño, consecuencia directa de la época favorable, a pesar del tratamiento.

Debe tenerse en cuenta que en estación desfavorable se ve retrasada la descarga de LH (Cognie y cols., 1970; Ecktermkamp, 1982) por una menor capacidad de producción de estradiol por el folículo (Evans y Robinson, 1980). Este retraso en la descarga de LH, y como consecuencia en la ovulación, se ve limitado por el uso de eCG (Cognie y cols., 1970).

La dosis de gonadotropina inyectada debe ser ajustada en función de la época del año, del estado fisiológico de los animales, de la raza (Cognie, 1987; Cognie, 1985; Aguer, 1981).

El incremento de la dosis de eCG por encima de lo adecuado supone incrementos no deseados de la tasa de ovulación y prolificidad, caracterizándose además las hembras por presentar el celo y la descarga de LH más precozmente que en aquellas ovejas con menor dosis.

Intervalo postparto

Es de gran importancia mantener unos intervalos adecuados entre el parto y el tratamiento de acuerdo con el tipo de manejo y producción, siendo la lactación y la época del año los factores que más inciden en la disminución de los resultados de fertilidad, pudiéndose cifrar estos intervalos desde 30 a 90 días en las condiciones más favorables.

Las ovejas en lactación tienen una respuesta a los tratamientos hormonales, en términos de ovulación y fertilidad, menor

(46%), que las ovejas secas (93.1%) Alonso de Miguel (1980). La lactación además provoca retrasos en la descarga de LH y en la ovulación (Signoret y Cogne, 1975).

Los tratamientos clásicos de conocida efectividad, pueden llegar a ser antieconómicos cuando son utilizados en un periodo demasiado corto después del parto (Inskeep y Peters, 1981).

Parece que existe un umbral de respuesta en la capacidad reproductiva, que podría estar situado en la estación favorable hasta los 35 días postparto (Mauleon, 1979), y este umbral sólo se reflejaría en sus efectos sobre la fertilidad, ya que no aparecen diferencias significativas en cuanto al porcentaje de ovejas en celo y ovejas ovulando (Van Niekerk, 1978).

#### Manejo seguido en la explotación:

En ganado ovino sometido a tratamiento de sincronización e inseminación con semen diluido se han observado grandes diferencias de tasas de parto entre rebaños (45 a 85%). Por otra parte, son numerosos los factores ligados al manejo de la explotación que pueden influir sobre los resultados de fertilidad consecutivos al empleo de tratamientos hormonales.

Así la organización de las cubriciones en monta natural: proporción de machos a hembras, momento de entrada de los machos para la cubrición, etc... (Boland y Gordon, 1979) son de una importancia decisiva.

Por otra parte, las diferencias de manejo entre explotaciones se ven a menudo reflejadas en diferencias en la tasa de mortalidad embrionaria y en la tasa de interrupción de gestaciones (Jardón y cols., 1984). El tamaño del rebaño y el nivel de atención al detalle también pueden influir sobre los resultados (Robinson, 1972).

## MÉTODOS COMBINADOS

Consiste en la combinación del efecto macho con otra metodología. Las tres alternativas más utilizadas han sido:

- La aplicación de un tratamiento de progesterona seguido de efecto macho, que ha obtenido unos resultados excelentes. La aplicación intramuscular de 20 mg de progesterona diluida en aceite el día de realizar el efecto macho, provoca la concentración de celos alrededor de 20 días después, aumentando la fertilidad y la prolificidad (Oldham, 1980).

- La asociación del efecto macho con la administración de la PGF2 alpha, aplicando el tratamiento luteolítico con intervalos de 12, 14 ó 16 días, induce la aparición de celos concentrados en 72 horas (Inskeep, 1983).

- La asociación de efecto macho con melatonina. La colocación de implantes liberadores de melatonina a las hembras en primavera, permite adelantar el periodo de cubriciones en razas nórdicas. En las razas mediterráneas, aumenta el número de corderos producidos después de someter a las hembras a efecto macho.

## BIBLIOGRAFÍA:

- AGUER, D; 1981. La synchronization des chleurs. Pourquoi? Comment?. *Pâtre*, 287: 25-28.
- AINSWORTH, L; 1985. Effects of norgestonnet implants and fluorogestone acetate impregnated sponges on oestrus cycle length and luteal function of ewes. *Anim. Reprod Sci.*, 9: 63-73.
- AINSWORTH, L. y WOLYNETZ. M.S.; 1982. Synchronization of estrus and reproductive performance of ewes treated with synthetic progestogens administered by subcutaneous ear implant or by intravaginal sponge pessary. *J. Anim. Sci.*, 5: 281-286.
- ALONSO DE MIGUEL, M. y CALLEN, A., 1980. Influencia del estado cíclico

- sobre la eficacia de los tratamientos hormonales en ganado ovino. IX Congreso Internacional de Reproducción Animal e IA, Madrid, vol. 4: 182-185.
- BOLAND, M.P. y GORDON, I.; 1979. Effect of timing of ram introduction on fertility in progestagen-PMSG treated anoestrus ewes. *J. Agric. Sci., Cam.*, 92: 247-249.
- BRETZLAFF, K.N. y MADRID, N.; 1985. Synchronization of oestrus and fertility in goats with norgestomet ear implants. *Theriogenology*, 24 (3): 351-357.
- CALLEN, A.; 1990. Contribución al estudio de los métodos de control del ciclo estral y de diagnóstico de gestación en la cabra Murciano-Granadina. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- CLEGG, J.B.; 1954. The endometrial cups and allantochorionic puches in the mare with emphasis on the source of equine gonadotrophin. *Endocrinology*, 54: 448.
- COGNIE, Y.; 1985. Citado por Callen, A. (1990).
- COGNIE, Y.; 1987. Perspectivas tecnológicas en el control de la reproducción en los rumiantes. *Itea, Extra* (7): 289-312.
- COGNIE, Y.; 1988. Nouvelles méthodes utilisées pour améliorer les performances de reproduction chez les ovins. *INRA Prod. Anim.*, (2): 83-92.
- COGNIE, Y.; MARIANA, J.C. y THIMONIER, J.; 1970. Etude du moment d'ovulation chez la brevis normale on traitée par un progestagène associé ou non a une injection de PMSG. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 10: 15-24.
- COGNIE, Y. y MAULEON, P.; 1983. Control of reproduction in the ewe. In: "Sheep Production", Ed. Haresing, Butterworth, London: 381-392.
- COGNIE, Y.; SCHIRAR, A.; MARTINET, J.; POULIN, N. y MIRMAN, B.; 1984. Activité reproductrice et maîtrise de l'ovulation chez la brevis. 9èmes J. de la Rech. Ov. et Cap., Eds. INRA-ETOVIC, Paris: 109-133.
- COLE, H.H. y HART, G.H.; 1932. The potency of blood serum mares in progressive stage of pregnancy in effecting sexual maturity of the immature rat. *Am. J. Physiol.*, 93: 57.
- COOKE, R.G. y KNIFTON, A.; 1981. Oxytocin-induced oestrus in goat. *Theriogenology*, 16: 95-97.
- COETEEL, J.M.; 1975. The use of progestagens to control the oestrus cycle of dairy goat. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 15 (2): 353-363.
- CORTEEL, J.M.; 1985. Maîtrise de la reproduction des caprins à vocation laitière a des fins économiques. 1<sup>er</sup> Coll. Int. sur la reproduction des caprins, Drummondville, Quebec (Canada): 45-68.
- CORTEEL, J.M.; GONZÁLEZ-STAGNARO, C. y NUNES, J.F.; 1982. Research and development in the control of reproduction. *Proc. 3rd Int. Conf. Goat Prod. Dis.*, Tucson, Arizona: 584-601.
- CORTEEL, J.M.; NUNES, J.F. y DAHURON, C.; 1984. La congelation du sperme et l'induction hormonale de l'oestrus et de l'ovulation chez les caprins à vocation laitière. 9e J. Rech. Ov. et Cap., Ed INRA-INTOVIC: 152-172.
- DUTT, R.H. y CASIDA, L.E.; 1948. Alteration of estrual cycle in sheep by the use of progesterone and its effects upon subsequent ovulation and fertility. *Endocrinology*, 43: 208-217.
- ECKTERNKAMP, S.E.; 1982. Influence of breed and season on ovarian and pituitary response in progestagen-PMSG-treated ewes. *Theriogenology*, 18: 95-106.
- EVANS, G. y ROBINSON, T.J.; 1980. The control of fertility in sheep: endocrine and ovarian responses to progestagen-PMSG treatment in the breeding season and in anoestrus. *J. Agric. Sci. Camb.*, 94: 69-88.
- HARESING, W.; 1977. Ovulation control in the sheep. In control of ovulation. (D.B. Crirghton, N.B. Haynes, G.R. Lamming Eds): 435-451.
- INSKEEP, E.K.; LEWIS, P. y STILLEY, N.; 1983. Synchronization of estrus as a management tool in the ewe flock. *West Virginia University Circular* 2, 128: 1-7.
- INSKEEP, E.K. y PETERS, J.B.; 1981. Economics benefits of reproductive management synchronization of estrus

- and artificial insemination in beef, cattle and sheep. New technologies in animal breeding. Academic Press Inc.
- JARDON, C.; DE MONTIGNY, G. y ANDRE, D.; 1984. les methodes de diagnostic de gestation applicables aux ovins et caprins. 9èmes J. Rech. Ov. et Cap., Ed INRA-ITOVIC, Paris: 452-473.
- LANGFORD, G. y MARCUS, G.; 1982. Influence of sperm number and seminal plasma on fertility of progestagen-treated sheep in confinement. J. Rep. Fert., 65: 325-329.
- MAULEON, P.; 1979. Técnicas de control de los ciclos sexuales en los animales domésticos. Simp. Reprod. Ov. y Bov. de carne. INIA Zaragoza.
- OLDHAM, C.M.; 1980. Stimulation of ovulation in seasonally anovular ewes by rams. Anim. Prod. in Australia. Ed. Mackintosh, J.B. Pergamon Press. Sidney.
- QUINLIVAN, T.D. y ROBINSON, T.J.; 1969. Numbers of spermatozoa in the genital tract after artificial insemination of progestagen treated ewes. J. Reprod. Fert., 19: 73-86.
- REEVES, J.J.; ARIMURA, A. y SCHALLY, A.V.; 1972. Effects of synthetic luteizing hormone releasing hormone follicle stimulating hormone (LH-RH) (FSH-RH) on serum LH and ovulation in anestrus ewes. J. Anim. Sci., 35: 84-91.
- RHODES, L. y NATHANIELSZ, P.W.; 1988. Comparison of a controlled internal drug release device containing progesterone with intravaginal medroxyprogesterone sponges for estrus synchronization in ewes. Theriogenology, 30 (4): 831.
- ROBINSON, T.J.; 1965. Use of progestagen-impregnated sponges inserted intravaginally or subcutaneously for the control of the oestrus cycle in the sheep. Nature, 206: 39-41.
- ROBINSON, T.J.; 1970. Fertility following synchronization of estrus in the sheep with intravaginal sponges. II. Effect of dose of progestagen and rate of absorption. Aust. J. Agric. Res., 21: 783-792.
- ROBINSON, T.J.; 1972. Special problems of the control of the cycle in sheep and goats. VII Int. Cong. of Anim. Reprod. and A.I.: 133-139.
- ROBINSON, T.J.; 1976. Controlled breeding of sheep and goats. In G.J. Tomes, D.E. Robertson, R.J. Lightfoot and W. Haresing (Editors), Sheep Breeding, 2th Edition: 423-437.
- SAUMANDE, J.; 1977. Induction d'unesuperovulation dans le specé bovine. Caracteristiques de l'agent stimulant. Effect sur la croissance folliculaire. Traitements utilises. Consequences hormonales. Ann. Med. Vet., 121: 449-477.
- SCHAMS, D.; MENZER, CH. y SCHALEMBER, E.; 1978. Some studies on pregnant mare serum gonadotrophin (PMSG) and on endocrine responses after application for superovulation in cattle. Control of reproduction in the cow. Ed. J.M. Sreenan, M. Nijhoff. The Hague: 122-143.
- SEARLE, G.D.; 1959. Citado por López Sebastián y cols., 1995.
- SIGNORET, J.P. y COGNIE, Y.; 1975. Determination of the moment of ovulation in ewe and sow. Influence of environment and hormonal treatment. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 15: 205-214.
- STEFFAN, J.; PISSONET, P. y THIBIER, M.; 1982. Control of oestrus in ewe lambs and yearling ewes with medroxyprogesterone acetate and fluorogestone acetate. Anim. Reprod. Sci., 5: 191-198.
- VAN NIEKERK, C.H.; 1978. Limitations to female reproductive efficiency. G.J. Tomes, D.E. Robertson and R.J. Lightfoot (Editors). Proc. Int. Sheep Breeding Cong. Muresk. West Aust. Inst. Technol.: 229-309.



**XVII**  
**CONTROL DE LA ACTIVIDAD**  
**OVARICA MEDIANTE LA**  
**UTILIZACIÓN DEL EFECTO**  
**MACHO**

**JOSÉ GONZÁLEZ LÓPEZ**

*Dr. Veterinario*  
*Servicio de la Producción Agraria*  
*Badajoz*





El efecto macho es un estímulo social, mediante el cual las ovejas que durante la primavera están en anoestro y han sido confinadas, de los machos, tanto visual como olfativamente, durante un tiempo no inferior a treinta días, responden al efecto Macho (E.M), con dos picos de sincronización de celo, uno hacia el día 19 y otro hacia el 26, después de la unión entre ambos sexo.

Las ovejas de raza merina explotadas en el sur oeste español, responden a la programación de celos indicada anteriormente, aunque en condiciones experimentales la sincronización de oestrus se produce entre los días 23 y 26.

Durante el anoestro post-parto, la introducción del macho, el día 45, provoca una sincronización de celos en el 95% de las ovejas 18 días más tarde. En estas mismas ovejas la fertilidad fue del 88%. En ovejas de raza merina el potencial estimulador provocado por el E.M.; se puede comparar con el producido por 250 u.i de PMSG.

El E.M. ha sido asociado con otras técnicas de reproducción. La inoculación de 20 mg de progesterona el mismo día de la introducción del macho provoca un mayor grado de sincronización de celos hacia el día diecinueve. La sobrealimentación aplicada 15 días antes y otros quince después del comienzo de la cubrición estimula los parámetros reproducidos, incluidos por el E.M.

El efecto macho, (E.M.) es un estímulo social, mediante el cual las ovejas que presentan anoestro estacional bien al principio o al final del período de reposo sexual y han estado aisladas de los machos presentan celos y ovulaciones y en consecuencia inician, sin ser saltadas por el macho, una nueva gestación. El efecto macho se conoce desde hace varias décadas, (Underwood y col, 1944 Radford y Watson, 1957) pero es recientemente cuando se han adquirido nuevos conocimientos sobre el comportamiento endocrino y sexual de las ovejas, ante la presencia de los macho.

Durante el anoestro estacionario o de lactación, las ovejas de muchas razas, si fueran condicionadas a un período previo de aislamiento del macho, responden a la reintroducción de éste, mostrando una cierta programación de celo, sincronizados aproximadamente un ciclo estral más tarde.

La respuesta al E.M. ha sido estudiada en varias razas (Lindsay 1976 en ovejas merina: Cognie 1980 en Merino de Arles; Folch y col., 1985 en raza rasa aragonesa; López Sebastián y col. 1985 en manchega; González y col. 1984 en merino). El efecto provocado por el macho depende de la profundidad del anoestro, siendo aquellas razas con anoestro muy marcadas, bastante receptivas al E.M.; de la intensidad del estímulo (Signoret et al., 1982) de tal forma que relaciones intensas de macho/hembra provocan estímulos superiores (González y col., 1984) y también del nivel de actividad ovárica espontánea del rebaño (Lyndsay y Signoret 1980) disminuyendo la respuesta en ovejas con anoestro profundo o con condiciones de nutrición baja (Folch y col. 1985).

La estimulación debida a una señal química pheroformas emitida por el macho que estimula el órgano vomeronasal de la oveja, arrastrando una actividad del sistema nervioso, a través de las conexiones del sistema olfativo accesorio y el hipotálamo anterior. Esta estimulación produce un aumento de la actividad de las neuronas que secreta GnRh y el aumento de la frecuencia de pulso de hormona luteinizante (LH) (Martín y Col., 1985). El aumento importante y sostenido de la presencia de pulso de LH estimula el crecimiento folicular y la secreción de estradiol.

Las descargas de la LH induce a la ovulación que en ovejas merinas se producen entre 30 y 36 horas después de introducción del macho (Oldham, 1983), y a la formación del cuerpo amarillo. Es una parte de las ovejas tiene una duración normal y acompaña a la primera ovulación. En otras ovejas el cuerpo amarillo inducido secreta poca progesterona y

regresa en el curso de los seis días siguientes. Así en ausencia de progesterona la frecuencia de pulso de L.H. se eleva, estimulando probablemente la maduración folicular y la secreción de esteroides, y una segunda descarga de L.H. aparece cuatro o seis días más tarde después de la primera, induciendo a una segunda ovulación seguida de un desarrollo normal del cuerpo amarillo. Estas variaciones de la duración de los primeros ciclos se traduce por la aparición bifásica de la actividad de celos produciéndose dos picos uno sobre el día 19 y el otro sobre el 24.

En efecto macho que actúa a través del sistema endocrino de la hembra, pro medio de las pheromonas del macho cuya fuente y naturaleza varía enormemente entre razas, aunque son todas parecidas en la medida que ellas depende de la presencia de hormonas androgénicas para su producción (Haresign, 1985).

Específicamente el efecto macho ha sido utilizado con éxito variable con el fin de provocar la cubrición estacional en la oveja. Sin embargo algunas razas no reaccionan igualmente e incluso entre las razas sensibles, la proporción de ovejas que ovulan es variable de unos rebaños a otros, e incluso de un año a otro en el mismo rebaño. Este problema puede ser debido a la oveja y se podría atribuir al morueco en un momento determinado, ya que el período de secreción de hormonas androgénicas está lejos de ser estable. El eje pituitariotesticular está sujeto a modificaciones estacionales, y el período de secreción de hormonas testosterónicas varía de una manera marcada con las razas, aunque no está bien establecido en las oscilaciones de la concentración de hormonas androgénicas modifiquen las reacciones del efecto macho, sin embargo podría ser responsable de algunas variaciones de eficacia ya atestiguadas.

Estudios recientes concernientes a las condiciones de utilización del efecto macho indican, que la proporción de machos y el nivel de actividad sexual de los machos en contacto con las ovejas,

así como la duración del contacto entre ambos sexos, influyen en la respuesta obtenida. Un contacto breve de tres horas provoca una respuesta transitoria de L.H., insuficiente para inducir a la ovulación y un estado refractario para una posterior estimulación. Por el contrario la presencia del macho y hembra juntos durante cuarenta y ocho horas, aumenta el porcentaje de ovejas que ovulan respecto a un contacto sexual breve de 12 ó 24 horas.

En consecuencia la respuesta de las ovejas a la estimulación de los machos, durante el anoestro estacionario varía enormemente. Algunas razas, la Romney respondería solamente a la estimulación de los machos durante un período muy limitado, justo antes del inicio del período de actividad sexual (Edgar y Bilkey, 1983). Por el contrario la raza merina, es quizás, la que mejor respuesta produce ante el E.M., y es capaz de responder a la actividad ovárica en casi todas las estaciones, del año, tanto durante el período de anoestro estacionario como durante el de lactación, con un grado de respuesta variable en relación a la intensidad del anoestro (Lishaman, 1969) a la estirpe de la oveja (Watson 1962) al período de aislamiento (Hunter, 1967) y al sistema de reproducción utilizado (Lyle, 1967).

Son muchos los factores que intervienen en la provocación del E.M. y aunque quizás el más importante es el racial existen otros como el período de aislamiento entre ambos sexo, la relación macho/hembra utilizada y la combinación de esta técnica de reproducción con inoculaciones de progesterona a fin de provocar un mayor grado de sincronización, o con la alimentación consiguiendo aumento de la productividad. Todo este cúmulo de factores son los que se estudian a continuación haciendo especial relevancia a este tipo de comportamiento social en ovejas de raza merina.

**CARACTERIZACIÓN DE LA RESPUESTA HORMONAL Y OVULATORIA Y CÍCLICA TRAS LAS APLICACIÓN DEL E.M.**

Las ovejas que están en anoestro y responden con una ovulación tras la introducción del macho presentan una elevada frecuencia de pulso de L.H. (Oldham y Peare, 1983) al mismo tiempo que existe un incremento del número y tamaño de los folículo con antro, (Atwinson, Willian-son, 1985), produciéndose la respuesta preovulatoria de la L.H. entre 24-30 horas tras la introducción del macho que se produce tanto en ovejas en anoestro estacionario y de lactación así como en el animal prepúber, (Martín 1980, Poindron y col 1980) una ovulación sin celo tiene lugar 48 h. más tarde del inicio del efecto social (Martín y col 1983). Esta descarga provoca un incremento del 17B estradiol que vuelve a estimular una nueva descarga de L.H. Posiblemente la primera descarga de LH por inducción puede ser directamente estimulada por el macho a través del sistema central de la oveja.

La respuesta prematura de la L.H. explica una cierta contradicción en relación al grado de sincronización, al producirse dos picos de celos, uno sobre el día 19 y otro sobre el día 24. Precisamente este último pico provoca que algunos cuerpos lúteos iniciales regresan prematuramente teniendo una vida media inferior a una semana. La regresión prematura va seguida de una ovulación silenciosa y un cuerpo lúteo de vida norma y tras el se produce el celo y la evolución. Por el contrario aquellas ovejas que formaron un cuerpo lúteo, inducido con una vida media superior a diez días, presentaron un pico de celos seis días antes, aproximadamente.

Aunque las ovejas de raza merina tienen tendencia a producir ovulaciones dobles en menor porcentaje durante la primavera que en el otoño, tras la introducción del macho se observa casi idéntico comportamiento en ambas estaciones (Oldham, 1983). De esta forma la proporción de ovulaciones dobles de aquellas

ovejas que ovulan espontáneamente porque están cíclicas es inferior que aquellos otros que estando en anoestro respondieron al E.M.

Al estudiar la distribución de un rebaño comercial de ovejas merinas, tras la introducción del macho en primavera se observa que durante las dos primeras semanas hay un ligero porcentaje de ovejas en celo, que salen diariamente presentando la distribución de celo dos picos importantes que tienen lugar, el primer alrededor de los 16-19 días y el segundo hacia los 22-26 días después de la introducción del macho, que determinan una concentración de celo en estas fechas.

Las ovejas que salen en celo durante los primeros quince días proceden de aquellas ovejas que están cíclicas, correspondiendo el resto a la estimuladas por el macho. La primera concentración de celo hacia los días 16-19, se corresponde con aquellas ovejas que han sido estimuladas por el macho y presentan una ovulación silenciosa tras la introducción del macho, a la que sigue un cuerpo amarillo normal. La segunda concentración se procede de aquellas ovejas que responden al efecto macho con un ciclo corto, al que sigue 6 ó 7 días más tarde, una ovulación silenciosa y a ésta, diecisiete días más tarde, ovulación con celo. (Gráfico nº 1).

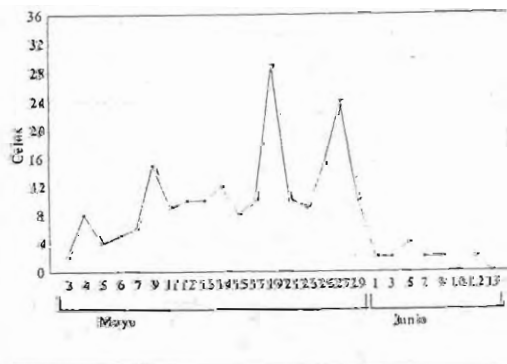


Gráfico 1. Curva de distribución de celo en rebaños comerciales de oveja merina cubiertas en primavera

## CONTROL DE LA ACTIVIDAD OVARICA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL EFECTO MACHO

Sin embargo en trabajos, realizados por González López y col. 1984 en ovejas merina explotadas en Extremadura, empleándose una relación de un macho cada 10 ovejas se observa que las ovejas que previamente llevaban 10 días en anoestro antes de la introducción del macho, responden inmediatamente a dicha introducción.

En efecto el 47% de ellas, presentan un ciclo de corta duración, con una duración aproximada de cinco días. Este ciclo corto fue seguido de un ciclo precedido de una ovulación silenciosa, y de duración normal y tras la finalización de este ciclo se produjo ovulación y celo, dando lugar a una concentración de estros entre los días 23 y 26, en el 88% de las ovejas (Gráfico nº 2).

Por el contrario no se encontraron ovejas que respondieran con ovulaciones y celo diecinueve días después del E.M., este hecho pudo ser debido por una parte a la intensidad del anoestro ya que el 100% de las ovejas del grupo testigo presentaban este estado fisiológico, y también a la elevada concentración de macho presente en nuestra experiencia. Ambas circunstancias posiblemente provocó que entre los días 22 y 26 de E.M. existieran un elevado grado de sincronización.

La fertilidad obtenida fue del 79% mientras que la prolificidad del 120%,

durante un período de cubriciones, que duró solamente 30 días y estando sometidas las ovejas a un sistema reproductivo de tres partos cada dos años.

En otro trabajo realizado también en primavera, pero en ovejas lactando, con las que se introduce el macho los días 0,45 y 75 del post-partum, notamos que en el primer grupo, la primera oveja en celo aparece hacia el día 60, manifestando, el 100% de las ovejas esta conducta treinta días más tarde, coincidiendo con el inicio de la estación de reproducción. En el segundo grupo los celos se inician hacia el día 63 y finalizan el día 77, en el 94% de ellas, provocándose una sincronización de celos debida al efecto macho, por último en el tercer grupo, las primeras ovejas en celo aparecen hacia el día 80 del post-partum y finaliza hacia el día 102, en el 88p. 100 de las ovejas extendiendo dos tipos de ovejas, unas que presentan celo inmediatamente tras la introducción del macho y que posiblemente estuvieran cíclicas como consecuencias de la proximidad de la estación sexual, y otras en la mayor parte de ellas, que presentan celo a partir de quince días más tarde de la introducción del macho, correspondiéndose posiblemente con los estimulados por el morueco. La fertilidad de estas ovejas fue del 17% para las del primer grupo, y 88% para las del segundo y tercer grupo respectivamente. (Cuadro nº 1) y (Gráfico nº 3).

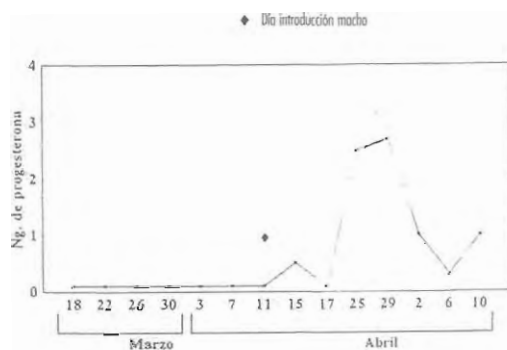


Gráfico 2. Caracterización hormonal de la introducción del macho en la oveja merina según los niveles de progesterona en sangre

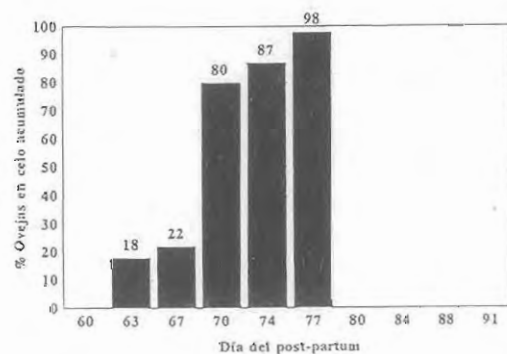


Gráfico 3. Efecto de la introducción del macho durante el Anoestro Post-Partum

**Cuadro 1.** Índices reproductivos obtenidos tras la introducción del macho durante el anoestro de lactación

Tratamiento	Fertilidad (%)	Prolificidad (%)	Fecundidad (%)
Introducción del macho el día 0 del post-parto	71	140	100
Introducción del macho el día 45 del post-parto	88	140	124
Introducción del macho el día 75 del post-parto	88	121	106

### PERÍODO DE AISLAMIENTO ENTRE MACHO Y HEMBRAS Y LA CONTINUIDAD DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA TRAS LA INTRODUCCIÓN DEL MACHO

Aunque el período de aislamiento no ha sido bien determinado, Oldham 1983 señala que cuatro semanas son realmente suficiente, y que posiblemente basten dos semanas de aislamiento para condicionar previamente las ovejas ante de la introducción.

La mayoría de las razas estudiadas solamente responden al efecto macho mediante un primer celo sin embargo las ovejas merinas mantienen la respuesta entrando en actividad cíclica y pueden ser saltados por los machos, en los celos siguientes, aunque algunas suelen caer en anoestro 2 ó 3 ciclos, más tarde (Oldham, 1979). Sin embargo en las condiciones del sur oeste español y a consecuencia del débil y corto anoestro que presentan las oveja de raza merina, es difícil que las ovejas una vez estimulada, y a excep-

ción de pequeños porcentajes, puedan retornar al anoestro, ya que el estado cíclico iniciado tras la estimulación por el EM, puede continuar con la ciclicidad espontánea que tiene lugar con el inicio de la estación de reproducción.

### IMPORTANCIA DE LAS RELACIONES MACHO/HEMBRA EN LA PROVOCACIÓN DEL E.M.

Las ovejas merinas sometida, a relaciones diferentes de macho/hembra, para la provocación del EM comprendido entre 1/8 y 1/20 aunque desde el punto de vista de la fisiología responden de la misma forma, produciendo sincronizaciones, de celo entre los días 22 y 26 tras la introducción del macho (González López y col, 1984) su comportamiento en relación a los índices reproductivo, es diferente. Las relaciones macho/hembra muy intensa producen una fecundidad que supera aproximadamente en 20 punto a aquellas, relaciones menos intensa (Cuadro nº2).

**Cuadro 2.** Relación macho/hembras en la provocación del E.M.

Relación	Fertilidad	Prolificidad	Fecundidad
1/8	84	100	84
1/14	89	110	99
1/20	65	100	65

**ASOCIACIÓN DEL E.M CON OTRAS TÉCNICAS DE REPRODUCCIÓN**

El grado de asincronía que en algunas ocasiones se produce tras el E.M y que puede dar lugar a dos picos diferentes de sincronización de celos, puede ser evitado, asociando el E.M. con aplicaciones de progesterona, en las ovejas estimuladas el mismo día de la introducción del macho. En efecto la inyección intramuscular de 20 mg de progesterona permite reagrupar la aparición de celos en oveja anoéstrica, entre los días 19 y 21 después de la estimulación, mejorando incluso la fecundidad (Cognie y col 1982).

Aunque en ovejas merinas, no se pudo comprobar la existencia de incremento de la productividad tras inoculaciones de progesterona entre 15 y 25 mg (González López, 1990). Resultados parecidos a los de otras razas si han sido obtenidos en raza segureña aplicando 15, 20 ó 25 mg (Cruz Mira y Cruz Salcedo, 1989).

En ovejas merinas, el potencial reproductivo del efecto macho, medidos en término de fecundidad, es equiparable a la utilización de 250 U.I de PMSG (Cuadro nº 3) (González López, 1990). En raza segureña este potencial es similar al obtenido con el tratamiento clásico de sincronización de celos usando esponjas impregnadas de F.G.A. y PMSG (Cruz Mira y Cruz Salcedo, 1989).

Un efecto sincronizador, semejante como el descrito anteriormente para la

progesterona, es provocado por un tratamiento de 100 mg de cloprostenol, cuando se inyecta 14 ó 16 días, después de la introducción del macho en ovejas cruzadas rasa aragonesas. Incluso no existen diferencia en la tasa de gestación cuando se compara el tratamiento de cloprostenol, y E.M. con 250 U.I. de PMSG, inoculados ambos productos 12 días más tarde de la introducción del macho.

En resumen, el efecto macho se perfila como una técnica que es capaz de producir sincronización de celos en ovejas que estén en anoestro, tanto estacionario como en el de lactación e incluso es capaz de producir celo y ovulaciones en corderos prepúberes.

La respuesta de la L.H., tras la introducción del macho, es inmediata ya que 2-4 minutos a continuación del contacto macho/hembra, se inician los cambios endocrinos. Estos cambios provocan sincronizaciones de celos, en forma de dos picos, uno hacia día 19 y otro hacia el día 24 tras la introducción del macho.

Sin embargo, la utilización de técnicas asociadas, al E.M. como la inyecciones intramusculares de progesterona, presentan un mayor grado de sincronización al concentrarse los celos hacia el día 19 de la introducción del macho. Esta circunstancia permite poder incrementar los parámetros reproductivos, cuando se asocia sobrealimentación y E.M. 15 días antes y 15 días, después, del día en que comiencen las cubriciones, de las ovejas (González López y col., 1989).

**Cuadro 3.** Índices reproductivos obtenidos con E.M. y con 250 UI de PMSG

<b>Tratamiento</b>	<b>Fertilidad %</b>	<b>Prolificidad %</b>	<b>Fecundidad %</b>
Efecto Macho	89	110	99
FGA + 250 U.I. PMSG	72	130	93

*Según González López y col, 1990.*

**XVIII**  
**INFLUENCIA DEL**  
**FOTOPERIODO-MELATONINA**  
**SOBRE LA ESTACIONALIDAD**  
**SEXUAL EN PEQUEÑOS**  
**RUMIANTES**

**FERNANDO FORCADA MIRANDA**

*Profesor Titular*

*Facultad de Veterinaria*

*Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos*

*Universidad de Zaragoza*





## 1. INTRODUCCIÓN

La estacionalidad de la reproducción es un proceso fisiológico utilizado por los animales salvajes para adaptarse a los cambios estacionales de la temperatura y de la disponibilidad de alimentos. De esta forma, si bien la domesticación ha supuesto la pérdida casi total de esta capacidad adaptativa en bovino y en porcino, no ha sucedido así con los pequeños rumiantes.

Los ovinos y caprinos originarios de zonas templadas manifiestan importantes variaciones estacionales de su actividad sexual. Así, en los dos sexos se observa un periodo de actividad reproductiva máxima que se inicia tras el solsticio de verano y que en general se extiende de agosto a enero, y otro de actividad sexual mínima, incluso con ausencia total de celos en algunas razas, iniciado tras el solsticio de invierno y que se extiende de febrero a julio. Consecuentemente, en estas especies se habla de un periodo de anoestro estacionario donde se obtienen los menores niveles de fertilidad y prolificidad. El momento en que se produce la actividad reproductiva depende de la duración de la gestación, de manera que el parto ha de producirse en la primavera, momento más favorable para la supervivencia de las crías.

Por otra parte, el conocimiento de los mecanismos que gobiernan la estacionalidad sexual en ganado ovino y caprino ha sido uno de los objetivos fundamentales en la investigación en estas especies. Se sabe que la latitud está directamente relacionada con la duración e intensidad del anoestro, de manera que los genotipos mediterráneos presentan un periodo de inactividad sexual más corto y menos intenso que el de razas ubicadas en latitudes más altas, y lo que es más importante, más fácilmente modificable por factores de manejo fácilmente aplicables a nivel de explotación, tales como el efecto macho o la nutrición.

## 2. IMPLICACIÓN DEL FOTOPE- RIODO EN LA ACTIVIDAD SEXUAL

### CRITERIOS GENERALES.

La estacionalidad de la reproducción en pequeños rumiantes está determinada por las variaciones estacionales de la longitud del día, de manera que dos son los hechos que parecen confirmar dicho papel preponderante del fotoperiodo:

- de todos los parámetros ambientales posibles, el fotoperiodo es el más reproducible de año en año, siendo por tanto un buen predictor de la estación reproductiva.

- si bien la estacionalidad sexual es el factor común a todas las razas ovinas ubicadas fuera de los trópicos, siendo superior conforme la latitud aumenta, los genotipos explotados en latitudes tropicales o subtropicales son sexualmente activos durante todo el año, y en ellos la estacionalidad de los momentos de parto parece únicamente ser debida a cambios estacionales en la disponibilidad del alimento.

En este sentido, se han utilizado distintos modelos experimentales para definir dicho papel manipulando la longitud del día, si bien se podrían agrupar en tres concretos:

- Inversión artificial del fotoperiodo natural anual, produciendo un cambio de 6 meses en el momento en que se produce la estación sexual en relación al año natural (Yeates, 1949; Twaites, 1965).

- Ritmos fotoperiódicos semestrales, reproduciendo cada 6 meses las variaciones anuales del fotoperiodo, de manera que las ovejas presentan dos estaciones de reproducción al año cuyos comienzos se sitúan al final del fotoperiodo decreciente (Mauleon y Rougeot, 1962).

- Alternancia cada 3 meses de días largos y cortos induciendo periodos de actividad e inactividad sexual, de manera que los primeros se producen tras el inicio de

## INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO-MELATONINA SOBRE LA ESTACIONALIDAD SEXUAL EN PEQUEÑOS RUMIANTES

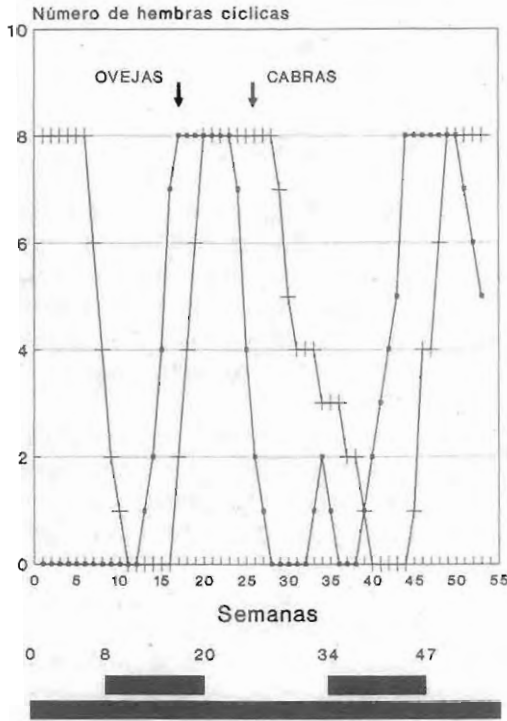


Fig. 1. Actividad ovulatoria de ovejas Ile-de-France y cabras Saanen adultas sometidas durante un año a periodos alternos de 3 meses con 16 horas de luz y 8 de oscuridad (días largos) o con 8 horas de luz y 16 de oscuridad (días cortos). Adaptado de Chemineau et al. (1988) (con permiso).

los días cortos y los segundos tras el paso a días largos. En concreto y aplicando esta metodología, Chemineau et al. (1988) señalaron que el intervalo entre el cambio de días largos a cortos y el inicio de la actividad ovulatoria es más corto en la oveja (52-53 días) que en la cabra (74-85), indicando que los ovinos responden antes que los caprinos a los tratamientos fotoperiódicos (Figura 1).

### FOTORREFRACTARIEDAD.

A pesar del inicial carácter estimulador de los días cortos, las hembras pueden convertirse en fotorrefractarias tras largos períodos de exposición a los mismos y detener su actividad ovárica. Del mismo modo, si las ovejas se mantienen durante un periodo prolongado de tiempo sometidas a días largos, la actividad reproductiva se inicia espontáneamente.

Este hecho, que ha sido demostrado experimentalmente, también se produce en condiciones de fotoperíodo natural, de manera que hoy día está claro que la transición entre los períodos de actividad sexual y de anoestro puede explicarse en términos de fotorrefractariedad. Así, especialmente en las razas más estacionales y al final de la estación sexual en febrero, la oveja es insensible a los días cortos, que no pueden retrasar la transición al anoestro (Worthy y Haresign, 1983; Robinson y Karsch, 1984); en este sentido, la aparición de éste no ha podido ser producida por un efecto inhibitorio de los días largos sobre la actividad sexual dado que en estas fechas el incremento de la longitud del día es muy reducido. También está documentada en la bibliografía la implicación de la fotorrefractariedad a los días largos en el inicio de la actividad sexual al final del verano (Robinson et al., 1985; Worthy et al., 1985).

La fotorrefractariedad se manifiesta claramente a nivel práctico al comprobar que en la oveja, reproductor estacional de días cortos, la longitud del día al inicio de la estación sexual en el otoño de climas templados (no ecuatoriales) (14 horas) es unas 2 horas y media superior a la longitud del día en el momento en que finaliza la estación sexual (11 horas y media), con lo que se puede concluir en principio indicando que la estación sexual de la oveja es asimétrica en relación al ciclo fotoperiódico. En los ovinos mediterráneos sucede lo mismo, de manera que en las condiciones prácticas de explotación del Valle Medio del Ebro en concreto, las ovejas inician la actividad reproductiva poco tiempo después del solsticio de verano (de hecho, en muchas explotaciones se introducen los moruecos en el rebaño a finales de junio), con unas 14-15 horas de luz, y la detienen en febrero-marzo, con una duración del día significativamente inferior.

En conjunto pues, cabría preguntarse por qué cesa la actividad sexual en la oveja cuando el fotoperíodo es, en efecto, estimulador del eje reproductivo en rela-

ción al existente al inicio de la estación sexual. El mecanismo de la fotorrefractoriedad parece explicar esta aparente contradicción, en el sentido de que las hembras entran en anoestro no porque la duración del día inhiba la actividad reproductiva, sino porque han perdido la capacidad de responder al fotoperiodo corto presente en ese momento y se vuelven fotorrefractorias al mismo. Del mismo modo podría explicarse el inicio de la estación de reproducción como consecuencia de una fotorrefractoriedad a los días largos.

No obstante, en la actualidad también se sabe que la refractoriedad a días cortos puede ser eliminada exponiendo a los animales a un fotoperiodo todavía más corto (Nicholls et al., 1989), lo que muestra claramente que la oveja responde a cambios relativos de fotoperiodo.

### 3. RITMO ENDÓGENO DE REPRODUCCIÓN

Los estados refractorios implicados en la actividad reproductiva de pequeños ruminantes podrían ser la expresión de un ritmo endógeno de reproducción. En este sentido, Maipaux et al. (1988) sugieren que la transición entre la estación sexual y el anoestro estacionario no está específicamente controlada por cambios en la longitud del día, y señalan que la oveja posee un ritmo circanual endógeno de reproducción, con lo que el papel del fotoperiodo es circunscribir ese ritmo a 365 días. En conjunto, estos autores demostraron que el aumento de la longitud del día tras el solsticio de invierno puede actuar sobre el momento en que finaliza la actividad sexual, pero que la razón principal que determina la transición al anoestro estacionario es un "apagado" de la actividad reproductiva como resultado de un ritmo endógeno subyacente de reproducción.

Más tarde, estos mismos autores señalaron que también la transición del anoestro a la estación sexual está generada endógenamente, jugando el fotope-

riodo un papel fundamental determinando el momento en que ésta se produce (Maipaux et al., 1989). Finalmente, y trabajando con ovejas pinealectomizadas y ovariectomizadas con implantes subcutáneos de estradiol, este mismo equipo desarrolló todavía más su teoría en base a que las ovejas sin glándula pineal responden en función de la historia fotoperiódica previa y del ciclo fotoperiódico posterior a la citada pinealectomía (Wayne et al., 1990). En conjunto, la descripción gráfica del ritmo circanual endógeno de reproducción y su regulación por el fotoperiodo se expone en la Figura 2:

- El aumento de la longitud del día desde el solsticio de invierno al de verano es fundamental para el inicio de la actividad sexual, de manera que la duración de la exposición a este fotoperiodo creciente determina el momento de inicio de la estación reproductiva (sincronización, /). Además, los días largos también parecen

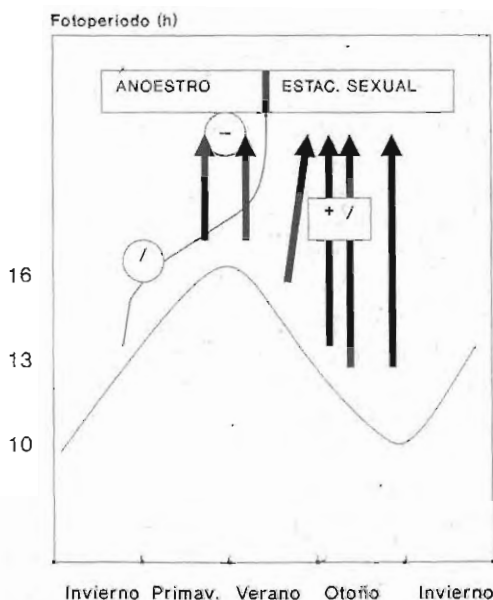


Fig. 2. Modelo para describir la regulación de la estacionalidad reproductiva en la oveja. Acción del fotoperiodo para sincronizar (/); acción del fotoperiodo para inhibir (-); acción del fotoperiodo para mantener la actividad reproductiva a través de efectos estimuladores o de sincronización (+/). Adaptado de MALPAUX et al. (1989) (con permiso).

suprimir activamente la función reproductiva en torno al momento del solsticio de verano (-).

- El fotoperiodo decreciente desde el solsticio de verano al equinoccio de otoño no es un prerrequisito para el inicio de la estación sexual en su momento habitual, pero proporciona las señales fotoperiódicas necesarias para que la estación reproductiva que va a comenzar tenga una duración normal (sincronización, /)

- Por último, el fotoperiodo decreciente desde el equinoccio de otoño al solsticio de invierno parece jugar un papel importante en la ruptura de la fotorrefractoriedad a los días largos, asegurando que la oveja responda al subsiguiente incremento de la longitud del día que sincronizará la estación sexual del año siguiente

Por tanto y por lo que al inicio de la estación de reproducción en ganado ovino se refiere, éste parece estar condicionado por los días largos que el animal recibe antes del solsticio de verano, puesto que no parecen ser necesarios los días decrecientes tras el mismo para un normal y sincrónico inicio de la ciclicidad; no obstante, se han detectado diferencias ligadas al genotipo en la regulación fotoperiódica del ritmo de reproducción especialmente tras el solsticio de verano, de manera que algunas razas serían más dependientes que otras de estos días decrecientes para mantener una duración normal de su estación reproductiva (O'Callaghan et al., 1992).

Inciendo en estos aspectos, Woodfill et al. (1991) mostraron que ovejas pinealectomizadas no tratadas con melatonina presentaban una actividad reproductiva asincrónica respecto a hembras enteras, concluyendo que, si bien la glándula pineal es necesaria para la sincronización del ritmo, no lo es para la generación del mismo.

Como información complementaria a estas teorías, por otra parte únicamente demostradas en ovejas, hay que señalar que existen otros factores que pueden modular los efectos del fotoperiodo y alterar el momento de inicio de la estación

sexual. En este sentido, Wayne et al. (1989) señalan que, en ausencia de información fotoperiódica (pinealectomía), el ganado ovino puede todavía responder a factores sociales tales como la presencia de machos o de hembras enteras. Así, si bien la influencia del "efecto macho" sobre la actividad reproductiva está bien documentada, siendo su efecto superior en razas de reducida estacionalidad sexual (Folch, 1990), también se ha visto en genotipos más estacionales que la presencia permanente de machos es capaz de retrasar el inicio del anoestro estacionario respecto a su ausencia cuando éstos son introducidos a partir del solsticio de invierno (O'Callaghan et al., 1994), momento que, en función de lo comentado con anterioridad, no parece ser especialmente importante en la determinación fotoperiódica del momento de cambio de la estación sexual al anoestro estacionario. Evidentemente, otros muchos factores pueden asimismo modular el papel del fotoperiodo sobre la estacionalidad sexual en el ganado ovino, destacando entre ellos la nutrición o el nivel de reservas grasas del animal, cuya incidencia parece ser mayor en genotipos menos estacionales (Forcada et al., 1994 a,b).

#### **4. EFECTO DEL FOTOPERIODO SOBRE LA ACTIVIDAD HIPOTALÁMICA. PAPEL DE LOS ESTEROIDES OVÁRICOS**

La secreción pulsátil de GNRH determina los acontecimientos del ciclo sexual durante la estación reproductiva. Así, en la fase luteal dicha liberación pulsátil se ve bloqueada por los elevados niveles de progesterona, lo que reduce considerablemente la liberación pulsátil de LH (Karsch et al., 1987). Tras la luteolisis y subsiguiente caída de los niveles plasmáticos de progesterona, se produce un aumento de la frecuencia de pulsos de GNRH que a su vez induce un incremento de la secreción pulsátil de LH (Clarke et al., 1987), estimulando la secreción de estradiol en la fase folicular que inicia el pico preovulatorio de GNRH y luego el de

LH, desencadenándose la ovulación (Clarke, 1988).

Parece claro que durante el periodo de inactividad sexual la frecuencia de pulsos de GNRH se reduce considerablemente, llegando a ser de uno cada 12 horas (Barrell et al., 1992), igual o incluso inferior que la que se produce en la fase luteal del ciclo. Además, estos autores señalan que durante el anoestro cada pulso de GNRH es acompañado de otro de LH, con lo que la frecuencia de liberación de esta gonadotropina también es muy baja. Dicha secreción limitada de GNRH durante el anoestro no se debe a una alteración en la capacidad neurosecretora de GNRH, dado que la ovariectomía en el periodo de inactividad sexual conlleva un claro aumento en la frecuencia de pulsos de GNRH (Karsch et al., 1987). Por tanto, y dado además el hecho de que tanto concentraciones basales como de fase folicular de estradiol suprimen la secreción pulsátil de GNRH en el anoestro estacionario y no en la estación sexual (Moenter et al., 1990), parece confirmarse la teoría de que la variación estacional de la fre-

cuencia de pulsos de LH, y por tanto de GNRH, es consecuencia de un cambio de la oveja en relación a la respuesta a la retroacción negativa del estradiol en función del fotoperiodo prevalente (Webster y Haresign, 1983).

Por otra parte, el efecto del estradiol sobre la actividad hipotalámica y la secreción de LH parece ser mediatizado a través de opioideos endógenos y de neurotransmisores tales como dopamina o serotonina. En este sentido, los opioideos juegan un papel importante en la inhibición de la secreción de LH en el estadio prepuberal (Ebling et al., 1989), en el periodo postparto como consecuencia del stress y dolor del propio parto (Malven y Hudgens, 1987) o del efecto del amamantamiento (Smart et al., 1994) y en el primer anoestro estacionario postpuberal (Schall et al., 1991), pero en los sucesivos periodos de anoestro este efecto desaparece. Estos últimos autores señalan que no es probable que los opioideos endógenos estén implicados en el efecto de la retroacción negativa del estradiol durante el anoestro, mientras que la ejercida por la

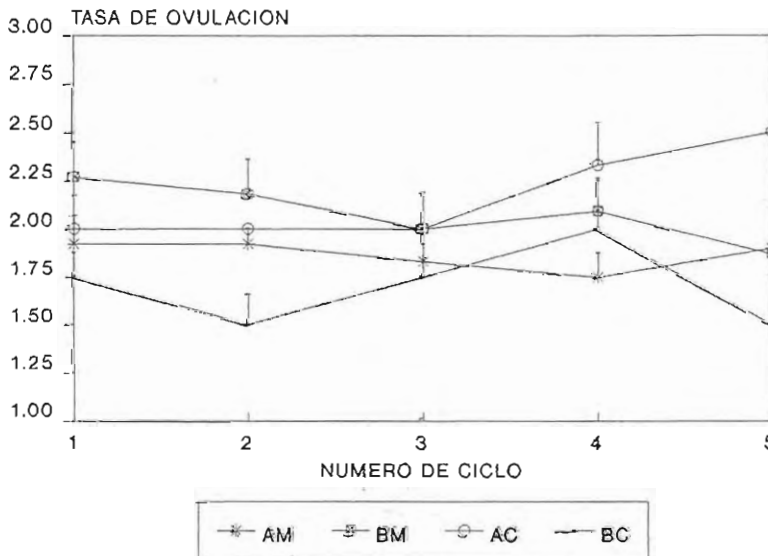


Fig. 3. Tasa de ovulación en los primeros ciclos tras el destete de ovejas Saib. paridas en marzo sometidas a un plano de alimentación alto (A) o bajo (B-) y tratadas (+M) o no (-C) con implantes de melatonina el día 32 tras el parto. Para detalles, ver texto. Adaptado de Forcada et al. (1985).

progesterona sobre la liberación de LH en el ciclo sexual puede estar regulada en parte gracias a un mecanismo opioideo (Currie et al., 1992).

Por lo que a la implicación de los neurotransmisores se refiere, parece claro que el sistema dopaminérgico es un intermediario de los efectos de retroacción negativa del estradiol sobre la liberación de GNRH especialmente en una situación de fotorrefractoriedad a días cortos (Kao et al., 1992; Le Corre y Chemineau, 1993), mientras que el serotoninérgico, cuya acción se creía en principio que era independiente del estradiol (Meyer y Goodman, 1985), también parece mediatizar la acción del fotoperiodo inhibiendo la pulsatilidad de LH en presencia de este asteroide en días largos o tras un periodo prolongado de exposición a días cortos (fotorrefractoriedad) (Le Corre y Chemineau, 1993).

## 5. GLÁNDULA PINEAL Y MELATONINA

Distintas experiencias han demostrado en los últimos 30 años la importancia de la

glándula pineal en la percepción de la longitud del día por parte de algunas especies estacionales, de manera que la extirpación de la misma o bien su denervación evitan las respuestas a los cambios de fotoperiodo.

La melatonina, indolamina sintetizada en la glándula pineal a partir del triptófano y la serotonina, es el mensajero bioquímico que permite a los animales medir la duración de la iluminación diaria. En este sentido, la glándula pineal no responde directamente a la luz, de manera que recibe la información a través de la retina, información que es procesada por el núcleo supraquiasmático (SNC) en el hipotálamo antes de alcanzar la glándula pineal propiamente dicha vía inervación simpática (Ebling y Hastings, 1992).

La pinealectomía evita que las ovejas respondan a cambios artificiales de fotoperiodo (Bittman et al., 1983) y altera la sensibilidad hipotalámica a la retroacción negativa del estradiol (Karsch et al., 1984) así como la secreción de prolactina en función de la longitud del día (Brown y Forbes, 1980).

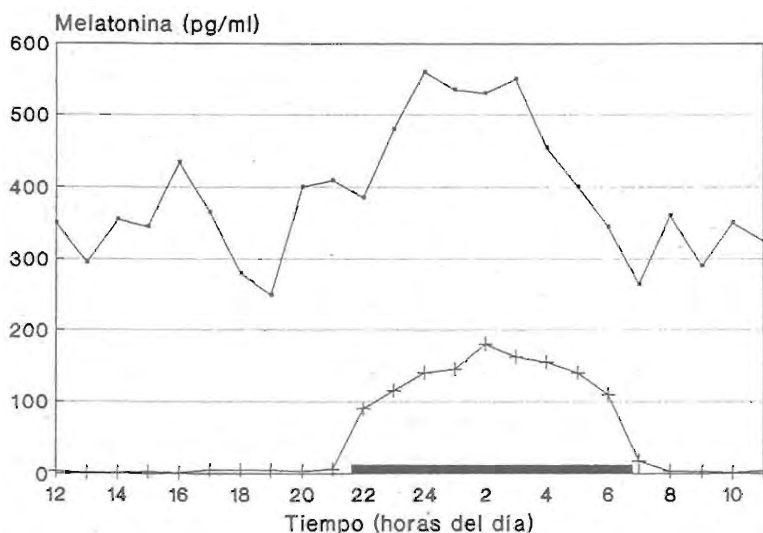


Fig 4. Niveles plasmáticos de melatonina el día 35 tras la colocación del implante en ovejas Saliz paridas en marzo e implantadas (M)(.) o no (C)(+) con melatonina exógena el día 32 tras el parto. Adaptado de Forcada et al. (1995).

En la oveja, los niveles plasmáticos de melatonina pasan de ser bajas durante el día a incrementarse a unos cientos de pg/ml durante la noche tanto en fotoperiodos naturales como artificiales (Rollag y Niswender, 1976), si bien superiores en ovinos (100-150 pg/ml) en relación a los caprinos (50-150 pg/ml). Además, el perfil de 24 horas de melatonina tiene una variación circanual, siendo corto en verano y largo, y con una menor amplitud, en invierno (Arendt et al., 1981). Por último, es interesante señalar que la melatonina se libera episódicamente, con pulsos cada 15-20 minutos (Cozzi et al., 1988; English et al., 1987), si bien la importancia fisiológica de los mismos está por determinar.

## 6. MECANISMOS DE ACCIÓN DE LA MELATONINA

### A NIVEL DEL SNC.

Uno de los mecanismos de acción de la melatonina que antes se identificó es la modulación de los nervios GABA (ácido gamma-amino butírico). Así, Anton-Tay (1974) ya señaló que inyecciones de melatonina aumentaban la síntesis de GABA en el SNC, lo que ha sido confirmado posteriormente, si bien no existe apenas información acerca de los mecanismos implicados en estos cambios.

Estas interacciones con las neuronas GABA-érgicas pueden explicar algunas acciones farmacológicas de la melatonina, tales como su actividad anticonvulsiva, sedante e hipnótico, pero también sugieren un papel fisiológico vía neuronas GABA hipotalámicas, con una función relevante en el control de la actividad reproductiva; así, estas neuronas están implicadas en la modulación esteroide-dependiente de la frecuencia de pulsos de LH, en el control de la prolactina y en la propia funcionalidad del SNC, especialmente en la generación de ritmos (Kennaway y Hugel, 1992).

Recientemente, Maipaux et al. (1993)

han demostrado que los lugares de acción de la melatonina implicados en el control fotoperiódico de la secreción de LH se ubican en el hipotálamo medio-basal, previa implicación de las neuronas dopaminérgicas y serotoninérgicas como paso intermedio en la modulación de la frecuencia de pulsos de GNRH. En este sentido, parece claro que el incremento de la secreción de LH consecutivo a un tratamiento con melatonina no se produce como consecuencia de un cambio en la respuesta hipofisaria a la GNRH, sino que es debido a un aumento de la frecuencia de pulsos de GNRH (Viguié et al., 1995).

### EN RELACIÓN CON EL FOTOPERIODO.

Ya se ha indicado que las modificaciones del fotoperiodo alteran la duración y la amplitud de la señal de melatonina, de manera que se han propuesto dos hipótesis para explicar de qué modo produce los efectos sobre la reproducción la citada señal:

- Hipótesis "fase" o "coincidencia". Existe un ritmo circadiano innato de sensibilidad, con una fase sensible a la melatonina durante el día determinada por el ciclo luz-oscuridad. Así, la curva de liberación de melatonina en relación al ciclo luz-oscuridad transmite información respecto al fotoperiodo, y la respuesta definitiva depende de la coincidencia de los períodos de liberación de melatonina con el momento sensible (Karsch et al., 1988).

- Hipótesis "duración". La duración de la secreción nocturna de melatonina indica la longitud de la noche, de manera que la respuesta fotoperiódica de un animal está en función del período de exposición a la misma (Carter y Goldman, 1983).

En el ganado ovino, la mayoría de las referencias parecen confirmar la hipótesis "duración", pues animales pinealectomizados responden a infusiones de melatonina independientemente de cuándo se realizaron las mismas en el período de 24 horas (Karsch et al., 1984; Wayne et al., 1988). Sin embargo, la hipótesis "duración" puede ser una mera simplificación



en la explicación general de cómo codifica la melatonina la longitud del día, ya que los animales sometidos a fotoperiodo natural están expuestos a cambios graduales de dicha longitud a lo largo del año. Así, Robinson y Karsch (1987) mostraron que la duración de los altos niveles de melatonina tiene efectos opuestos sobre la actividad reproductiva dependiendo de la curva previa de melatonina a la que ha sido expuesto el animal. Por tanto, es el cambio relativo de la duración de la secreción nocturna de melatonina, y no su duración absoluta, quien proporciona la información fotoperiódica al eje reproductivo.

#### **EN RELACIÓN CON LA FOTORREFRACTARIEDAD.**

Se han publicado distintos trabajos que intentan explicar la implicación de la melatonina en el mecanismo de fotorrefractariedad, de manera que hoy día parece claro que el estado refractario se adquiere como consecuencia de un cambio en la respuesta a una determinada curva de secreción de melatonina. Karsch et al. (1986) demostraron experimentalmente en ovino esta hipótesis infundiendo unos niveles de melatonina propios de días cortos en hembras pinealectomizadas, de manera que tras un periodo de tiempo con este régimen las ovejas fueron incapaces de mantener la función reproductiva. De hecho, diferentes autores no han encontrado ninguna alteración de la curva de secreción de melatonina en animales fotorrefractarios (Maipaux et al., 1987).

#### **7. MANIPULACIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL MEDIANTE TRATAMIENTO CON MELATONINA EXÓGENA.**

La administración de melatonina exógena durante el periodo de anoestro con el fin de adelantar el inicio de la actividad reproductiva ha sido el objetivo fundamental de la mayoría de la bibliografía en las especies ovina y caprina al respecto, si bien existe alguna referencia en que la

hormona es administrada durante la estación sexual, con un efecto positivo adelantando el inicio de la siguiente estación reproductiva (Jordan et al., 1990).

Los primeros artículos intentaron determinar la eficacia de las distintas vías de administración. Así, Roche et al. (1985) señalan que la mayor efectividad se obtiene con la vía oral (cada día) y con los implantes subcutáneos, frente a la reducida efectividad de aquella conforme disminuye la frecuencia de administración. Otras vías de administración que se han revelado efectivas fueron los implantes intravaginales (Nowak y Rodway, 1985) y los bolos intrarruminales de absorción lenta (Poulton et al., 1987).

En general y para asegurar la eficacia de los distintos tratamientos, Nowak y Rodway (1985) señalan que antes de recibir la hormona las hembras deben haber experimentado un número suficiente de días largos. Por lo que al intervalo entre el inicio del tratamiento y la respuesta se refiere, la exposición a la melatonina cuando las ovejas están experimentando días crecientes produce una estimulación de la secreción pulsátil de LH a los 40-60 días del inicio del tratamiento (Bittman et al., 1985). En este sentido y utilizando implantes subcutáneos de la hormona, Nowak y Rodway (1987) concluyen indicando que, si bien algunas ovejas son capaces de responder a periodos muy cortos de exposición a la melatonina, se requieren al menos 36 días para obtener una ciclicidad normal en la mayoría de las hembras. Así, cuando se utilizan implantes subcutáneos a nivel comercial con 18 mg de melatonina (Reguiin<sup>R</sup> o Melovine<sup>TM</sup> en función del país) se recomienda a los productores introducir los machos a los 35 días de la colocación del implante.

La melatonina administrada diariamente vía oral se ha revelado bastante efectiva. Así, Robinson et al. (1991) señalan, comenzando el tratamiento en junio, un ligero adelanto de la actividad reproductiva y sobre todo una mejora de la tasa de ovulación. La curva de melatonina endó-

gena inducida por estos autores, administrando la hormona diariamente a las 15 horas (7 horas antes del inicio de la noche), refleja un aumento de los niveles en ese momento seguido de una disminución progresiva de los mismos hasta el momento en que oscurece, cuando los niveles vuelven a elevarse, siendo a lo largo de la noche ligeramente superiores que en las ovejas que no recibieron melatonina. Mejores resultados parecen obtenerse vía oral cuando el tratamiento se inicia, con la misma pauta, en torno al equinoccio de primavera, con un adelanto apreciable de la estación sexual. Así, Williams y Ward (1988), a 51° de latitud Norte, encontraron una actividad sexual del 92% entre el 11 y el 28 de julio en los animales tratados frente a tan sólo un 10% en los testigo, mientras que Robinson et al. (1992) consiguieron adelantar prácticamente 4 meses el inicio de la estación reproductiva trabajando a 57° de latitud Norte.

La mayoría de los estudios referidos a la utilización de implantes subcutáneos de melatonina en razas de superior estacionalidad sexual a las explotadas en nuestro país se han realizado iniciando el tratamiento en torno al solsticio de verano (junio) (Moore et al., 1988; McMillan y Sealey, 1989; Haresign et al., 1990; Durotoye et al., 1991; Haresign, 1992), obteniéndose en general buenos resultados, tanto en adelanto de la estación sexual como en lo que a mejora de la tasa de ovulación y prolificidad se refiere. En este sentido, Haresign (1992) recomienda que el tratamiento comience al menos 2 meses antes del inicio de la actividad reproductiva natural de la raza estudiada. No obstante, cuando el implante se aplica en torno al equinoccio de primavera en razas estacionales (a partir de 50° de latitud Norte) no se observa efecto alguno (English et al., 1986; Nowak y Rodway, 1987), al contrario de lo ya señalado respecto a la vía oral. Dado que en los dos casos previos sólo se ha determinado la actividad ovárica mediante el análisis de la progesterona plasmática sin la utilización de machos, que si estuvieron en con-

tacto con las ovejas cuando la melatonina fue administrada vía oral (Williams y Ward, 1988; Robinson et al., 1992), es posible que este hecho haya podido condicionar los resultados y no el reducido periodo de exposición a los días largos argumentado por Nowak y Rodway (1985). En latitudes superiores, por encima de 60° N, la melatonina exógena parece perder su eficacia (Eldon, 1993).

Por lo que a la aplicación de melatonina exógena a ovinos mediterráneos se refiere, Kouimtzis et al. (1989) utilizaron implantes subcutáneos en junio sobre razas griegas, adelantando el inicio de la estación sexual y mejorando ligeramente la tasa de ovulación en el momento de la cubrición. Por su parte, López e Inskeep (1991) implantaron en torno al equinoccio de primavera (marzo-abril) en razas españolas, obteniendo resultados variables en función del genotipo, si bien era destacaba una mejora de la fertilidad en la raza Rasa Aragonesa y de la tasa de ovulación en el caso de la Churra.

Recientemente se han realizado distintos ensayos en España y Francia para determinar la eficacia comercial de los implantes subcutáneos (Melovine™ Crambridge Animal and Public Health Ltd, Hauxton, Cambridge, UK), al objeto de su ulterior homologación y comercialización en dichos países. El protocolo común ha sido la aplicación del implante y la introducción de machos 35 días después. En este sentido, Chemineau et al. (1991) realizaron distintos ensayos sobre razas ovinas francesas colocando los implantes en distintos momentos desde febrero a mayo, concluyendo que el producto es efectivo a la hora de adelantar el inicio de la estación reproductiva tras cubrición natural en primavera o inicio del verano, mejorando además la prolificidad en algunos genotipos. No obstante, en ganado caprino es necesario asociar un tratamiento fotoperiódico previo de 2 meses de días largos cuando el implante de melatonina se coloca en torno al equinoccio de primavera para obtener unos resultados adecuados (Chemineau et al., 1992).

En nuestro país, utilizando el citado protocolo y colocando los implantes en torno al equinoccio de primavera, los resultados en general no han sido tan favorables, probablemente debido a la elevada eficacia del efecto macho en nuestras latitudes, que ha podido enmascarar el propio efecto de la melatonina. Así, si bien Folch et al. (1991) y Forcada et al. (resultados no publicados) encuentran una mejora de la fertilidad y de la prolificidad en hembras Rasa Aragonesa y Ojalada de Soria respectivamente, estos resultados no han sido confirmados en la raza Manchega (Fernández et al., 1992) ni en otros rebaños comerciales de raza Rasa (Forcada et al., resultados no publicados).

No obstante, cuando se diseñan experimentos sustituyendo el efecto macho por la presencia permanente de moruecos y detección diaria de celos desde el momento de la colocación del implante, es posible evaluar más claramente el efecto de la melatonina exógena en razas de reducida estacionalidad sexual. Así, en ovejas Salz (50% Romanov y 50% Rasa Aragonesa) (Sierra, 1982) paridas en marzo y sometidas a un diseño factorial 2x2 definido por dos planos de nutrición tras el destete (1,8 y 1,3 mantenimiento) y por la aplicación o no de un implante de melatonina el día 32 tras el parto (abril), se observó lo siguiente (Forcada et al., 1995):

- Un efecto significativo de la melatonina exógena sobre el inicio de la actividad sexual, acortando el intervalo destete-aparición del primer celo en aproximadamente 5 semanas (51 vs 88 días para animales implantados y testigo;  $P < 0,01$ ). Este efecto parece desaparecer en nuestras latitudes cuando los implantes se colocan más tarde, en torno al solsticio de verano (Zarazaga, 1994).

- Un efecto significativo de la melatonina exógena sobre la tasa de ovulación en el segundo celo detectado a favor de las hembras implantadas ( $P < 0,05$ ), así como una interacción significativa plano de nutrición x implante en la tasa de ovula-

ción del mismo ( $P < 0,05$ ), siendo dicha interacción próxima a la significación en el primer, cuarto y quinto celos (Figura 3), de manera que los implantes de melatonina fueron más efectivos en las ovejas sometidas a un inferior nivel alimenticio tras el destete (1,35 vs 1,8 veces las necesidades de mantenimiento). Este efecto también ha sido descrito por Robinson et al. (1991) administrando la melatonina diariamente vía oral asimismo en abril, si bien en este caso el plano bajo de alimentación estaba por debajo de las necesidades de mantenimiento y las ovejas sometidas al mismo perdieron peso. Asimismo, el efecto positivo de la melatonina sobre la tasa de ovulación a corto plazo parece ser más acusado en ovejas con una condición corporal moderadamente baja (en torno a 2,5) en relación a hembras con un superior nivel de reservas (Rondón et al., 1996). Los mecanismos implicados en esta respuesta no se conocen, si bien la melatonina parece estimular la lipogénesis en novillas (Zinn et al., 1988). No obstante, sus aplicaciones prácticas pueden ser importantes en la reactivación de la tasa de ovulación en ovejas de reducida estacionalidad sexual explotadas en ritmos reproductivos intensivos, donde la proximidad de la siguiente cubrición tras el destete impide en muchas ocasiones una recuperación del nivel de reservas corporales tras la lactancia. Por otra parte, el efecto del plano de alimentación o del nivel de condición corporal sobre la tasa de ovulación en estos genotipos parece ejercerse más a medio plazo (Forcada et al., 1992; Abecia et al., 1993).

Los implantes subcutáneos de melatonina, al igual que otros sistemas de aplicación que proporcionan una liberación continua de la hormona, elevan los niveles basales de melatonina en plasma, pero no eliminan la secreción endógena normal de la misma por la glándula pineal durante la noche, dado que la diferencia entre valores nocturnos y diurnos es muy similar entre animales implantados y testigo (Lincoln y Ebling, 1985; Nowak et al., 1990). No obstante sí se modifica la relación entre ambos como consecuencia de

la elevación de los valores diurnos en los animales implantados (Figura 4). Así pues, si con este método de aplicación se pretendía obtener una curva diaria de la hormona similar a la de un día corto, es posible que la lectura por parte del animal sea esa, pero también está claro que la oveja no tiene una experiencia anterior en cuanto a los niveles plasmáticos que proporciona el implante se refiere (Ronayne et al., 1989), con lo que su mecanismo concreto de acción no parece todavía estar claro.

Una reciente teoría al respecto se basa en los efectos de la pinealectomía en el solsticio de verano, que produce un inicio precoz de la actividad reproductiva pero con una duración total de la estación sexual reducida prácticamente a la mitad en relación a la que presentan hembras enteras (Wayne et al., 1990), con lo que el efecto del implante sería similar al de la extirpación de la glándula pineal, haciendo a la oveja insensible a su propia curva de melatonina. No obstante, O'Callaghan et al. (1991) señalan que, dada la importancia de los días largos en el inicio de la actividad reproductiva (ver Figura 2), hay que ser muy cautos a la hora de considerar si los implantes de melatonina adelantan la estación sexual actuando como una señal tipo días cortos o haciendo que las hembras sean insensibles al fotoperiodo, disyuntiva que todavía está por desvelar.

## 8. CONCLUSIONES

En la presente revisión se ha puesto de manifiesto la complejidad de los mecanismos mediante los cuales el fotoperiodo regula la actividad reproductiva en los pequeños ruminantes, de manera que el planteamiento inicial de que los días cortos o decrecientes son inhibidores de la misma y los largos o crecientes estimuladores no parece ser adecuado. En la actualidad, distintos grupos están de acuerdo en que el momento de inicio de la estación sexual viene determinado por el número de días largos que los animales experimentan antes del solsticio de vera-

no, mientras que la duración de la estación de reproducción está regulada por los días largos pero decrecientes que siguen al mismo. No obstante, quedan por desvelar un buen número de incógnitas, sobre todo en genotipos de reducida estacionalidad sexual, en los que además inciden marcadamente otros factores que modifican el papel del fotoperiodo sobre su actividad reproductiva, tales como la presencia de machos o de hembras en celo (factores sociales) o la nutrición.

Respecto a la utilización de melatonina exógena para adelantar el inicio de la actividad sexual, parece tener una influencia positiva en ovinos mediterráneos cuando el tratamiento se inicia en torno al equinoccio de primavera, si bien su asociación con efecto macho puede enmascarar el citado efecto dada la eficacia de este método de manejo en tales genotipos. Asimismo, la melatonina parece aumentar significativamente la tasa de ovulación (y por tanto la prolificidad) a corto plazo, efecto que parece ser superior en ovejas con un nivel de ingestión no muy alto o con un nivel de condición corporal moderadamente bajo; este hecho puede resultar especialmente interesante en aquellos rebaños explotados en sistemas intensivos de reproducción (3 partos en dos años) a la hora de obtener una buena tasa de ovulación en los primeros celos tras el destete. No obstante, quedan por determinar los posibles efectos negativos a medio plazo de los implantes de melatonina sobre la tasa de ovulación ante la citada intensificación de la reproducción.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ABECIA, J.A., FORCADA, F., ZARAZA-GA, L. *Anim. Prod.* 56: 273-276, 1993.
- ANTON-TAY, F. *Adv. Biochem. Psychopharmacol.* 11: 315-324, 1974.
- ARENDET, J., SYMONS, A.M., LAUD, C.A. En: *Photoperiodism and Reproduction in Vertebrates*, Internacional Colloquium. INRA, Nouzilly, France, 219-229, 1981.
- BARRELL, G.K., MOENTER, S.M.,

- CARATY, A., KARSCH, F.J. *Biol. Reprod.* 46: 1130-1135, 1992.
- BITTMAN, E.L., DEMPSEY, R.J., KARSCH, F.J. *Endocrinology* 113: 2276-2283, 1983.
- BITTMAN, E.L., KAYNARD, A.H., OISTER, D.H., ROBINSON, J.E., YELLON, S.M., KARSCH, F.J. *Neuroendocrinology* 40: 409-418, 1985.
- BROWN, W.B., FORBES, J.M. *J. Endocrinol.* 84: 91-99, 1980.
- CARTER, D.S., GOIDMAN, B.D. *Endocrinology* 113: 1261-1267, 1983.
- CLARKE, I.J. *J. Endocrinol.* 117: 355-360, 1988.
- CLARKE, I.J., THOMAS, G.B., YAO, B., CUMMINS, J.T. *NEUROENDOCRINOLOGY* 46: 82-88, 1987.
- COZZI, B., RAVAUULT, J.P., FERRANDI, B., REITER, R.J. *J. Pineal Res.* 5 (6): 535-544, 1988.
- CURRIE, W.D., RAVINDRA, J., KINGSBURY, D.L., RAWLINGS, N.C. *J. Reprod. Fertil.* 95: 249255, 1992.
- CHEMINEAU, P., PELLETIER, J., GUERIN, Y., COLAS, G., RAVAUULT, J.P., TOURE, G., ALMEIDA, G., THIMONIER, J., ORTAVANT, R. *Reprod. Nutr. Dév.* 28: 409-422, 1988.
- CHEMINEAU, P., VANDAELE, E., BRICE, G., JARDON, C. *Rec. Méd. Vét.* 167 (3/4): 227-239, 1991.
- CHEMINEAU, P., MAIPAUX, B., DELGADILLO, J.A., GUÉRIN, Y., RAVAUULT, J.P., THIMONIER, J., PELLETIER, J. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157-184, 1992.
- DUROTOYE, L.A., RAJKUMAR, R., ARGO, C.M., NOWAK, R., WEBLEY, G.E., MCNEIL, M.E., GRAHAM, N.B., RODWAY, R.G. *Anim. Prod.* 52: 489-497, 1991.
- EBLING, F.J.P., HASTINGS, M.H. *Ann. Zootech.* 41: 239-246, 1992.
- EBLING, F.J.P., SCHWARTZ, M.L., FOSTER, D.L. *Endocrinology* 125: 369-383, 1989.
- ELDON, J. *J. Reprod. Fertil.* gg: 1-6, 1993.
- ENGLISH, J., POULTON, A.L., ARENDT, J., SYMONS, A.M. *J. Reprod. Fertil.* 77: 321-327, 1986.
- ENGLISH, J., ARENDT, J., POULTON, A.L., SYMONS, A.M. *J. Pineal Res.* 4: 359-366, 1987.
- FERNÁNDEZ, J., AGUADO, M.J., BLANCO, J.A., PÉREZ, M.D., MONTORO, V. VI Jornadas Internacionales de Reproducción Animal e Inseminación Artificial. Salamanca, 279-284, 1992.
- FOLCH, J. *ITEA* 86A (3): 145-164, 1990.
- FOICH, J., ALABART, J.L., GARBAYO, A., ECHEGOYEN, E., CHEMINEAU, P. *ITEA Vol. Extra nº 11 (I)*: 142-144, 1991.
- FORCADA, F., ABECIA, J.A., SIERRA, I. *Smail Rum. Res.* 8: 313-324, 1992.
- FORCADA, F., ZARAZAGA, L., ABECIA, J.A. *OVIS* 33: 29-46, 1994a.
- Forcada, F., Abecia, J.A., Zarazaga, L. *OVIS* 33: 47-62, 1994b.
- FORCADA, F., ZARAZAGA, L., ABECIA, J.A. *Theriogenology* 43: 1179-1193, 1995.
- HARESIGN, W. *Anim. Prod.* 54: 41-45, 1992.
- HARESIGN, W., PETERS, A.R., STAPLES, L.D. *Anim. Prod.* 50: 111-121, 1990.
- JORDAN, B.T., HANRAHAN, J.P., ROCHE, F.J. *Anim. Reprod. Sci.* 23: 41-48, 1990.
- KAO, C., SCHAEFFER, D.J., JACKSON, G.L. *Biol. Reprod.* 46: 425-434, 1992.
- KARSCH, F.J., BITTMAN, E.L., FOSTER, D.L., GOODMAN, R.L., LEGAN, S.J., ROBINSON, J.E. *Recent Prog. Horm. Res.* 40: 185-232, 1984.
- KARSCH, F.J., BITTMAN, E.L., ROBINSON, J.E., YELLON, S.M., WAYNE, N.L., OISTER, D.H., KAYNARD, A.H. *Biol. Reprod.* 34: 265-274, 1986.
- KARSCH, F.J., CUMMINS, J.T., THOMAS, G.B., CLARKE, I.J. *Biol. Reprod.* 36:1207-1218, 1987.
- KARSCH, F.J., MAIPAUX, B., WAYNE, N.L., ROBINSON, J.E. *Reprod. Nutr. Dev.* 28: 459472, 1988.
- KENNAWAY, D.J., HUGEL, H.M. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 45-65, 1992.
- KOUMITZIS, S.A., BELIBASAKI, S., DONEY, J.M. *Anim. Prod.* 48: 399-405, 1989.
- LE CORRE, S., CHEMINEAU, P. *J. Reprod. Fertil.* 97: 367-373, 1993.
- LINCOIN, G.A., EBLING, F.J.P. *J. Reprod. Fertil.* 73: 241-253, 1985.
- LÓPEZ, A., INSKEEP, E.K. *Livest. Prod. Sci.* 27: 177-184, 1991.

- MAIPAUX, B., ROBINSON, J.E., BROWN, M.B., KARSCH, F.J. *Biol. Reprod.* 36: 1333-1341, 1987.
- MAIPAUX, B., WAYNE, N.L., KARSCH, F.J. *Biol. Reprod.* 39: 254-263, 1988.
- MAIPAUX, B., ROBINSON, J.E., WAYNE, N.L., KARSCH, F.J. *J. Endocrinol.* 122: 269-278, 1989.
- MAIPAUX, B., DAVEAU, A., MAURICE, F., GAYRARD, V., THIERY, J.C. *Biol. Reprod.* 48: 752-760, 1993.
- MALVEN, P.V., HUDGENS, R.E. *J. Anim. Sci.* 65: 196-202, 1987.
- MAULEON, P., ROUGEOT, J. *Ann. Biol. Bioch. Biophys.* 2: 209-222, 1962.
- MCMILLAN, W.H., SEALEY, R.C. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.* 49: 43-46, 1989.
- MEYER, S.L., GOODMAN, R.L. *Endocrinology* 116: 2054-2061, 1985.
- MOENTER, S.M., CARATY, A., KARSCH, F.J. *Endocrinology* 127: 1375-1384, 1990.
- MOORE, R.W., MILLER, C.M., DOW, B.W., STAPLES, L.D. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.* 48: 109-111, 1988.
- NICHOLLS, T.J., JACKSON, G.L., FOILETT, B.K. *Biol. Reprod.* 40: 81-86, 1989.
- NOWAK, R., RODWAY, R.G. *J. Reprod. Fertil.* 74: 287-293, 1985.
- NOWAK, R., RODWAY, R.G. *J. Reprod. Fertil.* 80: 343-347, 1987.
- NOWAK, R., RAJKUMAR, R.R., WEBLEY, G.E., RODWAY, R.G. *Br. Vet. J.* 146: 17-23, 1990.
- O'CALLAGHAN, D., KARSCH, F.J., BOLAND, M.P., ROCHE, J.F. *Biol. Reprod.* 45: 927-933, 1991.
- O'CALLAGHAN, D., KARSCH, F.J., BOLAND, M.P., HANRAHAN, J.P., ROCHE, J.F. *J. Reprod. Fertil.* 96: 443-452, 1992.
- O'CALLAGHAN, D., DONOVAN, A., SUNDERIAND, S.J., BOLAND, M. P., ROCHE, J. F. *J. Reprod. Fertil.* 100: 497-503, 1994.
- POULTON, A.L., SYMONS, A.M., KELLY, M.I., ARENDT, J. *J. Reprod. Fertil.* 80: 235-239, 1987.
- ROBINSON, J.E., KARSCH, F.J. *Biol. Reprod.* 31: 656-663, 1984.
- ROBINSON, J.E., KARSCH, F.J. *J. Reprod. Fertil.* 80: 159-165, 1987.
- ROBINSON, J.E., WAYNE, N.L., KARSCH, F.J. *Biol. Reprod.* 32: 1024-1030, 1985.
- ROBINSON, J.J., WIGZELL, S., AITKEN, R.P., WALLACE, J.M., LRELAND, S., ROBERTSON, I.S. *Anim. Reprod. Sci.* 26: 73-91, 1991.
- ROBINSON, J.J., WIGZELL, S., AITKEN, R.P., WALLACE, J.M., LRELAND, S., ROBERTSON, I.S. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 141-160, 1992.
- ROCHE, J.F., HANRAHAN, J.P., QUIRKE, J.F., ROYAINÉ, E. EN: ELIENDORFF, F. y EISAESSER, F. (eds.). *Endocrine Causes of Seasonal and Lactational Anestrus in Farm Animals.* Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 1985, 55-66.
- ROLLAG, M.D., NISWENDER, G.D. *Endocrinology* 98: 482-489, 1976.
- RONAYNE, E., JORDAN, B., QUIRKE, J.F., ROCHE, J.F. *Anim. Reprod. Sci.* 18: 13-24, 1989.
- RONDÓN, Z. Master of Science. C.I.H.E.A.M., Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, 1995.
- SCHALI, R.E., EBLING, F.J.P., KARSCH, F.J., FOSTER, D.L. *Biol. Reprod.* 44: 760-768, 1991.
- SIERRA, I. *Zootecnia XXXI*: 14-20, 1982.
- SMART, D., SINGH, L., SMITH, R.F., DOBSON, H. *J. Reprod. Fertil.* 101: 115-119, 1994.
- THWAITES, C.J. *J. Agric. Sci., Camb.* 65: 57-64, 1965.
- VIGUIE, C., CARATY, A., Locatelli, A., Malpoux, B. *Biol. Reprod.* 52: 1114-1120, 1995.
- WAYNE, N.L., MALPAUX, B., KARSCH, F.J. *Biol. Reprod.* 39: 66-75, 1988.
- WAYNE, N.L., MAIPAUX, B., KARSCH, F.J. *J. Reprod. Fertil.* 87: 707-713, 1989.
- WAYNE, N.L., MAIPAUX, B., KARSCH, F.J. *J. Comp. Physiol. A* 166: 835-842, 1990.
- WEBSTER, G.M., HARESIGN, W. J. *J. Reprod. Fertil.* 67: 465-471, 1983.
- WILLIAMS, H., WARD, S. *Reprod. Nutr. Dév.* 28: 423-429, 1988.
- WOODFILL, C.J.I., ROBINSON, J.E., MAL-

- PAUX, B., KARSCH, F.J. *Biol. Reprod.* 45: 110-121, 1991.
- WORTHY, K., HARESIGN, W. J. *Reprod. Fertil.* 69: 41-48, 1983.
- WORTHY, K., HARESIGN, W., DOBSON, S., MCLEOD, B.J., FOXCROFT, G. R., HAYNES, N.B. *J. Reprod. Fertil.* 75: 237-246, 1985.
- YEATES, N.T.M. *J. Agric. Sci., Camb.* 39: 1-43, 1949.
- RAZAGA, L. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, 1994.
- ZINN, S.A., CHAPIN, L.T., ENRIGHT, W.J., SCHROEDER, A.L., STANISIEWSKI, E.P., TUCKER, H.A. Growth, carcass composition and plasma melatonin in postpubertal beef heifers fed melatonin. *J. Anim. Sci.* 66: 21-27, 1988.

**XIX**  
**TRANSFERENCIA DE**  
**EMBRIONES**

**ANGEL MANUEL CARACUEL GARCÍA**

*Departamento Producción Animal*  
*Unidad Reproducción y Obstetricia*

*CIFA*  
*Granada*





A pesar de las evidentes posibilidades de aplicación de la técnica de transferencia de embriones a la mejora genética, existen importantes limitaciones a su uso, de las cuales el bajo rendimiento expresado como número de embriones viables por hembra superovulada, es la más notable (López Sebastián y cols., 1991).

Para obtener éxito en la transferencia de embriones debemos tener en cuenta una serie de factores limitantes o etapas en la consecución de la técnica: sincronización del estro, técnicas de superovulación, grado de sincronización entre el embrión y el tracto reproductivo de la receptora, edad del embrión, lugar de la transferencia y número de embriones transferidos.

La enorme variabilidad de la respuesta a la superovulación, provocada por factores tanto intrínsecos (status ovárico, desarrollo folicular, etc.), como extrínsecos (características de la FSH, protocolo de administración, etc.) hace que en este momento no se disponga de pautas y metodologías concretas de tratamiento.

En vaca y yegua la manipulación del tracto genital por vía rectal facilita el lavado y transferencia de embriones, por el canal cervical, al cuerno uterino ipsilateral al ovario que ha ovulado. Esta técnica es casi imposible en los pequeños rumiantes.

Entre las ventajas que las técnicas de superovulación y transferencia de embriones (MOET) tienen en pequeños rumiantes podemos destacar: obtener mayor descendencia de hembras genéticamente superiores, favorecer la introducción de razas extranjeras en un país, salvar especies en peligro de extinción, facilitar los programas de testaje de hembras, disminuir el riesgo de introducción de enfermedades exóticas, minimizar el coste y el estrés del transporte, aumentar el número de partos múltiples por gestación y utilizar las hembras genéticamente inferiores como receptoras.

La primera transferencia de embriones en ovejas y cabras se remonta al año 1934 (Warwicck y cols.). Después Hunter y cols. (1955) transfieren 19 embriones, de 2 a 16 células, a 18 receptoras, estableciendo las bases de la transferencia de embriones de forma quirúrgica en pequeños rumiantes.

## **TÉCNICAS MOET**

### **PREPARACIÓN DE LAS DONADORAS Y DE LAS RECEPTORAS**

Tanto las donadoras como las receptoras han de estar en buen estado de condición corporal (CC) y de sanidad. Por lo tanto, deben someterse a una sobrealimentación los animales que lo necesiten y deben estar vacunados contra las enfermedades más frecuentes de la zona así como saneados.

Las donadoras deben estar en un lote separados del resto de los animales por lo menos 2 meses antes de la realización de las técnicas MOET, para evitar un estrés innecesario.

### **SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO ENTRE DONADORAS Y RECEPTORAS**

Es necesaria la sincronización del estro entre las donadoras y las receptoras. Los mejores índices de nacimiento se obtienen con una desincronía, como máximo, de 12 horas.

Se han utilizado diferentes productos hormonales para controlar el ciclo sexual: inyecciones de progesterona, progestágenos en esponjas vaginales junto con la aplicación de eCG, PGF2- alpha con progesterona y una segunda inyección a los 16-17 días de progesterona, progesterona en implantes subcutáneos, prostaglandina o sus análogos en 2 inyecciones separadas 11 días, etc. La progesterona y sus derivados son consideradas las mejores hormonas para la sincronización del estro debido a su fácil aplicación y a su relativamente bajo coste.

## SUPEROVULACIÓN

Los principios para la superovulación en ovejas y cabras son similares a los de las vacas. Se administra una gonadotropina foliculoestimulante cerca del final de la fase luteal del ciclo (días 11-13) ó 1-2 días antes de la finalización del tratamiento de sincronización.

El mayor problema asociado con la superovulación en ganado caprino es la regresión temprana del cuerpo lúteo. Este fenómeno puede estar asociado con un retorno al estro anterior a la recogida de embriones, con lo que la tasa de recogida se reduce.

En la oveja se observa una bajada de los índices de fertilización debido a una disminución de la capacidad de transporte de los espermatozoides por el tracto genital de las ovejas superovuladas. Esto se puede evitar depositando los espermatozoides, mediante inseminación artificial, directamente en los cuernos uterinos.

Las tres gonadotropinas más usadas para la superovulación son: la eCG (antigua PMSG), la FSH tanto porcina como ovina y el extracto de pituitaria anterior de caballo (HAP). La eCG se administra como inyección única por vía subcutánea o intramuscular, un día antes de la finalización del tratamiento de sincronización.

Por lo que respecta a la FSH, existen numerosas pautas de administración, siendo las más habituales las inyecciones cada 12 horas durante 3-4 días, en dosis decrecientes, entre los días 5-16 del tratamiento de sincronización; la administración cada 24 horas e incluso la administración en inyección única el mismo día de la finalización del tratamiento de sincronización. Se puede incluir la utilización de PGF2-alpha por vía intramuscular al mismo tiempo que la quinta inyección de FSH.

La pauta de administración de la HAP consiste en 3 inyecciones subcutáneas,

con la misma dosis, a partir de la última inyección del tratamiento de sincronización.

Para numerosos autores, la tasa de ovulación es significativamente mayor en tratamientos con FSH que en los que utilizan la eCG. La incidencia de folículos de gran tamaño es mayor con eCG que con FSH, mientras que el número de embriones transferibles es significativamente mayor cuando se utiliza FSH que cuando utilizamos eCG. Esto puede deberse a que la FSH actúa por reclutamiento de folículos pequeños, madurando los folículos con mucha mayor calidad de ovocitos, mientras que la eCG actúa activando un mayor crecimiento celular a nivel folicular.

La diferencia, en la respuesta ovárica, al tratamiento con eCG y con FSH se puede atribuir a la diferente vida media de cada preparación, ya que la FSH tiene una vida media considerablemente más corta.

Se han utilizados otros productos hormonales para mejorar el número de cuerpos lúteos, ovocitos y de embriones viables: la LH conjuntamente con las últimas inyecciones de FSH, la GnRH 24 horas antes de la retirada de la esponja con progestágenos, la hCG en tratamientos con HAP, y la HG en las dos últimas inyecciones en tratamientos con FSH.

## CONTROL DE CELOS

A partir de las 24 horas de la retirada del tratamiento progestativo, se debe realizar un control de celos tanto en donadoras como en receptoras. Para ello se deben separar en grupos de 4 ovejas y se debe introducir un macho vasectomizado o provisto de cualquier artilugio que permita la monta pero no la eyaculación.

De esta forma sabremos con mayor exactitud el momento en el salen en celo y el grado de sincronía entre las donadoras y las receptoras, siendo de gran valor para el momento de la transferencia.

En el caso en que no se pueda realizar la inseminación artificial, este sería el momento para la introducción de los machos en monta natural. Se debería realizar una monta dirigida con el fin de obtener la paternidad de la descendencia.

### INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Independientemente del tipo de tratamiento de sincronización, frecuentemente la fertilización falla, particularmente en ovejas con una alta respuesta ovulatoria. Estos fallos son igual de evidentes en monta natural que en inseminación artificial, y se deben a problemas en el transporte espermático a través del cérvix. Este problema puede evitarse mediante la deposición intrauterina del semen de forma quirúrgica o mediante laparoscopia.

En las cabras el cérvix está más abierto que en las ovejas y, por lo tanto, el transporte espermático a través del cérvix, en animales superovulados, no tiene los problemas encontrados en ovejas. Sin embargo, los resultados obtenidos con inseminación cervical son más bajos que los obtenidos con monta natural cuando se utilizan machos fértiles.

### RECOGIDA DE EMBRIONES

Las técnicas de recogida y transferencia de embriones para oveja y cabras son similares y han tenido escasa evolución con respecto a las descritas por Hunter y cols. (1955). La recogida se puede realizar de forma quirúrgica y no quirúrgica.

#### Recogida Quirúrgica

El lavado se de forma quirúrgica se puede hacer a nivel de oviducto y a nivel de útero, según los días transcurridos desde la monta natural o la inseminación artificial hasta el día de la recogida. Las donadoras deben permanecer 24 horas en ayunas y sin tomar líquido desde 12 horas antes de la intervención. La recogida se puede realizar bajo anestesia general (gases, intravenosa o intramuscular) o mediante anestesia epidural.

Se hace una incisión de unos 15-20 cm. en la línea media, se exterioriza el tracto genital y se lava con el medio de Dulbecco al que se le añade BSA y antibióticos.

El líquido obtenido se pasa a unas placas de Petri estériles y se dejan en PBS a 37° C mientras se clasifican y se procede a su transferencia. También se puede proceder a su conservación, mediante congelación, durante un largo periodo de tiempo.

#### Recogida no Quirúrgica

La exteriorización del tracto reproductivo mediante laparotomía con el propósito de recoger embriones, conlleva inevitablemente un trauma quirúrgico y la formación de adherencias posoperatorias que pueden envolver el útero y los ovarios.

La recogida no quirúrgica de embriones ovinos se puede realizar con la ayuda del laparoscopio y por vía vaginal ya sea con dilatación del cérvix de forma mecánica o con prostaglandina E2 y estradiol.

#### - Laparoscópica

Las donadoras han de estar en ayunas al menos 24 horas antes de proceder a la laparoscopia. Debido a que la técnica es menos invasiva que la anterior, la duración es menor y por lo tanto se puede utilizar anestesia intramuscular o epidural.

Antes de introducir el laparoscopio se induce el neumoperitoneo con CO<sub>2</sub>, posteriormente se observan los ovarios para realizar una tasa de ovulación y en el caso que la superovulación haya dado un buen resultado (al menos dos cuerpos lúteos) se realiza una incisión de unos 2.5 cm. en la línea alba y a través de ella se exteriorizan los cuernos. Estos se canulan mediante catéteres intravenosos y se procede al lavado.

El líquido obtenido se pasa a unas placas de Petri estériles y se dejan en PBS a 37° C mientras se clasifican y se procede a su transferencia. También se puede pro-

ceder a su conservación, mediante congelación, durante un largo periodo de tiempo.

### - Vía Cervical

Aunque la vía laparoscópica es menos invasiva que la recogida quirúrgica, también produce adherencias en el tracto reproductivo y en los ovarios. Esto limita el número de veces que la oveja o la cabra puede ser utilizada como donadora.

Para poder una hembra de forma casi indefinida, esto se utiliza la recogida de embriones por vía cervical después de la dilatación de este con prostaglandina E2 y estradiol. Bajo anestesia general se dilata el canal cervical unos 5 mm. y se introduce un catéter de tres vías para proceder al lavado y recogida de los embriones.

Posteriormente se procede a la clasificación de los embriones y a la transferencia en fresco o a la conservación mediante congelación. Se ha demostrado que ni la prostaglandina E2 ni el estradiol afectan la viabilidad de los embriones.

### TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

Los embriones pueden ser transferidos a los oviductos o al útero de las receptoras mediante laparotomía o mediante técnicas laparoscópicas. Cuando se realiza laparotomía es necesaria la anestesia general mientras en el caso de la vía laparoscópica se puede realizar con una leve sedación o incluso sin ella si se utiliza la misma técnica que se realiza en las inseminaciones artificiales.

La asincronía entre donadora y receptora no debe ser mayor de 24 horas. Reciben 1 ó 2 embriones al cuerno ipsilateral del ovario que tenga al menos un cuerpo lúteo.

El método de transferencia mediante laparoscopia tiene mejores índices de gestación que la técnica quirúrgica. Esta técnica es más segura, mínimamente invasiva y de rápida ejecución.

Son pocos los estudios sobre transferencia de embriones utilizando la técnica transcervical en pequeños rumiantes. Si se compara con la técnica laparoscópica no existen diferencias en lo que al número de nacimientos se refiere.

### FACTORES QUE AFECTAN LA SUPERVIVENCIA DE LOS EMBRIONES TRANSFERIDOS

#### SUPEROVULACIÓN

La influencia que la superovulación tiene sobre los embriones transferidos que se desarrollan normalmente es mínima o nula.

#### LUGAR DE TRANSFERENCIA

No existen diferencias significativas en el índice de supervivencia embrionaria con respecto al lugar de la transferencia (oviducto o cuerno) según la edad de los embriones.

Sin embargo, se recomienda que los embriones recogidos en estadio de 8 células o menos sean depositados en oviducto, mientras que los que se encuentren en estadios más avanzados deben ser transferidos a los cuernos uterinos.

#### NÚMERO DE EMBRIONES TRANSFERIDOS

La supervivencia de los embriones cuando se transfieren en parejas es mayor que cuando se transfieren de forma individual. Por otro lado, cuando estos dos embriones son transferidos al mismo cuerno uterino se obtienen mejores índices reproductivos que cuando se transfieren uno a cada cuerno uterino.

#### EDAD DE LOS EMBRIONES

Normalmente los embriones se recogen entre las 48 y las 96 horas posteriores a la salida en celo del animal. En ovejas existe un aumento en el número de nacimientos cuanto mayores en días son los embriones recogidos. En la cabra, sin

embargo, existe una disminución en el número de embriones transferibles conforme aumenta el intervalo entre el celo y la recogida debido a la regresión luteal.

#### **SINCRONIZACIÓN ENTRE EL EMBRIÓN Y EL TRACTO REPRODUCTIVO**

La supervivencia embrionaria en la oveja y en la cabra está correlacionada con el número de ovulaciones del ovario de la receptora. En ganado caprino se pueden introducir los embriones en el cuerno ipsilateral al ovario que ha ovulado o en el cuerno del ovario que no ha ovulado sin disminución de la fertilidad.

La asincronía entre la donadora y la receptora no debe ser nunca mayor de 24 horas, obteniéndose los mejores resultados cuando esta desincronización no es superior a 12 horas.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- HUNTER, G.L.; ADAMS, C.E. y ROWSON, L.E., 1955. Inter-breed ovum transfer in sheep. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 46: 143-149.
- ISHWAR, A.K. y MEMON, M.A., 1996. Embryo transfer in sheep and goats: a review. *Small Ruminant Research*, 19: 35-43.
- LÓPEZ SEBASTIÁN, A.; COCERO, M.J. y PICAZO, R.A., 1991. Rendimientos de la técnica de obtención y transferencia de embriones ovinos. *Itea*, vol. extra, 11: 64-66.
- WARWICK, B.L.; BARRY, R.O. y HORLACHER, W.R., 1934. Result of mating rams to angora female goats. *Proc. 27th Annu. Meet. Am. Soc. Anim. Prod.*: 225-227.



**XX**  
**DIAGNÓSTICO PRECOZ DE**  
**GESTACIÓN**

**ANGEL MANUEL CARACUEL GARCÍA**

*Departamento Producción Animal*  
*Unidad Reproducción y Obstetricia*

*CIFA*  
*Granada*





En la mayoría de las especies domésticas, el éxito del desarrollo embrionario se basa en la utilización del cuerpo lúteo como órgano endocrino, cuyo mantenimiento durante las primeras fases de la gestación está relacionado con el Reconocimiento Maternal de la Gestación (R.M.G.). El establecimiento de la gestación implica un continuo diálogo entre el embrión y el medio materno, en el que la prolongación funcional del cuerpo lúteo es uno de los mayores acontecimientos.

El útero y el embrión son muy dinámicos, siendo necesaria una sincronía entre ambos, ya que la demanda embrionaria en cada momento es esencialmente cualitativa. El éxito de una gestación dependerá de los acontecimientos que ocurran en el "interface" embrión útero. El estudio de las secreciones uterinas en hembras cíclicas y gestantes, sugiere que la gestación o la presencia del embrión en el útero, modifica la bioquímica uterina.

Las interacciones entre el embrión y el útero, revelan que el blastocisto es capaz de modificar la secreción proteica endometrial desde la segunda semana de la gestación hasta la implantación. En los animales domésticos el intervalo entre la fecundación y la implantación varía de 16 días en la oveja a 36-40 días en la yegua.

Son necesarias señales embrionarias para el R.M.G. y cambios hormonales para las transformaciones uterinas que conducen a la implantación. La naturaleza de las señales y cómo actúan es muy complejo, ya que algunas lo hacen durante poco tiempo, determinando respuestas uterinas locales características de la fase aposición-implantación; mientras otras son efectivas a largo plazo, induciendo cambios sistémicos asociados a la gestación tales como el mantenimiento del cuerpo lúteo o la respuesta inmune; lo que implica la necesidad de más de una señal embrionaria. El establecimiento de la gestación será el resultado de las interrelaciones entre el embrión y sus membranas con el medio materno.

Determinar precozmente la gestación tiene entre otras las siguientes ventajas:

- Reintroducir hembras vacías a la cubrición.
- No vender hembras gestantes.
- Planificar el manejo de la explotación (sobre todo si se emplea trashumancia).
- Separar las gestaciones simples de la dobles para alimentar correctamente.
- Evitar los tratamientos de inducción del celo en hembras gestantes.
- Hacer un buen calendario sanitario (evitar el tratamiento de hembras gestantes con productos que puedan producir abortos).
- Preparar la paridera, etc..., etc.

Al método tradicional de colocación de marcadores a los machos se han incorporado otras técnicas que tendrán un amplio desarrollo en el futuro:

## MÉTODOS CLÍNICOS:

### EXPLORACIÓN RECTAL

Es un método aceptado en yeguas y vacas. Dada su pequeña cavidad pélvica, la oveja y la cabra no son especies adecuadas para la exploración rectal del contenido uterino.

Se ha utilizado una técnica de palpación recto-abdominal en ovejas, método en el que se coloca al animal sobre su dorso y se introduce una sonda de plástico bien lubricada dentro del recto. El operario mueve la sonda de lado a lado mientras palpa el abdomen con la otra mano.

### RADIOGRAFÍA

Puede utilizarse en ovejas y cabras, y se basa en la identificación del esqueleto

fetal en una placa radiográfica. Sólo puede utilizarse en el último tercio de la gestación y es costoso.

### TÉCNICAS ULTRASÓNICAS

Se utilizan para estudiar órganos internos y tejidos en el animal vivo, no son penetrantes y por tanto son indoloras. Las ondas tipo Doppler y los ecos pulsátiles que llegan a un objeto en movimiento se reflejan hacia la fuente de transmisión con una leve variación de la frecuencia. La técnica de ecos pulsátiles se basa en la diferencia de impedancia acústica (resistencia a la transmisión) de las ondas ultrasónicas que golpean entre medios y tejidos de diversa composición.

#### Efecto Doppler

Detecta sonidos provenientes de los movimientos fetales, el corazón, la circulación arterial uterina y los vasos umbilicales. El detector consta de un amplificador y un transductor que se aplica como sonda al abdomen del animal o se introduce en el recto. La sonda emite un haz de baja energía que es reflejado por los tejidos hacia la sonda en la que se convierte en sonido (auriculares o micrófono) o luz (osciloscopio).

Esta técnica tiene una alta precisión en ovejas después de los 60 días, aunque por vía rectal se puede utilizar a partir de 25 días.

Como desventajas se pueden citar su rapidez, ya que sólo se consiguen 15 diagnósticos por hora, y por otro lado que no se pueden contar el número de fetos existentes.

#### Ultrasonidos

Un transductor produce ultrasonidos de forma pulsátil, y cuando entra en contacto con tejidos de diferente impedancia acústica, algo de la energía se refleja hacia el transductor y se convierte en energía eléctrica que pasa aun osciloscopio de rayos catódicos en formas diversas.

#### - Modos A y B (Ecoscopios)

En el aparato de modo A, la amplitud del eco se grafica en contra del tiempo; en tanto que en el aparato de modo B los ecos regulan la brillantez de la línea basal-tiempo en un tubo de rayos catódicos.

Esta técnica se basa en la diferencia de impedancia acústica entre el contenido del útero grávido, las vísceras abdominales y los alimentos ingeridos.

En la oveja se utiliza entre los 50 y los 120 días de gestación, con una precisión mayor del 90%. Esta técnica requiere poca inmovilización del animal, da resultados inmediatos y puede adaptarse para su uso en el campo.

Tiene el inconveniente de su lentitud y de no poderse contar el número de fetos existente.

#### - Tiempo real (Ecógrafos)

Permite visualizar en una pantalla el feto y vísceras. Es el método que más está evolucionando para el diagnóstico temprano de gestación. La sonda consta de múltiples transductores dispuestos en forma lineal o sectorial que funcionan en rápida sucesión y producen una imagen bidimensional en el osciloscopio. Mediante movimientos de la sonda se puede crear una imagen mental tridimensional del contenido abdominal. La observación se puede hacer a través de la pared abdominal lateral (transabdominal) o por introducción de la sonda en el recto (rectal). El grado de exactitud es muy alto a partir de 30 días (transabdominal) o 19 días (rectal) en la oveja, y es muy útil en la detección temprana de gestaciones múltiples. La oveja necesita estar de 8 a 12 horas en ayunas debido a que el gas y las heces pueden confundir la imagen.

La observación por vía rectal se realiza entre los 17 y los 55 días, mientras que la vía transabdominal se utiliza entre los 30 y los 100 días de gestación. A los 30

días se pueden apreciar los fluidos uterinos, a partir de 45 días se ven claramente los

cotiledones, a partir de los 60-65 días se pueden ver la cabeza, tronco (costillas) y extremidades, y a partir de los 85 días se aprecian los latidos cardíacos.

Entre los factores que influyen en la fiabilidad del diagnóstico ecográfico destacan:

- . la experiencia del operador
- . la vía de exploración
- . el estadio de gestación

## MÉTODOS DE LABORATORIO

### BIOPSIA VAGINAL

La mucosa vaginal responde a los cambios endocrinológicos que ocurren durante el embarazo con una disminución en el número de capas en el epitelio plano estratificado, y esto da la base para una prueba de gestación en la oveja. Se obtiene una pequeña muestra de la mucosa vaginal con un instrumento de biopsia, que se somete a los procedimientos histológicos rutinarios como fijación en formol, inclusión en parafina y tinción con hematoxilina-eosina.

En la oveja el diagnóstico depende de la disminución de capas celulares en el epitelio vaginal: de unas 12 fuera del embarazo a 5 en el embarazo, y de la uniformidad en el tipo de célula epitelial (cúbica) en este último caso. La técnica tiene una precisión del 95% en gestaciones mayores de 40 días.

El método requiere toma de muestras, procesamiento y estudio microscópico, lo que se toma tiempo y dinero; por ello, la técnica de biopsia vaginal tiene poca aplicación práctica.

## DIAGNÓSTICO INMUNOLÓGICO

### Proteínas Específicas de la Gestación (PAG)

La PSPB detectada en el suero bovino a partir de los 24 días de gestación es un marcador sérico de R.M.G., segregada por las células binucleadas del trofoectodermo. Ha sido localizada también en otros rumiantes domésticos (oveja y cabra) y salvajes (ciervo, muflón, wapiti). Esta proteína puede ser de gran utilidad para detectar cuerpos lúteos persistentes y mortalidad embrionaria, al ser la primera señal embrionaria identificable en la sangre materna.

### Factor Temprano del Embarazo (EPF)

El EPF es una respuesta maternal muy precoz y específica de la gestación en todas las especies de mamíferos: ratón, oveja, vaca, cerda, rata, mujer, coneja, etc.

En la oveja, moléculas del trofoblasto (trofoblastinas) están implicadas en los mecanismos de RMG. Las trofoblastinas son interferones que se comportan como señales embrionarias de la gestación, siendo su acción crucial en la transformación del cuerpo lúteo del ciclo en cuerpo lúteo de gestación, y en los mecanismos de no rechazo inmunológico del semiinjerto de origen paterno que constituye el embrión para la madre.

Los embriones ovinos segregan un conjunto de proteínas durante el periodo de RMG. La proteína dominante es la oTP-1, siendo responsable de prevenir la regresión luteal atenuando la luteolisina uterina. Esta oTP, es la señal proteica ovina que se emite del día 12 al 22 en la oveja. Tiene un papel crucial en la tolerancia inmunológica del embrión por la madre. Tiene un máximo el día 14 de gestación y desciende a partir del día 16. Inhibe la actividad luteolítica cíclica por un mecanismo antiluteolítico local y no a través de la circulación general, como hace la hCG. La oTP natural es capaz por vía intrauteri-

na de retrasar en ovejas cíclicas la regresión del cuerpo lúteo, reduciendo el principal metabolito de la PGF<sub>2</sub>-alpha.

El EPF puede detectarse en suero con sólo disminuir las rosetas formadas en la prueba de inhibición de rosetas. Una posible aplicación de esta técnica pudiera ser la identificación temprana del fracaso de la fecundación o de la muerte embrionaria temprana. En la actualidad estas dos identificaciones se basan en un retorno al servicio.

### Lactógenos Placentarios (PL)

Han sido identificados en numerosas especies (primates, rumiantes y roedores) pero no se han encontrado en équidos, suidos, carnívoros y lagomorfos. Tienen actividad mamotrófica, lactogénica y somatotrófica en la oveja (oPL I y oPL II) y en la cabra (cCS). Los PL están relacionados estructuralmente con las hormonas PRL y GH, participando en el metabolismo intermediario maternal y fetal.

La somatotropina coriónica es un lactógeno placentario (PL) que se encuentra en la oveja hacia el día 16 desde la fecundación. La gestación se diagnostica durante la fase media de la gestación en la oveja, y se logra una precisión del 97% y del 100% para el diagnóstico positivo y negativo respectivamente.

### HORMONAS

#### Sulfato de Estrona

Es el principal estrógeno producido y puede determinarse en plasma materno, leche u orina. En el plasma se detecta en la oveja y en la cabra entre los días 40 y 50 de gestación.

#### Progesterona

El patrón cíclico de secreción de esta hormona durante el estro, y las concen-

traciones elevadas durante las primeras etapas de la gestación han propiciado su amplia utilización como diagnóstico precoz de gestación en oveja y cabra. Se toma una muestra de sangre o de leche, después de un intervalo equivalente a un ciclo estral, en los animales que se han apareado o que han sido inseminados. En este momento, la progesterona tiene niveles bajos en el animal no gestante y elevados en el gestante.

Se prefiere la leche a la sangre sobre todo porque las concentraciones de progesterona son mucho mayores en la leche que en el plasma, y porque pueden obtenerse muestras durante el ordeño sin molestar al animal.

Se realiza en la oveja a los 17-18 días y en la cabra a los 20-21 días después de la monta o de la inseminación y existe la posibilidad de determinarla en granja. La prueba es más segura para no embarazo que para embarazo, y aumenta su precisión en la segunda mitad de la gestación. En cabras existe el problema añadido de no diferenciar entre gestación y pseudo-gestación.

### BIBLIOGRAFÍA

- ESPINOSA, E., 1994. Reconocimiento maternal de la gestación. 7ª Jornadas Internacionales de Reproducción Animal, Murcia: 1-15.
- FOLCH, J., 1994. Técnicas reproductivas en ganado explotado en régimen extensivo. Curso Internacional La Ganadería en el Siglo XXI, Córdoba.
- LEVY, I. y cols., 1990. Ecographie et gestion des troupeaux ovins. Rec. Med. Vet., 166 (8/9): 751-764.
- PICAZO, R.A. y cols., 1991. Evolución de la imagen ecográfica durante la gestación de la oveja. Medicina Veterinaria, 8: 300-314.

**XXI**  
**EFEECTO DEL NIVEL**  
**ALIMENTARIO EN LA ESFERA**  
**REPRODUCTIVA DE**  
**LA OVEJA Y LA CABRA**

**JULIO BOZA LÓPEZ**

*Profesor Investigación*  
*Estación Experimental del Zaidin*  
*Consejo Superior Investigaciones Científicas*  
*Granada*



## INTRODUCCIÓN

La fisiología reproductiva viene determinada por diversos factores como la edad, condición corporal, alimentación, circunstancias climáticas, fotoperíodo especialmente en las especies de ciclo estacional, como se pueden considerar la oveja y la cabra en menor medida y, estado sanitario del animal, factores capaces de estimular o inhibir el sistema endocrino que gobiernan la reproducción.

Se conocía desde hace muchos años (Salisbury y Vandemark, 1964), que la infertilidad es la consecuencia de la actuación de determinados agentes, de forma aislada o combinada, entre los cuales se encuentran las situaciones carenciales en uno o más nutrientes asociados con la fertilidad.

Los aportes insuficientes de energía (inanición, inedia parcial, subalimentación), son causas de trastornos en la reproducción de las hembras (infantilismo ovárico, retraso en la madurez sexual, celos irregulares, baja fertilidad, hasta cese completo de la actividad ovárica), siendo su importancia mucho menor en los machos, dado que las necesidades energéticas extras por la actividad sexual de estos, se consideran mínimas y dependen más del ejercicio físico al que se les somete en su manejo.

El déficit de proteína interviene en menor medida, retrasando la madurez sexual o suprimiendo los signos evidentes de celo, pero sin alterar la regularidad del ciclo ovárico. Son las deficiencias en minerales y vitaminas las de mayores consecuencias sobre la reproducción, principalmente las de fósforo, fósforo-proteína, calcio, cobalto, así como las de vitaminas A, D y E, provocando trastornos que van desde el cese del ciclo estral, muerte embrionaria, abortos a la retención de placenta.

Ensminger y Olentine (1983) señalaron que la producción ovina se mide, a nivel de explotación, por el porcentaje de

corderos que se crían, y por los kg de cordero/oveja y año que se comercializan, siendo la alimentación el principal factor que interviene en los anteriores criterios reproductivos. En este sentido Flamant y Morand-Ferh (1989), basan la productividad del ovino y caprino en los países de la cuenca mediterránea, en el aumento del número de crías/cabeza/año, especies que se ha propuesto como la alternativa con mayores posibilidades socioeconómicas en el uso de las zonas desfavorecidas de los países de dicha cuenca (Boza y Guerrero, 1992; Boza, 1993).

## AJUSTES MATERNOS PARA LA GESTACIÓN

Las modificaciones que se producen en el útero después de la fertilización, guardan una relación primaria con la nutrición, pero es la existencia de un feto en crecimiento el que añade progresivamente unos mayores requerimientos de la madre. La gestación estimula la ingesta voluntaria de alimentos; aumenta la absorción de nutrientes y la eficacia de su utilización; provoca una reducción del tono muscular y de la actividad física de la madre; origina un mayor crecimiento de los tejidos maternos, pudiendo en el caso de hembras jóvenes, la retención de nutrientes y la ganancia de peso superar las necesidades de los productos de la concepción (Hansard y Berry, 1972). Robinson en 1957, explicaba ya el reparto que realiza la hembra gestante de los nutrientes absorbidos, sobre la base de la tasa metabólica de los tejidos, sugiriéndose el orden de la distribución materna de los nutrientes:

### *Orden de distribución materna de nutrientes en la gestación*

- a). Crecimiento fetal.
- b). Crecimiento del útero y placenta.
- c). Volumen de sangre y hemoglobina (hierro y proteína).
- d). Desarrollo mamario.
- e). Reservas del feto.
- f). Reservas de la madre.



Estos efectos maternos específicos que tienen lugar durante la gestación, se consideran como "el anabolismo de la gestación", que parece estar regulado por dos hormonas, inicialmente por la progesterona, seguida por la prolactina secretada por la placenta, siendo probable que el consumo de energía sea el factor limitante de dicho anabolismo de la gestación. El metabolismo basal, el agua orgánica total y el volumen de sangre circulante aumentan durante la preñez, especialmente durante el último tercio de la misma, mientras disminuyen los lípidos totales del organismo, y se depositan en el cuerpo de la hembra el 80% de la proteína y los minerales absorbidos para atender a sus necesidades y al desarrollo fetal. Actualmente se cuestiona dicho anabolismo de la gestación, señalándose que este efecto no es permanente y, que las ganancias aparentes de peso, desaparecían en unos días después del parto, como consecuencia de la regresión del útero y de los músculos abdominales (Walker y Young, 1992), y sólo se estima como cierto el incremento de la ingesta voluntaria (Close y col., 1985).

Con la gestación aumentan las concentraciones de hormonas FSH, LH, y lactogénica del lóbulo anterior de la pituitaria, junto con una estimulación del tiroides, responsable del aumento del metabolismo basal anteriormente señalado. Al mismo tiempo la placenta produce gonadotropinas coriónicas, estrógenos y progesterona (Kolb, 1971), que facilitan la acumulación de nutrientes, así como la producción de un lactógeno placentario encargado del desarrollo y preparación de la glándula mamaria (Hayden y col., 1979; Mellor y col., 1987; Subires y col., 1988 y 1989). Según se desarrolla la placenta y las funciones endocrinas, se establece una acción hormonal recíproca entre la hembra, el feto y la placenta, y este equilibrio hormonal mantenido conduce a la normal gestación, siendo el feto hasta el momento del parto el que mayoritariamente determina los procesos metabólicos de la madre.

Basándose en esa prioridad del feto por ciertos nutrientes, cuando los aportes de alimentos son insuficientes, la madre apela a sus reservas corporales para satisfacer las necesidades del feto, caso del Fe, y especialmente del Ca, P, desde el esqueleto de la madre, pudiendo llegar hasta desencadenar una hipocalcemia en la madre. Desde el punto de vista energético, un aporte insuficiente en la fase final de la gestación, puede determinar pérdidas de peso importantes en la madre y, con escasas consecuencias en el peso de la cría al nacimiento (situación que se presenta en la "toxemia de la gestación", en casos de gestación múltiple y en situaciones de subalimentación en el último tercio de la gestación), pero por el contrario, existen también determinados nutrientes, como la proteína y la vitamina A, cuyo déficit es más acusado en el feto que en la madre (Robinson, 1977).

## LA ALIMENTACIÓN EN EL DESARROLLO FETAL

El crecimiento del embrión en sus primeros estadios, depende fundamentalmente de su dotación genética, ya que normalmente el seno materno le ofrece las condiciones más idóneas para su desarrollo, pero es a medida que el feto crece, cuando la influencia materna, mediante los nutrientes que le aporta, tiene la mayor importancia sobre dicho crecimiento, con las limitaciones al final de la gestación del espacio y, sobre todo, del flujo de sangre que se transfiere al útero grávido, los que condicionan en mayor medida el crecimiento fetal (Bell y col., 1988; López y Robinson, 1994).

Al inicio de la gestación la alimentación de la hembra tiene la mayor incidencia sobre la *mortalidad embrionaria*, especialmente en los casos de gestación múltiple, dependiendo dicha incidencia de la alimentación de la condición corporal de la madre en el momento de la cubrición, así como de su nivel alimenticio, aun que dado los escasos requerimientos del embrión al principio de la gestación, sólo

situaciones de malnutrición severas pueden ejercer su efecto sobre dicha mortalidad, situaciones que pueden verse agravadas en ovejas o cabras con deficiente condición corporal o en el caso se traten de hembras muy jóvenes en crecimiento. La mortalidad embrionaria provoca el retorno al celo y la disminución del número de crías.

También la sobrealimentación en el inicio de la gestación y en hembras que llegaron a la cubrición en buena condición corporal, puede provocar, como señaló Robinson (1990) un aumento en la ovulación y comprometer la supervivencia de los embriones, como consecuencia de que el alto nivel alimentarlo estimularía el flujo de sangre al hígado, así como la inactivación en ese órgano de la progesterona (Parr y col., 1993), ocasionando una disminución de la mencionada hormona en sangre, lo que modifica la secreción de proteína por el endometrio, con el consiguiente peligro para la viabilidad de los embriones, que en esta fase se nutren de las secreciones uterinas en las que se encuentran inmersos.

De acuerdo con Munro y colaboradores (1983), en un trabajo de revisión sobre la nutrición de la placenta, se indica como el desarrollo de ésta se inicia tras la implantación del embrión, y que desde entonces hasta el parto se va ha encargar de la nutrición del feto, a través de la alimentación de la madre y de la eficacia de la placenta en la transferencia de nutrientes hacia el nuevo ser, así como por la cuantía del flujo de la sangre que transita por esta envoltura. Battaglia y Meschia (1981) destacan el papel que la placenta hace de filtro, permitiendo la entrada o no de los determinados sustratos transportados por la sangre.

Existe una positiva correlación entre el peso del feto y el tamaño de la placenta, posiblemente debido a que el flujo sanguíneo hacia ella también guarda una estrecha relación con el tamaño de la misma (Basset, 1991), por lo que uno de los principales objetivos de la producción ani-

mal, es conseguir el adecuado desarrollo de la placenta, al fin de que no limite el crecimiento fetal.

En los primeros meses de la gestación de los pequeños rumiantes se produce el crecimiento de la placenta, alcanzando su máximo al finalizar el tercer mes de la gestación, cuando el peso del feto no alcanza el 15% de su peso al nacimiento. Bell y colaboradores (1986), nos dicen que durante esos dos primeros tercios de la gestación la actividad metabólica de la placenta es mucho más intensa que la del feto, etapa en la que la alimentación de la madre tiene la mayor influencia sobre el crecimiento de dicha estructura.

El crecimiento de la placenta está regulado por mecanismos maternos al principio de la gestación, para a continuación cuando el sistema endocrino del feto se desarrolla, sea éste quien controle el metabolismo y crecimiento de dicha envoltura, además de encargarse de su propia respuesta y la de la placenta a modificaciones en la alimentación de la madre. Así la *insulina fetal* interviene en la regulación del crecimiento tanto del feto como de la placenta, usa ésta principalmente la glucosa que le llega del feto como fuente de energía para sus procesos sintéticos. Una etapa de subalimentación especialmente proteica puede ocasionar una disminución del tamaño de la placenta y de su riego sanguíneo, aunque como señaló McCrabb y colaboradores (1992), cuando esta limitación es leve en el segundo y tercer mes parece estimular el desarrollo de la placenta en la oveja, favoreciendo posteriormente un "crecimiento compensatorio" del feto si el plano de alimentación se eleva en el último tercio de la gestación, pudiendo depender esto también de la condición corporal de la madre.

El feto cubre sus necesidades nutritivas a partir de la glucosa, de los aminoácidos, glicerol, ácidos grasos de cadena corta, minerales y vitaminas que le llegan de la sangre de la madre, filtrada por la placenta. En circunstancias normales, con

una alimentación adecuada de la madre, la principal fuente energética del feto la obtiene a partir de la oxidación de la glucosa, pudiendo también utilizar a los ácidos grasos, glicerol y aminoácidos. En situaciones de penuria alimentaria de la hembra, la principal fuente de energía la logra de la degradación de los aminoácidos, reservando la glucosa para la nutrición de los tejidos más prioritarios. En dicha situación deficitaria severa, las necesidades de glucosa del feto son prioritarias a las de la madre, recurriendo a su propia vía metabólica (gluconeógenesis) a partir de los aminoácidos, disminuyendo también la cantidad de glucosa que el feto manda a la placenta (Guada y Robinson, 1974; Girard, 1979; Battaglia y Meschia, 1988; Leury y col., 1990 entre otros).

Robinson y colaboradores (1977), estudiaron en la oveja la evolución en el crecimiento del feto, fluidos amniótico y alantóico, placenta y útero a lo largo de la gestación, observando que el peso del feto sigue una tendencia exponencial. El crecimiento del feto en términos absolutos, es mayor a medida que la gestación progresa, siendo al final muy intenso y es donde un período de subalimentación de la madre, puede afectar negativamente el crecimiento del feto, habiéndose demostrado que variaciones en el nivel de ingestión de la madre se traducen en el mismo sentido en el peso de los corderos al nacimiento (Guada, 1991), dependiendo también del tipo de gestación (simple o múltiple), no existiendo a veces niveles de significación de los pesos al nacimiento para rangos amplios de niveles de ingestión energética, posiblemente como consecuencia de diferencias en las razas, en la condición corporal de las madres, calidad proteica de las dietas (Robinson, 1983).

### **NECESIDADES DE LA GESTACIÓN DE LA OVEJA**

Para el estudio de las necesidades de la gestación se utilizan métodos factoriales de estimación de dichos requerimien-

tos, que tienen en cuenta los cálculos de deposición diaria de la energía y proteína en los productos de la concepción. Se conoce que en todas las especies la cantidad de nutrientes contenidos en el útero grávido en cada momento de la gestación sigue una pauta paralela a la del crecimiento del feto (AFRC, 1993), calculándose las cantidades de energía y proteína depositadas diariamente en el feto y sus anexos a partir del modelo de Gompertz (Robinson y col., 1977; López y Robinson, 1994).

En lo concerniente a la energía retenida por el útero grávido a término, se conoce que es del 11 de la energía total del cuerpo de la madre, y que la retención diaria de energía por el útero puede llegar al final de la gestación a superar el 40% de las necesidades de mantenimiento de una hembra no gestante (Blaxter, 1989). Otra variable a incluir en el método factorial es la eficiencia con que se utiliza la energía metabolizable para la gestación, que en el caso de los rumiantes suele ser muy baja, del orden del 10 al 20% (INRA, 1981; NRC, 1986; AFRC, 1993), ya que sólo una pequeña parte de la misma es depositada en los productos de la concepción, empleándose la mayor parte de ella en atender los procesos metabólicos inherentes a la gestación y, especialmente a la producción de calor. La producción de calor en los animales gestantes es mucho más elevada, aumentando en el progreso de la gestación, denominándose "incremento térmico de la gestación", producción que responde a la intensa actividad metabólica de la madre, placenta y feto.

Como señalan López y Robinson (1994), si se comparan las necesidades de la gestación, en términos de energía neta, con las de mantenimiento del animal adulto, son bajas, pero cuando dichas necesidades se expresan en energía metabolizable, los requerimientos de la oveja gestante pueden llegar a ser del 50 al 100% superiores a las de mantenimiento, consecuencia de la baja eficiencia antes indicada.

En lo concerniente a la retención de nitrógeno en la gestación de la oveja, las cifras oscilan de 0,18 a 7,40 g/día, según se trate al comienzo de una gestación simple o final de una gestación doble (ARC, 1968), aumentando sensiblemente hacia el final de la misma para poder atender al rápido crecimiento del feto, desarrollo de la glándula mamaria y síntesis de calostros.

La eficiencia en la utilización de la proteína, dependen de la degradabilidad de la misma y del nivel de síntesis de proteína microbiana ruminal, señalándose que en los animales gestantes dicha eficiencia es mayor, ya que disminuye la degradabilidad en el rumen como consecuencia de un mayor ritmo de paso de la digesta a través de los preestómagos (comprimidos por el útero grávido), no pareciendo afectar ni la digestibilidad ni el valor biológico del mencionado nutriente. El valor propuesto de eficacia de utilización de la proteína para la gestación es del 85% con respecto a la eficiencia para el metabolismo, superior a la del crecimiento, 59% o de la lactación 68% (AFRC, 1993).

En cuanto a otros nutrientes esenciales para la gestación, entre los minerales destacan Ca, P e Fe, dado que intervienen en numerosos procesos metabólicos complejos que regulan la implantación del embrión, desarrollo de la placenta y crecimiento del feto. Las vitaminas liposolubles juegan también un papel importante en el desarrollo del feto. La vitamina A sobre los tejidos epiteliales, la E como antioxidante y la D regulando la captación del Ca y P por el feto (Schingoethe y col., 1988).

## **NECESIDADES DE LA GESTACIÓN DE LA CABRA**

En las cabras el peso medio de las crías al parto suele ser en nuestras razas lecheras, del 12 al 14% del peso de la cabra, frente al del ternero que representa aproximadamente del 6 a 8 % del peso de la vaca. Junto con lo anterior la cabra gestante experimenta un crecimiento del

útero y de las glándulas mamarias, que sumado al de las envolturas fetales, nos llevaría a un 10% más del peso del animal, lo que nos da idea de la importancia que tiene que durante esta fase el animal cuente con los aportes alimentarios suficientes, para no tener que movilizar en demasía sus depósitos, dejando estas reservas para el comienzo de la lactación, momento más crítico al coincidir esas mayores necesidades con la anorexia postparto, situación que obliga a movilizar reserva para atender a la producción de leche.

Aunque como todo saben, las necesidades nutritivas de la gestación no son elevadas, la alimentación que toma la cabra a lo largo de esta situación fisiológica, puede tener importantes consecuencias, no sólo para la supervivencia de los embriones y el crecimiento de los fetos, en una palabra la descendencia, sino además sobre la futura producción de leche de la cabra, que asegure la adecuada lactancia de los cabritos. Los principales períodos en los que mayormente debe cuidarse la alimentación de la hembra gestante son:

a) Principio de la gestación (primer mes), ya que la alimentación ejerce su efecto principal sobre la supervivencia de los embriones, cosa que no sería importante si la condición corporal a la entrada en gestación de la cabra fuera buena.

b) Durante el segundo y tercer mes, la alimentación de la cabra va a influir en el crecimiento de la placenta, aspecto que cobra un considerable interés, ya que el tamaño de la placenta determina el flujo sanguíneo a los fetos y la transferencia de nutrientes, así como su actividad hormonal (lactógeno placentario) en la inducción del crecimiento y preparación de la glándula mamaria.

c) Los últimos 45 días o último tercio de la gestación, en donde la alimentación de la cabra tiene la mayor importancia, ya que afecta al metabolismo, crecimiento y desarrollo de los fetos, como consecuen-

cia de que en estas seis semanas es cuando la velocidad de crecimiento de los fetos, en términos absolutos, es más alta.

Sobre todos estos procesos intervine la condición corporal de la madre, ya que el feto o fetos tienen prioridad sobre la madre y, cuando se producen limitaciones en la ingestión de alimentos, las cabras movilizan sus reservas corporales para cubrir las necesidades de los fetos. Conviene que la alimentación durante la gestación sea cuidada, con un nivel próximo al mantenimiento, más o menos alto dependiendo del estado corporal de la hembra, ya que niveles elevados también son contraproducentes (muertes embrionarias por toxemias alimentarias).

A nivel práctico, la alimentación en la fase final de la gestación, debe proporcionar una cantidad de forraje, de 1 a 1,5 kg de MS, de buena calidad que facilite la ingestión del mismo. Por el contrario el consumo de concentrado no debe pasar de los 0,2 a 0,3 kg, suficiente para un buen parto y para la preparación lechera, cantidad que se considera adecuada para atender las necesidades de una cabra de 40 kg de peso y con gestación gemelar. Consumos de cantidades superiores (0,5 a 0,6 kg) han puesto de manifiesto una disminución en la ingesta de alimentos de volumen o groseros, frecuencia de partos con cabritos muertos; nacimientos de cabritos muy pesados, lenta dilatación del cuello del útero en el parto, haciéndolo a éste muy laborioso, ocasionando una fatiga muy acusada en la hembra, exceso de consumo de alimentos concentrados durante la gestación, que tampoco se traduce en una mejora de la producción de leche o mayor persistencia de la lactación. Por lo anterior, señalar la conveniencia del control alimentario durante el último tercio de la gestación, ya que un consumo elevado de concentrado, no sólo no tiene influencia sobre la posterior producción lechera, sino que implica riesgos patológicos y partos difíciles, así como menores resultados económicos (Fehr y Sauvart, 1975).

Los aportes de vitaminas A, D y E son esenciales durante la gestación, las dos primeras para el desarrollo de la placenta, y la E para evitar oxidaciones que se producen durante la preñez, y su carencia puede determinar la muerte del feto "in útero" y el aborto. En cuanto a los minerales, los mayormente necesitados en esta situación son calcio, fósforo e hierro. Recordarles que las carencias de minerales la cabra puede suplirla sacándolos de su esqueleto, pero no así las vitaminas que han de aportarse con la dieta.

## FLUSHING

Esta práctica consiste en aumentar la ingesta de alimentos de las ovejas, de forma que se hallen ganando peso en la época de cubrición. Se suele efectuar tres semanas antes de la cubrición, ofreciéndoles a los animales los mejores pastos o un suplemento en forma de concentrado de unos 150 a 300 g de cereal/animal/día, según su condición corporal.

Butcher explicaba ya en 1968, la variabilidad de los resultados del flushing, debida a las diferencias de edad de las ovejas, ya que no se comportan lo mismo ante esta práctica las hembras de un año que las más viejas. Las ovejas con buena condición corporal no se comportan tan bien como las delgadas; pero los animales que durante el período improductivo se les ha mantenido en situaciones de malnutrición, se comportan peor ante el flushing, que aquellos otros que han dispuesto de alimentos en ese período que les ha permitido ganar algo de peso. También señala dicho autor, que la mayoría de las ovulaciones se producen mediada la época de cubriciones, por lo que el flushing antes o después de esa época produce mejores resultados, razones todas ellas por la que el flushing puede variar desde 0 a 20% de incremento en el número de corderos nacidos.

## ENFERMEDAD NUTRICIONAL DE LA GESTACIÓN

La enfermedad de la gestación, conocida como *toxemia de la gestación*, acetonemia o enfermedad de la gestación gemelar de la oveja, por ser más frecuentes en la oveja portadora de 2 ó 3 fetos, de acuerdo con Church (1974), está originada por el consumo inadecuado de energía durante las 4 últimas semanas de la gestación, cuando ha tenido lugar casi las dos terceras partes del crecimiento de los fetos. La principal sintomatología, es la pérdida de apetito de la oveja o cabra especialmente de concentrados, abatimiento, pesadez, marcha vacilante, debilidad, no existe fiebre, pudiendo llegar incluso a la muerte por trastornos renales o hepáticos. Igualmente los fetos pueden morir en el útero agravando el estado de los animales enfermos, por lo que parece aconsejable el aborto o la inducción al parto para la recuperación de los mismos.

Con un consumo adecuado a las necesidades del animal durante las últimas 6 semanas de la gestación, se puede prevenir dicha enfermedad, estimándose dichos requerimientos en ese período final de la preñez, en un 65% de energía fijadas para el mantenimiento, dada su baja eficiencia de utilización de la energía metabolizable para la gestación que tienen los rumiantes (10 a 20%). En un trabajo clásico de la reproducción ovina efectuado por Wallace (1948), se estudia el aumento de peso del útero, membranas fetales, líquidos y de fetos gemelares, totalizando 17,3 kg a los 140 días de la gestación, que junto con el desarrollo de la ubre puede llegar a un incremento de peso de unos 20 kg, para los que el animal precisa cantidades adecuadas de nutrientes.

Esta causada por una hipoglucemia provocada por el excesivo gasto de glucosa, siendo normal cuando los animales se encuentran en balance energético negativo (Bondi, 1989) y particularmente en raciones poco apetecibles, sin o con escasa cantidad de concentrado. Los rumian-

tes tienen una economía de la glucosa muy precaria, ya que en el rumen fermentan los carbohidratos de la dieta, y de los productos resultantes sólo el ácido propiónico es glucogénico. La energía durante las situaciones de balance energético positivo se almacena en forma de grasa, grasa que se moviliza de los tejidos proporcionando un 90% de ácidos grasos y un 10% de glicerol, siendo sólo este último glucogénico, por lo que es poca la cantidad de precursores de glucosa. Más abundante para la formación de glucosa son los aminoácidos glucogénicos, un 60% de una proteína normal, pero desafortunadamente su movilización es muy baja. Lo anterior explica que durante la gestación, especialmente la de varios fetos, o preparación y comienzo de la lactación, donde se produce una deplección de glucosa al transformar ésta en lactosa.

La administración de glucosa en la ración, por lo anteriormente dicho, carece de efecto al fermentarse ésta en el rumen, sólo la administración por vía endovenosa sostenida de sueros glucosados, se considera el tratamiento más adecuado, junto con utilizar como preventivo compuestos glucogénicos, tales como propionato, glicerol o propilenglicol añadidos a la dieta. La administración de corticoesteroides da buenos resultados, ya que induce a la movilización de los aminoácidos glucogénicos. Una buena práctica tendente a evitar la hipoglucemia, es que los animales no tengan un consumo excesivo de energía antes y al principio de la gestación, así como un consumo adecuado durante el último tercio de la misma.

En la sangre de los animales hipoglucémicos, se encuentran en cantidades elevadas los llamados "cuerpos cetónicos" (acetoacetato, 3-hidroxibutirato y acetona), debido a que dicha hipoglucemia disminuye el contenido de glucógeno del hígado y el aporte del ácido oxaloacético, lo que limita la oxidación del acetato, producto final de la lipólisis en el ciclo del ácido cítrico. Paralelamente en la hipoglucemia se libera poca insulina, responsable de la lipogénesis, por lo que la grasa

corporal se moviliza más de lo que se sintetiza, infiltrándose el hígado de grasa y convirtiendo el acetato en acetoacetato, aumentando su concentración en sangre, para eliminarse por la orina y también por la leche durante la lactación.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- AFRC (Agricultural and Food Research Council), 1993. Energy and protein requirements of ruminants Commonwealth Agricultural Bureaux International: Wallingford (UK).
- ARC (Agricultural Research Council), 1968. Necesidades nutritivas de los animales domésticos. N° 2. Rumiantes. Ed. Academia. León.
- BATTAGLIA, F.C. y MESCHIA, G., 1981. Proc. Nutr. Soc., 40:99-113.
- BATTAGLIA, F.C. y MESCHIA, G., 1988. Ann. Rev. Nutr., 8:43-61.
- BELL, A.W., KENNAUGH, J.M., BATTAGLIA, F.C., MAKOWSKI, E.L. y MESCHIA, G., 1986. Am. J. Physiol., 250:E538-E544.
- BELL, A.W., SILEPETIS, R., SCHNOKNECH, P.A. y VATNICK, I., 1988. Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 103-108 (citados por López y Robinson, 1994).
- BLAXTER, K.L., 1989. Energy metabolism in animal and man. Cambridge University Press. Cambridge.
- BONDI, A.A., 1989. Nutrición animal. Ed. Acribia. Zaragoza, 505-508.
- BOZA, J. 1993. La ganadería: la Mesta del año 2000. En: La agricultura del siglo XXI. Cubero y Moreno, eds. Mundi-Prensa. Madrid, 105-124.
- BOZA, J. y GUERRERO, J.E., 1992. Estrategias para la alimentación de ovejas y cabras en zonas mediterráneas semiáridas. 43 Reunión EAAP. Madrid. vol.1:347-356.
- BUTCHER, J.E., 1968. Proc. Symposium on Physiology of Reproduction in Sheep. Stillwater, Okla., 32-42.
- CLOSE, W.H., NOBLET, J. y HEAVENS, R.P., 1985. Brit. J. Nutr., 53:267-279.
- CHURCH, D.C., 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Ed. Acribia. Zaragoza, vol. 3:409-410.
- ENSMINGER, M.E. y OLENTINE, C.G., 1983. Alimentos y nutrición de los animales. El Ateneo. Buenos Aires, 396-443.
- FLAMANT, J.C. y MORAND-FERH, P., 1989. L'évaluation des ovins et des caprins méditerranéens. Pub. Commission Communautés européennes. Rapport EUR 11893. Luxemburgo, 1-13.
- GIRARD, J., PINTADO, E. y FERRE, D., 1979. Ann. Biol. Anim., 19:181-197.
- GUADA, J.A., 1991. Ovis, 11: 45-59.
- GUADA, J.A. y ROBINSON, J.J., 1974. Proc. Nutr. Soc., 33:84A
- HANSARD, S.L. y BERRY, R.K., 1972. Nutrición fetal. En: Desarrollo y nutrición animal. Hafcz y Dyer, ed. Ed. Acribia. Zaragoza, 55-78.
- HAYDEN, T.J., THOMAS, C. y FORSYTH, A., 1979. J. Dairy Sci., 62:53-57.
- INRA, 1981. Alimentación de los rumiantes. Mundi-Prensa. Madrid, 433-504.
- KOLB, E., 1971. Fisiología Veterinaria. Ed. Acribia. Zaragoza, 659-718.
- LEURY, B.J., BIRD, A.R., CHANDLER, K.D. y BELL, A.W., 1990. Brit. J. Nutr., 64:449-462.
- LÓPEZ, S. y ROBINSON, J.J., 1994. Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim., 9:189-219.
- MCCRABB, G.H., EGAN, A.R. y HOSKING, B.J., 1992. J. Agr. Sci., 118:127-132.
- MELLORD, D.F., FLINT, D.J., VERNON, R.G. y FORSYTH, I.A., 1987. Quart. J. Exp. Physiol., 72:345-356.
- MUNRO, H.N., PILISTINE, S.J. y FANT, M.E., 1983. Ann. Rev. Nutr., 3:97-124.
- NRC (National Research Council), 1986. Nutrient requirements of domestic Animals, n° 5. Nutrient requirements of sheep. 6a ed. National Academic Press. Washington.
- PARR, R.A., DAVIS, I.F., MILES, M.A. Y SQUIRES, T.J., 1993. Res. Vet. Sci., 55:306-310.
- ROBINSON, J.J., 1957. Citado por Hansard y Berry, 1972.
- ROBINSON, J.J., 1983. Nutrition of the pregnant ewe. En: Sheep production.

- Haresign, ed. Butterworths. Londres, 111-131.
- ROBINSON, J.J., 1990. *Nutr. Res. Rev.*, 3:253-276.
- ROBINSON, J.J., MCDONALD, I., FRASER, C. Y CROFT, R.M.J., 1977. *J. Agric. Sci.*, 88:539-552.
- SALISBURY, G.W. y VANDEMARK, L.N., 1964. *Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bóvidos*. Ed. Acribia. Zaragoza, 635-683.
- SCHINGOETHE, D.J., BYERS, F.M. y SCHELLING, G.T., 1988 (citado por López y Robinson)
- SUBIRES, J., LARA, L., FERRANDO, G. y BOZA, J., 1988. *Arch. Zootecnia*, 37:145-153.
- SUBIRES, J., LARA, L., FERRANDO, G. y BOZA, J., 1989. *Arch. Zootecnia*, 38:237-248.
- WALKER, B. y YOUNG, B.A., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 30:251-264.
- WALLACE, L.R., 1948. *J. Agric. Sci.*, 38: 93 y 243.





# **NÚCLEO TEMÁTICO N° V**



## NÚCLEO TEMÁTICO: nº 5

### INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Tema nº XXII	Situación actual de la inseminación artificial ovina en España	301
Tema nº XXIII	Alternativas tecnológicas y perspectivas de futuro de la inseminación artificial en ganado ovino	315
Tema nº XXIV	La inseminación artificial ovina. Influencia del morueco en los resultados	333
Tema nº XXV	Nutrición y manejo alimentario de los reproductores machos destinados a inseminación artificial	349
Tema nº XXVI	Infertilidad en el morueco y macho cabrío	363
Tema nº XXVII	Congelación del semen de morueco: Gases erioleiológicos	377



**XXII**  
**SITUACIÓN ACTUAL DE LA**  
**INSEMINACIÓN ARTIFICIAL**  
**OVINA EN ESPAÑA**

**LUIS ANEL RODRÍGUEZ**

*Profesor Titular*  
*Reproducción y Obstetricia*  
*Facultad de Veterinaria*  
*Universidad de León*



## INTRODUCCIÓN

La difusión de la inseminación artificial ovina (IAO) ha sido, y es en la actualidad, un tanto irregular debido a la multitud de factores que han frenado su propagación.

Debido a esto, la IAO que debería constituir, como en otras especies, una técnica fundamentalmente aplicable en el proceso productivo, y con su máxima justificación empleada como herramienta imprescindible en los esquemas de mejora genética, en los países de nuestra área geográfica, adquiere un papel secundario en los procesos productivos de la especie ovina, y su desarrollo marginal lo es casi siempre alrededor de los esquemas de selección de diferentes razas autóctonas (Folch, 1987).

La IAO, independientemente de los factores técnicos, se ha visto particularmente ralentizada por las peculiares características de las explotaciones ovinas y de sus ganaderos. Este tipo de explotación ha estado y está regida por una serie de normas de actuación basadas fundamentalmente en aspectos tradicionales, siendo especialmente reacios los ganaderos a asimilar y poner en práctica los adelantos que las nuevas técnicas van poniendo a su alcance. Igualmente hay que considerar el implante económico-social y geográfico de la mayoría de las explotaciones ovinas, para de esta forma entender el retraso tecnológico que este tipo de ganadería arrastra de una forma secular.

Sin profundizar más en estos temas que escapan de los aspectos puramente técnicos, hay que pensar que la viabilidad de las explotaciones ganaderas, pasa indefectiblemente por la modernización y consiguiente tecnificación de los sistemas de manejo y producción, como única vía de producir mejor y más barato, y por lo tanto de poder ser competitivo en el mercado unificado. A este respecto, la IAO constituye uno de los pilares básicos de la selección y mejora genética, y por ende de los sistemas productivos.

La evolución del número de inseminaciones en los últimos años, supone un buen índice del actual del grado de aceptación de una técnica, que si bien está todavía lejos de presentar una difusión pareja a la de otras especies de renta, confirma el progresivo desarrollo de la misma, fundamentalmente en el sector del ovino de aptitud láctea.

El estudio relativo a la difusión de la IAO en España, puede ser un ejemplo ilustrativo del sinuoso camino recorrido por la técnica hasta la actualidad.

Actualmente, no sólo los núcleos de selección de las razas autóctonas (verdaderos impulsores del desarrollo de la IAO en España) demandan el uso de esta técnica, sino que las poblaciones basales de dichas agrupaciones raciales y lo que es más importante, las agrupaciones mixtas (de razas extranjeras, principalmente de aptitud láctea) se convierten potencialmente en los más importantes sujetos para la aplicación de la inseminación artificial, debido fundamentalmente a la posibilidad de importar genética a través del semen congelado.

## PROBLEMÁTICA DE LA IAO

Desde un punto de vista puramente técnico, existen multitud de factores (y sus interrelaciones) determinantes del lento avance de la IAO.

Entre los factores que condicionan su difusión, por reducción de la fertilidad obtenida, deben destacarse los dependientes de la hembra como son la especial configuración del cuello uterino de la oveja, la necesidad del empleo previo a la IAO de las técnicas de inducción y sincronización del celo (ejercen un efecto depresivo sobre el transporte espermático e incrementan el porcentaje de espermatozoides muertos presentes en el oviducto (Quinlivan and Robinson, 1967; Hawk et al., 1981), la estacionalidad de la especie y el propio manejo de las hembras, que



puede determinar una disminución de las tasas de fertilidad obtenidas.

El otro gran grupo de factores que limitan la eficacia de la IAO, hacen referencia al macho a través de su producción seminal, siendo algunos de los puntos claves la gran diversidad de las características seminales dentro de las razas, individuos y eyaculados de un mismo morueco, y la más que variable respuesta de los eyaculados a los procesos de diluyoconservación, fundamentalmente a la congelación (Fiser et al., 1987).

En la actualidad, y por lo que se refiere a la tecnología de conservación seminal por congelación, se han obtenido resultados más que fiables (Fiser et al., 1987; Anel et al., 1993), lo que permite ser optimista de cara a la difusión del empleo del semen descongelado de morueco, siempre y cuando se solucionen otra serie de aspectos conflictivos, de los cuales el más importante es la vía de aplicación seminal.

Todos los factores limitantes de la IAO hasta aquí resumidos, han sido el motivo de multitud de investigaciones encaminadas a mejorar los resultados de la técnica de inseminación, resolviendo de alguna manera los problemas expuestos con anterioridad. Así, se han conseguido mejorar los resultados de la IAO empleando celo espontáneo (Berg and Aamdal, 1991; Tanekata et al., 1985), inducción de la ovulación mediante el empleo de factores hipotalámicos (GnRH) o gonadotropinas (HCG) (López, et al., 1987), practicando la inseminación intrauterina bien por vía transcervical (Ali and Tischner, 1988; Halbert et al., 1990a) o por vía laparoscópica (Maxwell and Butler, 1984; MacKelvey et al., 1985; Tanekata et al., 1985; Maxwell, W.M.C., 1986; Halbert et al., 1990b; Anel, et al., 1992a,b).

Si bien es cierto que algunas de estas alternativas incrementan las tasas de fertilidad (IA intrauterina, celo espontáneo, refrigeración), no dejan de ser unas medidas transitorias, aplicables en tanto se

solucionan toda una serie de problemas que permitan realizar la IAO en las condiciones óptimas, es decir:

1. En cualquier época del año.
2. Empleando técnicas de inducción y sincronización del celo.
3. Usando semen descongelado
4. Mediante la vía vaginal con aplicación intrauterina transcervical.

Estos cuatro axiomas, constituyen el fundamento sobre el cual, la IAO podrá adquirir el grado de difusión que la técnica de inseminación ha alcanzado en otras especies como la bovina.

En principio debemos partir de la base de que el empleo de las técnicas de inducción y sincronización del celo, son prácticas indispensables para el empleo de la IAO, teniendo en cuenta los sistemas de explotación que existen en nuestra área geográfica de influencia, y sobre todo el número de cabezas por explotación presentes en la misma. Además, el empleo de este tipo de técnicas supone un método eficaz (en combinación con un manejo adecuado del rebaño) para soslayar el inconveniente que de cara a la reproducción de esta especie en determinadas épocas del año presenta la actividad sexual estacional de la oveja. No obstante, y en el mejor de los casos, los resultados de la inseminación pueden verse afectados por la época del año en que ésta se realice.

Por otro lado, tal y como ya comentamos en párrafos anteriores, la viabilidad "per se" del semen descongelado de morueco, ha mejorado sensiblemente en los últimos años, con la incorporación de técnicas de diluyoconservación que ofrecen tras la descongelación tasas de recuperación espermática, que sí en alguna medida son todavía mejorables, suponen en la actualidad una cierta garantía de viabilidad como para poder esperar resultados aceptables de fertilidad tras la insemi-

nación. No obstante, estos resultados están fundamentalmente limitados por el lugar de aplicación de la dosis seminal. Si ésta es depositada en el cérvix o en el fondo de la vagina (lugares preferentes en la inseminación por vía vaginal), los resultados obtenidos tras la inseminación son realmente desalentadores (Tanekata et al., 1985; Maxwell and Hewitt, 1986), mientras que la aplicación intrauterina del semen descongelado ofrece unas tasas de fertilidad más que aceptables entre un 45-85% según diversas técnicas y autores (Ali and Tischner, 1988; Anel et al., 1992a,b; Halbert et al., 1990; López, A., 1992; Maxwell, W.M.C., 1986; McKelvey et al., 1985).

En consecuencia, y admitiendo la necesidad (y posibilidad actual) de realizar la IAO en cualquier época del año, previa inducción y sincronización del estro, la posibilidad de emplear semen descongelado en los programas de inseminación artificial ovina, pasa indefectiblemente por aplicar una técnica de gametización instrumental, que permita depositar la dosis seminal dentro del útero de la oveja, siendo la situación óptima el poder realizarlo por vía vaginal en una inseminación transcervical.

Este punto constituye en la actualidad el fundamento de numerosas líneas de investigación, puesto que la barrera fisiológica que supone el cérvix de la oveja supone así mismo un grave impedimento para que el catéter de inseminación pueda alcanzar (vía vaginal) el interior del útero.

## CUELLO UTERINO

El cuello uterino de la oveja es la estructura anatómica del útero que conecta la cavidad uterina con el fondo de la vagina. Está constituido por tejido conjuntivo, condensaciones de fibras musculares y glándulas secretoras (situadas en su parte más interna, son las encargadas de producir el moco cervical), que aísla las porciones más craneales del aparato genital de la hembra excepto en el

momento del parto y de la fecundación. Este estancamiento se ve considerablemente reforzado por efecto de los pliegues presentes en el interior del canal cervical, los cuales dejan un paso muy estrecho y tortuoso que es considerablemente difícil de atravesar por la pipeta de inseminar. Este aislamiento tiene un efecto protector de cara a evitar infecciones en los tractos superiores.

More, J. (1979) y Bunch y Ellsworth (1981) han llevado a cabo estudios sobre las características anatómicas y macroscópica del cuello uterino de la oveja, mostrando que el cérvix, porción más caudal del útero, tiene una luz constreñida y rodeada por una pared de tejido músculo-conectivo. En el momento del estro el cérvix se relaja ligeramente bajo la influencia de los estrógenos, permitiendo el paso de los espermatozoides, pudiéndose atravesar, con la pipeta de inseminación, el cuello uterino de especies como la vaca o la cabra. Sin embargo, en la oveja, según estos autores, es difícil conseguir una penetración de más de 7-10 mm durante el estro.

El extremo posterior del cérvix se proyecta dentro de la vagina y forma uno o más pliegues del tejido fibroso que se observa fácilmente en la pared vaginal. Estos pliegues, que delimitan el orificio uterino externo, por el cual se comunica el cuello con la vagina, tienen diferente morfología y número así como una situación variable referente al fondo de la vagina y al orificio de entrada (Foto n<sup>o</sup> 2 y Foto n<sup>o</sup> 3). Teniendo en cuenta todo ello, von Reinhold et al. (1987) y Halbert et al. (1990a) establecieron cuatro tipos básicos (pico de pato, roseta, en solapa y espiral).

Álvarez et al. (1994a,b) y Chamorro et al., (1994) han realizado diversos estudios referentes a la tipología del orificio uterino externo en la oveja churra y la penetración de la pipeta de inseminación. La variabilidad morfológica observada en esta raza ha obligado a introducir nuevos tipos, carácter, hendidura y canal además de los

anteriormente señalados. Según los datos obtenidos sobre 1086 ovejas de raza Churra, los tipos solapa con un 46 %, y rose-ta con un 33 %, son los más frecuentes, frente a los tipos pico de pato (9 %), cráter (4 %), hendidura (2%) y canal (1,5 %). No parece existir, en principio una relación directa entre el tipo de orificio externo y la fertilidad tras la inseminación, pero esta relación si existe al considerar el grado de penetración del catéter (considerando el reflujo espermático) en el momento de la gametización.

## **TÉCNICAS DE INSEMINACIÓN EN LA ESPECIE OVINA**

### **ALTERNATIVAS**

Actualmente se admiten dos vías para la aplicación de la dosis seminal, que son: la vía vaginal y la vía laparoscópica. Con la vía vaginal se puede conseguir la inseminación antecervical, intracervical (a diferentes profundidades) y transcervical (intrauterina).

La escasa frecuencia con que se consigue la inseminación transcervical, vía vaginal, implica la utilización, casi obligatoria, del semen fresco o a lo sumo refrigerado. En cambio, la técnica laparoscópica, al permitir la aplicación intrauterina del material seminal, se muestra como la vía de acceso idónea para la utilización de semen descongelado.

Como dato ilustrativo, señalar que en Francia en el año 1988, de un total de 600.000 inseminaciones, poco más de 1% lo fueron por vía laparoscópica (6.527) (Brice et al., 1991), observándose que, en los últimos años, estas cifras se han modificado de forma muy ligera. En cambio en países como Australia se observa una mayor difusión, en el año 1986 se inseminaron 60.000 ovejas por vía laparoscópica y en el año 1988, 87.000.

Por lo que hace referencia a nuestro país, de las aproximadamente 45.000 inseminaciones realizadas en 1993, un

25% correspondió a las aplicadas mediante la vía laparoscópica (aproximadamente 11.000).

### **CONSIDERACIONES GENERALES PREVIAS**

Conviene señalar algunos de los aspectos preliminares, que aún no teniendo una relación directa con las técnicas de aplicación seminal, repercuten en los resultados finales obtenidos tras la inseminación (porcentaje de hembras gestantes).

**Conformación de los lotes de inseminación.** Considerar tipo de animales, edad, estado corporal y productivo y tamaño de los lotes.

**Tratamientos de inducción y sincronización del celo.** Selección adecuada de un tratamiento, entre los muchos disponibles, fundamentalmente en función de la edad, estado corporal y estado productivo de los animales.

**Época del año.** Considerar, desde un punto de vista técnico y económico, la época de inseminación en función de las variaciones que las diferentes estaciones del año determinan en el rendimiento de la técnica de inseminación.

### **INSEMINACIÓN ARTIFICIAL OVINA POR VÍA VAGINAL**

La aplicación de la dosis seminal por vía vaginal representa en la actualidad la técnica de inseminación artificial más difundida en la cabaña ovina. No obstante, la difusión de esta técnica de reproducción asistida, se ha visto frenada ante la imposibilidad de utilizar semen descongelado, debido a las bajas tasas de fertilidad que se obtienen por esta vía, limitándola al empleo de semen fresco o refrigerado.

### **Equipamiento e instrumental**

El equipo necesario consta de: un vaginoscopio (preferentemente de tipo pico de pato, ya que este modelo permite

una mejor visualización y localización del cérvix y es más fácil de limpiar), con una fuente de luz incorporada que se conecta a una batería, una pistola de inseminación (unidosis o multidosis) para aplicar el contenido de las pajuelas y las vainas de material plástico de un solo uso con las que se cubre la pistola de inseminación.

### Contención de los animales

El método de sujeción más cómodo y adecuado consiste en utilizar los amarres de la sala de ordeño o del aprisco, si los hubiera. Una vez sujetos los animales, un operario levanta el tercio posterior en el momento de realizar la inseminación. En el caso de que no se dispusiera de amarres, la operación de contención deberá realizarse individualmente, bien contra una de las esquinas del redil o bien empleando el método denominado "sobre la barra" que consiste en colocar la parte posterior del animal sobre la telera o barra del redil.

### Dosis seminales

De forma genérica se establecen unas dosis seminales de  $100 \times 10^6$  spz para el semen fresco diluido y  $400 \times 10^6$  spz para el semen refrigerado ( $5^{\circ}\text{C}$  ó  $15^{\circ}\text{C}$ ) y descongelado (poco usual). El volumen de inseminación varía según los distintos autores, siendo los más empleados 0,25 ml (pajuela mini ó 2 pellets) ó 0,50 ml (pajuela maxi).

### Tiempo idóneo de inseminación

Este tiempo varía ligeramente en función de factores como la raza, zona geográfica, etc.. No obstante, se puede admitir que dicho periodo oscilaría entre las  $54 \pm 1$  horas y las  $58 \pm 1$  horas de la retirada de los pesarios intravaginales, cuando se realice una sola inseminación. Para la doble inseminación, los tiempos empleados desde la retirada del progestágeno son alrededor de las  $48 \pm 1$  horas para la primera aplicación y las  $60 \pm 1$  para la segunda.

### Ejecución de la técnica

En la inseminación artificial ovina por vía vaginal podemos encontrarnos con dos posibilidades, por un lado la inseminación vaginal ciega (deposición antecervical, en fondo de vagina) y por otro la inseminación vaginal instrumental (antecervical, intracervical y transcervical).

La aplicación antecervical (fondo de vagina) de la dosis seminal se utiliza de forma esporádica en corderas y animales en los que no es posible, debido a su estrechez, introducir el vaginoscopio (vaginal ciega).

En la inseminación vaginal instrumental, se introduce el vaginoscopio con las valvas paralelas a los labios de la vulva y sin forzar demasiado para evitar lesiones. Una vez introducido, se gira  $90^{\circ}$  y se abren las valvas, proyectándose la luz en la vagina para localizar el cérvix. A continuación se introduce en el cérvix la punta del catéter de inseminación, intentando penetrar lo más profundamente posible mediante movimientos laterales y verticales, depositándose la dosis seminal y retirando posteriormente el vaginoscopio de forma lenta. En algunos casos, se consigue acceder al útero con lo que esta inseminación se transformaría en transcervical (intrauterina) por vía vaginal.

Para evitar la transmisión de enfermedades, es importante limpiar y desinfectar el material de inseminación entre un animal y otro.

### Resultados

Los resultados de la inseminación artificial ovina, vía vaginal, son muy irregulares ya que se encuentran influidos por multitud de factores (zona geográfica, época del año, raza, sistemas de manejo y producción, aptitud productiva, explotación, tipo de semen, etc.). Existen numerosos trabajos científicos que constatan de alguna manera estas diferencias, pero sería interminable intentar hacer una revi-

sión exhaustiva de todos ellos. Respecto a otros factores como el número de espermatozoides por dosis y la hora de inseminación, que igualmente pueden determinar diferentes tasas de fertilidad, son de uso común criterios generales fijos (con ligeras variaciones), ampliamente contrastados para la mayoría de las agrupaciones ovinas estudiadas.

Cuando se analizan los resultados obtenidos con la IAO sobre diferentes poblaciones raciales de ovino en nuestro país, es muy complicado aislar los factores que justifiquen las variaciones observadas. Estos resultados medios para el año 1993 se cifran en un 49% para la raza Latxa (Urarte, E., 1993) 43% para la raza Manchega (Montoro, V., 1993) y un 38% para la raza Churra (Anel, E. 1993).

En la raza Churra (Anel et al. 1992a), se observa una fertilidad media del 28% en invierno (con resultados comprendidos entre el 10% y el 40% para las distintas explotaciones), del 40% en primavera (entre el 5% y el 72%) y del 43% en otoño (entre el 5% y 65%).

En función del método de conservación seminal, Maxwell and Hewitt (1986) obtienen con semen fresco un 60% de fertilidad y con semen descongelado 17,6% empleando la vía vaginal en la inseminación. Así mismo es posible obtener mayores tasas de fertilidad en la aplicación de semen descongelado por vía vaginal en la oveja, si se realiza sobre hembras en celo espontáneo, aunque esta práctica no es realizable en nuestro entorno.

### **INSEMINACIÓN ARTIFICIAL OVINA POR VÍA LAPAROSCÓPICA**

Esta técnica permite incrementar los porcentajes de fertilidad que se consiguen con la inseminación por vía vaginal, independientemente de que se utilice semen fresco, refrigerado o descongelado. Se muestra, por tanto, como el método más eficaz y, en relación al empleo de semen descongelado, como el más conveniente, lo que justificaría la realización de esta

técnica de inseminación "a priori" más compleja.

### **Equipamiento e instrumental**

El instrumental, más complejo que el empleado para la vía vaginal, está compuesto por dos trócares (de 7 y 5 mm para introducir el laparoscopio y el inyector respectivamente), un laparoscopio conectado a una fuente de luz mediante un cable de fibra óptica y un aplicador-palpador para depositar el material seminal en el interior de la cavidad uterina. El trocar de 7 mm está provisto de una llave de entrada y salida donde se fija la conducción que comunica con una fuente de gas (CO<sub>2</sub> o aire filtrado) necesaria para crear el neumoperitoneo.

En el aplicador se coloca un catéter inseminación que tiene una fina aguja en el extremo distal y permite la punción del cuerno uterino y la introducción de la dosis desde el interior de la pajuela de semen. El aplicador debe estar cubierto por una vaina externa que permite cubrir la aguja del catéter hasta el momento de la punción y poder realizar hasta entonces manipulaciones atraumática.

Es necesario disponer de un equipo para la desinfección de todo el instrumental.

### **Contención de los animales**

Existen dos posibilidades básicas que son: las camillas individuales y el carrusel multipuesto, de tres o más camillas. Estos sistemas proporcionan de un grado de inmovilidad aceptable y, al situar a la oveja en un plano inclinado de unos 40 a 45° (posición de tren), contribuyen junto con el neumoperitoneo a una desituación de las vísceras abdominales contra la cara peritoneal del diafragma, facilitando de esta manera la visualización y manejo del aparato genital.

Normalmente se recomienda para su empleo en el campo las norias multipuesto, que a la ventaja indudable de ser más

económicas, unen otras como una mayor rapidez de trabajo, una reducción del espacio en el lugar a desarrollar la técnica y un menor número de operarios necesarios para el manejo de las hembras en el momento de inseminar.

### Dosis seminales

El empleo de esta vía rentabiliza al máximo el rendimiento de los eyaculados obtenidos, bien sea con semen fresco, refrigerado o descongelado, ya que ha permitido que el número de espermatozoides necesarios por animal inseminado sea mucho menor sin que existan variaciones significativas de la fertilidad obtenida. Así, las concentraciones de las dosis han disminuido sensiblemente hasta  $12,5 \times 10^6$  espermatozoides totales/dosis con semen fresco (Brice and Jardon, 1991) y hasta  $3 \times 10^6$  espermatozoides totales/dosis con semen descongelado (Anel et al., 1994).

El volumen de inseminación es otro de los factores que ha sido estudiado y cuantificado específicamente para esta vía de aplicación, llegándose a la conclusión de que pueden emplearse hasta volúmenes de 0,025 ml por cuerno uterino (0,05 ml totales) sin que por ello se vea afectada la fertilidad obtenida. No obstante los volúmenes más usuales se situarían alrededor de los 0,15-0,25 ml totales por inseminación (1 ó 1/2 pajueta mini por oveja).

### Tiempo idóneo de inseminación

Los estudios realizados indican que esta técnica requiere una menor precisión horaria para su ejecución que la vía vaginal. El intervalo horario estudiado por algunos autores (Mackelvey et al., 1985; Maxwell et al., 1986; Findlater et al., 1988; Bister et al., 1989) se sitúa entre las 40 y las 78 horas pos-retirada de las esponjas, obteniéndose los valores máximos de fertilidad entre las 60 y 71 horas. Estos datos, obtenidos para distintas agrupaciones raciales y en diferentes lugares geográficos, parecen indicar que la obtención de buenos resultados de fertilidad podrán verse influenciados por estos factores.

Para la raza Churra, el margen horario estudiado por Anel et al., (1992b) está comprendido entre 48 y 72 horas pos-retirada de las esponjas, consiguiéndose los mejores resultados entre las 48-64 horas para ovejas, y las 54-72 horas para corderas.

En función de estos estudios, recomendamos dos tipos de horarios según que la inseminación vaya a realizarse por la mañana (64-68 h. posretirada) o por la tarde (54-56 h. posretirada).

### Ejecución de la técnica

Como un dato previo de interés hay que señalar la necesidad de someter a las hembras a una dieta previa de líquidos y sólidos, cuya duración se fija en función de su estado productivo (hasta 36 horas para hembras secas y entre 12-24 horas para hembras en lactación). Este ayuno previo, al disminuir sensiblemente el contenido del tracto digestivo, facilita la visualización y manejo de todos los órganos abdominales, así como del útero y demás estructuras anejas y de igual forma evita las punciones anormales por excesivo volumen de diferentes partes del tracto digestivo (especialmente la panza) y de la vejiga. Asimismo, el incumplimiento de la norma de dieta previa, puede producir algunos procesos de gravedad variable en la hembra sujeto de inseminación, siendo los de mayor incidencia el vómito (que puede producir broncoaspiración y muerte del animal), el hipo y las disneas.

Una vez fijado el animal en decúbito supino y en una posición de tren de 40-45°, se procede a rasurar y asepticar la zona de intervención. Para realizar la primera punción (trócar de 7 mm), es preciso determinar la posición de las venas (epigástricas caudales superficiales) para evitar que las mismas puedan ser dañadas durante la punción. A continuación, y a través de la vaina del trócar (una vez retirado el fiador) se induce el neumoperitoneo (con aire filtrado o CO<sub>2</sub>) y posteriormente se introduce por esta punción el laparoscopio, que nos permitirá observar

el interior del abdomen y constatar la idoneidad de la punción efectuada.

Posteriormente, y a través del segundo trócar (5 mm) se introduce en la cavidad abdominal el palpador-inyector con el que realizaremos las tareas de manejo y aplicación de la dosis seminal.

Una vez localizado el útero se procede a la inseminación sobre la curvatura mayor de los cuernos uterinos, depositando media dosis en cada uno de ellos.

Se pueden visualizar los ovarios para comprobar las estructuras presentes en los mismos. No obstante, esta operación conviene realizarla con sumo cuidado ya que puede constituir un factor negativo en relación con la fertilidad obtenida.

Finalizada la manipulación endoscópica se retira el instrumental, presionando la cavidad abdominal para forzar la salida del gas inyectado previamente. Posteriormente se retiran las vaínas y se aseptizan nuevamente los lugares correspondientes a ambas punciones.

Los animales una vez liberados del mecanismo de contención son reintegrados al aprisco en condiciones normales de manejo.

### **Resultados**

Se han publicado numerosos trabajos a partir de 1982, cuando Killen and Cafery (1982) informaron del empleo de una técnica rápida de laparoscopia para la inseminación artificial de la oveja. Todos los autores coinciden en que se mejoran las tasas de fertilidad depositando el semen directamente en la luz uterina. Maxwell et al. (1984b) obtienen con este método y empleando semen descongelado una tasa de fertilidad del 50% (frente al 11% que obtuvieron con el empleo de la inseminación cervical). Vallet et al. (1988) publican unas tasas de fertilidad del 50-70%, tasas similares a las que comunican Findlater et al., (1991), Ali and Tischner (1992), Halbert et al. (1990), Maxwell,

W.H.C. (1985), Mckelvey et al., (1985), López, A.(1992). En esta misma línea, los resultados comunicados en España, para la raza Churra, por Anel et al (1992a,b) sitúan los porcentajes de fertilidad en torno al 55-65%

### **CONSIDERACIONES GENERALES POST-INSEMINACIÓN**

Respecto a la inseminación vía vaginal, no existe ningún cuidado específico a tener en cuenta, mientras que en la vía laparoscópica, al haberse efectuado un acto quirúrgico (aunque de escasa importancia) es conveniente mantener en buenas condiciones el aprisco (paja limpia y seca) durante algunos días después de realizada la inseminación.

Como norma general aplicable a todas las técnicas de inseminación ovina se recomienda una escasa actividad, mínimo estrés, ausencia de cambios de manejo, etc., durante los días siguientes a los de la aplicación de la inseminación artificial. Se ha observado que el cumplimiento de estas condiciones, mejora los resultados de la técnica.

### **ESTUDIO COMPARATIVO DE AMBAS TÉCNICAS: VENTAJAS E INCONVENIENTES**

Los resultados globales obtenidos mediante inseminación artificial ovina, ya sea por vía vaginal o por vía laparoscópica, pueden verse afectados por una serie de factores, entre los que cabría destacar por su marcada incidencia la época del año, el momento de la inseminación (tras la inducción y sincronización del estro), el número de espermatozoides por dosis y el factor explotación.

Aunque el macho no muestra una estacionalidad sexual tan marcada, como ocurre en el caso de la hembra, también se observan, a lo largo del año, variaciones tanto cuantitativas como cualitativas, en la producción espermática. Los eyaculados obtenidos durante la época de primavera-verano se caracterizan por una menor concentración espermática, junto

con un aumento del porcentaje de formas anormales. Sin duda esta menor calidad seminal puede tener influencia sobre los resultados obtenidos con inseminación artificial.

En este sentido y para la raza Ile de France, Colás (1980, 1981) señala que la fertilidad obtenida, utilizando la inseminación por vía vaginal, se sitúa en torno al 47,1% en primavera, mientras que con las inseminaciones realizadas en otoño se consigue un 68,4% de fertilidad. En la raza churra, los datos obtenidos por Anel et al., (1992a) se encuentran en esta misma línea. En Febrero, los resultados de fertilidad se sitúan alrededor del 28%, mientras que en Mayo y Octubre los porcentajes de fertilidad del 40% y 43% respectivamente. Al utilizar la inseminación intrauterina, estos mismos autores obtienen valores de fertilidad del 59% en Febrero y 65% en Mayo y Octubre.

La técnica intrauterina de inseminación en la oveja permite amortiguar, sobremañera, las variaciones estacionales y en consecuencia obtener resultados de fertilidad más o menos constantes a lo largo del año. Al emplear principalmente semen descongelado, nos permite utilizar los eyaculados recogidos en cualquier época del año, aprovechando aquellos con mejores características seminales. Y, teniendo en cuenta, la influencia que el medio ambiente parece ejercer sobre el comportamiento sexual del macho, y que se manifiesta por un descenso acusado de la libido durante la época de contraestación (marzo a septiembre), la inseminación artificial intrauterina nos permite ser independientes con respecto a la época del año en que los animales son reacios a saltar.

Además de la época del año, los resultados también pueden verse modificados por el año que consideremos. Se trata de un factor principalmente climático (años secos, años húmedos,...), que sin duda condiciona la disponibilidad de alimentos (pastos, tipos y calidad de forrajes, etc.).

La vía laparoscópica permite un mayor margen horario con las ventajas de manejo de explotación consiguientes. Generalmente, se acepta que para la vía vaginal el tiempo óptimo de inseminación, son las 54-57  $\pm$  1 horas pos-retirada de las esponjas. Transgredidos esos márgenes horarios el porcentaje de ovejas paridas, que se sitúa en torno al 30-50% para razas españolas y al 45-60% para otras razas europeas, disminuye drásticamente. Para la vía laparoscópica el margen horario es más amplio y se sitúa entre las 40 y las 78 horas pos-retirada de las esponjas, obteniéndose los valores máximos de fertilidad en torno a las 60-72 horas.

La inseminación intrauterina precisa menor número de espermatozoides por dosis, debido a que en las especies de eyaculación intravaginal (caso de los pequeños rumiantes) el cuello uterino representa una barrera selectiva para el transporte espermático (Hunter and Nichol, 1983), por lo que al utilizar esta técnica lograremos superar esta barrera, lo que nos permitirá utilizar menor número de espermatozoides por dosis. Esto representa un mayor rendimiento de los eyaculados, con las ventajas zootécnicas que lleva implícitas.

Por último, queremos señalar, que aunque el factor explotación, no es un tema que entre de lleno en la aplicación de la técnica, es necesario tenerlo en cuenta. Factores como, manejo de los animales, alimentación, sanidad, condición corporal... etc., tienen una gran influencia sobre la actividad sexual del rebaño, y no debemos olvidar, que al utilizar técnicas de reproducción asistida, estamos forzando la función reproductora de estos animales. Por otra parte, es uno de los factores que peor se controla, siendo a veces la causa de los "pobres" resultados obtenidos, cuando se trabaja a nivel de campo.

En el trabajo realizado por Anel et al. (1992a), se observa para la inseminación por vía vaginal variaciones en los resulta-



dos de ovejas paridas, entre explotaciones, que oscilan entre el 5% y el 72%, frente al 40% y el 70% en la inseminación intrauterina. Esta mayor o menor variabilidad de resultados, según se trate de inseminación cervical o inseminación intrauterina, respectivamente, se aprecia independientemente de la época del año que consideremos (Febrero: 10% a 40% para inseminación cervical, frente al 40% a 70% para intrauterina. Mayo: 5% a 72% -cervical- frente al 48% a 74% -intrauterina. Octubre: 5% a 65% -cervical- frente al 50% a 72% -intrauterina-).

En resumen, la inseminación intrauterina mediante laparoscopia en la oveja, es una técnica perfectamente aplicable a nivel explotación. Permite una buena cadencia de trabajo (20-40 ovejas por hora), ausencia casi total de efectos secundarios, y una menor variabilidad de resultados, frente a la inseminación cervical. Aunque debemos admitir que el manejo de las ovejas es más laborioso y el equipamiento necesario para su realización es un tanto complejo y costoso, su rentabilidad deriva no sólo de los buenos resultados que con ella se obtienen, si no del hecho fundamental (en cuanto a rentabilidad de sementales y mejora de selección) de poder emplear el semen descongelado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ALI, S.B.A. AND TISCHNER, M. (1988). Freezing ram semen in aluminium packets and deep cervical insemination of ewes with a modified pipette. *In Proc. 11th Int. Congr. Anim. Reprod. and AI.* Dublin. Vol. 2: 219-221.
- ANDERSEN, K.B. AND AAMDAL, J. (1991). Artificial Insemination with frozen semen in ewes at different times of the breeding season. *Reprod. dom. Anim.*, 26:27-30.
- ÁLVAREZ, M., ANEL, E., CHAMORRO, C., BOIXO, J.C., GARCÍA, C., DE PAZ, P., CARBAJO, M. AND ANEL, L. (1994a). Tipología del orificio uterino externo en la oveja Churra. *In Proc. 7as*
- Jor. Int. Reprod. Anim. e I.A.* Murcia. España. pp 288.
- ÁLVAREZ, M., ANEL, E., CHAMORRO, C., CARBAJO, M., OLMEDO, J.A., DOMÍNGUEZ, J.C. AND ANEL, L. (1994b). Relación entre el tipo de orificio uterino externo y el grado de penetración de la pipeta de inseminación en la oveja Churra. *In Proc. 7as Jor. Int. Reprod. Anim. e I.A.* Murcia. España. Pp 289.
- ANEL, L., BOIXO, J.C., ANEL, E., CARBAJO, M., DOMÍNGUEZ, J.C., OLMEDO, J.A., ÁLVAREZ, M., CHAMORRO, C. AND DE PAZ, P. (1992a). Inseminación intrauterina (Laparoscopia) en ovejas: resultados preliminares de su aplicación en condiciones de campo. *In Proc. 6as Jor. Int. Reprod. Anim. e IA.* Salamanca. España. Vol 1: 354-359.
- ANEL, L., BOIXO, J.C., ANEL, E., CARBAJO, M., DOMÍNGUEZ, J.C., OLMEDO, J.A., ANEL, L., BOIXO, J.C., ANEL, E., CARBAJO, M., DOMÍNGUEZ, J.C., OLMEDO, J.A. Y MELCÓN, C. (1992b). Fertility of churra ewes following intrauterine insemination by laparoscopy with frozen-thawed semen. *In Proc. 12th Int. Cong. Anim. Reprod. and A.I.. The Hague. The Netherlands.* Vol. 3: 1384-1386.
- ANEL, E., MANSO, A., ANEL, L., BOIXO, J.C., ÁLVAREZ, M., DOMÍNGUEZ, J.C. AND CARBAJO M. (1993). Ensayo de tres metodologías para la congelación de semen de morueco. *In Proc. V Jornadas sobre Producción Animal. I.T.E.A.* Zaragoza. España. Vol II: 495-497.
- ANEL, E. (1993). Comunicación personal.
- ANEL, L., BOIXO, J.C., ANEL, E., CARBAJO, M., OLMEDO, J.A., DOMÍNGUEZ, J.C. AND CHAMORRO, C. (1994). Empleo de bajas concentraciones espermáticas en la inseminación intrauterina (vía laparoscópica) en la oveja. *In Proc. 7as Jor. Int. Reprod. Anim. e I.A.* Murcia. España. pp 291.
- ANEL, L. (1994). Situación actual de la inseminación artificial ovina en España. *In Proc. 7as Jor. Int. Reprod. Anim. e I.A.* Murcia. España. pp 261-270.

- BARONE, R. (1978). *Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques*. Tome III: Splanchnologie, Foetus et ses Annexes. Edit.: Laboratoire d'Anatomie. Ecole Vétérinaire. Lyon.
- BARRY D.M., VAN NIEKERK, C.H., RUST, J. AND VAN DER WALT, T. (1990). Cervical embryo collection in sheep after "Ripening of the cervix with prostaglandin E2 and estradiol. *Theriogenology*, 33: 190
- BERG, K.A. AND AAMDAL, J. (1991). Artificial insemination with frozen semen in ewes at different times of the breeding season. *Reprod. Anim. Dom.* 26: 27-30.
- BOIXO, J.C., ANEL, L., ANEL, E., CARBAJO, M., DOMÍNGUEZ, J.C. Y OLMEDO, J.A. (1993). Inseminación intrauterina con semen descongelado en ovejas de raza Churra. Repercusiones sobre el esquema de selección. *En Proc. V Jornadas sobre Producción Animal. I.T.E.A.* Zaragoza. España. Vol II: 498-500.
- BRICE, G. AND JARDON, C. (1991). L'insemination intrauterine. La formule 1 de la fécondation. *PATRE*, 384: 40-44.
- BUNCH, T.D., ELLSWORTH, H.S. (1981). Gross anatomy of the ovine cervix. *Int. Goat and Sheep Res.* 1: 282-285.
- CHAMORRO, C., ÁLVAREZ, M., COSTILLA, S., GARCÍA, C., DE PAZ, P., CARBAJO, M., ANEL, L., DOMÍNGUEZ, J.C. AND FERNÁNDEZ, J.G. (1994c). Resonancia Nuclear Magnética del cuello uterino de la oveja. *In Proc. 7<sup>as</sup> Jor. Int. Reprod. Anim. e I.A.* Murcia. España. pp301.
- COLAS, G., TRYER, M., GUERIN, Y. AND AGUER, D. (1980). Fertilizing ability of ram sperm stored in a liquid state during 24 hours. *In Proc. 9<sup>th</sup> Int. Cong. Anim. Reprod. and A.I.* Madrid. España. Vol 3: 315.
- COLAS, G. (1981). Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Ile-de-France. II. Fécondance: relation avec les critères qualitatifs observés *in vitro*. *Reprod. Nutr. Develop.* 21: 399-407.
- COONROD, S.A., COREN, B.R., MCBRIDE, B.L., BOWEN, M.J. AND KRAEMER, D.C. (1986). Successful non-surgical collection of ovine embryos. *Theriogenology*, 25: 149.
- DAVIS, I.F., KERTON, D.J., MCPHEE, S.R., WHITE, M.B., BANFIELD, J.C. AND CAHILL, L.P. (1984). Uterine artificial insemination of ewes. *In Reproduction in Sheep*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. pp: 303-305.
- FINDLANTER, R.C.F., HARRESINGN, W., CURNOCK, R.M. AND BECK, N.F.G. (1988). Effect of timing of intrauterine insemination with frozen-thawed semen on fertility in ewes. *In Proc. 11<sup>th</sup> Int. Cong. on anim. Reprod. and A.I.* Dublin. Ireland. Vol 3: 242.
- FINDLATER, R.C.F., HARENSIGN, E., CURNOCK, R.M. AND BECK, N.F.G. (1991). Evaluation of intrauterine insemination of sheep with frozen semen: effects of time of insemination and semen dose on conception rates. *Anim. Prod.*, 53: 89-96.
- FISER, P.S.; AINSWORTH, L. AND FAIRFUL, R.W. (1987). Evaluation of a new diluent and different processing procedures for cryopreservation of ram semen. *Theriogenology*, 28 (5):599-607.
- FOLCH, J. (1987). La Inseminación Artificial Ovina en España: Estado actual y perspectivas. *Proc. V Jorn. Tec. Gand. Ov.* pp 7-14.
- FUKUI, Y. AND ROBERTS, E.M. (1978). Further studies on non-surgical intrauterine technique for artificial insemination in the ewe. *Theriogenology*, 10 (5): 381-393.
- GOURLEY, D.D. AND RIESE, R.L. (1990). Laparoscopic artificial insemination in sheep. *Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract.* 6 (3): 615-633.
- HALBERT, G.W., DOBSON, H., WALTON, J.S. AND BUCKERELL, B.C. (1990a). The structure of the cervical canal of the ewe. *Theriogenology*, 33: 977-992.
- HALBERT, G.W., DOBSON, H., WALTON, J.S. AND BUCKERELL, B.C. (1990b). A technique for transcervical intrauterine insemination of ewes. *Theriogenology*, 33 (5): 993-1010.

- HALBERT, G.W., DOBSON, H., WALTON, J.S., SHARPE, P. AND BUCKRELL, B.C. (1990c). Field evaluation of a technique for transcervical intrauterine insemination of ewes. *Theriogenology*, 33(6): 1231-1243.
- HAWK, H.W.; COOPER, B.S. AND PURSEL, V.G. (1981). Increase sperm death in the cervix and uterus of estrous ewes after regulation of estrous with prostaglandin or progestagen. *J. Anim. Sci.*, 52: 601.
- HUNTER, R.H.F. AND NICHOL, R. (1983). Transport of spermatozoa in the sheep oviduct: preovulatory sequestering of cells in the caudal isthmus. *J. Exp. Zool.* 228: 121-128.
- KILLEN, I.D. AND CAFFERY, G.J. (1982). Uterine insemination of ewes with the aid of a laparoscope. *Aust. Vet. J.*, 59: 95.
- LÓPEZ, A., TIRADOS, C. AND NAVARRO, M.A. (1987). Valoración del progestágeno en relación con los resultados de la Inseminación Artificial sistemática en ganado ovino. *Proc. V Jor. Tec. Gan. Ov.*, Expoaviga, pp. 32-33.
- LÓPEZ, A. (1992). Inseminación Artificial intrauterina con semen congelado en la oveja. *ITEA 88A*, nº1: 70-75.
- MCKELVEY, W.A.C.; ROBINSON, J.J. AND AITKEN, R.P. (1985). The evaluation of a laparoscopic insemination technique in ewes. *Theriogenology*, 24 (5): 519-535.
- MAXWELL, W.M.C., WILSON, H.R. AND BUTLER, L.C. (1984). Fertility of ewes after intrauterine insemination with frozen semen. *Anim. Prod. Aust.*, 15: 448-451.
- MAXWELL, W.M.C. AND BUTLER, L.C. (1984). Fertility of ewes following intrauterine insemination using a laparoscope compared with other methods. *Proc. 4th Conf. Aust. Assoc. Anim. Bred. and Gent.* pp. 192-193.
- MAXWELL, W.H.C. (1985). A comparison of vaginal, cervical and intrauterine insemination of sheep. *J. Agric. Sci. Camb.*, 106: 191-196.
- MAXWEEL, W.H.C. AND HEWITT, L.J. (1986). A comparison of vaginal, cervical and intrauterine insemination of sheep. *J. Agric. Sci.*, 106: 191-196.
- MAXWEEL, W.H.C. (1986). Artificial insemination of ewes with frozen-thawed semen at a synchronised oestrus. 1. Effect of time of onset of oestrus, ovulation and insemination on fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 10 (4) 301-308.
- MONTORO, V. (1993). Comunicación personal.
- MORE, J. (1984). Anatomy and histology of the cervix uteri of the ewe: New insights. *Acta Anat.*, 120: 156-159.
- MYLNE, M.J.A., MCKELVEY, W.A.C., FERNIE, K. AND MATTHEWS, K. (1992). Use of a transcervical technique for embryo recovery in sheep. *Vet. Rec.*, 130: 450-451.
- QUINLIVAN, T.D. AND ROBINSON, T.J. (1967). The number of the spermatozoa in the fallopian tubes after artificial insemination following withdrawal of Sc-9880 impregnated intravaginal sponges. In: the control of the ovarian cycle in the sheep. Edt. by T.J. Robinson. Sidney Univ. Press pp 177-184.
- VON REINHOLD, G., ROMMEL, W. AND SCHULZ, J. (1987). Studies on anatomic structure of uterine cervix of Merino sheep under the aspect of artificial insemination. *Mh. Vet. Med.*, 42: 364-368.
- TANEKATA, S.; FUKUI, Y. AND ONO, H. (1985). Intrauterine insemination with frozen semen in the ewe using a laparoscope. *Jap. J. Anim. Rprod.* 31(1):25-27.
- URARTE, E. (1993). Comunicación personal.
- VALLET, J.C., CASSOU, B., DESPIERRES, E. AND KOYMDJIEV, S. (1988). Practical method of improving the use of frozen ram semen by intrauterine insemination under laparoscopic control. In *Proc. 11th Int. Cong. on Anim. Reprod. and A.I.* Dublin. Ireland. Vol 3: 303-304.

**XXIII**  
**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS**  
**Y PERSPECTIVAS DE FUTURO**  
**DE LA INSEMINACIÓN**  
**ARTIFICIAL EN GANADO OVINO**

**JOSÉ JULIÁN GARDE LÓPEZ-BREA**

*Profesor Titular*

*Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal*

*ETSIA Albacete*

*Universidad de Castilla-La Mancha*



## 1. INTRODUCCIÓN

Los programas de valoración genética de sementales ovinos emplean como instrumentos fundamentales para su desarrollo, los controles de producciones y las técnicas de Reproducción Asistida. Dentro de estas últimas, la Inseminación Artificial Ovina (IAO) con semen refrigerado es actualmente la metodología empleada en mayor medida en dichos esquemas de Selección. La IA con semen congelado presenta un escaso desarrollo debido fundamentalmente a las tasas de fertilidad tan inconsistentes que reporta cuando el semen es aplicado por vía exocervical. En cualquier caso, los resultados reproductivos presentados por la IAO han sido generalmente poco satisfactorios. Ello se debe a la disminución de la supervivencia de los espermatozoides de morueco en el tracto genital femenino originado por los procesos de conservación del semen, originándose como lógica consecuencia de lo anterior un descenso en las tasas de fertilización.

En el presente capítulo centraremos nuestra atención en la inseminación artificial (IA) y en sus posibilidades de empleo en los programas de mejora genética del ganado ovino que se encuentran en funcionamiento a nivel mundial, así como en las innovaciones tecnológicas desarrolladas en los últimos años para mejorar la eficacia de dicha técnica reproductiva. No se entrará en el desarrollo de otras tecnologías disponibles como la transferencia de embriones, la fecundación *in vitro*, el sexaje de embriones, transgénesis, etc., tratados en otros capítulos de este libro, aunque hay que tener presente que son combinables y optimizadoras de la inseminación artificial (IA).

## 2. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL OVINA (IAO): EMPLEO EN LOS PROGRAMAS DE SELECCIÓN

### 2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

La justificación general de la IA parte del aprovechamiento que se puede hacer de un solo eyaculado para el servicio de varias hembras. Sobre esta idea de base, se ha argumentado abundantemente sobre las ventajas e inconvenientes de la IA desde diversos puntos de vista: zootécnico, sanitario, económico, etc. La combinación de estas circunstancias, en ganado ovino, ha dado como resultado una aplicación de la técnica limitada a la obtención de ciertos objetivos puntuales, en la mayoría de los casos, como ya se ha comentado, asociados a programas de selección.

La inseminación artificial en ganado ovino (IAO) presenta un bajo porcentaje de implantación, en comparación con otras especies ganaderas, debido a la existencia de multitud de dificultades en el desarrollo de esta metodología. No obstante, el número de ovejas inseminadas, a nivel mundial, en los primeros años ochenta superaba los 60 millones.

En esta cifra se contabilizaban las correspondientes a los países del antiguo Este Europeo (la Unión Soviética suponía más del 80%), que últimamente han sufrido un descenso considerable. En países como Francia, Australia y Nueva Zelanda, en los que se inició el uso de la IA por vía cervical en las décadas sesenta y setenta, el número de ovejas inseminadas se ha estabilizado, debido, en el caso del primer país citado, a la proximidad del límite de utilización de la técnica en el conjunto de la población ovina susceptible de ser inseminada y, en los otros dos casos, a que dentro de su modelo de producción ovina, ha sido más productiva la incorporación de la aplicación intrauterina.

En nuestro país, la inseminación artificial ovina (IAO) tuvo cierto auge en los

años cincuenta, como consecuencia de la necesidad de difundir animales importados de razas precoces. Tras un periodo de casi veinte años, en los que se redujo su uso a actividades de investigación, en la pasada década se comienza de nuevo a utilizar la IA como instrumento dentro de los programas de selección de las razas autóctonas de producción lechera. En la actualidad sigue aumentando el número de ovejas inseminadas, previéndose para 1997 que se superen las 60.000.

## **2.2. MODALIDADES DE LA INSEMINACIÓN EN LA ESPECIE OVINA**

Las posibilidades de empleo de la IAO se pueden clasificar en función de las siguientes variables:

- el sistema de conservación del semen: fresco, refrigerado o descongelado
- la vía de aplicación de las dosis: exocervical, intrauterina y transcervical
- el tipo de sincronización del celo y ovulación (SC) de la oveja: natural o provocado mediante el empleo de tratamientos hormonales o de manejo

El método más simple es la aplicación cervical, con celo natural del semen fresco, entendiéndose por tal, el procedente de la partición de eyaculados recién obtenidos y su aplicación inmediata, incluso sin valoración previa. A pesar de haberse empleado masivamente en los países del antiguo Este Europeo y Australia, actualmente no es tan usado, debido a que se necesitan machos de la propia explotación o transportados al efecto, a la corta vida media del semen y, a la producción de un reducido número de dosis obtenidas por eyaculado. Otra dificultad que lleva asociada este sistema, es la necesidad de detección previa de los celos, con la complicación de manejo que supone en la explotación. La IA con celo natural se ha realizado también con semen diluido y refrigerado o congelado; los resultados de fertilidad obtenidos por Tervit *et al.*, (1984) comparando estos dos tipos de presentación del semen, fueron de 61,9-77,4% y

1,4-83,3% con una y dos aplicaciones de refrigerado, respectivamente y de 22,7% con dos dosis de descongelado.

La introducción de un lote de machos de forma brusca en un grupo de ovejas que han estado sin la presencia de los mismos durante un periodo de, al menos, un mes provoca la aparición de celos y ovulaciones en la época final de anoestro, fenómeno conocido como "Efecto Macho" (EM). Este método se ha venido empleando para MN en ciertos países, como Australia y Nueva Zelanda con bastante profusión, aunque este sistema de sincronización reproductiva requiere de ciertas condiciones de manejo que no hacen fácil su utilización a gran escala en los países europeos. El EM destinado a la IA cervical, aumenta considerablemente los resultados de fertilidad con semen fresco (64%) o congelado (23%), en comparación a los conseguidos con sincronización artificial y a un coste mucho más reducido (Maxwell y Hewitt, 1986).

Ante las limitaciones del mencionado sistema de SC de forma natural, se han generalizado diversos métodos hormonales que permiten obtener buenos rendimientos reproductivos concentrando en un corto periodo de pocas horas la aparición de celos y ovulaciones, reduciendo los márgenes de variación en la aparición de los mismos (Chemineau *et al.*, 1991). La aplicación por vía cervical del semen refrigerado con sincronización hormonal en lotes de ovejas más o menos numerosos, es la predominante en Europa. No obstante, la técnica presenta ciertas limitaciones entre las que cabe destacar el corto periodo de tiempo de viabilidad del semen, que reduce las posibilidades de utilización a las zonas geográficas próximas a donde se encuentren los sementales.

La aplicación de semen descongelado por vía cervical, con celo natural o sincronizado, es poco utilizada, debido a la disparidad y bajos resultados medios de fertilidad obtenidos. La fertilidad suele ser un 20% inferior de la que se consigue en condiciones parecidas con semen fresco,

pudiendo mejorar con la doble aplicación de semen. Otros inconvenientes de esta modalidad, son la necesidad de mayor número de espermatozoides por dosis, así como una mayor exigencia en la calidad inicial del eyaculado, con la consecuente reducción del rendimiento en dosis obtenidas del mismo.

Para intentar solucionar la dificultad de acceso al útero en la IA representada por la estructura del cervix se han probado dos alternativas a la deposición vaginal o cervical: el paso transcervical a través de vagina y el acceso por cavidad peritoneal a útero mediante empleo de laparoscopios. En el caso de inseminación transcervical, la inmovilización y operaciones de introducción de catéteres en vagina y cuello uterino, pueden llevar asociadas la provocación de traumatismos en la mucosa vaginal o cervical, requiere, al menos, 5 min. por animal y precisa, un entrenamiento especial de los inseminadores, obteniendo, finalmente, resultados de fertilidad parecidos a los alcanzados por deposición vaginal; por lo que su empleo es testimonial a nivel de campo.

En los últimos años se ha comenzado a emplear de manera profusa la vía de inseminación intrauterina mediante laparoscopia (Chemineau *et al.*, 1991). Es una alternativa muy interesante para el empleo del semen congelado-descongelado, que ofrece las ventajas de mejorar los resultados de fertilidad, posibilidad de almacenamiento de las dosis y, a la larga, reducir costes económicos. El uso de semen fresco por esta vía permite alcanzar porcentajes de fertilidad de hasta el 90%; aunque en condiciones no experimentales, se alcanzan resultados medios en torno al 65-70% utilizando semen congelado-descongelado (Pérez, *et al.*, 1993).

Se ha descrito la aplicación periovárica del semen mediante laparoscopia. Es un técnica poco práctica frente a la intrauterina, consiguiéndose además peores resultados que con aquella, posiblemente debido a la dificultad de acceso del semen desde el medio peritoneal hacia el interior de las fimbrias (Tervit *et al.*, 1984).

En un trabajo de Maxwell y Hewitt (1986) se realizó la comparación de la fer-

**Tabla 1.** Fertilidad obtenida tras la aplicación de semen fresco o congelado, por vía vaginal, cervical o intrauterina

CELO	VÍA	SEMEN	VOLUMEN	n	FERTILIDAD
CELO NATURAL+ MACHOS RECELAS	CERVICAL	FRESCO	0,1 ml	50	60,0%
		CONGELADO	0,1 ml	49	18,4%
		FRESCO	0,1 ml	50	64,0%
	VAGINAL	CONGELADO	0,1 ml	51	17,6%
				0,6 ml	52
	CELO SINCRIO NIZADO FGA +PMSG+ MACHOS RECELAS	CERVICAL		0,1 ml	48
			0,6 ml	45	42,2%
			0,1 ml	47	17,0%
VAGINAL		CONGELADO	0,6 ml	46	17,4%
			0,1 ml	45	55,6%
				0,6 ml	48
.INTRAUTERINA					



tilidad que se alcanzaba con la IA, tras la aplicación de semen fresco o congelado, mediante vía vaginal, cervical o intrauterina (Tabla 1). Como se puede apreciar, los mayores porcentajes de gestación se obtenían con la aplicación de semen fresco por vía vaginal o cervical y con descongelado por vía intrauterina.

A la vista de lo anteriormente expuesto, las dos modalidades de IA más factibles en las condiciones de las explotaciones comerciales, en los programas de mejora genética, son la aplicación vía exocervical de semen refrigerado y la intrauterina de descongelado. Aunque, de momento, la segunda está muy limitada por una serie de factores, entre los que cabe destacar: la dificultad de acceso a las dosis congeladas en el comercio pecuario, una mayor exigencia en los equipos instrumentales y la especialización del personal requerido, es indudable que en los próximos años seguirá teniendo un desarrollo importante.

En la tabla 2 se han resumido algunas de las condiciones que pueden ayudar a la elección entre los dos sistemas de IA

comentados, dependiendo la decisión de utilizar una u otra alternativa de las circunstancias específicas de cada explotación, disponibilidad de material y personal y del valor de los animales.

### 2.3. FASES DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL OVINA

#### 2.3.1. Obtención y frecuencia de recogida del semen

El método tradicional de recogida de semen en ganado ovino es el de la vagina artificial (VA). Existen diversos modelos que siguen un esquema de constitución muy parecido: cilindro de caucho semirrígido con camisa interna de goma más flexible, quedando entre ambas una cámara con agua caliente a 40-45°C y aire, a una presión aproximada de 40-60 mm. de Hg., garantizando las condiciones que mejor simulen a la natural (Evans y Maxwell, 1987). El material de recolección accesorio que esté en contacto con el semen no deberá producir choque térmico, manteniéndose para ello a 30-37°C. El entrenamiento y la recogida seminal en futuros sementales destinados a IA debe comen-

**Tabla 2.** Comparación de la IA con semen refrigerado por vía cervical frente a la intrauterina con semen congelado.

VARIABLE	IA CON SEMEN REFRIGERADO VÍA CERVICAL	IA CON SEMEN CONGELADO VÍA INTRAUTERINA
DISPOSICIÓN DE SEMENTALES EN EL CENTRO DE IA	Permanente	En época de congelación
RENDIMIENTO DE DOSIS POR EYACULADO	10-12	100-200
TIEMPO DE USO DE DOSIS SEMINALES	4-8 h	Indefinido
Tª DE CONSERVACIÓN DE DOSIS SEMINALES	15°C	-196°C
EQUIPOS DE CONSERVACIÓN	Neveras especiales	Tanques de N2 líquido
PERIODO DE TIEMPO:		
RETIRADA ESPONJA - I.A	55±1 h.	50-72 h.
INSTALACIONES EN EXPLOTACIÓN	No especiales. Nave	Nave. Energía eléctrica
RENDIMIENTO HORARIO POR INSEMINADOR	< 100 ovejas	< 40 ovejas
PERSONAL AYUDANTE NECESARIO	2 operarios	3 operarios
FERTILIDAD ESPERABLE	40-60%	65-75%

Fuente: Montoro *et al.*, 1995.

zar lo más precozmente posible, a partir de 4-5 meses. El mantenimiento de la rutina de recolección está correlacionado positivamente con la producción total de espermatozoides y con una mayor concentración de los mismos.

El ritmo óptimo de las recogidas de semen será aquel que permita la consecución del mayor número de espermatozoides con el menor número de saltos. Existen trabajos ya clásicos en los que se demuestra que con las rutinas que habitualmente se emplean en los Centros de IA, de 2-3 eyaculados, 2-4 veces por semana no se afecta la calidad espermática. Por otro lado, alteraciones de los ritmos de recogida pueden llevar a la pérdida del reflejo de eyaculación en VA con el consiguiente perjuicio en el uso de los sementales.

### 2.3.2. Producción seminal

El rendimiento medio de espermatozoides que se obtienen por semental, admite grandes variaciones que se traducen en el número de dosis utilizadas para inseminar. El volumen por eyaculado en la especie ovina presenta valores medios que oscilan entre 0,7 y 2 ml, conteniendo de 2 a 6,5 10<sup>9</sup> espz/ml.

Existen factores que influyen en la producción espermática del morueco de diferente origen: genético, racial, social, individual, de régimen nutricional, y climático. Uno de los factores que influye de manera determinante en la producción de dosis, es la edad de los machos donantes. El volumen, concentración, y por tanto, el número de dosis por eyaculado es inferior en machos jóvenes que en adultos. En torno a la edad de 4 años se invierten los términos, siendo menor la producción en animales viejos. Desde el punto de vista cualitativo, el número de formas anormales así como la calidad del movimiento también se ven afectadas apareciendo menor proporción de formas anormales en animales maduros.

De los factores ambientales, la influencia estacional a través del fotoperiodo y la

actividad endocrina de la epífisis han sido objeto de numerosos estudios, coincidiendo casi todos en que se obtiene mayor rendimiento espermático en fotoperiodos decrecientes que en crecientes.

### 2.3.3. Contrastación seminal

Todas las pruebas que pretenden relacionar las observaciones de laboratorio con el éxito de la fecundación, han sido objeto de discusión sin conseguirse que ninguna por sí sola sea capaz de indicar de una forma fiable, repetitiva y barata qué nivel de fertilidad se obtendrá tras la aplicación del semen. Se hace, por tanto, necesaria la utilización conjunta de varias pruebas para tener una estimación de la fertilidad alcanzable con el empleo de IA.

En los laboratorios de los centros de IA se emplean de forma rutinaria pruebas de valoración que, tradicionalmente, se clasifican en macroscópicas (volumen, olor y color) y microscópicas. Dentro de estas últimas se incluyen la determinación de la motilidad masal e individual, concentración espermática (actualmente determinada por espectrofotometría) y morfoanomalías. Así mismo, se han puesto a punto diversas técnicas de contrastación seminal más específicas, entre las que destacan la fecundación *in vitro*, test de resistencia osmótica de membrana, test de resistencia térmica, análisis computerizados de la morfología y movimiento del espermatozoide y distribución de los espermatozoides en relación con diferentes gradientes de acuerdo con su estatus funcional, entre otras. Estos métodos de análisis seminal suelen llevar asociados mayor laboriosidad metodológica o la necesidad de contar con equipos de alto precio, no existiendo ninguna correlación con los resultados obtenidos a nivel de campo, por lo que, en muchas ocasiones, no resulta interesante, desde el punto de vista práctico, su empleo en los centros de IA.

Tras el estudio de la calidad seminal, por cualquiera de los métodos citados, se

**Tabla 3.** Características de los eyaculados destinados para el procesamiento de dosis seminales

PARÁMETROS DE CALIDAD	VALORES MÍNIMOS
Volumen	0,4 ml
Concentración espermática	3x10 <sup>9</sup> espz./ml.
Motilidad masal	4 (Escala 1-5)
Motilidad individual	75%
Formas normales y acrosomas intactos	80%

desechan todos aquellos eyaculados que no alcanzan unas características mínimas (Tabla 3) respecto a ciertos parámetros como volumen, concentración, motilidad masal e individual y proporción de formas anormales y acrosomas dañados, entre otras (Evans y Maxwell, 1987; Baril *et al.* 1993). A pesar del control de calidad, los resultados de fertilidad varían notablemente entre eyaculados de un mismo macho y entre individuos diferentes.

#### 2.3.4. Procesado y almacenamiento del semen

Se han probado multitud de diluyentes que permiten la protección adecuada para la célula espermática y que no influyen negativamente en su poder fecundante, permitiendo incrementar el volumen inicial para obtener un número mayor de dosis, y en el caso de semen congelado, su almacenamiento casi indefinido (Colas, 1984).

La leche descremada se emplea como diluyente base para la conservación del semen refrigerado de morueco, presenta la caseína como preservador de la integridad celular y la lactosa como fuente energética, a los que se añaden antibióticos. Este diluyente ha permitido, a lo largo de muchos años de uso, buenos resultados de fertilidad. Se han utilizado otros diluyentes sintéticos, que incorporan, junto a diversas concentraciones de yema de huevo, azúcares (glucosa y fructosa), electrolitos y compuestos zwitteriónicos (TES, TRIS, HEPES), a los que se añade yema de huevo (hasta 6% v/v) y glicerol

cuando se destinan para mantener el semen congelado (Colas, 1979).

Para reducir el metabolismo celular del espermatozoide, que permita prolongar su vida útil es necesaria la refrigeración. Las dos temperaturas utilizadas han sido los 5°C y 15°C, siendo esta última más empleada por razones de manejo. El semen diluido sufre un descenso térmico desde los 30-35°C hasta los 15°C a razón de 0,25°C/min., manteniendo esta temperatura hasta su aplicación.

Han sido probados, por numerosos autores, diferentes períodos de almacenamiento. En el caso de la leche descremada, no parece recomendable separar, en condiciones de campo, más de 4-6 h. la recogida-procesado del semen y la aplicación del mismo, mientras que en el caso de la yema de huevo este intervalo no debería ser mayor de 12 h. Para el semen congelado, se siguen diversas pautas de congelación, que permiten el almacenamiento indefinido a -196°C en nitrógeno líquido.

Para la elaboración de las dosis que se emplean en IA, con mantenimiento en refrigeración, se envasan un mínimo de 400 mill/espz, que se reducen hasta 30 mill/espz, en el caso de las dosis congeladas. El volumen comunmente empleado en las pajuelas de plástico de semen es, en ambos casos, de 0,25 ml. Por tanto, el rendimiento medio por eyaculado es de 7-12 dosis de semen refrigerado y hasta 100 de congelado.

### 2.3.5. Sincronización de las hembras a inseminar

La fisiología reproductiva de la oveja, con variaciones a lo largo del año, así como las características de los diferentes sistemas de producción ovina en Europa (tamaño de las explotaciones, disponibilidad de mano de obra, etc.), hacen necesario que la IA se realice en lotes de animales con SC mediante tratamientos hormonales, ya que de esta forma, se rentabilizan las actuaciones que la IA lleva asociadas (Evans y Maxwell, 1987; Baril *et al.*, 1993).

La sincronización de celo (SC) por métodos hormonales admite multitud de tratamientos de fácil aplicación. La base fisiológica de la que parten es la de provocar una fase luteal mediante progestágenos o acelerar la regresión de cuerpos lúteos mediante prostenoides. La aparición de las ovulaciones tendrá lugar horas más tarde, normalmente con la ayuda de PMSG. Con esta sistemática, se puede programar la inseminación de un grupo de animales a tiempo fijo con buenos resultados desde el punto de vista reproductivo.

Los métodos hormonales de SC llevan asociados el inconveniente de encarecer la técnica de IA y otros de tipo reproductivo como la menor fertilidad. Sin embargo se consigue una mayor eficacia desde el punto de vista zootécnico, que finalmente compensa.

Los progestágenos utilizados en la SC presentan diversas fórmulas sintéticas comerciales que se caracterizan por tener unos efectos farmacológicos considerablemente superiores a los naturales. La presentación de estos preparados es en implantes subcutáneos o mediante esponjas intravaginales, ambos garantizan la liberación lenta del producto activo. Los progestágenos más empleados en aplicación de esponjas intravaginales son el acetato de fluorogestona (FGA: 9 a-fluoro-11 b-hidroxi-17 a-acetoxipregn-4-n-3,20 diona) y la medroxiprogesterona (MAP: 6 a-metil-17 a-acetoxipregn-4-ene-

3,20 diona). Las dosis que se administran normalmente en ganado ovino, oscilan entre los 30-40 mg en el caso de la FGA y los 60-70 mg de MAP.

Las prostaglandinas se utilizan para provocar la luteolisis y consecuente ovulación, pero presentan el inconveniente de tenerse que emplear en animales en estación sexual y en fase luteal, requiriéndose una doble aplicación intramuscular con intervalos de 9-14 días, pudiendo además ser peligrosa su aplicación en animales gestantes al provocar abortos; otro efecto secundario que presentan es la disminución de espermatozoides en cervix y útero a las pocas horas post-coito. Estos compuestos no han tenido continuidad a gran escala en los programas de IA en las razas explotadas en Europa, aunque se emplea con cierta intensidad en países como Argentina, Chile y Uruguay.

El uso de la PMSG (Pregnant mare gonadotropin), hormona secretada en las cúpulas endometriales de las yeguas gestantes, se ha generalizado en varias especies de mamíferos domésticos para la provocación y SC por el efecto FSH/LH (0,2) que posee. Su empleo resulta casi imprescindible si se quiere alcanzar un buen grado de sincronía y concentración de celos y ovulaciones en pequeños rumiantes. El momento de ovulación en relación con la salida en celo se adelanta respecto a las condiciones naturales además de prolongar su duración y de presentarse con una gran concentración y repetibilidad en los grupos de hembras tratados. La PMSG se ha demostrado también beneficioso desde el punto de vista de un ligero aumento de la prolificidad, dentro de las dosis rutinariamente empleadas.

Los tratamientos de SC que habitualmente se emplean en la IA, de forma casi universal, se basan en la combinación de progestágenos y PMSG. Este método de SC se puede emplear en toda época del año (cosa que no sería realizable en el caso de utilizar únicamente progestágenos) y los resultados que se consiguen

son satisfactorios desde el punto de vista reproductivo, con un coste aceptable en función del valor comercial de las producciones ovinas.

Las pautas de utilización recomendadas por los laboratorios que se dedican a la elaboración de este tipo de preparados hormonales no son fijas, ya que su empleo puede verse modificado en función de factores como la edad y del estado productivo de las hembras, la época del año en la que se realice el tratamiento, etc. Desde el punto de vista práctico, se hace coincidir la retirada de las esponjas con la aplicación de las dosis de PMSG, aunque lo más indicado sería la administración de la hormona 24 h antes, ya que de esta forma mejoraría la simulación de los niveles naturales de FSH/LH que tiene esta hormona. Respecto al MAP sigue el mismo protocolo de empleo, con dosis de 60-70 mg por oveja. Los criterios generales de elección de las dosis de progestágenos deben tener presente la menor necesidad de principio activo y tiempo de implantación de las esponjas en época reproductiva desfavorable, debido a que el bloqueo ovárico es de por sí mayor que en estación favorable.

Por otro lado, es necesario mayores dosis de PMSG en condiciones de anoestro, variándose también en función de las características raciales de reproducción (menor dosis en razas prolíficas), estado de condición corporal de los animales y momento reproductivo (mayor intervalo de tiempo entre parto y tratamiento y mayor dosis en época desfavorable).

### 2.3.6. Deposición del semen en la hembra

Con SC mediante tratamientos hormonales, la deposición del semen se planifica a tiempo fijo tras la retirada de la esponja y la aplicación de la PMSG, con lo que se consigue trabajar en lotes de animales, economizando gastos de manejo.

Con el mencionado tratamiento, la IA con semen refrigerado se deberá realizar a las  $55 \pm 1$  h de la retirada de la esponja y aplicación de PMSG en ovejas adultas, ya que sería el momento en que más probabilidad existe de que se produzca la fecundación. La utilización de MAP o FGA no supone variación en el horario referido, aunque en el caso del CIDR se indica un uso más precoz de la IA entre las 51-53 h. Dado que el momento de ovulación se adelanta en hembras nulíparas, la inseminación de corderas se realiza entre la 50 y 52 h. (Colas, 1979). En el caso de la aplicación de semen congelado por vía intrauterina, el margen horario de aplicación es más amplio y tardío, dado que el espermatozoide no tiene que sufrir el ascenso a través de vagina-cervix-útero, recomendándose la aplicación entre las 60-72 h (Anel *et al.*, 1995).

El material utilizado con mayor frecuencia en la aplicación por vía vaginal del semen, son catéteres de acero inoxidable adaptados a los distintos modelos de pajuelas, con protección externa para evitar las posibles transmisiones de infecciones. El inseminador debe introducir el semen en la vagina lo más profundamente posible. El paso del primer anillo cervical es difícil, quedando el semen depositado en los primeros pliegues, que tienen un papel importante como reservorios espermáticos. Para la localización del fondo de vagina es frecuente la ayuda de un vaginoscopio, que puede presentar una fuente de iluminación. Tras la IA, igual que ocurre en MN, existe frecuentemente una gran pérdida de semen por expulsión vaginal que tiene peores consecuencias reproductivas en el primer caso, ya que, generalmente, la MN ofrece la posibilidad de que las hembras sean recubiertas en el mismo ciclo (Colas, 1984).

En el caso de aplicación intrauterina se precisa de un equipo más complejo de inseminación constituido por un laparoscopio con generador de luz fría, con catéteres de acceso a cavidad peritoneal y material de inseminación adaptado a los mismos (Baril *et al.*, 1993). El tipo de

pajuela empleado suele ser el mismo que en la IA exocervical, con protectores y aplicadores especiales para el acceso a útero. Para la aplicación de la dosis seminal, se inmoviliza la oveja en una posición que permita el acceso a la cavidad abdominal por encima de las mamas. Una vez visualizado el útero se aplica la mitad de la dosis en cada uno de los cuernos uterinos. El rendimiento por inseminador en cuanto a hembras inseminadas depende de la inmovilización, pudiendo alcanzar entre 30-40 ovejas por hora (Pérez *et al.*, 1993; Anel *et al.*, 1995).

#### 2.4. RESULTADOS REPRODUCTIVOS DE LA IA EN LOS PROGRAMAS DE MEJORA GENÉTICA.

La fertilidad alcanzada mediante IA en los diversos países que utilizan esta técnica en sus respectivos programas de mejora genética, se resume en la **tabla 4**.

El nivel de fertilidad con aplicación exocervical oscila entre 35% y 70%, mien-

tras que el caso de la intrauterina asciende a 50%-80%.

Hay que tener en cuenta que la técnica de IA queda circunscrita a países desarrollados, en los que han existido organizaciones capaces de poner en marcha sus respectivos esquemas de mejora genética. En el citado contexto, los dedicados a mejora genética de razas lecheras han tenido mayor grado de utilización de la técnica que los de objetivos de producción carne o lana. A título ilustrativo, en Francia se insemina el 29% de las ovejas de producción lechera, frente a sólo un 4% de las carniceras (Bouglér, 1992).

En cuanto a la prolificidad, normalmente se obtienen valores algo más altos a los habituales de la raza que se trate, debido al empleo de PMSG (Baril *et al.*, 1993).

Un aspecto importante en el desarrollo de la IA por vía exocervical es el alto grado de variabilidad en los resultados de fer-

**Tabla 4.** Resultados de fertilidad tras la IAO a gran escala en los países con programas de mejora genética.

PAÍS	RAZA	n	FERT(%)	OBSERVACIONES	AUTOR
AUSTRALIA	Merina	268.300	65	Semen congelado e IA intrauterina.	Evans, 1991
	Latxa	83.019	46	1984-94	Ugarte <i>et al.</i> , 1995
	Churra	46.900	35	IAC. 1986-94	Fuente <i>et al.</i> , 1995
ESPAÑA		12.217	60	IAU. 1991-94	1995
	Manchega	45.000	39	1988-94	CERSYRA, 1995
FRANCIA	Carne	45.000	55	Fines zootécnicos	Bouglér, 1992
	Lacaune	1.917.677	62	Mayo-junio	Aguer <i>et al.</i> , 1992
	Manech	48.448	46	1975-1983	Brice <i>et al.</i> , 1984
ITALIA	Sarda	12.000	45	IAC 1994	Sanna <i>et al.</i> , 1995
		320	55	IAU	
IRLANDA	Lowland	2.993	69	Mezcla de semen	Mc Konnen <i>et al.</i> , 1988
NUEVA ZELANDA	Merino	1.216	46	Dos CIA. Varias razas de machos	Harvey <i>et al.</i> , 1986

**Tabla 5.** Factores de variación que influyen en los resultados de fertilidad tras la IA con semen refrigerado por vía exocervical

<b>DEPENDIENTES DEL MACHO</b>	<b>DEPENDIENTES DE LA HEMBRA</b>	<b>DEPENDIENTES DE LA TECNOLOGÍA DE IA</b>
* Individuo, raza y edad	* Ganadería de origen	* Tratamientos de sincronización
* Época del año y fotoperiodo	* Época del año y fotoperiodo	* Momento y lugar de la aplicación seminal
* Calidad y número de espermatozoides/dosis	* Efectos sociales * Individuo y raza * Situación reproductiva * Estrés * Edad	* Número de inseminaciones * Personal inseminador

tilidad alcanzados, que en muchas ocasiones llega a comprometer la viabilidad de su empleo. En la **tabla 5** se han recogido los factores de variación de mayor peso que afectan a la fertilidad obtenida en la aplicación exocervical de semen refrigerado.

### **3. PERSPECTIVAS DE FUTURO DE EMPLEO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN LA ESPECIE OVINA**

#### **3.1. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL CON SEMEN REFRIGERADO**

El desarrollo de la IAO en España ha sido espectacular en los últimos años, habiéndose inseminado 14.000 animales en 1989, y estimándose las previsiones del número de animales a inseminar para 1997 por encima de los 60.000. La evolución tan favorable de esta técnica se ha debido a las pocas desventajas y muchas ventajas que presenta, siendo la más relevante desde el punto de vista zootécnico, la de permitir de una forma mucho más rápida que la monta natural, la difusión de aquellos caracteres genéticos mejorantes de las producciones animales. Todo ello

ha originado el desarrollo de un método de inseminación empleado de forma rutinaria en el ganado ovino, que básicamente es el siguiente:

- Método recogida seminal: vagina artificial
- Método conservación del semen: refrigeración
- Diluyente empleado: a base de leche descremada (11%)
- Número de espermatozoides/dosis: 400x10<sup>6</sup>
- Temperatura de conservación: +15°C
- Volumen de las dosis: 0,25 ml.
- Tiempo de conservación: 6-8 horas.
- Celos: inducido mediante la aplicación de esponjas intravaginales impregnadas en un progestágeno, inyectándose de 400 a 500 UI de PMSG en el momento de la retirada de la esponja.
- Momento de la IA: 55±1 h. de la retirada de la esponja
- Tipo de IA: exocervical.

La aplicación de semen refrigerado en ganado ovino siguiendo la metodología anteriormente descrita, ha reportado resultados de fertilidad muy variables y a veces poco consistentes (**Tabla 6**). Estos datos indican que a pesar de emplearse

este protocolo de forma sistemática, podemos obtener diferencias importantes en la fertilidad. Ello se debe a la existencia de diversos factores que limitan el empleo de la IAO con semen refrigerado (poder fecundante limitado en el tiempo del semen refrigerado, anatomía de la hembra, factores medio ambientales, etc.) y que por tanto hacen que las fertilidades obtenibles sean discretas e incluso que varíen notablemente de una explotación a otra, o dentro de una misma explotación en dos inseminaciones sucesivas.

### 3.2. MEDIDAS ENCAMINADAS A MEJORAR LA FERTILIDAD DEL SEMEN REFRIGERADO DE MORUECO.

Uno de los mayores problemas técnicos que presenta el desarrollo de la IAO con semen refrigerado, es el poder fecundante limitado en el tiempo que presenta el semen así conservado. Las células espermáticas de morueco refrigeradas a +15°C mantienen su motilidad hasta 24-48 h. después de la eyaculación, pero el poder fecundante de las mismas desciende de una forma brusca, transcurridas 6 h. desde su obtención. Este hecho limita notablemente la metodología de la técnica, ya que impide la extensión de la IA hasta explotaciones lejanas al centro de producción de dosis seminales, además implica el que las obtenciones seminales deban realizarse inmediatamente antes de cada inseminación, creándose en numerosas ocasiones problema en el manejo de los sementales a emplear.

El rápido deterioro de las células espermáticas parece deberse a la oxidación de los lípidos de la membrana plasmática, hecho que origina la muerte celular rápidamente. Las células somáticas presentan enzimas, cofactores y proteínas que las preservan de los efectos perjudiciales de la oxidación, sin embargo, estos mecanismos antioxidantes presentan un desarrollo muy escaso en los espermatozoides. La naturaleza ha privado a las células espermáticas de los mecanismos enzimáticos necesarios para impedir la oxidación de sus lípidos, limitándose así la vida fértil de dichas células. Por el contrario, la ausencia de estas sustancias antioxidantes permite a los espermatozoides adquirir su capacidad para fecundar de una forma rápida en el tracto genital femenino.

En el desarrollo de la metodología de conservación del semen refrigerado se han empleado técnicas que retrasan la oxidación de los compuestos lipídicos espermáticos, prolongándose así la vida fértil de los espermatozoides. En parte, este objetivo se logra disminuyendo el metabolismo celular manteniendo los espermatozoides a temperaturas de refrigeración y con una baja concentración de oxígeno atmosférico. Sin embargo, estas técnicas no son suficientes para prolongar el poder fecundante en el tiempo del semen líquido, por ello recientemente se han añadido a los diluyentes de forma experimental agentes antioxidantes e iones quelantes, con objeto de prolongar

**Tabla 6.** Resultados reproductivos de la IAO exocervical con semen refrigerado en España en los últimos años

RAZA	FERTILIDAD	PROLIFICIDAD	AUTOR
Churra	38%	1,4	Anel <i>et al.</i> , 1992
	26%	1,5	Boixo <i>et al.</i> , 1993
Manchega	44%	1,6	Montoro <i>et al.</i> , 1993
Latxa	53%	1,6	Urarte <i>et al.</i> , 1987
	46%	1,5	Hanocq <i>et al.</i> , 1993



la vida fértil de los espermatozoides. En la especie ovina la adición de estos agentes a los diluyentes (catalasa, etc.) ha permitido mantener durante 14 días la capacidad fecundante *in vitro* de las células espermáticas así conservadas, no habiéndose estudiado aún los efectos de estos compuesto sobre los resultados de fertilidad. Por tanto, cabe esperar el mismo efecto beneficioso de estas sustancias sobre la fertilidad *in vivo* de las células espermáticas de ovino conservadas por refrigeración.

Por otro lado, y con objeto también de mejorar el poder fecundante del semen refrigerado, se ha recurrido en los últimos años al proceso de la microencapsulación. La microencapsulación se define como aquel proceso mediante el cual se encierran células, tejidos o sustancias de diversa naturaleza dentro de una membrana semipermeable. Numerosas células y tejidos han sido encapsulados. Estas células se mantienen viables después de la encapsulación y la membrana semipermeable compuesta por polímeros de polilisisina, permite el intercambio de nutrientes y metabolitos. Nebel *et al.*, (1985) fueron los primeros que indicaron la posibilidad de microencapsular espermatozoides. Posteriormente, se empleó esta técnica para encapsular células procedentes de islotes pancreáticos, implantándose a ratas en las que se había originado una diabetes de forma experimental, observándose que dicho implante neutralizaba la diabetes durante tres semanas, sin originar rechazo de tipo inmune. Desde el punto de vista teórico esta técnica presenta una serie de ventajas de cara a su empleo en células espermáticas, siendo la más evidente la de mantener a los espermatozoides "encerrados" durante un período de tiempo prolongado, lo cual retrasaría la capacitación y el desencadenamiento de la reacción acrosómica hasta la disolución física de la cápsula, ya que en teoría, dicha cápsula mantiene los espermatozoides en un estado de latencia.

La encapsulación puede permitir la liberación del semen de una forma lenta

en aquellos animales que se inseminen al principio del estro, de tal forma que existirán espermatozoides viables en el lugar de fecundación durante la ovulación. Se han empleado una gran variedad de polímeros biodegradables para encapsular espermatozoides de toro y verraco, sin embargo los resultados obtenidos indican que la motilidad declina rápidamente, tanto *in vivo* como *in vitro*. Por tanto, el desarrollo de esta técnica para la conservación del semen líquido depende, en primer lugar del empleo de un buen método para inmovilizar de forma reversible los espermatozoides, y en segundo lugar, de la consecución de la encapsulación en algún material que se degrade a temperatura corporal. A pesar de los pocos resultados favorables existentes hasta el momento en este sentido, el desarrollo de una técnica de encapsulación adecuada para el semen de morueco sería de gran interés ya que, permitiría disminuir el número de espermatozoides aplicables por dosis y además prolongaría la vida fértil de las células espermáticas en el tracto genital femenino, aumentando así las posibilidades de fecundación.

### **3.3. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL CON SEMEN CONGELADO**

Algunos problemas originados por el empleo de la refrigeración como método de conservación del semen ovino pueden evitarse por medio de la congelación del material seminal. Sin embargo, la utilización del semen congelado en ganado ovino ha reportado resultados de fertilidad bajos e inconsistentes. Por ello su empleo a nivel práctico ha sido muy limitado. En los últimos años se han realizado numerosos trabajos para mejorar los resultados de fertilidad obtenidos con semen congelado de morueco. A continuación revisamos algunos de estos trabajos así como los hechos que justifican la importancia que la congelación del semen tiene para la IAO.

La congelación es un proceso muy complejo, pero sin duda es el mejor método de que disponemos en la actualidad

**Tabla 7.** Resultados reproductivos de la IAO exocervical con semen descongelado en España en los últimos años

RAZA	FERTILIDAD	PROLIFICIDAD	AUTOR
Manchega	57%	-	Vázquez <i>et al.</i> , 1988
	34%	1,6	Garde, 1993
Latxa	33%	1,8	Beltrán <i>et al.</i> , 1989

\* IAO doble y sobre celo natural

para la conservación del semen, teniendo una serie de ventajas sobre las demás técnicas, como son:

1. Conservación prácticamente indefinida en el tiempo.
2. Eliminación de riesgos naturales.
3. Racionalización económica del eyaculado.
4. Recogida de semen sólo en épocas óptimas.
5. Facilitar el testaje de sementales.

A pesar de todo ello, en ganado ovino los resultados obtenidos tras la aplicación del semen congelado por vía exocervical han sido, en general, muy desfavorables y sobre todo poco repetitivos (Tabla 7). Estos bajos porcentajes de gestación asociados al empleo de semen congelado de morueco han sido atribuidos a diversas causas.

### 3.4. MEDIDAS ENCAMINADAS A MEJORAR LA FERTILIDAD DEL SEMEN CONGELADO DE MORUECO

En los últimos años, se ha seguido investigando en la metodología de congelación del semen ovino para mejorar la resistencia de las células espermáticas a la congelación. En esta misma línea de trabajo, hemos encontrado que la causa de estos resultados negativos de fertilidad, tras la aplicación de las dosis congeladas por vía exocervical, radica en la presentación de un estado prematuro y sincrónico de capacitación en las células

espermáticas descongeladas. Por ello, pensamos que controlando este estado prematuro de capacitación podremos mejorar los resultados de fertilidad esperables. Trabajos preliminares realizados en este sentido con moruecos de raza Manchega, han demostrado que la congelación de eyaculados sucesivos, mejora notablemente la resistencia del acrosoma a los procesos de congelación, no observándose disminución en el rendimiento de las dosis obtenidas entre los primeros y terceros eyaculados. Estas investigaciones preliminares deben ampliarse, tanto *in vitro* como *in vivo* con objeto de incrementar resultados de fertilidad obtenidos tras la IA exocervical con semen descongelado.

Por otra parte, existen otros autores que han incorporado diversos agentes a los diluyentes para mejorar la congelabilidad del semen ovino. Así, se han utilizado distintos aminoácidos, polialcoholes, diferentes compuestos zwitterionicos o azúcares. En la mayoría de los casos, estos compuestos han mejorado la calidad seminal *in vitro* del semen descongelado, pero generalmente no han incrementado los valores de fertilidad cuando el semen así conservado ha sido aplicado por vía exocervical.

Por todo lo descrito anteriormente y con objeto de incrementar los resultados reproductivos de la IAO, se han desarrollado técnicas alternativas para la aplicación del semen congelado directamente

en el útero en el ganado ovino. Así existen trabajos que describen el empleo de una técnica de inseminación transcervical, mediante la cual indican haber obtenido resultados de fertilidad aceptables. No obstante, existen otros estudios que demuestran que el empleo de esta técnica es muy complicado y origina además, daños en la mucosa del tracto reproductivo en más del 50% de las ovejas inseminadas.

Por ello, actualmente se emplea la inseminación artificial intrauterina (IAU) por laparoscopia como alternativa para el aprovechamiento del semen ovino descongelado, obteniéndose unas tasas de fertilidad muy aceptables (Tabla 8). En España se ha conseguido mediante esta técnica aumentar la fertilidad hasta niveles del 66% en la raza Churra. Esto adquiere especial importancia en un Esquema de Selección, ya que la elevada fertilidad acelera el testaje de los machos, amortizando el coste del equipo de inseminación. Por otro lado, la IAU requiere un número de espermatozoides por dosis muy inferior a la inseminación cervical, de forma que es posible obtener hasta 100 dosis para IAU de un solo eyaculado. Trabajos de este mismo año realizados con ovejas de raza Churra han reportado resultados de fertilidad elevados después de inseminar con un número bajo de espermatozoides; no observándose diferencias significativas en las tasas de gestación para las tres concentraciones espermáticas estudiadas (25, 6 o 3x10<sup>6</sup> espermatozoides totales/dosis). Esta disminución en el número de espermatozoi-

des necesarios para mantener las tasas de fertilidad en unos niveles aceptables rentabiliza aún más el empleo de esta técnica en el ganado ovino.

De todo lo expuesto, se deduce que la aplicación del semen por vía IAU se presenta por el momento (hasta que la IA exocervical reporte resultados satisfactorios) como una técnica perfectamente válida para la deposición de las dosis seminales congeladas en ovejas Manchegas, obteniéndose unos resultados de fertilidad perfectamente compatibles con la economía de la técnica.

### 3.5. OTRAS POSIBLES ACTUACIONES ENCAMINADAS A MEJORAR LOS RESULTADOS DE LA IAO

Además del desarrollo de técnicas orientadas a la mejora de las metodologías de conservación del semen ovino (revisadas en los apartados anteriores), los resultados de la IAO pueden incrementarse por medio de actuaciones a otros niveles. Así, se ha intentado mejorar la sincronización entre ovulación e inseminación. Para ello, se ha utilizado la administración de GnRH en ovejas sincronizadas con esponjas intravaginales, pero los resultados de fertilidad obtenidos después de la IAO han sido inconsistentes.

Por otro lado, se ha investigado el efecto de la administración de HCG en el momento de la inseminación sobre los parámetros reproductivos de las ovejas tratadas. Los resultados preliminares son esperanzadores, ya que se ha observado

**Tabla 8.** Resultados reproductivos de la IAO intrauterina con semen descongelado en España

RAZA	FERTILIDAD	PROLIFICIDAD	AUTOR
Churra	65%	1,4	Anel <i>et al.</i> , 1992
Manchega	64%	1,7	Pérez <i>et al.</i> , 1993
Latxa	43%	1,4	Beltrán <i>et al.</i> , 1989

la formación de cuerpos lúteos de mejor calidad y una mayor secreción de progesterona en las ovejas tratadas que en las no tratadas, con lo cual cabe esperar una mejora en los resultados reproductivos debida a una disminución de la luteolisis temprana.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- AGUER, D., PAREZ, V., BELLOC, J.P., BRIOIS, M. 1992. Routine use of oestrus synchronisation and A.I. with fresh diluted semen a survey on 2.782.735 ewe lambs and adult ewes. 12 Int. Congress on An. Rep. Vol. II:1520-1522. The Hague.
- ANEL, L., BOIXO, J.C., ANEL, E., CARBAJO, M., DOMÍNGUEZ, J.C., OLMEDO, J.A., ÁLVAREZ, M., CHAMORRO, C., PAZ, P. 1992. Inseminación Intrauterina (laparoscopica) en ovejas: resultados preliminares de su aplicación en condiciones de campo. VI Jornadas Internacionales de Reproducción Animal e Inseminación Artificial. Vol. I: 354-359. Salamanca.
- ANEL, L., CARBAJO, M., DOMÍNGUEZ, J.C., ANEL, E., BOIXO, J.C., CHAMORRO, C., PAZ, P., OLMEDO, J.A. 1995. Técnicas de aplicación seminal en la inseminación artificial ovina. *Ovis*, 36:63-81.
- BARIL, G., CHEMINEAU, P., COGNIE, Y., GUERIN, Y., BEBOUEF, B., ORGEUR, P., VALLET, J.C. 1993. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. FAO Production et santé animales, 83. Roma.
- BELTRÁN DE HEREDIA, I., ARRESE, F., URARTE, E., LÓPEZ DE MUNAIN, J.M., GABIÑA, D., UGARTE, C. La inseminación artificial con semen congelado en la raza Latxa: Resultados preliminares. Rev. ITEA, Vol Extra nº 9: 250-252.
- BOIXO, J.C., ANEL, L., ANEL, E., CARBAJO, M., DOMÍNGUEZ, J.C., OLMEDO, J.A. 1993. Inseminación intrauterina con semen descongelado en ovejas de raza churra. Repercusiones sobre el Esquema de Selección. Rev. ITEA, Vol Extra Nº 12 (II): 498-500.
- BOUGLER, J. 1992. La loi sur l'élevage et l'organisation générale de la sélection en France. En: Productions animales. Núm. fuera de serie: 219-221. Ed. INRA. Paris.
- BRICE, G., CACHENAUT, J.B., COGNIE, Y., ROUSSELY, M., SALAÜN, J. 1984. Recherche des causes de subfertilité des troupeaux ovins laitiers des Pyrénées Atlantiques. 9 Journées Rech. ovine et caprine. 134-151. Ed. INRA. Paris.
- CERSYRA. 1995. Memoria de actividades en 1994. 35 pp. Valdepeñas.
- CHEMINEAU, P., CHUPIN, D., COGNIE, Y., THIMONIER, J. 1991. La maîtrise de la reproduction des mammifères domestiques. En: Reproduction chez les mammifères et l'homme. 655-676. Ed. INRA. Paris.
- COLAS, G. 1979. Fertility in the ewe after AI with fresh and frozen semen at the induced oestrus and influence of the photoperiod on the semen quality of the ram. *Livestock Prod. Sci.*, 6:153-166.
- COLAS, G. 1984. Semen technology in the ram. In Courot, M. Ed., The male in farm animal reproduction. Colloque CEE, 6-7 octobre 1983, Nouzilly, France. Martinus Nijhoff, La Haye, PP 219-236.
- EVANS, G. 1991. Application of reproductive technology to the Australian livestock industries. *Reprod. Fertil. Dev.* 3 (6) 627-650.
- EVANS, G., MAXWELL, W.M.C. 1987. Salamon's artificial insemination of sheep and goats. Butterworths. Sidney. 194 pp.
- FUENTE, D.F., BARO, J.A., SAN PRIMITIVO, F. 1995. Breeding programme for the spanish Churra sheep breed. FAO-CIHEAM cooperative research network on sheep and goats. 9 pp. Túnez.
- GARDE, J.J. 1993. Congelación de semen en la especie ovina: características biológicas de las dosis descongeladas. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid. 135 pp.
- HANOCQ, E., URARTE, E., UGARTE, E., ARRESE, F., GABIÑA, D., ARRANZ,

- J., OREGI, L., BRAVO, M.V., BELTRÁN DE HEREDIA, I. 1993. Situación y problemática del programa de mejora genética del ovino lechero de la Comunidad Autónoma Vasca. ITEA, Vol. 89A (2): 143-161.
- HARVEY, T.G., JOHNSON, D.L., BAKER, R.L., TRUST, B.K. 1986. Artificial insemination in sheep. Comparison of storage time, dose rate and insemination technique. Proc. NZ Soc. An. Prod., 46: 229-232.
- NEBEL, R.L., BAME, J., SAACKE, R.G., LIM, F. 1985. Microencapsulation of bovine spermatozoa. J. Anim. Sci., 60: 1631-1639.
- MAXWELL, W.C., HEWITT, L.J. 1986. A comparison of vaginal, cervical and intrauterine insemination of sheep. J. Agri. Sci. 106: 191-193.
- Mc KCONNEN, G., CROSBY, T.F., BOLAND, M.P., MURRAY, B.F., GORDON, I. 1988. Effect of progestagen type, sperm dose and timing of artificial insemination on ewe fertility. 9 Int. Congress on Rep. and Al. 274-276. Dublín.
- MONTORO, V., PÉREZ-GUZMAN, M.D., GARZON, A., GARDE, J., PÉREZ, S.S., RESCALVO, L.A. 1993. Evolución y problemas técnicos en el desarrollo del esquema de selección de la raza ovina Manchega. ITEA, Vol. 89A (2): 172-180.
- MONTORO, V., AGUADO, M.J., PÉREZ-GUZMAN, M.D., GARDE, J. 1995. Premisas para la utilización de la inseminación artificial ovina en España. Ovis, 36:11-16.
- PÉREZ, S.S., AGUADO, M.J., GARRIDO, D., PÉREZ-GUZMAN, M.D., MONTORO, V., GIL, D.C., GARDE, J. 1993. Inseminación intrauterina con semen descongelado en ovejas Manchegas. Resultados preliminares. XVIII Jorn. Cient. SEOC. 5 pp.
- SANNA, S.R., SANNA, A., CARTA, A., CASU, S. 1995. The Sarda dairy sheep production system: balance and perspectives of the breeding program. Meeting FAO-CIHEAM cooperative research network on sheep and goats. 7 pp. Túnez.
- TERVIT, H.R., GOOLD, P.G., JAMES, R.W., FRASER, M.D. 1984. The insemination of sheep with fresh or frozen semen. Proc. NZ Soc. Anim. Prod. 44: 11-13.
- UGARTE, E., URARTE, E., ARRANZ, J., ARRESE, F., BELTRÁN, I., OREGUI, L.M., BRAVO, M.V., GABIÑA, D. 1995. Estructura y organización técnica del programa de mejora genética y selección de las ovejas de raza Latxa y Carranzana en la Comunidad Autónoma del País Vasco. 18 pp. Granja Modelo. Arkaute.
- URARTE, E., GABIÑA, D., LÓPEZ DE MUNAIZ, J.M. 1987. La inseminación artificial ovina en la Comunidad Autónoma Vasca. Indices reproductivos medios y factores que afectan a su variabilidad. ITEA, Vol. Extra 7: 354-356.
- VÁZQUEZ, I., GRAHAM, E.F., MARTÍNEZ, F., ALCAIDE, M., SORIANO, I. 1988. Fertility with frozen ram semen in Manchego sheep. XI International Congress on Animal Reproduction. Vol 3: 305. Dublín.

**XXIV**  
**LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL**  
**OVINA. INFLUENCIA DEL**  
**MORUECO EN LOS**  
**RESULTADOS**

**M. CRUZ MIRA, J. M. CRUZ SALCEDO,**  
**M. A. GARCÍA SALCEDO Y R. FONTALBA GONZÁLEZ**

*Departamento de Producción Animal, Pastos y Forrajes*  
*Unidad Reproducción y Obstetricia*  
*Centro de Investigación y Formación Agraria*  
*Granada*



## I. INTRODUCCION

El dominio de las técnicas de Inseminación Artificial (IA), en los pequeños rumiantes y los buenos resultados alcanzados han impulsado últimamente a las Asociaciones de Ganaderos que aplican programas de mejora a demandar una mayor extensión de la IA, incluyendo el testaje de los machos ya que hasta el presente estos han permanecido como una incógnita en la cuantificación de su valor como mejoradores raciales, en especial sobre aquellos parámetros cuya expresión se manifiesta a través de la hembra.

Si bien los resultados de fertilidad empleando IA son satisfactorios, en el seno de una misma raza existen diferencias significativas entre moruecos, de aquí el que un conocimiento detallado de las capacidades fecundantes de los machos contribuirá de forma sensible a una mejora genética de los descendientes del mismo progenitor.

El empleo de la IAO presenta un triple interés zootécnico encontrando su máxima justificación en:

1º) Programas de mejora genética de poblaciones ovinas. Mediante el empleo racional de moruecos elegidos en función de su capacidad para transmitir caracteres de importancia económica.

2º) Incremento de la productividad de los rebaños. Posibilitando el empleo de los machos en cualquier época con resultados positivos.

Los ganaderos tienen necesidad de incrementar la productividad de sus rebaños, elevando al máximo su techo productivo, optimizando la capacidad de sus recursos alimenticios y todo ello conjugado con una buena gestión empresarial. La productividad y rentabilidad de las explotaciones de ovinos va a estar subordinada a que las funciones reproductoras puedan ser reguladas, ya que ello permite:

a) Aumentar el potencial productivo de las ovejas pero exigiendo:

- Aplicar correctamente el programa de cubriciones, para evitar períodos improductivos.

- Conocer los métodos de control de la reproducción, para obtener crías y/o leche en las épocas más favorables.

b) Racionalizar el trabajo en las granjas, permitiendo:

- Fijar las épocas de mayor atención en el manejo de los animales (cubrición, partos, destetes, ordeños, etc).

- Establecer los calendarios forrajeros adecuados al medio y a los animales y hacer las provisiones de almacenamiento de alimentos necesarias.

3º) Un refuerzo del nivel sanitario de los rebaños. Al exigirseles a los moruecos dedicados a la producción de semen un estado sanitario excelente y aplicarse en ellos programas de profilaxis y vigilancia sanitaria severos.

En definitiva, la IAO tiene un gran interés para la mejora de nuestros rebaños, pudiendo ser el motor de aceleración del progreso genético de nuestras razas ovinas y caprinas.

## II. LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN LAS POBLACIONES OVINAS DE CARNE: FACTORES DE VARIACIÓN

Al haberse convertido la IAO en una técnica reproductiva privilegiada para la difusión del progreso genético y de avance económico de las explotaciones ovinas, es muy interesante analizar los factores de los cuales depende la tasa de éxitos, con el objetivo de adaptar los márgenes del progreso técnico posible y de prever su evolución en las poblaciones ovinas de carne.



Las características reproductivas de los moruecos vienen determinadas genéticamente, existiendo amplias diferencias en su actividad sexual tanto a nivel de individuos como interracialmente. El parámetro mejor estimador del potencial sexual del macho lo constituye la TASA DE FERTILIDAD frente a hembras de su misma raza y/o estirpe.

Al expresarse el carácter fertilidad a través de la hembra la actuación del macho permanece siempre como una incógnita, siendo imposible cuantificar, salvo que se hayan adoptado técnicas de monta controlada o inseminación artificial, el potencial intrínseco que el macho posee para el carácter.

Las causas de variación del índice de fertilidad de los moruecos están ligadas por una parte al propio individuo, bien sean genéticas o relacionada con su edad, al tiempo que a la incidencia de factores de tipo ambiental, tales como el fotoperíodo y el régimen climático, las cuales pueden ser positivas o negativas a nivel individual, en tanto que las edades y pesos vivos medios de las ovejas fecundadas pueden interferir los resultados de fertilidad de los machos empleados en su fecundación.

### **III. FACTORES LIGADOS AL MORUECO**

Desde que seleccionamos morfológicamente un reproductor es interesante evaluar desde el mismo momento de iniciar su entrenamiento y adaptación a la vagina artificial una serie de parámetros, tanto del desarrollo alométrico de los testículos como de su conducta sexual, calidad seminal e índice de fertilidad, que nos aportan una información valiosa a la hora de seleccionar los futuros sementales.

#### **1) DIÁMETRO TESTICULAR**

El diámetro testicular (DT) se considera como la media aritmética, expresada en milímetros, del diámetro de ambos tes-

tículos, medido en el punto del diámetro máximo antero-posterior, deduciéndole el espesor de un pliegue de piel escrotal.

Son numerosos los autores que estiman el DT como un indicador muy correlacionado con la producción cuantitativa y cualitativa de semen, así como con la calidad seminal y la fertilidad del macho.

#### **2) CALIDAD SEMINAL**

La evaluación de la calidad seminal, como es sabido, se realiza tras la eyacuación, mediante determinaciones de orden FÍSICO - Volumen, Aspecto y Color -, MICROSCÓPICOS - Concentración espermática, Motilidad masal e Individual, Morfoanomalías espermáticas y acrosómicas -, BIOQUÍMICOS - Test de endósmosis, Concentraciones seminales de proteína, ácido cítrico y fructosa, etc -.

No obstante, hay que tener presente que la calidad seminal de un individuo no determina en modo alguno su poder fecundante, pero si es un buen estimador de la capacidad de fertilización del espermatozoide.

Desde el inicio de la actividad sexual en las poblaciones de moruecos se manifiestan diferencias significativas en los valores de su calidad seminal, tanto a nivel racial como individual, revelándose que tanto el carácter producción seminal como la actividad sexual están correlacionadas con la edad del morueco y el fotoperíodo.

En lotes de moruecos de raza Manchega, Sánchez y col.(1991) encuentran tasas de fertilidad individuales comprendidas entre el 40 y 81, 8 por ciento si bien el número de hembras inseminadas era bastante bajo ( $\leq 10$ ), en el mismo sentido, Pons y col. (1991) estudiando el comportamiento de 33 moruecos de raza Manchega mediante análisis de varianzas multifactorial encuentran el efecto morueco altamente significativo ( $P \leq 0.001$ ). En raza Churra, Olmedo (1989) encuentra tasas de fertilidad individual con rangos

para la misma época y año comprendidos entre el 20 y el 51 por ciento.

En raza Segureña (Tabla nº 1), asimismo, se confirman diferencias a veces muy acusadas para el mismo parámetro de la evaluación seminal. Estos resultados tienen una gran trascendencia en materia de selección ya que mientras determinados animales mantienen un nivel de fertilidad elevado (machos 35 y 306), por el contrario, otros presentan un índice siempre bajo (machos 79 y 9099), de lo que se puede concluir que la tasa de fertilidad esta impresa en el código genético de cada morueco, pero no correlacionada con los valores de su calidad seminal.

### 3) EDAD DEL MORUECO

Los efectos de la edad sobre la capacidad para la producción de semen son difíciles de separar de los efectos debidos a los cambios en el tamaño corporal. Un hecho cierto es que los efectos negativos

desaparecen una vez superado el crecimiento y conforme avanza la edad.

En condiciones de campo la aplicación de un programa de mejora requiere conocer con la menor edad posible el valor genético de los reproductores, siendo este uno de los objetivos prioritario desde los puntos de vista técnico y económico. Por otra parte, está admitido que en edades jóvenes los eyaculados son de peor calidad y por consiguiente de más bajo poder fecundante que en los adultos. Cuando los efectos de la edad se conjugan con el período ascendente de luminosidad la actividad de los machos decrece existiendo en este aspecto diferencias individuales sumamente amplias.

En general, los rendimientos cuantitativos y cualitativos de la producción seminal, según la edad de los animales, son dependientes de la raza y de la fecha de nacimiento. Este comportamiento debe ser tenido en cuenta cuando se inicia la valoración de los jóvenes machos, acon-

**Tabla nº 1.** Valores medios de la calidad seminal e índice de fertilidad obtenido por inseminación artificial (vía cervical) de moruecos adultos de raza Segureña.

Cruz Mira, 1995

Número collar morueco	Volumen de datos	Volumen seminal ml.	Concentración Espermatoz. mm <sup>2</sup>	Nº Total Espermatoz. Eyaculado	Índice de Fertilidad
34	56	0.76 a	3425 ab	2617 a	60.7 c
9093	240	0.87 b	5405 g	4814 d	65.8 cd
304	61	0.92 bc	4292 e	4089 bc	55.7 bc
301	59	0.94 bcd	4084 de	3958 bc	69.5 cd
80	228	0.98 cd	49280 f	4913 d	63.1 cd
33	90	1.01 cde	3743 bcd	3875 b	58.9 bc
35	67	1.05 de	4880 f	5178 d	79.1 e
306	188	1.12 ef	3582 abc	4060 bc	73.4 de
79	91	1.18 f	3788 cd	4494 cd	49.4 b
9099	132	1.33 g	3185 a	4244 bc	30.3 a
Medias	-	1.011	4192	4237	60.8

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0, 05$ ).

**LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL OVINA. INFLUENCIA DEL MORUECO EN LOS RESULTADOS**

**Tabla nº2.** Valores medios de la calidad seminal de moruecos de raza Segureña, según la edad.

Cruz Mira, 1995

Edad de los moruecos meses	Número de datos	Volumen seminal ml.	Concentración Espermatozo. mm <sup>2</sup>	Nº Total Sptz Eyaculado.
≥ 6 ≤ 12	123	0.778 a	2639 a	2217 a
≥ 12 ≤ 24	199	0.917 b	3226 b	2953 b
> 24	763	1.011 c	4192 c	4237 c

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente P < 0.05

sejándose que antes de proceder a su eliminación por bajo rendimientos seminales, tener en cuenta que el morueco no manifiesta su verdadero potencial hasta no superado el año de vida. (Tabla nº 2).

Vigil y col.(1985) en moruecos Manchegos encuentra un correlación positiva entre la edad y la capacidad fecundante de los machos, por el contrario Olmedo

(1987), en moruecos de raza Churra obtiene una débil correlación entre la edad y la tasa de fertilidad, achacando las diferencias respecto a otros autores en la no correspondencia entre los grupos de edades de los machos analizados.

En raza Segureña, los efectos sobre la fertilidad del factor edad muestran que los valores obtenidos cuando los moruecos

**Tabla nº 3.** Valores medios del índice de fertilidad, obtenido por inseminación artificial (vía cervical), en moruecos Segureños, según su edad.

Cruz Mira y col. 1993

Número del macho	Índice Fertilidad Anual	Índice Fertilidad según Grupos de edades	
		> 12 ≤ 24 meses	> 24 meses
9099	30.3 a	41.7 a	27.8 a
79	49.4 b	50.0 a	49.0 b
304	55.7 bc	52.2 a	57.9 bc
33	58.9 bc	66.7 b	57.3 bc
34	60.7 c	50.0 a	60.7 bc
80	63.1 cd	71.5 bc	54.4 bc
9093	65.8 cd	76.5 bcd	65.0 cde
301	69.5 cde	81.8 cd	66.7 cde
306	73.4 de	80.9 cd	72.4 de
35	79.1 e	85.0 d	76.6 e
Media	60.8	66.1 a	59.2 b

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente P > 0.05  
Media: Distinta letra dentro de la misma fila diferencia significativa P > 0.05

tienen edades comprendida entre los uno y dos años son superiores y estadísticamente significativos frente a los obtenidos con edades mayores de dos años (Tabla nº 3).

No obstante, sobre este extremo conviene matizar que las diferencias observadas, tal vez se deban a los períodos del año en que se han obtenido los datos para ambas edades; pues parte de estos machos cumplieron los dos años a principios de invierno con lo cual participaron una sola vez en cubriciones de primavera época en que la tasa de fertilidad es menor, hecho especialmente trascendente en los individuos de menor calidad genética para el factor fertilidad.

En definitiva, marcando el binomio edad del morueco / fotoperíodo no solo la producción espermática sino la capacidad fecundante del semen, el testaje de reproductores machos debe ir precedido de un cuidadoso estudio cuantitativo, cualitativo

y bioquímico de los eyaculados especialmente en los moruecos en sus edades jóvenes ( $\leq 12$  meses) con el fin de no eliminar raceadores que por su época de nacimiento y fecha del año en que hayan tenido lugar las inseminaciones estas condicionen la expresión del valor real de su capacidad fecundante.

#### IV. FACTORES NO LIGADOS AL MORUECO

Los resultados reproductivos en programas de IAO no solo son dependientes de las condiciones y calidad de los moruecos o incluso, de la mayor o menor especialización de los equipos que la ponen en práctica. Abundantes estudios han evidenciado la existencia de fuentes de variación ajenas al reproductor que no solo distorsionan los resultados sino que incluso a veces pueden constituirse en factores limitantes para el desarrollo de la técnica.

**Tabla nº 4.** Valores medios del índice de fertilidad, obtenido por inseminación artificial (vía cervical), de moruecos Segureños, según el fotoperíodo.

Cruz Mira y col. 1993

Número collar morueco	Índice Fertilidad anual %	Índice fertilidad según la fase lumínica	
		Ascendente %	Descendente %
9099	30.3 a	16.7 a	43.3 a
79	49.4 b	47.9 bc	51.1 ab
304	55.7 bc	30.8 ab	62.5 bc
33	58.9 bc	61.7 cd	55.8 b
34	60.7 c	63.1 cd	55.5 b
80	63.1 cd	58.8 cd	67.9 cd
9093	65.8 cd	60.8 cd	70.8 d
301	69.5 cde	74.2 e	62.5 bc
306	73.4 de	75.0 e	72.5 de
35	79.1 e	72.4 de	84.2 e
Media	60.8	57.0 a	64.1 b

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

Media: Distinta letra dentro de la fila diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Entre las causas externas de variación en la tasa de fertilidad de los moruecos se señalan unas con origen medioambiental entre las que se citan la estación del año o amplitud media diaria de la luminosidad y el régimen climático y otras inherentes a las edades y pesos medios de las hembras con las cuales se pretende contrastar el poder fecundante del morueco.

### 1) VARIACIONES ESTACIONARIAS O FOTOPE-RIODO

El fotoperíodo, entre los ovinos, es el factor primario que controla las épocas de actividad sexual. En nuestras latitudes, los ovinos se reproducen naturalmente durante el periodo de días de luz decrecientes, con una baja actividad sexual en primavera, más o menos acentuada, según las razas y los individuos.

Son numerosos los autores que señalan el fotoperíodo como el principal factor medioambiental que influye sobre los

resultados reproductivos de los pequeños rumiantes mientras que achacan un papel moderador de la actividad sexual, principalmente, a la temperatura y la humedad ambiental (Folch, 1984; Thimonier et al. 1986; Langford et al. 1989 y Roca, 1989).

La influencia de las variaciones del ritmo circadiano sobre la glándula pineal o epífisis y consecuentemente en la producción de melatonina puede ser la causa de las diferencias en la tasa de fertilidad de los machos en las distintas épocas del año, estando en relación directa con el grado de sensibilización del hipotálamo a los esteroides gonadales (López Sebastián, 1989). En general, el poder fecundante de los espermatozoides del morueco es muy dependiente de las condiciones de luminosidad (Ortovan, 1958), siendo en primavera significativamente más bajo que en otoño. (Colas, 1981).

El efecto estación del año no se manifiesta con la misma intensidad, (Tabla nº

**Tabla nº 5.** Valores medios del índice de fertilidad obtenido por inseminación artificial (vía cervical), de moruecos Segureños, según la estación del año.

Cruz Mira y col. 1993

NÚMERO COLLAR moruecos	Anual %	ESTACIONES DE INSEMINACIÓN		
		Primavera /28 Marzo %	Verano 27/30 Julio %	Otoño 20/24 Nov. %
35	77.4 d	72.4 de	83.3 e	80.0 d
306	76.4 d	76.4 de	80.0 de	74.3 cd
9093	68.3 cd	61.1 c	71.4 cd	79.5 d
301	68.2 cd	78.6 e	45.4 a	73.7 cd
34	60.7 bc	63.1 cd	72.7 cd	28.6 a
80	60.3 bc	50.0 c	76.7 de	63.6 c
33	58.9 bc	61.7 c	66.7 bc	51.6 bc
304	55.7 b	35.7 b	65.0 bc	59.2 bc
79	49.4 b	47.9 bc	41.6 a	54.8 bc
9099	31.7 a	17.8 a	63.3 bc	27.0 a
Media	59.0	54.1 a	68.5 b	59.1 a

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente  $P < 0.05$ .  
Media: Valores con distinta letra dentro de la misma fila difieren significativamente  $P < 0.05$

4), evidenciándose individuos muy sensibles con tasas de fertilidad muy bajas frente a otros cuyo poder fecundante no es fotodependiente, de aquí que en ciertas estaciones del año el empleo de algunos reproductores sea aleatoria, tanto en el caso de monta natural como empleando IAQ.

Arrese y col. (1989) en la raza Lacha y para un período de buena actividad sexual (Junio / Septiembre) aprecian una evolución del índice de fertilidad ascendente entre una y otra fecha. Asimismo, Pons et al. (1990), estudiando el comportamiento de un grupo de moruecos de raza Manchega concluyen en que la época del año en la que se efectúan las inseminaciones presenta un efecto significativo sobre el índice de fertilidad de los machos.

En las razas ovinas de carne, por su especial sistema de explotación, es obligatorio medir la eficacia fecundante de los moruecos a través de todo el año, para fijar con precisión su coeficiente de variación y seleccionar aquellos cuya variabilidad sea menor e incluso que esta sea nula. (Tabla nº 5).

## 2) FACTORES AMBIENTALES

Son abundantes los estudios que muestran de forma unánime la influencia de los agentes climáticos en la producción cuantitativa y cualitativa del eyaculado. Entre los factores climáticos que tienen una importancia particular, en nuestro país, se encuentran las altas temperaturas, que se traducen por una disminución del ardor sexual y alteraciones de la espermatogénesis.

Sin embargo, el efecto de la humedad ambiental si bien se ha señalado como fuente de variación en ninguno de los trabajos consultados por nosotros se relaciona el comportamiento de los moruecos frente al binomio temperatura/humedad relativa a través del año ya que en nuestro criterio ambos parámetros se correlacionan según las combinaciones de sus valores unitarios en un período determinado de tiempo.

Vigil, (1987), en moruecos Manchegos y Karakul observa la existencia de diferencias netas en la respuesta racial a los estímulos ambientales, indicando que tales estímulos no se agotan con el foto-

**Tabla nº 6.** Valores medios de la tasa de fertilidad anual y estacional, obtenidos por inseminación artificial (vía cervical) en moruecos Segureños, según el grupo del binomio temperatura / humedad relativa. Cruz Mira y col. 1993

Período Experimental	GRUPOS CLIMÁTICOS			
	I	II	III	IV
Estación climática	> 25° ≥ 75 % %	> 25° ≤ 75 % %	< 25° ≥ 75 % %	< 25° ≤ 75 % %
Anual	62.9 bc	72.1 c	60.9 b	52.6 a
Primavera	-	-	60.6 b	50.4 a
Verano	62.9 a	72.1 b	-	-
Otño	-	-	61.1 a	56.5 a

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma fila difieren significativamente  $P < 0.05$

período y la temperatura ambiente sino que debe contemplarse la acción integrada o aislada de otros factores especialmente la humedad relativa. Asimismo, Waleed y Jalal, (1985) en moruecos Awassi y Hamdani encuentran una actividad sexual más reducida en invierno cuando bajas temperaturas se acompañan de un alto índice de humedad relativa, similares resultados han sido observados por Galal et al. (1978), en moruecos Merino y Ossimi.

Un análisis comparativo de los efectos del binomio temperatura / humedad relativa llevado a cabo con un lote moruecos de raza Segureña sobre el índice de fertilidad muestra (Tabla nº 6) como las respuestas de los moruecos están condicionadas más que por el régimen de temperaturas o el grado de humedad relativa consideradas aisladamente, por la acción conjunta de ambos parámetros detectándose diferencias significativas de la gradiente higrométrica respecto del nivel de temperaturas. Un bajo porcentaje de humedad relativa presenta respuestas significativamente diferentes a tenor con la temperatura máxima, de aquí que los peores resultados se obtengan cuando sucediéndose temperaturas bajas estas vayan acompañadas de un bajo nivel de la humedad relativa.

En nuestro criterio, se pone de manifiesto no solo las distintas sensibilidades de los individuos frente al ritmo circadiano de la luz sino también ante el régimen climático, confirmando a su vez la incidencia significativa de las respuestas habidas en relación directa con el rango del binomio temperatura/humedad relativa especialmente durante la primavera.

De los razonamientos anteriores se deduce como bajo ciertas condiciones climáticas los efectos de esta actúan sinérgicamente con los causados por el fotoperíodo sobre los individuos agudizando el descenso de la tasa de fertilidad.

### **3) EDAD DE LAS OVEJAS**

Las fecundaciones de las hembras inseminadas artificialmente, pueden verse

mediatizadas por la edad de las mismas distorsionando el índice de fertilidad correspondiente al macho con el cual estas han sido inseminadas.

En razas autóctonas, Gabiña y Folch (1987) con Raza Aragonesa aprecian un incremento de la fertilidad entre los uno y tres años y una caída de la misma a partir del tercer año de vida siendo esta notable en edades  $\geq$  a los 7 años. Urarte y col. (1989), en raza Lacha ponen de manifiesto la influencia de la edad de la oveja a la IAO indicando que existe un período de vida de las ovejas - 2 a 6 años ambos inclusive -, en el que se obtiene una respuesta óptima, apreciándose una caída significativa en las ovejas que cuentan con seis o más años. Pons y col. (1990) en ovejas Manchegas encuentran un efecto significativo de la edad con un descenso de la curva que se inicia desde los cinco hasta las que se inseminaron con ocho o más años de vida.

En raza Segureña, la edad de la oveja afecta de forma significativa la tasa de fertilidad de los machos con las cuales han sido inseminadas, poniéndose de manifiesto la existencia de un incremento no lineal de dicho parámetro reproductivo de modo que se define una curva en la evolución etaria de la fertilidad caracterizada por un ascenso entre los uno y tres años de edad, una caída ligera no significativa de la fertilidad entre el límite del agrupamiento anterior y los seis años de vida, y una inflexión profunda y caída notable de la tasa de fertilidad en edades superiores a los seis años. (Tabla nº 7).

Nuestros resultados confirman un comportamiento similar a los anteriores. No obstante, se aprecia una variabilidad significativa correlacionada con la estación del año. En definitiva, en los esquemas de selección y testaje de machos deben ser inseminadas ovejas cuyas edades estén comprendidas entre el año y medio y los cuatro años de vida, no siendo recomendable inseminar hembras con edad  $\geq$  a 8 años por sus bajos índices de fertilidad.

**Tabla nº 7** -Valores medios del índice de fertilidad obtenido por inseminación artificial (vía cervical) de moruecos Segureños, según las edades de las ovejas y la época del año.

Cruz Mira y col. 1993

Edad ovejas años	Anual	Estaciones del año		
		Primavera	Verano	Otoño
1 1/2	65.1 c	65.0 c	73.8 b	46.4 ab
2	62.0 c	57.4 bc	80.9 b	64.6 c
3	67.1 c	51.1 ab	77.8 b	72.9 c
4	59.6 bc	48.0 ab	78.9 b	65.7 c
5	56.8 bc	58.7 bc	57.1 a	50.0 b
6	60.2 bc	63.9 c	47.9 a	63.0 bc
7	47.4 ab	45.3 a	50.0 a	48.7 ab
8	41.8 a	50.0 ab	-	37.0 a

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente  $P > 0.05$ .

De lo que se deduce que cuando existe heterogeneidad en las edades de los lotes de ovejas y comprendidas estas entre los dieciocho meses y seis años en diseños experimentales para estudios del índice de fertilidad en moruecos las mismas pueden condicionar los resultados distorsionando el valor intrínseco para el factor del morueco en testaje.

## 2) Peso vivo o condición corporal de las ovejas

Son numerosos los estudios que han analizado la interferencia sobre los resultados reproductivos de las ovejas relacionados con su estado de carnes, aconsejándose para razas autóctonas (Purroy, A. 1985) el que los animales deben llegar a la cubrición con una CC entre los 2.50 a

**Tabla nº 8.** Valores medios de los parámetros reproductivos a término de ovejas Segureñas inseminadas cervicalmente, según el peso vivo medio.

Cruz Mira y col. 1.993

Estado de carnes	Peso vivo medio Kg.	Condición corporal	Fertilidad %	Prolificidad x 100 ovejas	Fecundidad x 100 ovejas
Muy delgadas	42,423 a	2,00	59.2 a	151 a	89 a
Delgadas	48,053 b	2,50	58.4 a	153 a	89 a
Normales	51,877 c	2,75	64.0 a	159 a	101 b
Buen estado	58,457 d	3,10	65.7 a	174 b	114 c

Lectura: Los valores con distintas letras dentro de la misma columna difieren significativamente ( $P > 0,05$ ).



3.0 puntos (de acuerdo a la escala de Rusell y col. 1975), para asegurar la maduración/ovulación folicular, manifestaciones claras de celo o la implantación y supervivencia del embrión/es.

Evidentemente este factor tiene un efecto acusado cuando se emplea la IA. En época de actividad sexual y raza Vendéen Rouge de l' Ouest Montassier, (1983) encuentra diferencias de 18 a 20 puntos en la fertilidad de las ovejas entre el estado 1 (delgadas) y el estado 3 (buen estado). En raza Churra, Olmedo y Merino (1988) observan diferencias de 19 puntos para los mismos estados de carne.

En ovejas segureñas (Tabla nº 8), para el mismo estado de carnes y equivalencia en C.C de 2, 2.5, 2, 75 y 3 puntos y pesos vivos medios de 42, 4, 48, 51, 9 y 58, 4 kgr. encontramos diferencias no significativas para el índice de fertilidad, pero sí para la prolificidad de 23 puntos entre el estado 1 y 4. Ello conduce a la obtención de unas cotas de productividad con diferencias altamente significativas entre los estados 1 y 2 frente al 3 y 4, con incremento del 12 y 25 por ciento, respectivamente en la tasa de fecundidad.

De ello se puede concluir, para la puesta en práctica de la IA en razas ovinas de carne dentro del contexto de un programa de mejora la necesidad de aplicar la técnica sobre ovejas cuya condición corporal o estado de carnes sea el normal para la raza.

## V. ANÁLISIS MULTIFACTORIAL DE LOS EFECTOS

Si bien hemos analizado los resultados individualmente respecto de su incidencia en la tasa de fertilidad de los machos, sin embargo, es posible la interferencia positiva o negativa de la suma de dos o más de los efectos estudiados, de aquí que hayamos considerado esta posibilidad, estudiando su comportamiento conjunto.

El análisis de varianzas multifactorial (Tabla nº 9), muestra un alto nivel de significación. Sin embargo, pormenorizando las respuestas habidas frente a cada factor se observa como los efectos debidos al individuo y la estación del año condicionan fuertemente los resultados al tiempo que la edad de la hembra y el rango del binomio temperatura/humedad relativa deter-

**Tabla nº 9.** Anova de los efectos individuo, de medio y ambientales en un grupo de moruecos Segureños para el índice de fertilidad obtenido por inseminación artificial (vía cervical).

Cruz Mira y col. 1993

Período de tiempo	Anual	ESTACIONES DEL AÑO		
		Primavera	Verano	Otoño
Efectos Principales	7.880 ***	6.313 ***	1.380 n.s	4.218 ***
· Morueco	9.580 ***	6.750 ***	1.295 n.s	5.152 ***
· Edad/morueco	1.280 n.s	1.060 n.s	0.480 n.s	0.383 n.s
· Edad/ovejas	2.110 *	0.941 n.s	1.428 n.s	1.830 n.s
· Estación año	7.874 ***	-	-	-
· Grupo/Clima	3.733 *	3.977 *	1.535 n.s	0.838 n.s
Interacciones	1.710 *	-	-	-
· Morueco/Estac.	1.710 *	-	-	-

Lectura: n.s = no significativo; \* =  $P < 0.05$ ; \*\* =  $P < 0.01$ ; \*\*\* =  $P < 0.001$ .

minan, aunque mucho más débilmente, diferencias estadísticamente significativa, frente a la edad del macho la cual no manifiesta efectos sobre los resultados.

No obstante, los resultados no son lineales respecto de la época del año en que han sido obtenidos. Así, frente a primavera y otoño en las cuales los efectos mantienen su significación, en verano sea cual sea el efecto este no tiene efecto significativo sobre la tasa de fertilidad.

De ello puede deducirse, ante la posible selección de moruecos como raceadores, que la interpretación sobre la fertilidad del macho independientemente de ser un carácter propio del individuo su manifestación puede presentar variaciones significativas a tenor con la época del año en que los resultados han sido obtenidos con lo cual su valoración debe estar precedida de observaciones sobre el comportamiento en todas las estaciones del año.

## VI. CONCLUSIONES

La exposición que hemos hecho sobre el nivel de los estudios y el grado de los avances en la aplicación de la IAO nos indica el buen momento de los mismos, tanto por la calidad como por el desarrollo que la técnica esta teniendo, especialmente para la ejecución de programas de mejora genética.

Si bien los resultados son satisfactorios, se observan diferencias notables a nivel de individuos tanto para su calidad gamética como para su poder fecundante. De nuestros estudios se concluye:

a) La actividad sexual y capacidad fecundante del morueco, si bien se extiende a través de todo el año, está ligada para el índice de fertilidad al valor intrínseco de cada individuo viniendo determinado en su código genético.

b) La exteriorización del potencial reproductor del macho es plena a partir

del año de edad, no obstante, los efectos de esta cuando se conjugan con el fotoperíodo ascendente interfieren significativamente la expresión máxima de fertilidad, por lo cual la fecha de nacimiento del morueco debe ser tomada en consideración.

c) La fotodependencia y sus efectos sobre la tasa de fertilidad tienen carácter estacional independiente propio de cada individuo y con un alto coeficiente de variabilidad. Los programas de valoración genética y selección de reproductores machos deben ir precedidos necesariamente de la contrastación del índice de fertilidad individual en todas las épocas del año.

d) Al estar comprobado los efectos sobre la fertilidad del régimen climático (temperatura / humedad relativa), durante el período de fecundación ovular, y en programas de testaje de moruecos, debe incluirse como factor de corrección la relación temperatura / humedad relativa bajo las cuales se realicen las inseminaciones de las hembras.

e) Constituyendo la edad de las hembras una fuente de variación significativa para la expresión máxima del potencial reproductor del morueco, la contrastación del valor genético de los candidatos a la selección solo se realizaran con fecundaciones de hembras cuyas edades estén comprendidas entre los dieciocho y noventa y seis meses de edad (1.5 a 4 años).

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- ARRESE, F.; BELTRÁN DE HEREDIA, I.; GABIÑA, D.; LÓPEZ DE MUNAIN, J.M. y ARRANZ. (1991): Influencia de algunos factores de manejo sobre los resultados de inseminación artificial en las razas latxa y carranzana ITEA, vol. 11, 1, 52-54.
- BELTRÁN DE HEREDIA, I.; ARRESE, E.; URARTE, J.M.; LÓPEZ DE MUNAIN, J.M.; GABIÑA, D. y UGARTE, C. (1991), ITEA, vol. 11, 2, 250-252.

- COLAS, G. (1979): Fertility in the ewe after artificial insemination with fresh and frozen semen at the induced oestrus and influence of the photoperiod on the semen quality of the ram. *Livestock Production Science*, 6, 153-166.
- COLAS, G. y GUERIN, Y. (1979): L'insemination artificielle chez les ovins: Acquisitions et perspectives. 5<sup>a</sup> Journées de la Recherche Ovine et Caprine, l'Amélioration génétique des espèces ovine et caprine. ED. ITOVIC, 162-185.
- COLAS, G.; MENISSIER, P.; COURROT, M. y PAQUIGNON, M. (1984): Technologie de l'insemination artificielle et fertilité du male. ITOVIC.
- FOLCH, J. (1984): The influence of age, photoperiodism and temperature on semen production of rams, pp.141-160. En *The male in farm reproduction*. Ed. Courrot, 377 pp. Martinus Nijhoff Publishers. Holand.
- GABIÑA, D.; FOLCH, J. (1987): La inseminación artificial ovina. Resultados de su aplicación en un programa de selección en la raza Rasa Aragonesa. ITEA, n<sup>o</sup> 68, 15-25.
- GALAL, E.S.E.; EL-GAMAL, A.A.; ABOUL NAGA, A. and EL FOULY, M.A. (1978): Male reproductive characteristics of Merino and Ossimi and their crosses. *Animal Production*. 27, 261-267.
- GUERIN, Y. (1990): Méthodes de conservation de la semence ovine. *El & Ins*. 236, 3-14.
- LÓPEZ SEBASTIÁN, A. (1989): Estacionalidad de la reproducción. *Ovis*, 1, 59-73.
- MONTASSIER, M. (1983): Insemination artificielle: Influence de l'état des brevis sur la fertilité. *Patre*, n<sup>o</sup> 307, 9.
- OLMEDO, J.A. (1987): Resultados de inseminación artificial en ganado ovino de raza Churra. ITEA, vol. 7, pp. 481-494.
- OLMEDO, J.A. y MERINO, E. (1988): Una nota sobre los resultados preliminares de inseminación artificial del ganado ovino de raza churra. ITEA, n<sup>o</sup> 74, 40-45.
- OLMEDO, J.A. (1989): Resultados de inseminación artificial en ganado ovino de raza Churra. III Jornadas Internacionales Reproducción Animal e Inseminación Artificial. León, 481-493.
- ORTOVANT, M. (1958): Le cycle spermatogénétique chez le belier. Thèse Doctor Science. Universidad de París citado por Vigil y col. (1986). Monografías ONE, Especial Ovino.
- PONS, P.; REGATERO, L.; PÉREZ GUZMÁN, L. y MONTORO, M.D. (1990): Inseminación artificial en ovino manchego. Resultados obtenidos en distintas épocas del año. Actas 5<sup>o</sup> Jornadas Internacionales de Reproducción Animal e Inseminación Artificial, Zaragoza, vol. Comunicaciones, pp. 297-300.
- PONS, P.; REGATERO, L.; PÉREZ GUZMÁN, L. y MONTORO, M.D. (1990): Fertilidad y prolificidad en función de la edad de hembras ovinas Manchegas inseminadas. Actas 5<sup>o</sup> Jornadas Internacionales de reproducción Animal e Inseminación Artificial, Zaragoza, vol. Comunicaciones, pp. 301-305.
- PURROY, A. (1985): Influencia de la alimentación sobre el ciclo reproductivo de la oveja. Monografías ONE, Septiembre 85, 69-76.
- ROCA, J.; MARTÍNEZ, E; VÁZQUEZ, J.M. (1991): Factores fisiológicos que influyen en la actividad sexual del macho cabrío. ITEA, vol. 87 A (1) 3-15.
- SÁNCHEZ, J.; GARDE, J.; MONTORO, V.; PONS, P.; G<sup>a</sup> ARTIGA, C.; FERNÁNDEZ, J y RUIZ POVEDA, J. (1991): Variaciones de la fertilidad con inseminación artificial ovina en ganado manchego. ITEA, vol. 11, 2, 55-57.
- URARTE, E; GABIÑA, D.; LÓPEZ DE MUNAIN, J.M. (1987): La inseminación artificial ovina en la comunidad autónoma vasca. Índices reproductivos medios y factores que afectan a su variabilidad. ITEA, vol. extra 7, 354-356.
- VIGIL, E.; GONZALO, C.; CIUDAD, C. y RUIZ POVEDA, J. (1985): Evolución de las características seminales y de la libido en el ovino Manchego. I. Variables que la condicionan. ITEA, vol. extra n<sup>o</sup> 5, 341-345.
- VIGIL, E. (1986): La inseminación artificial

- ovina. Una técnica a potenciar. Rev. One, Esp. Ovino, 61-68.
- VIGIL, E. (1987): Bases de la inseminación artificial ovina. Rev. One Esp.Ovino, 96-110.
- WALEED, A.A.; JALAL, E.A. (1985): Seasonal variations in sexual behaviour and semen characteristics of Awassi and Hamdani rams. Dirasat (Agricultural Sciences), vol. XII, 6, 121-128.



**XXV**  
**NUTRICIÓN Y MANEJO**  
**ALIMENTARIO DE LOS**  
**REPRODUCTORES MACHOS**  
**DESTINADOS A INSEMINACIÓN**  
**ARTIFICIAL**

**JOSÉ F. AGUILERA SÁNCHEZ**

*Profesor Investigación*  
*Estación Experimental de Zaídin*  
*Consejo Superior Investigaciones Científicas*  
*Granada*

10

11

12

13

14

15

16

17

La contribución de la inseminación artificial a la mejora genética del ganado bovino ha sido tan enorme que su aplicación se considera actualmente imprescindible en cualquier programa de mejora a aplicar en otras especies. No obstante en la especie caprina el volumen de esperma producido en una eyaculación es limitado en relación con el requerido para asegurar en la hembra un nivel de fertilidad alto, lo que constituye una característica diferencial frente al ganado vacuno. Tampoco las técnicas de dilución y conservación son extrapolables. Consecuentemente, se requiere hacer un gran esfuerzo de investigación para desarrollar técnicas susceptibles de ser adaptadas a la especie caprina con resultados satisfactorios. Los datos que se ofrecen a continuación en relación con el manejo de machos reproductores de ganado caprino y con la obtención de semen para la inseminación artificial de ganado caprino proceden de Gall (1981) y de Corteel (1981), respectivamente.

Los avances producidos en las décadas de los años sesenta y setenta en el conocimiento de la anatomía y fisiología del aparato reproductor del macho cabrío han contribuido al diseño de técnicas de electroeyaculación muy adaptadas a sus especificidades, consiguiéndose una relación entre plasma seminal y células espermáticas absolutamente normal en los eyaculados. Los machos jóvenes pueden ser utilizados como reproductores a los siete meses de edad. La recogida de semen a través de vagina artificial depende de la libido de los animales. Una proporción significativa de machos cabríos (8,7% en cabras Alpina y Saanen) no muestra signos de actividad sexual y la recogida de su semen no puede realizarse con vagina artificial. Otros presentan una actividad estacional, con comportamiento sexual normal durante el celo, cesando la monta en algunos animales durante varias semanas o meses fuera de la época de celo. En aquéllos que muestran permanentemente actividad sexual se observa un aumento en los tiempos de reacción.

A pesar de la estacionalidad de la tendencia al apareamiento en algunas razas, como la Alpina, es posible obtener semen con vagina artificial durante todo el año, concretamente en machos que muestran una actividad sexual normal, entrenados con vagina artificial desde una edad temprana (5 meses), produciéndose recogidas de semen dos veces por semana en días y horas concretas. Las mejores horas de extracción parecen ser las primeras de la mañana y las últimas de la tarde. Un entrenamiento continuo de los animales parece mantener el apetito sexual y la eyaculación en los animales, como si se tratase de actividades reflejas. En las razas de reproductores no estacionales, como por ejemplo la cabra Japonesa, la estacionalidad no es un factor limitante de la libido.

No existe una información suficientemente precisa sobre cual debe ser la frecuencia de obtención de semen más apropiada para lograr el óptimo en calidad y cantidad. Se sabe que la reabsorción de esperma es pequeña en el epidídimo y que las reservas de semen disponibles diariamente se agotan rápidamente. Un 62% del potencial diario se obtiene en las dos primeras eyaculaciones. En consecuencia, la mayor parte de la producción testicular de esperma puede recogerse con intervalos de 24 horas y no parece aconsejable que el animal eyacule más de dos veces en el mismo día. En machos adultos de la raza Alpina que durante la época de reproducción eyacularon una vez al día, la producción semanal alcanzó 25 millones de espermatozoides por animal. En los reproductores estacionales el volumen de eyaculado es alto en la estación de celo y desciende fuera de ella. La concentración de esperma sigue la tendencia opuesta. Tomando una base anual, el plasma seminal constituye aproximadamente un 70% del volumen total del eyaculado. Los cambios de volumen están relacionados fundamentalmente con alteraciones en las cantidades de fluido secretado por el epidídimo y glándulas accesorias, que son estructuras andrógeno dependientes y los receptores andro-



génicos requieren una preparación preliminar en la que interviene la prolactina, cuya secreción a su vez está asociada al fotoperiodo. En el macho cabrío los niveles plasmáticos de prolactina aumentan en primavera, muestran los valores más altos en verano y descienden en otoño, mientras que se produce un aumento brusco de andrógenos en la mitad del verano que culmina en otoño y desciende hacia mediados del invierno.

En las razas precoces el número de células espermáticas por eyaculación en el primer año representa sólo un 60% de los registros que se observan en el año siguiente, que es representativo de la producción del individuo adulto. Existen diferencias, a veces importantes, entre razas y entre individuos de una misma raza y edad. Se pueden establecer clasificaciones de los reproductores a edad temprana atendiendo a estas diferencias, basadas en periodos de observación de ocho semanas con una media de quince eyaculaciones. El orden establecido suele permanecer sensiblemente invariable en los dos primeros años de actividad sexual. La hipertermia, las altas temperaturas ambientales, sobre todo asociadas a porcentajes de humedad relativa elevados, así como la alimentación son factores que afectan negativamente a la producción y calidad del eyaculado.

La calidad del semen deber ser comprobada en vivo porque dicha calidad sólo es verdaderamente evaluada por su fertilidad. Durante la época de reproducción la motilidad del semen es alta. En esta época se observa un 85 a 95% de células normales morfológicamente y su motilidad es la más alta del año. Las diferencias entre individuos aparecen también pronto y permanecen a lo largo de los dos primeros años de actividad reproductora. Durante las épocas en las que no se manifiesta actividad sexual o tras la exposición de los machos a temperaturas altas se produce incremento en el número de células anormales morfológicamente en el esperma. Parece ser que la motilidad del esperma es en cierto modo andrógeno-dependien-

te y las variaciones en motilidad se corresponden estrechamente con cambios en fertilidad.

Factores nutricionales tales como la deficiencia en determinados nutrientes, la baja ingesta energética o la calidad pobre del forraje afectan negativamente a la producción y calidad del semen.

En monta natural se considera que un macho es suficiente para 50 hembras. Cuando se trata de una época de reproducción restringida puede ser necesario aumentar el número de machos para asegurar un elevado índice de cubrición. Durante estos periodos los machos dedican muy poco tiempo a su alimentación con lo que hacen uso de la movilización de sus reservas corporales, acumuladas durante los meses de verano. Incluso dejan de comer y muestran pérdidas próximas al 20% de su peso vivo.

En consecuencia, tanto el macho cabrío utilizado para la inseminación artificial, como el empleado en monta natural requiere una atención especial en su alimentación que asegure que sus necesidades nutritivas quedan atendidas. Lamentablemente se conoce muy poco sobre los requerimientos nutritivos del macho cabrío en época de reproducción y específicamente del utilizado en inseminación artificial. La práctica de manejo aconseja una atención especial antes y durante la misma. Se utilizará, por ejemplo, heno de alfalfa de buena calidad que proporcione cantidades suficientes para cubrir los requerimientos del animal en proteína y vitamina A. La dieta puede ser equilibrada con avena, salvado y tortas de oleaginosas, incorporando un corrector vitamínico-mineral. Un excesivo acúmulo de grasa al inicio del periodo de cubrición afecta negativamente a la libido y a la espermatogénesis.

En ausencia de información contrastada respecto a las necesidades nutritivas del macho cabrío destinado a inseminación artificial parece adecuado proporcionar la información existente sobre necesidades de nutrientes y energía para el

mantenimiento en el macho adulto, que ha de considerarse como plano de referencia respecto al cual proporcionar la alimentación complementaria para obtener una actividad reproductora satisfactoria, compatible con el mantenimiento del buen estado nutricional del animal. Pretendo al mismo tiempo dar a conocer los resultados que hemos obtenido en nuestro departamento sobre las necesidades en energía del ganado caprino adulto de raza Granadina y la información bibliográfica existente al respecto. Creo que esta información verdaderamente novedosa es de la máxima utilidad para el productor de caprino y debe figurar en el programa de este curso de especialización.

Con carácter general creo necesario indicar que el conocimiento de los mecanismos de transferencia de energía en el organismo animal y de la utilización de la energía en los procesos fisiológicos relacionados con el mantenimiento de la homeóstasis interna (por ejemplo, mantenimiento del tono muscular, actividad cardíaca, transporte iónico a través de membranas, transmisión del impulso nervioso, etc.) o con la producción (por ejemplo, síntesis de proteína y grasa orgánicas, secreción de leche, producción de lana, etc.) es de trascendental importancia para establecer las necesidades nutritivas de los animales bajo situaciones fisiológicas y ambientales diversas y la capacidad de los alimentos para satisfacerlas. Tal conocimiento es fundamental para diseñar un sistema de evaluación preciso, en base al cual predecir rigurosamente y a partir de datos de peso vivo, actividad, estado fisiológico, medio ambiente y valor nutritivo del alimento consumido, el balance energético del animal, esto es, en términos energéticos, la cantidad de producto que deriva de la ingesta de cantidades concretas de alimento. No es fácil. Cualquier intento que pretenda establecer un análisis cuantitativo del metabolismo del animal requiere ineludiblemente del conocimiento en términos cuali y cuantitativos de los nutrientes absorbidos. Esto resulta relativamente simple de obtener en animales monogástricos, pero presenta difi-

cultades extraordinarias en el animal rumiante, a causa de la existencia de los procesos fermentativos ruminales.

No se dispone de un método único que proporcione una estimación cuantitativa de los productos de la digestión ruminal, debido fundamentalmente a la incompatibilidad del empleo simultáneo en un mismo animal de un número de técnicas experimentales y a las propias limitaciones de éstas para estimar las velocidades de formación y absorción de los productos de la digestión ruminal. La situación se complica más aún, por cuanto que la cantidad de nutrientes disponibles en el rumiante para su utilización como fuente energética y como substratos para la secreción de leche, crecimiento y resíntesis de componentes orgánicos degradados no es necesariamente igual a la cantidad absorbida en el tracto digestivo, a causa de la existencia de transformaciones metabólicas en el animal. Esto dificulta extraordinariamente el análisis desde un punto de vista bioquímico del metabolismo energético del animal, o lo que es igual, el establecimiento de los mecanismos causales y la elaboración de modelos metabólicos que proporcionen explicaciones satisfactorias de lo que describimos y medimos en los trabajos calorimétricos. A pesar de todo ello resulta relativamente simple explicar desde un punto de vista meramente termodinámico una de las causas de la conocida baja eficiencia de utilización de la energía y de la mayor producción de calor asociada al metabolismo de los alimentos en los rumiantes, comparativamente frente a los animales monogástricos: las grandes pérdidas energéticas inherentes a la fermentación ruminal, que suponen por término medio un 22% de la energía del sustrato digerido (15% del calor de combustión del  $\text{CH}_4$  y 7% del calor de fermentación), a las que se suma el residuo indigestible del material microbiano (el material microbiano supone en términos energéticos un 8% de la energía digerida). En un trabajo reciente realizamos un análisis de las pérdidas energéticas debidas a la formación de  $\text{CH}_4$  en el ganado caprino (Aguilera y Prieto, 1991).

Cuando en 1983, terminada la construcción de una planta de respirometría para pequeños rumiantes, iniciábamos en el departamento de Nutrición Animal (por entonces Unidad de Fisiología Animal) de la Estación Experimental del Zaidín los trabajos de ajuste y calibrado de sus elementos de medida, éramos perfectamente conscientes de que habían transcurrido nada menos que veinte años desde que Blaxter y su equipo presentara sus propuestas que habrían de desembocar, tres años después, en la adopción por el Reino Unido de un nuevo sistema de evaluación energética, que ha constituido la base científica para el desarrollo de posteriores sistemas. Una gran cantidad de trabajos calorimétricos realizados en el curso de estos veinte años ha eliminado numerosas lagunas e incertidumbres. Ha quedado bien establecido que la eficiencia de utilización de la energía metabolizable para el mantenimiento y para el crecimiento-cebo, que la participación de la energía metabolizable hacia la secreción de leche o hacia formación de proteína y grasa tisular y que la composición de la producción láctea son determinadas fundamentalmente por la naturaleza de la mezcla de los productos de la digestión que son absorbidos en el tracto digestivo.

La evidencia experimental muestra (Tabla 1) que para el mantenimiento la

mezcla de AGV absorbidos en el rumen se utiliza con una eficiencia del 83%, mientras que la glucosa y los aminoácidos absorbidos en el intestino lo hacen con eficiencias del 100 y 81%, respectivamente. La eficiencia de utilización de los lípidos parece estar situada en la vecindad del 97%. En el animal en crecimiento-cebo las eficiencias de utilización de la glucosa, aminoácidos y ácidos grasos de cadena larga absorbidos en el intestino delgado son, respectivamente, del 70, 65 y 80%, mientras que para el acetato, propionato y butirato tales eficiencias son 30, 52 y 62%. La baja eficiencia de utilización del acetato se produce cuando es insuficiente el aporte de glucosa o de precursores de glucosa. Las mezclas de AGV se utilizan con eficiencias que oscilan entre 57 y 64% en función de sus proporciones molares relativas. Además, la infusión de nutrientes individuales en rumiantes en lactación conduce a respuestas específicas, de modo que se han propuesto mecanismos metabólicos que explican los efectos observados. Por ejemplo, el efecto estimulante del acetato sobre la síntesis de grasa, proteína y lactosa en leche se explica a través del aumento que produce en precursores para la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria y, al propio tiempo, en el aporte de substratos para la formación de ATP en dicha glándula.

**Tabla 1.** Eficiencia con que la energía de los distintos nutrientes se utiliza en los procesos de mantenimiento y de producción.

<b>Producto final de la digestión</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Estado fisiológico Crecimiento-cebo</b>
AGV	0,83	0,57-0,64
Glucosa	1,00	0,70
Aminoácidos	0,81	0,65
Lípidos	0,97	0,80
Acetato	0,59	0,30
Propionato	0,87	0,52
Butirato	0,76	0,62

La técnica más usada en el estudio del metabolismo energético es la de balance calorimétrico: el cambio en contenido energético del organismo en un período de tiempo, debido a cambios en su contenido en grasa y proteína, es estimado directamente, deduciendo las pérdidas energéticas (heces, orina, gases combustibles y producción de calor del animal) de la ingesta energética. La producción de calor del animal la determinamos en nuestro caso por calorimetría indirecta (Brouwer, 1965). En algún momento del ensayo de digestibilidad colocamos al animal en una cámara respirométrica y, tras un período de adaptación de 24 ó 48 horas, medimos durante otras 24 horas su consumo de O<sub>2</sub> y su producción de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. Para determinar la producción de calor basal privamos al animal de alimento durante 72 horas y, previo control del cociente respiratorio y de la producción de CH<sub>4</sub>, con el propósito de verificar que los animales han alcanzado las condiciones basales, se cuantifica el consumo de O<sub>2</sub> y la producción de CO<sub>2</sub> y a partir de ellos la producción de calor. En nuestro departamen-

to existe una planta de respirometría que cuenta con cámaras de circuito abierto (Aguilera y Prieto, 1986) y de confinamiento (Lachica y col., 1995). Como resultado de la actividad metabólica del animal se producen alteraciones en la composición del aire existente en la cámara. Su medida junto a la del volumen de aire que circula por ella o está contenido en ella permite conocer el consumo de O<sub>2</sub> y la producción de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. El contenido en CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> se obtiene mediante métodos físicos: absorción en el infrarrojo para CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> y paramagnetismo para el O<sub>2</sub>. El sistema está totalmente automatizado e informatizado.

Probablemente como resultado de la menor importancia económica de la especie caprina en los países del mundo occidental se le ha prestado una escasa atención. No es esto lo que sucede en nuestro entorno. Frente a la enorme cantidad de estudios calorimétricos realizados en otras especies, la tabla 2 recoge los únicos trabajos realizados hasta 1985 en caprino. En todos ellos se determinó la

**Tabla 2.** Ensayos calorimétricos realizados en ganado caprino con anterioridad a 1985

Estado fisiológico del animal	Producción de calor basal, Kj/Kg <sup>0,75</sup> y día	k <sub>1</sub>	Autores
Hembras no en lactación	386	-	Brody (1945)
Hembras en lactación	236	0,691	Armstrong y Blaxter (1965)
Hembras no en lactación	357	-	Fujihara y col. (1973)
Machos castrados	331		Roy-Smith (1980)

**Tabla 3.** Estimación del metabolismo basal (PCA) mediante calorimetría indirecta en ganado ovino de raza Segureña y caprino adulto de raza Granadina. Resultados de los ensayos realizados en el departamento de Nutrición Animal de la Estación Experimental del Zaidín (Granada).

Animal	Edad (años)	Peso vivo (Kg)	Producción de calor basal (Kj/Kg <sup>0,75</sup> y día)
Ovino castrado	1,5	40	272
Caprino castrado	2-3	26-33	324

actividad metabólica basal (PCA) con resultados muy variables; sólo uno de ellos se realizó, aunque con objetivos muy distintos a los perseguidos por nosotros, en hembras en lactación.

Existe tendencia a considerar que el ganado caprino tiene iguales requerimientos que el ovino con respecto al mantenimiento y se comporta como el vacuno en lo concerniente a sus necesidades energéticas para la producción de leche. Sin embargo, la bibliografía que sustenta tales afirmaciones es escasísima.

La tabla 3 muestra los resultados de medidas paralelas de metabolismo basal realizadas con caprino y ovino adulto castrado (Aguilera y col., 1986; Prieto y col., 1990). Los resultados sugieren que la actividad metabólica del ganado caprino es alrededor de un 20% superior a la del ovino.

En nuestros trabajos con ganado caprino hemos dedicado especial atención al mantenimiento. Y ello porque parece demostrado que las necesidades energéticas para el mantenimiento varían considerablemente con el plano de nutrición, estado fisiológico, edad, nivel de productividad, etc. Nosotros pretendíamos estimar en el ganado caprino la magnitud de esta variación. Ciertamente no se han realizado suficientes trabajos de investigación dirigidos a definir los cambios fisiológicos y metabólicos responsables de la variación del mantenimiento, tanto en el animal monogástrico como en el rumiante. En cambio sí que existe bastante controversia. En primer lugar son muchos los científicos que argumentan que el concepto de mantenimiento, que está incorporado en todos los sistemas de evaluación energética actuales, es inadecuado y, consecuentemente, debe suprimirse. Argumentan, y es absolutamente cierto, que en un animal cuya ingesta le proporciona una retención energética igual a cero puede tener lugar síntesis neta de proteína a costa de movilización de grasa corporal. El mantenimiento, considerado como una constante, sólo tendría valor

académico. Para otros autores no hay problema en tener en cuenta las variaciones del mantenimiento, una vez que sean conocidas y cuantificadas. Finalmente, otros consideran que el aumento de las necesidades de mantenimiento en los animales en producción es un costo energético de la producción y debe reflejarse en las estimaciones de utilización de la energía metabolizable para la producción. Para estos autores las necesidades energéticas de mantenimiento han de considerarse constantes.

Tres son los métodos utilizados para estimar por balance calorimétrico las necesidades de mantenimiento: Un método consiste en corregir las ingestas de energía metabolizable que conducen a retenciones ligeramente positivas o negativas, empleando valores teóricos para las eficiencias de utilización de la energía metabolizable por debajo y por encima de mantenimiento. Siempre que las retenciones energéticas obtenidas en los ensayos estén próximas a cero, el error que implica este procedimiento es realmente despreciable. Un segundo método consiste en emplear ecuaciones de regresión del tipo  $ER = a IEM - b$ , obtenidas a partir de datos de ingestas energéticas variables que promueven retenciones positivas y calcular la ingesta de energía metabolizable (IEM) necesaria para obtener una retención energética (ER) igual a cero. Este es el método que hemos usado con hembras en lactación. Con hembras en crecimiento y con machos castrados hemos empleado un tercer método consistente en determinar la producción de calor de los animales en condiciones basales y aquella también con niveles de ingesta ligeramente inferiores al valor esperado para mantenimiento. Este procedimiento ofrece la ventaja de que nos permite conocer, al propio tiempo, la eficiencia con que la energía metabolizable de la dieta es utilizada por el animal para atender a los procesos de mantenimiento.

La Tabla 4 resume los resultados de los ensayos realizados (Prieto y col., 1990; Aguilera y col., 1990; Aguilera y col.,

**Tabla 4.** Estimación de las necesidades energéticas de mantenimiento (EMm) y del metabolismo basal (PCA) en ganado caprino (Kj/Kg<sup>0,75</sup> y día)

Animal	Ecuación de regresión	PCA	Km	EMm
Macho adulto castrado	ER = 0,732 IEM - 324	234	0,732	443
Hembra en crecimiento	ER = 0,760 IEM - 320	320	0,760	421
Hembra en lactación	ER + EL = 0,669 IEM - 268	-	-	401

1991). No hemos observado diferencias estadísticas en las necesidades de mantenimiento de ganado caprino en distintas situaciones fisiológicas. Estas cifras son superiores a las correspondientes a ganado ovino y están en el rango de valores publicados para vacuno de engorde y lechero seco (ARC, 1980). El NRC (1981) da una cifra media de 424 Kj/Kg<sup>0,75</sup> y día obtenida mediante ensayos calorimétricos.

Veamos ahora la eficiencia con que la hembra en lactación utiliza la energía metabolizable de la dieta para sus procesos productivos. La estimación de esta eficiencia puede hacerse según tres procedimientos, tanto si se utilizan técnicas calorimétricas como si se emplean técnicas de sacrificio y análisis corporal: a) Cuantificar las diferencias entre determinaciones de balance realizadas a dos niveles de producción; b) Cuantificar las diferencias entre un punto medido y otro estimado, correspondiente a mantenimiento; y c) Realizar un análisis de regresión con datos correspondientes a determinaciones llevadas a cabo a distintos niveles de producción. Esta última técnica ha sido la utilizada por nosotros. Los planos de ingesta se han fijado en función del nivel de producción láctea esperado.

La determinación de la eficiencia con que la energía metabolizable se utiliza para la producción de leche presenta complicaciones especiales, por cuanto que en el animal en lactación, junto a la producción de leche, pueden tener lugar procesos concomitantes de deposición de grasa corporal o de movilización de reservas para atender a la lactación, cuyas efi-

ciencias difieren de la que corresponde a la producción láctea.

En nuestros ensayos sobre la utilización de la energía de la dieta para atender a las necesidades de la lactación en el ganado caprino de raza Granadina (Aguilera y col., 1990) relacionamos la retención energética total, esto es, la energía excretada en leche (EL) más la retención corporal aparente (ER), con la ingesta de energía metabolizable (IEM) mediante regresión (Tabla 5). La ecuación (1) proporciona una estimación de la eficiencia con que la energía metabolizable se utiliza en los procesos productivos (0,669) y nos permite calcular la ingesta de energía metabolizable para el mantenimiento cuando el término (EL + ER) es igual a cero: IEMm = 268/0,669 = 401 Kj/Kg<sup>0,75</sup> y día. Este valor es inferior a los valores medios publicados para vacuno en producción láctea (510 Kj EM/Kg<sup>0,75</sup> y día; Moe et al, 1970; 523 Kj EM/Kg<sup>0,75</sup> y día; van der Honing y van Es, 1974) y, desde luego, superior a las cifras publicadas para ovino de peso similar (318 Kj EM/Kg<sup>0,75</sup> y día; ARC, 1980).

La eficiencia de utilización de la energía metabolizable para la lactación cuando no existe deposición ni movilización de reservas corporales (k<sub>l</sub>) se calculó de acuerdo con el ARC (1980). Para ello asumimos que la energía perdida por el organismo, indicadora de movilización de grasa corporal en apoyo a la secreción de leche, se utiliza para la síntesis de leche con una eficiencia del 84% y que la deposición de energía en el organismo, concomitante con la lactación, tiene lugar con

**Tabla 5.** Estimación de las necesidades energéticas de mantenimiento (EMm) y producción en la cabra en lactación (Kj/Kg<sup>0.75</sup> y día).

Ecuación de regresión	n	EMm	k <sub>1</sub>
(1) EL + ER = 0,669 IEM - 268	70	401	-
(2) ELc = 0,667 IEM - 258	70	-	0.667
(3) ELc = 0,657 IEM - 237	46	-	0.657
(4) ER/100 Kj IEMp = - 0,907EL/100 Kj IEMp +67,6	46	-	-

ELc = EL + 0,84 ER + 1,05 ER
IEMP = IEM - EMm

una eficiencia que es 0,95 veces la de la propia lactación:  $ELc = EL + (0,84 \times ER(-)) + (1,05 \times ER(+))$ . Cuando se construye la regresión con este valor corregido de excreción energética en leche como función e ingesta de energía metabolizable como variable independiente se obtiene la ecuación (2) de la tabla 5, que indica que la eficiencia de uso de la energía metabolizable para la lactación es del 66,7%. La eficiencia obtenida es ligeramente superior al rango de valores teóricos basados en consideraciones bioquímicas (60-65%) y no supone, por tanto, diferenciación alguna con los valores de eficiencia de uso de la energía metabolizable para la lactación en otras especies ruminantes: vacuno y ovino. Como el contenido energético medio de la leche de cabra granadina (con el 5,88% de grasa) es de 3,59 Mj/kg, se necesitarían  $3,59/0,667 = 5,38$  Mj EM/kg de leche del 5,88% de grasa.

Cuando para construir la regresión sólo se hace uso de los datos correspondientes a animales en los que junto a la producción de leche hubo una deposición energética tisular concomitante, la eficiencia de uso de la energía metabolizable para la lactación es muy semejante: 65,7% (ecuación (3) de la tabla 5). En este caso, si la producción energética en forma de leche y la retención energética corporal se expresan como porcentaje de la ingesta de energía metabolizable dada por encima de mantenimiento, utilizando para EMm el valor de 401 Kj/Kg<sup>0.75</sup> y día,

y se establece una regresión con ambas series de datos, con RE/100 Kj EMP como función y ER/100 Kj EMP como variable independiente, se obtiene la ecuación (4), que señala que en el animal en lactación una caída en la producción de leche de 1 Kj está asociada a un incremento en la deposición de grasa corporal de 0,907 Kj. Ello indica que la cabra en lactación deposita grasa con una eficiencia que sería el 90,7% de la eficiencia para la lactación, es decir, con una eficiencia del  $0,907 \times 0,667 = 0,605$ . Estos resultados demuestran, en concordancia con otras investigaciones, que en el animal en lactación la eficiencia con que la energía metabolizable se utiliza para la deposición de grasa corporal es superior a la que presenta el animal no lactante. Las cifras bibliográficas oscilan entre 0,78 y 1,13. El ARC (1980) ha adoptado un valor de 0,95 veces la eficiencia de uso de la energía metabolizable para la lactación. En cabras en lactación Armstrong y Blaxter (1965) obtuvieron una cifra de 0,964 veces k<sub>1</sub>, siendo k<sub>1</sub> 69,1%.

De gran interés son los datos que se ofrecen a continuación procedentes de ensayos llevados a cabo con el propósito de cuantificar los gastos energéticos relacionados con la locomoción (Lachica y col., 1997a) y con la ingestión de alimento (Lachica y col., 1997b), actividades de especial significación para el animal en pastoreo. Se recomienda, a través de un sistema factorial, su incorporación a las

necesidades energéticas de mantenimiento y producción estimadas con ganado caprino en confinamiento. Respecto a la locomoción, apenas existen datos obtenidos en especies de interés ganadero acerca del costo energético del desplazamiento sobre plano descendente. En cuanto a la ingestión, es poco lo que se conoce sobre el costo energético de la actividad muscular relacionada con la aprehensión, masticación, deglución y rumia y la posible influencia que la naturaleza físico-química del alimento tiene sobre dicho costo.

El gasto energético de la locomoción contribuye significativamente a los requerimientos energéticos de los animales que viven en libertad y ha de tenerse en cuenta si se desean evaluar de modo preciso las necesidades energéticas de los animales en pastoreo. Este gasto energético está relativamente bien definido en el vacuno y ovino y, sin embargo, no se habían realizado hasta nuestros ensayos estudios sistemáticos con ganado caprino, con una sola excepción. La existencia de diferencias interespecíficas en eficiencia locomotora está demostrada y son consecuencia de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento. Nuestros resultados, resumidos en la tabla 6, indican que en la cabra de raza Granadina el costo energético de la locomoción aumenta desde 1,91 a 6,44 j/Kg peso vivo/metro al elevarse la pendiente

desde -10 a +10%. Dicho costo ( $EC_w$ ) puede ser calculado en función de la pendiente (SI) según la ecuación exponencial:

$$EC_w = 3,39 e^{0,063 SI} \quad r = 0,996; \\ RSD = 0,049; n = 5$$

La ecuación siguiente permite obtener los valores medios de dicho coste, calculados para cada animal por separación de sus componentes horizontal ( $D_h$ ) y vertical ( $D_u$  y  $D_d$ , para ascenso y descenso, respectivamente) y mediante regresión múltiple de la producción de calor (PC, j/Kg peso vivo/hora sobre las distancias recorridas horizontal y verticalmente (en sentido ascendente o descendente), dadas en metros:

$$PC = 6724 + 3,31 D_h + 31,7 D_u - 13,2 D_d$$

Los coeficientes de regresión de  $D_h$ ,  $D_u$  y  $D_d$  indican los valores del coste energético neto (j/Kg peso vivo/metro) para el desplazamiento en horizontal ( $EC_w$ ) en vertical con sentido ascendente ( $EC_u$ ) o descendente ( $EC_d$ ).

La medida del coste energético de la ingestión de alimento se llevó a cabo con cuatro cabras adultas dotadas de fístula ruminal en ensayos individuales y durante periodos de aproximadamente 15 minutos en los que los animales permanecieron alojados en la cámara de confinamiento y se determinaba su producción de calor.

**Tabla 6.** Valores medios (n=6) del gasto energético de la locomoción ( $EC_w$ , j/Kg peso vivo/metro) obtenidos en ganado caprino mediante regresión de la producción total de calor (PC, j/Kg peso vivo/hora) sobre la distancia recorrida (m)

	Pendiente, %				
	- 10	- 5	0	+ 5	+10
$EC_w$	1,91±0,129	2,33±0,130	3,35±0,127	4,66±0,148	6,44±0,245
PC de pie, sin desplazamiento	6960±365	6910±366	6883±342	6841±333	6838±329



**Tabla 7.** Ritmo de ingestión y coste energético de la ingestión en cabras a las que se ofrecen siete alimentos de distinta composición y naturaleza física (n=4).

	<b>Cebada grano</b>	<b>Haba grano</b>	<b>Heno de alfalfa granulado</b>	<b>Heno de alfalfa troceado</b>	<b>Paja de veza</b>	<b>Ramón de olivo</b>	<b>Alfalfa fresca</b>
Peso vivo (Kg)	37,5	37,9	38,0	38,3	38,4	35,1	41,2
Ingesta de materia seca (g)	363,7	362,5	367,5	178,3	125,1	112,2	76,4
Tiempo en ingestión (min)	3,7	9,5	6,6	12,5	16,7	13,9	12,6
Ritmo de ingestión g MS•Kg <sup>-1</sup> •min <sup>-1</sup>	2,64	1,21	1,59	0,38	0,20	0,24	0,15
Costo energético de la ingestión							
J•Kg <sup>-1</sup> •g <sup>-1</sup> MS	1,45	1,65	2,24	4,75	8,20	11,78	7,08
J•Kg <sup>-1</sup> •min <sup>-1</sup>	143,8	75,8	135,9	69,8	63,9	97,8	44,6
J•g <sup>-1</sup> MOD	63,6	78,0	179,6	348,8	606,2	735,2	492,2
% EM*	0,4	0,5	1,2	2,2	3,9	4,7	3,2

\* Calculada a partir del contenido en materia orgánica digestible (MOD) del alimento

Los animales consumieron alimentos de naturaleza y composición distintas, desde arbustos a concentrados. El coste energético de la ingestión de alimento se calculó a partir del incremento en producción de calor observado respecto al período previo al suministro de alimento. Dicho costo se relacionó con el tipo y cantidad del alimento consumido y con el tiempo empleado en ingerir el alimento (Tabla 7).

En un ensayo paralelo se colocaron en el rumen a través de fístula ruminal cantidades similares a las consumidas por los animales. Los incrementos en producción de calor observados respecto al período previo en que los animales no fueron alimentados fueron despreciables, lo que demostraba que el aumento observado en la producción de calor de los animales durante la ingestión de los alimentos ensayados estaba relacionado exclusivamente con la ingestión per se, esto es, con la aprehensión, masticación y propulsión del alimento hacia el rumen. El ritmo

de ingestión (g de materia seca/minuto) osciló entre 6,3 para alfalfa fresca y 46-99 para los concentrados. El coste energético medio de la ingestión de alimento fue 7,08 j/Kg peso vivo/g ms para la alfalfa fresca, 9,02 para forrajes de baja calidad, 1,55 para los concentrados y alcanzó las cifras de 2,24 y 4,75 j/Kg de peso vivo/g ms para los henos de alfalfa granulado y troceado, respectivamente. Cuando se expresó en función del tiempo, el coste energético de la ingestión de alimento varió entre 45 y 144 j/Kg de peso vivo/minuto, dependiendo de la forma física del alimento consumido.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, J.F., MOLINA, E., PRIETO, C. y BOZA, J. (1986). Estimación de las necesidades energéticas de mantenimiento en ganado ovino de raza segura. Archivos de Zootecnia 35, 89-96.

- AGUILERA, J.F. y PRIETO, C. (1986). Description and function of an open-circuit respiration plant for pigs and small ruminants and the techniques used to measure energy metabolism. *Archives of Animal Nutrition* 11, 1009-1018.
- AGUILERA, J.F., PRIETO, C. y FONOLLÁ, J. (1990). Protein and energy metabolism of lactating Granadina goats. *British Journal of Nutrition* 63, 165-175.
- AGUILERA J.F. Y PRIETO, C. (1991). Methane production in goats given diets based on lucerne hay and barley. *Archives of Animal Nutrition* 41, 77-84.
- AGUILERA, J.F., LARA, L., MOLINA, E. y PRIETO, C. (1991). Energy balance studies with growing Granadina goats during fasting and maintenance. *Small Ruminant Research* 5, 109-115.
- Agricultural Research Council (1980). *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- ARMSTRONG, D.G. y BLAXTER, K.L. (1965). Effects of acetic and propionic acids on energy retention and milk secretion in goats. *Proc. 3rd EAAP Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*. Publ. No. 11, pág. 59-70 (K.L. Blaxter, ed). Londres: Academic Press.
- BRODY, S. (1945). *Bioenergetics and growth*, edición 1974. Nueva York: Hafner Press.
- BROUWER, E. (1965). Report of Subcommittee on Constants and Factors. *Proc. 3rd EAAP Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*. Publ. No. 11, pág. 441-443 (K.L. Blaxter, ed). Londres: Academic Press.
- CORTEEL, J.M. (1981). Collection, Processing and Artificial Insemination of Goat Semen. En: *Goat Production* (C. Gall, ed.) pág. 171-191. Londres: Academic Press.
- FUJIHARA, T., TASAKI, L. y FURUHASHI, T. (1973). Energetic utilization of starch introduced into abomasum of goats. *Proc. 6th EAAP Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*. Publ. No. 14, pág. 67-70. (KH. Menke, H.J. Lantzsich y J.R. Reichl, ed.). Universidad de Hohenheim.
- GALL, C. (1981). Husbandry. En: *Goat Production* (C. Gall, ed.) pág. 411-432. Londres: Academic Press.
- LACHICA, M., AGUILERA, J.F. y PRIETO, C. (1995). A confinement respiration chamber for short gaseous exchange measurements. *Archives of Animal Nutrition* 48, 329-336.
- LACHICA, M., PRIETO, C. y AGUILERA, J.F. (1997a). The energy cost of walking on the level and on negative and positive slopes in the Granadina goat (*Capra hircus*). *British Journal of Nutrition* 77, 73-81.
- LACHICA, M., AGUILERA, J.F. y PRIETO, C. (1997b). Energy expenditure related to the act of eating in Granadina goats given diets of different physical form. *British Journal of Nutrition* 77, 417-426.
- MOE, P.W., TYRRELL, H.F. y FLATT, W.P. (1970). Partial efficiency of energy use for maintenance, lactation, body gain and gestation in the dairy cow. *5th EAAP Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*. Publ. No. 13, pág. 65-68 (A. Schurch y C. Wenk, ed.). Zurich: Juris Druck & Verlag.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1981). *Nutrient requirements of domestic animals*, Publ. No. 15. Washington: National Academy Press.
- PRIETO, C., AGUILERA, J.F., LARA, L. y FONOLLÁ, J. (1990). Protein and energy requirements for maintenance of indigenous Granadina goats. *British Journal of Nutrition* 63, 155-163.
- ROY-SMITH, F. (1980). The fasting metabolism and relative energy intake of goats compared with sheep. *Animal Production* 30, 491.
- VAN DER HONING, Y. y VAN ES, A.J.H. (1974). Utilization of energy from pelleted roughages in dairy cattle rations. *Proc. 6th EAAP Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*. Publ. No. 14, pág. 209-212. (KH. Menke, H.J. Lantzsich y J.R. Reichl, ed.). Universidad de Hohenheim.



**XXVI**  
**INFERTILIDAD EN EL MORUECO**  
**Y MACHO CABRIO**

**LUIS LEÓN VIZCAÍNO**

*Catedrático de Enfermedades Infecciosas*  
*Facultad de Veterinaria*  
*Universidad de Murcia*



## 1. INTRODUCCIÓN

Para el devenir productivo de las explotaciones ganaderas, la predicción de la capacidad reproductiva y la temprana y correcta identificación de problemas en la fertilidad de los sementales deben ser objetivos primordiales del médico veterinario. Más aún, si tenemos en cuenta el auge adquirido, en los últimos años, por la técnica de la inseminación artificial, técnica que centra en el semental gran parte del futuro productivo de nuestras explotaciones ganaderas.

En el pasado, la identificación de machos subfértiles e infértiles se hacía normalmente después de comprobar el porcentaje de progenie alcanzado por dicho animal. Actualmente, y con la voluntad de predecir la posible subfertilidad o infertilidad, los animales, previamente a su selección como sementales y antes del comienzo de la época de cubriciones, deben ser sometidos a un exhaustivo examen físico, general y específico del apartado reproductor, y a una detallada valoración de su comportamiento sexual.

En el presente capítulo pretendemos aportar unas nociones sobre aquellos conceptos a tener en cuenta cuando se realiza la exploración del futuro reproductor y señalar cuales son en el macho cabrío y morueco las principales alteraciones de los órganos reproductores así como cual es la significancia de las mismas sobre la fertilidad.

## 2. EXPLORACIÓN DEL REPRODUCTOR

### 2.1. EXAMEN FÍSICO GENERAL

En el examen físico general se tendrá en cuenta la conformación y condición corporal del animal y el análisis de los aplomos, principalmente de las extremidades posteriores. En relación a la condición corporal, animales excesivamente delgados o engrasados tendrán proble-

mas en el desarrollo de la actividad reproductiva.

En el análisis de los aplomos, los machos cabríos, a igual que los moruecos, suelen presentar una posición muy rígida de las extremidades posteriores lo que se traduce por una enorme presión sobre las cuartillas y por un excesivo crecimiento de las pezuñas. Situaciones éstas que predisponen a problemas de cojeras y artritis por aplomos defectuosos, y que en reproducción derivan hacia la incapacidad para realizar la monta.

El control de los parásitos, tanto internos como externos, principalmente antes del comienzo de la época de cubriciones, debe ser una práctica habitual puesto que los problemas de parasitosis tiene un efecto negativo directo sobre la fertilidad de los reproductores.

### 2.2. EXAMEN CLÍNICO DEL APARATO REPRODUCTOR

El examen clínico del apartado reproductor se centra en dos puntos, el primero referido al reconocimiento externo del aparato reproductor y el segundo relacionado con la valoración del eyaculado. Por su trascendencia, dicho examen debería realizarse regularmente y siempre antes del inicio de la estación reproductiva.

Para el reconocimiento externos del aparato reproductor debemos ante todo considerar que solamente el contenido escrotal, prepucio y el pene pueden ser convenientemente examinados. De la palpación cuidadosa del contenido escrotal obtendremos información del estado de los testículos y del epidídimo. En los testículos debe valorarse su presencia, el tamaño, la forma, la consistencia y la simetría. La criptorquidia es fácilmente reconocible. En relación a las características del testículo, éstos deben ser de forma ovalada y fácilmente desplazables en el interior del escroto además de tener una consistencia firme. Si son blandos se puede sospechar de problemas degenerativos mientras que cuando son excesi-

vamente duros probablemente se deba a problemas de fibrosis. En relación al tamaño debemos de considerar que existe una estrecha relación entre el tamaño testicular y el peso corporal y entre el peso de los testículos y la edad del animal. Además, el tamaño y el peso de los testículos pueden experimentar cambios fisiológicos en relación a las estaciones del año. En los animales adultos, el testículo puede tener un peso medio entre 200 y 300 g en los moruecos mientras que el de macho cabrío suele oscilar entre 140 y 150 g., aproximadamente. Si bien no hay un criterio definido de cual es el tamaño mínimo normal del testículo en todas las razas caprinas y ovinas, testículos pequeños comprometen la capacidad fecundante de los animales puesto que, tanto en la especie caprina como en la ovina, se ha demostrado que el tamaño testicular esta correlacionado con la producción espermática. Cuando el tamaño es significativamente inferior comparándolo con otros machos de la misma raza, edad y peso, se puede sospechar de un problema de hipoplasia testicular o en su defecto, cuando se trata de una reducción en vida, de generación y/o atrofia testicular. Sin embargo, al respecto es conveniente considerar que de manera fisiológica en animales prepúberes pueden existir diferencias importantes en el tamaño de los dos testículos, diferencias que desaparecen en el animal adulto.

En relación al epidídimo, la cola del mismo se puede palpar con facilidad lo cual permite determinar su tamaño y forma, valores que deben ser idénticos en ambas bolsas escrotales. Si alguna parte del epidídimo presentará una excesiva dureza a la palpación sería sinónimo de una posible epididimitis. También, la presencia de nódulos puede ser puesta de relieve mediante la exploración del epidídimo, cuando dichas nódulos aparecen en la cabeza del epidídimo se asocian a granulomas. Para la valoración de estas nodulaciones debemos tener presente no confundirlas con las propias lobulaciones del epidídimo las cuales son mucho más frecuentes en la región de la cabeza. En

el cuello del escroto, es posible explorar el conducto deferente el cual es fácilmente palpable siendo en condiciones normales un cordón duro y firme.

Para el examen del pene, a veces es conveniente tranquilizar al animal (0,05 mg/kg de xilazina). Una vez exteriorizado el pene y determinado la ausencia de problemas relacionados con el prepucio, debemos prestar especial atención al proceso uretral el cual en el morueco es dañado con relativa frecuencia durante el esquileo. También, en ocasiones, al ser de pequeños diámetro, puede ser asiento de la retención de pequeños cálculos urinarios. En dichas circunstancias se hace necesario la exéresis del mismo, lo cual no parece tener una excesiva importancia para la ulterior fertilidad del animal, más aún si dicho macho está destinado a un programa de inseminación artificial. Otro aspecto a valorar en el pene es su tamaño (aproximadamente el pene normal tiene una longitud de unos 30-50 cm), si bien no son frecuentes estas alteraciones, en la literatura aparecen descritos casos de graves problemas de fertilidad en machos cabríos y moruecos por una cópula errónea asociada a una longitud del pene menor de la normal.

Por último, también es recomendable examinar los pequeños y rudimentarios pezones que presentan algunos machos. Animales con malformaciones o con presencia de pezones supranumerarios deberían ser cuestionados ya que dichos problemas posiblemente sean hereditarios.

La valoración del eyaculado, en términos de cantidad y calidad del mismo, nos informará de la funcionalidad tanto del testículo como del epidídimo y de las glándulas accesorias. Al realizar una contrasfación seminal en la especie caprina es conveniente recordar que la influencia estacional puede modificar el espermiograma sin que por ello deban existir problemas patológicos en la función reproductiva.

### 2.3. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SEXUAL

La libido es un componente esencial en la capacidad reproductiva del macho que puede ser fácilmente evaluado en los programas de inseminación artificial que utilicen la vagina artificial como método de recogida. La estacionalidad reproductiva de esta especie puede originar que algunos reproductores no acepten cubrir o no respondan adecuadamente a la recogida seminal por el método de la vagina artificial durante los meses de primavera principalmente.

## 3. CAUSAS DE INFERTILIDAD

Si bien los problemas de infertilidad por alteración del aparato reproductor no son muy frecuentes en el macho cabrío, en ciertas ocasiones se pueden presentar algunas de las siguientes alteraciones.

### 3.1. ALTERACIONES DEL ESCROTO

#### 3.1.1. Sarna

El escroto junto a la zona pectoral suelen ser asiento de las principales alteraciones epidérmicas asociadas a problemas de sarna tanto en moruecos como en machos cabríos ya que el ácaro causante de dicha alteración, el *Chorioptes bovis* se localiza a lo largo de toda el área ventral del animal. Si las lesiones en el escroto son graves pueden originar problemas en la fertilidad e incluso, en ocasiones, pueden llevar a situaciones de infertilidad, ya sea transitoria o permanente.

Para el diagnóstico, la lesión se caracteriza por áreas hiperémicas con, incluso, puntos hemorrágicos los cuales aparecen como consecuencia de los intentos que realiza el animal para intentar eliminar el malestar producido por los ácaros. También es posible identificar los ácaros en animales carentes de lesiones.

El tratamiento se basa en el empleo, vía tópica, de soluciones diluidas de com-

puestos organofosforados (p.e. Diacinon) las cuales deben utilizarse como medida terapéutica, bien de forma local o bañando en su totalidad a los animales afectados, y de manera preventiva, a modo de baño o ducha, para los restantes animales del rebaño.

Dermatitis, abscesos, micosis o traumatismos son otras de las alteraciones que pueden afectar al escroto. Todas ellas suelen derivar hacia situaciones de infertilidad principalmente por que son ser precursoras de la generación testicular. La presencia de abscesos es relativamente frecuente en moruecos. Dichos abscesos deben ser tratados de forma inmediata y cuidadosa ya que pueden extenderse y profundizar afectando y dañando las estructuras funcionales presentes en las bolsas escrotales.

### 3.2. TRASTORNOS TESTICULARES

#### 3.2.1. Criptorquidia

Un testículo criptórquido es aquel que no completa el normal descenso hasta la bolsa escrotal, dicha condición puede ser bilateral si bien normalmente es unilateral. La criptorquidia es una condición no muy frecuente en los pequeños rumiantes. El testículo retenido normalmente esta alojado en la cavidad abdominal, aunque excepcionalmente también puede quedar retenido en el canal inguinal. El testículo criptórquido tiene un reducido desarrollo, siendo su peso normalmente una décima parte del normal.

En los machos cabríos, la incidencia de la criptorquidia está asociada a problemas de intersexo y principalmente relacionado con el carácter "sin cuernos". Entre otros posibles causas están la hereditaria (en la raza Angora así se ha puesto de manifiesto) y los trastornos hormonales.

El diagnóstico es fácil mediante la simple palpación de las bolsas escrotales, si bien debemos tener en cuenta en los animales jóvenes, principalmente en morue-



cos, que de forma fisiológica puede ocurrir un descenso asincrónico en el tiempo de los testículos.

En relación al tratamiento, si bien tratamientos hormonales o quirúrgicos pueden resultar efectivos, estos no son convenientes puesto que el problema puede ser de naturaleza hereditaria siendo beneficioso no utilizar el animal como reproductor.

### 3.3.2. Orquitis

La inflamación de los testículos puede ser unilateral o bilateral, aguda o crónica. En los estados agudos, el testículo afectado está caliente, hinchado, tumefacto y doloroso. Además, el animal presenta hipertermia, inapetencia, tiene disminuida la libido y la capacidad de desplazamiento. La causa de la inflamación es de naturaleza infecciosa siendo, el macho cabrío, las heridas en el escroto al vía más frecuente de entrada de gérmenes. En el morueco puede aparecer asociada a la epididimitis siendo el germen causal *Brucella ovis*, si bien no es una lesión significativa de la brucelosis ovina. El incremento de temperatura testicular que acompaña a los estados agudos produce efectos adversos sobre la espermatogénesis. En la orquitis crónicas se observa una pérdida de la movilidad del testículo en la bolsa escrotal por la presencia de adherencias fibrosas y cambios en la consistencia al estar el testículo endurecido y fibrótico, siendo su evolución hacia la atrofia testicular. Al realizar el diagnóstico, es interesante tener presente que la hernia inguinal puede presentar una imagen similar a la inflamación testicular.

### 3.2.3. Hipoplasia testicular

La hipoplasia testicular en la especie caprina es uno de los hallazgos más frecuentes en los problemas de intersexos. Es una alteración no adquirida, posiblemente hereditaria, que afecta normalmente a ambos testículos. En el morueco, también de naturaleza hereditaria, es normalmente unilateral. Los testículos presentan un desarrollo incompleto siendo a

la palpación más pequeños de lo normal, situación ésta que también se da en la atrofia testicular. En el análisis seminal se evidencia una pobre concentración con una reducida motilidad y un elevado porcentaje de morfoanomalias espermáticas. Los animales con hipoplasia testicular deben ser correctamente identificados y eliminados del rebaño. La hipoplasia testicular carece de tratamiento.

### 3.2.4. Atrofia testicular

La atrofia testicular es una importante causa de infertilidad en el macho cabrío que se caracteriza por una reducción adquirida del tamaño testicular con una evolución hacia la fibrosis de los mismos. Entre las posibles causas están las enfermedades sistémicas, parasitosis, nutrición inadecuada (p.e. deficiencias en zinc) y también puede aparecer asociada a la epididimitis, alteración ésta no muy frecuente en la especie caprina. A la palpación, los testículos aparecen duros por la presencia de una fibrosis testicular. Normalmente, al principio, la libido no está afectada y en el análisis seminal se observa una marcada reducción de la motilidad espermática junto con un incremento de espermatozoides con alteraciones principalmente a nivel de la cabeza siendo además frecuente la presencia de un elevado número de cabezas sueltas. La atrofia testicular acompañada de fibrosis es una alteración irreversible.

### 3.2.5. Degeneración testicular

La degeneración testicular a igual que la atrofia es una alteración frecuente en los pequeños rumiantes. La degeneración, que puede ser local o difusa y uni o bilateral dependiendo de la etiología, se caracteriza por una reducción adquirida del tamaño testicular siendo la consistencia al tacto de los mismos, a diferencia de lo que ocurre con la atrofia, blanda y pastosa. A menudo es difícil establecer la etiología, sin embargo son múltiples las causas que pueden desencadenar el problema degenerativo, entre éstas están el incremento de la temperatura escrotal

(bien por enfermedad sistemática grave, estado febril o simplemente por elevadas temperaturas ambientales), algunos trastornos nutricionales (deficiencias en vitamina A, B, C y E, en zinc, y en aminoácidos y ácidos grasos), intoxicaciones (por metales pesados, componentes nitrogenados o fosforados), lesiones vasculares o la obstrucción de los conductos eferentes.

A la palpación, además de cambios en la consistencia, también se evidencia cambios en la forma al ser los testículos afectados, a menudo, más esféricos e incluso, en otras situaciones, más alargadas y estrechas. Los eyaculados presentan una menor concentración siendo la motilidad espermática pobre, además se observa un pronunciado incremento en el porcentaje de morfoanomalías, principalmente con cabezas sueltas, porciones intermedias dobladas y colas en ovillo. Histológicamente, las lesiones son, a menudo, inespecíficas. Inicialmente, son las células germinales las afectadas y posteriormente las de Sertoli y Leydig. En los rumiantes, la calcificación de los túbulos seminíferos es un problema asociado a la degeneración testicular.

Con un diagnóstico temprano, cuando la reducción del tamaño es mínima, y especialmente en los animales jóvenes con pobre condición corporal (p.e. por deficiencias en vitamina E) es posible subsanar la degeneración simplemente mejorando el manejo y la alimentación. Si la causa es una deficiencia en zinc, normalmente la degeneración es irreversible. Cuando es un problema asociado a otras alteraciones tales como los granulomas epididimales o al síndrome de bisexualidad, es conveniente eliminar a los animales afectados del rebaño. En cualquier caso, si no se diagnostica, evolucionará hacia la atrofia y fibrosis testicular.

### 3.2.6. Neoplasias testiculares

Los tumores testiculares no suelen ser frecuentes en los pequeños rumiantes. No obstante, principalmente en moruecos, se han descrito casos aislados de semino-

mas. Otro tipo de tumores no han sido referidos. La criptorquidia es un factor que predispone el desarrollo de tumores testiculares.

El seminoma es un tumor de las células germinales del testículo siendo el signo clínico característico el engrosamiento del testículo afectado. El desarrollo tumoral hace que el testículos alcance un tamaño lo suficientemente grande como para poder ser fácilmente diagnosticado por simple palpación. Los seminomas pueden ser uni o bilaterales y normalmente afectan a moruecos de edad avanzada, más de 5 años. El tumor puede ser, en algunos casos, infiltrativo y afectar al tejido intersticial, al epidídimo y al cordón espermático. También afecta a las venas y a los vasos linfáticos. A pesar de ser infiltrativo e histológicamente maligno, en los pequeños rumiantes no se ha descrito metástasis en otros órganos.

Histológicamente, la masa tumoral del seminoma se caracteriza por ser de un color entre el blanco y el gris, por tener un aspecto brillante y una consistencia que oscila de blanda a ligeramente firme dependiendo de la cantidad de estrona fibroso existente, los seminomas, que son frecuentemente multifocales, comienzan con un crecimiento intratubular pero la proliferación de las células tumorales eventualmente provoca la destrucción de la pared tubular dando lugar a la formación de una masa tumoral difusa.

## 3.3. ALTERACIONES DEL EPIDÍDIMO

Las alteraciones del epidídimo son relativamente frecuentes en los pequeños rumiantes. La identificación, por palpación, de las lesiones es fácil para el veterinario experimentado, el factor determinante está en realizar un correcto diagnóstico de las mismas.

### 3.3.1. Granulomas espermáticos

Los granulomas espermáticos, también llamados espermatocelos, como malformación congénita es la mayor causa de

esterilidad en machos cabríos. Normalmente esta alteración aparece asociada con la condición "sin cuernos" si bien también puede aparecer en animales con cuernos. En el morueco, si bien se ha descrito, es poco común.

Si bien la causa específica de esta alteración no está clara, los granulomas espermáticos se desarrollan secundariamente a la espermactasia en conductos eferentes ciegos, a la acumulación de espermatozoides en conductos epididimarios aberrantes o como consecuencia de infecciones del epidídimo. Cuando la alteración afecta a los conductos eferentes, el esperma acumulado, debido a la obliteración de los conductos, induce una reacción inflamatoria con la consecuente destrucción del epitelio.

En el caso de granulomas epididimarios, a la palpación de las bolsas escrotales, los testículos están normales mientras que en el epidídimo, principalmente en la región de la cabeza, aparecen nodulaciones firmes al tacto. La presencia de estos nódulos duros, de tamaño variable y normalmente presentes en ambas bolsas escrotales, se debe a la lesión epididimaria caracterizada por la distensión quística que se produce en el epidídimo y que normalmente suele estar ocupada por gran número de espermatozoides ya que va acompañada de estasis espermática. El contenido de los granulomas espermáticos tiene un aspecto graso y una consistencia entre semidensa y amasillada similar a la respuesta granulomatosa inducida por el bacilo de la tuberculosis. Si bien en sus inicios esta alteración afecta sólo al epidídimo, en su evolución, debido a la estasis espermática que puede llegar a ocluir totalmente la luz epididimaria, evoluciona hacia el edema testicular y posteriormente hacia la degeneración testicular. Cuando se intenta la recogida seminal mediante electroeyaculación, se observa azoospermia.

En el diagnóstico, por palpación de la bolsa escrotal, es importante no confundir estas nodulaciones patológicas con las lobulaciones características de la cabeza

del epidídimo o con abscesos, si bien la cabeza del epidídimo no es un lugar frecuente para que se desarrollen abscesos. Los granulomas espermáticos, por su contenido, también pueden ser confundidos con lesiones tuberculosas, sin embargo al realizar un frotis en el granuloma se aprecia perfectamente el predominio de los espermatozoides sobre cualquier otro tipo de célula.

Los granulomas espermáticos, como alteración congénita, se evidencia ya en los animales jóvenes cuando alcanzan su madurez sexual mientras que cuando es de naturaleza adquirida puede presentarse en cualquier momento en el animal activo sexualmente. Si la lesión afecta sólo a un epidídimo, el animal es fértil con la salvedad que sus eyaculados presentan una menor concentración espermática; si es bilateral, el animal será estéril. En ambas situaciones es conveniente eliminar del rebaño los animales afectados.

### 3.3.2. Epididimitis

La epididimitis, de origen infecciosa, es la lesión reproductiva que más pérdidas económicas causa en los rebaños ovinos en todo el mundo. El agente causal parece ser que varía según la edad y la experiencia sexual de los moruecos. Así, en animales jóvenes carentes de experiencia sexual (entre 4 y 18 meses, aproximadamente) los gérmenes aislados con mayor frecuencia son *Actinobacillus spp* y *Haemophilus somnus-Histophilus ovis*. Otros muchos microorganismos han sido aislados en moruecos con epididimitis pero no han sido considerados como etiología específica de la lesión epididimal.

En los animales jóvenes la infección puede presentarse de forma subclínica. En dichos casos, el contenido escrotal aparece normal a la palpación, siendo sólo posible identificar la infección aislando los gérmenes a partir de nuestro de semen. La infección clínica es similar tanto en los animales jóvenes como en los adultos independientemente de cual sea el germen causal.

En la infección clínica, la fase aguda, que en algunos animales puede ser poco severa, dura entre 2 y 4 semanas y se caracteriza por hipertemia, bolsa escrotal hinchada, caliente y de consistencia pastosa y una manifiesta cojera de las extremidades posteriores como consecuencia de la extrema sensibilidad del contenido escrotal. El examen post-mortem revela la presencia de una manifiesta edematización escrotal.

Las lesiones crónicas se caracterizan por un aumento del tamaño de la cola del epidídimo afectado (por razones desconocidas la alteración es unilateral) y la adhesión de las tunicas vaginales al testículo y/o al epidídimo. La cola del epidídimo, cuyo engrosamiento puede oscilar de casi inaparente a 4-5 veces el tamaño normal, aparece dura y al incidir se evidencia un tejido blanco de consistencia firme. En algunos casos, principalmente en los animales jóvenes, también hay únicos o múltiples abscesos, parecidos a granulomas espermáticos, de contenido caseoso. Respecto a la adhesión de las tunicas vaginales, si ésta es generalizada derivará hacia la atrofia testicular.

Los moruecos afectados tienen un lido normal y el espermiograma se caracteriza por una baja concentración, motilidad reducida y por la presencia de morfoanomalías tales como cabezas sueltas y, más frecuentemente, anomalías en la cola.

Para el diagnóstico, la palpación escrotal es importante. La presencia de neutrófilos polimorfonucleares en el semen nos permite identificar los casos subclínicos. Para aislar el agente causal es necesario realizar cultivos de tejidos testiculares. En casos de brucelosis, los test de ELISA son muy sensibles. Respecto al tratamiento, sólo es recomendado y efectivo en los casos subclínicos. Dicho tratamiento se basa en la utilización de ampicilina, tetraciclinas o sulfamidas. Cuando hay sintomatología clínica ningún tratamiento actual es efectivo siendo recomendable eliminar el animal del rebaño ya que existe la posibilidad que la epididimitis sea de

origen brucelar y por lo tanto extremadamente contagiosa.

A diferencia de lo que ocurre en el morueco, en el macho cabrío la epididimitis es menos frecuente y aparece asociada a infecciones causadas por microorganismos de muy diversa índole o como respuesta a un trauma.

### 3.4. ALTERACIONES DE LAS GLÁNDULAS ACCESORIAS

#### 3.4.1. Vesiculitis

En los pequeños rumiantes las glándulas vesicales son las glándulas accesorias más grandes. Son de forma alargada y ligeramente redondeadas. Se ha evidenciado que el epitelio glandular durante la denominada estación sexual es considerablemente mayor que durante la estación no sexual.

Si bien la epididimitis es la inflamación más frecuentemente referida en el morueco, la que se presenta con más frecuencia, sin embargo, es la vesiculitis. La presencia de neutrófilos y bacterias en el semen junto con una probable pobre fertilidad puede asociarse con vesiculitis. La inflamación de las glándulas vesicales puede o no cursar con un aumento del tamaño de la glándula y puede ser uni o bilateral. Normalmente la glándula inflamada aparece exageradamente lobulada. De las bacterias aisladas la más frecuente ha sido la *Pasteurella Haemolytica*. En la vesiculitis infecciosa son característicos los eyaculados con semen purulento, los cuales además presentan una reducida motilidad espermática y un incremento del número de espermatozoides anormales.

El tratamiento se basa en una antibioterapia elegida después de cultivar e identificar el germen causante. Al ser dicho tratamiento de dudosa efectividad se recomienda retirar a los animales de la reproducción. Si bien en machos cabríos no hay referencias de la presencia de vesiculitis, probablemente se dé con la misma frecuencia que en moruecos.

### 3.5. ALTERACIONES DEL PENE Y PREPUCIO

#### 3.5.1. Postitis

La Postitis es una alteración caracterizada por la presencia de costras y úlceras en la piel y mucosa del prepucio siendo también frecuente la presencia de adherencias. Su etiología normalmente se debe a una interacción entre una dieta inadecuada excesivamente rica en proteínas y principalmente en leguminosa junto a la infección por el *Corynebacterium renale*. Esta interacción es posible ya que la dieta excesivamente rica en proteínas, la orina contiene mucha urea la cual es transformada por la bacteria, que normalmente habita en la región prepucial, en amoníaco el cual provoca una severa irritación de la mucosa del prepucio. Otros factores, posiblemente de origen hormonal, pueden favorecer el desarrollo de la alteración.

La postitis se presenta, principalmente, en animales castrados si bien también puede ocurrir en animales enteros. La mayor predisposición en animales castrados parece ser debida a la incompleta separación de pene y prepucio y a la tendencia de estos animales a orinar sin exteriorizar el pene. La lesión usualmente comienza con áreas de necrosis en la epidermis de la porción dorsal descubierta del prepucio. El orificio prepucial puede llegar a ocluirse por completo por la expansión de la lesión. Lesiones secundarias tales como la destrucción del proceso uretral o la ulceración de las glándulas del pene, se pueden dar debido a la acumulación de orina y pus en el saco prepucial que conduce a una completa y extensa ulceración del prepucio.

El diagnóstico se realiza por el examen visual de la zona afectada en donde es posible observar las costras, úlceras y también la presencia de exudados mucopurulentos. En casos más avanzados es posible incluso que las adherencias ocluyan el orificio prepucial externo. El tratamiento se basa en primer lugar en medidas preventivas al reducir el contenido

proteico de la dieta y en un tratamiento curativo del área afectada a base de pomadas con antibióticos.

#### 3.5.2. Urolitiasis

La obstrucción de la uretra por cálculos, que principalmente quedan retenidos a nivel del proceso uretral, es relativamente frecuente en el macho cabrío, mayormente en aquellos animales castrados que están presentes en los rebaños como recelas. El origen de estos cálculos hay que buscarlo en un manejo inadecuado de los animales principalmente asociado a falta de agua y exceso de minerales en la dieta (principalmente fosfatos). La razón de una mayor incidencia en los animales castrados, sobre todo si la castración se ha producido cuando eran jóvenes, se debe al insuficiente desarrollo del pene, incluido el proceso uretral, por ausencia de testosterona. El diagnóstico se realiza por los síntomas que presenta el animal siendo los más significativos los frecuentes intentos de micción, el dorso arqueado, la inapetencia y la tensión con la que se desenvuelve el animal. Es importante que el diagnóstico sea rápido ya que se podría producir la ruptura de la vejiga de la orina con la consecuente uremia y muerte del animal. La determinación de los niveles de creatinina en sangre es de gran ayuda para un correcto diagnóstico. Como tratamiento, si los cálculos están retenidos en el proceso uretral, la exéresis del mismo es el proceder adecuado. Cuando la localización es otra, el tratamiento curativo es difícil siendo aconsejado tan sólo en aquellos animales de gran valor. Dicho tratamiento debe ser normalmente quirúrgico. Como tratamiento preventivo está el aporte *ad libitum* de agua limpia junto a la suplementación de la dieta con una mayor cantidad de sal.

### 3.6. TRASTORNOS DEL COMPORTAMIENTO SEXUAL

#### 3.6.1. Libido disminuida.

La disminución o la pérdida temporal de la libido es frecuente en los moruecos

y machos cabríos de razas originarias de climas templados. Si bien de naturaleza no patológica al tener su origen, principalmente, en los cambios de la duración del día, esta situación de pérdida de libido si representa un importante trastorno temporal de la fertilidad es esta especie. Además de los cambios medioambientales, otras posibles causas son la pobre condición corporal bien por alimentación inadecuada (p.e. deficiencias en vitamina A) o en el caso opuesto, animales excesivamente engrasados que se caracterizan por su modorra. La presencia de enfermedad sistémica como las parasitosis afectan también el comportamiento sexual. Posiblemente este trastorno del comportamiento sexual también pueda ser de naturaleza hereditaria, situación que obligaría a prescindir en los programas reproductivos de los animales afectados.

### 3.6.2. Trastornos en la dinámica del comportamiento sexual

Todas aquellas alteraciones que repercutan directa o indirectamente sobre las extremidades posteriores limitarán la capacidad de monta. En los pequeños rumiantes por la configuración y aplomo del tercio posterior son frecuentes los problemas en las cuartillas y situaciones de artritis, alteraciones que pueden subsanarse simplemente con el control riguroso del tamaño de las pezuñas.

Las alteraciones que afecten al pene y prepucio repercutirán también sobre la dinámica del comportamiento sexual al no ser posible la penetración.

## 3.7. OTRAS ALTERACIONES

### 3.7.1. Pseudohermafroditismo

Esta situación de bisexualidad se da con cierta frecuencia en la especie caprina, principalmente en las razas de aptitud lechera. En ovino la condición hermafrodita es raza.

La mayoría de los intersexos en la especie caprina son machos pseudoher-

mafroditas con un cariotipo hembra. Al animal, que fenotípicamente parece un macho normal, con una detallada exploración se le pueden observar alteraciones tales como la presencia de un pene muy corto, hipospadia, hipoplasia testicular y/o criptorquidia. Estos animales que suelen mantener unos niveles hormonales más o menos normales y por lo tanto un libido habitual, carecen de producción espermática. Si bien esta situación se puede presentar en animales con cuernos, esta íntimamente ligada con los machos cabríos que son homocigóticos para el gen "sin cuernos" y cuyo cromosoma sexual es XX. Más de un 5% de la descendencia de cruces entre animales "sin cuernos" en hermafrodita.

Al ser el genital externo del animal pseudohermafrodita normal hace que sea difícil detectar dicha condición en los animales jóvenes. Un indicativo válido para su identificación consiste en la medición de la distancia anogenital ya que parece ser que el grado de masculinización de los órganos reproductivos, tanto internos como externos, es proporcional a dicha distancia. La técnica ha sido utilizada con éxito en animales de más de 20 días de vida. La distancia en una hembra normal es de alrededor de 2 cm., mientras que en el macho dicha distancia está entre los 30 y 40 cm.

### 3.7.2. Varicocele

Esta alteración, que no es muy frecuente en los pequeños rumiantes, se presenta como una nodulación bastante firme y dolorosa en la porción dorsal del plexo pampiniforme y puede ser explorada por palpación del cordón testicular a nivel de la raíz de las bolsas escrotales. Su origen está en una dilatación y trombosis de la vena espermática interna cuyas causas no parecen estar muy claras. La importancia en relación a la fertilidad del animal depende del tamaño del mismo así como si es uni o bilateral. En el análisis seminal es posible observar oligozoospermia, astenozoospermia y teratozoospermia. No hay tratamiento convin-

cente ni tan si quiera se conocen medidas preventivas por lo cual los animales afectados es conveniente eliminarlos del rebaño.

### 3.7.3. Neoplasias

Además de las neoplasias testiculares ya mencionadas, los tumores más frecuentes asociados al aparato genital de los pequeños rumiantes son los adenomas de la corteza adrenal, los cuales aparecen con cierta frecuencia en los machos castrados especialmente cuando éstos son viejos. Posibles metástasis de estos tumores pueden ser observadas en el epidídimo, principalmente a nivel de la cabeza.

## 4. PATOLOGÍA SEMINAL

En condiciones fisiológicas los eyaculados de los pequeños rumiantes presentan una concentración espermática variable entre  $1,5$  y  $6 \times 10^9$  espermatozoides por ml., de los cuales entre un 5 y 15% son estructuralmente anormales. En condiciones patológicas la concentración puede reducirse e incrementarse de forma notoria el número de células anormales. Cualquier situación capaz de inducir cambios patológicos en el organismo determinará, en mayor o menor medida, una pérdida de calidad seminal.

Como norma general, aquellas alteraciones que repercuten, directa o indirectamente, sobre el epitelio germinal, se traducen, en el eyaculado, por una reducción de la concentración espermática y por un incremento del porcentaje de espermatozoides con alteraciones de la cabeza. Si las alteraciones afectan a los conductos excretores, principalmente a nivel del epidídimo, la respuesta en el eyaculado se reflejará por un incremento del número de espermatozoides con alteraciones en el flagelo. Cambios en las secreciones glandulares por alteraciones de las mismas, también pueden modificar la morfología espermática, sobre todo a nivel del flagelo (principalmente colas en ovillo y látigo).

Además de las enfermedades sistémicas y aquellas que afectan directamente al aparato reproductor (ya comentadas a lo largo del presente capítulo), la patología espermática puede tener otras etiologías. Así, por ejemplo la subalimentación (tanto en cantidad como en calidad), las intoxicaciones alimentarias (gospol, fitoestrógenos, metales pesados, pesticidas, herbicidas,...) y el estrés (por manejo inadecuado, altas temperaturas ambientales, vacunaciones o descorne) son factores capaces de modificar negativamente la calidad seminal en los pequeños rumiantes. También, tratamientos prolongados a base de sulfamidas, antibióticos (gentamicina, neomicina y oxitetraciclinas), trimetoprim y nitrofuranos pueden repercutir sobre el número y calidad de los espermatozoides presentes en los eyaculados del morueco y macho cabrío.

Recuperar la fertilidad de pequeños rumiantes cuyos eyaculados presentan porcentajes elevados de espermatozoides defectuosos dependerá no sólo de cual haya sido la causa alterativa primaria y del tiempo de prevalencia de la misma, sino también de la gravedad de las lesiones, teniendo en cuenta, además, que dicha gravedad no guarda normalmente una estrecha relación con la rapidez de resolución. Si la lesión afecta al aparato reproductor y no es irreparable, teniendo en cuenta que la espermatogénesis dura entre 6 y 9 semanas, se puede esperar una progresiva y paulatina mejoría de la calidad espermática a partir de las 4-8 semanas. Incluso, si el efecto novico tuvo una acción puntual y esporádica, el restablecimiento puede ser total al cabo de las 6-9 semanas que dura la espermatogénesis. Si la alteración repercute sobre los conductos excretores, un espermiograma normal puede observarse a las 2-3 semanas. Sin embargo, es necesario aclarar que existen notables diferencias individuales de respuesta frente a una misma etiología tanto en la gravedad de los defectos espermáticos como en el tiempo de recuperación, ya que, mientras unos animales puede alcanzar la normalidad en 6-9 semanas en otros se demora hasta 6

meses. Por lo tanto el pronóstico debe ser cauto y proceder con la retirada del animal de la actividad reproductiva hasta que se demuestre una calidad seminal satisfactoria en sucesivas y eyaculaciones.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- BASUR PK y MCKINNON AO. Caprine Intersexes and Freemartins. En *Current Therapy in Theriogenology 2*. Ed. DA Morrow. WB Saunders, Filadelfia. 1986:596-600.
- BEEMAN KB, HUMMELS S y RAHALEY R. Epididymitis in rams. *Veterinary Medicine: Small Animal Clinician (Practice)*. 1982; Nov: 1647-1650.
- BULGIN MS y ANDERSON BC. Association of sexual experience with isolation of various bacteria in cases of ovine epididymitis. *J. Am Vet Med Assoc*. 1983 (182):372-374.
- BULGIN MS. Epididynitis in rams lams. En: *Advances in Sheep and Goat Medicine. The Veterinary Clinics of North America (Food Animal Practice)*. WS Saunders Company, Philadelphia. 1990, vol 6, nº 3:683-690.
- DELLMAN HD y BROWN EM. *Textbook of Veterinary Histology*. Lea & Febiger, Philadelphia, 1976.
- EVANS G y MAXWELL WMC. *Salomo's Artificial Insemination of Sheep and Goats*. Butterworths, Sydney. 1987: 194 pp.
- HOWE PA. Management of goat reproduction for optimal productivity. En *Goat Advisory Practice. Post Graduate Committee in Veterinary Science, University of Sydney*. 1990:91-103.
- JAMES CS y CHANDRAN K. Enquiry into the role of minerals in experimental urolithiasis in goats. *Indian Vet. J*. 1975 (52):251-254.
- JANSEN BC (a). The aetiology of ram epididymitis. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 1980 (47):101-107.
- JANSEN BC (b). The pathology of bacterial infection of the genitalia in rams. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 1980 (47):263-267.
- LOGUE D y GREYG A. Infertility in the bull, ram and boar 1. Failure to mate. In *Practice*, 1985, (nov):185-191.
- LOGUE D y GREYG A. Infertility in the bull, ram and boar 2. Infertility associated with normal service behaviour. In *Practice*, 1986 (may):118-122.
- LOGUE D y GREYG A. Infertility in the bull, ram and boar 3. Collection and examination of semen. In *Practice*, 1987 (sep):167-170.
- MATTHEWS JG. Outline of clinical diagnosis in the goat. *Wright (Sydney)*. 1992:33-40.
- MCENTEE K. *Reproductive Pathology of Domestic Mammals*. Academic Press. San Diego, CA. 1990, 401 pp.
- MEMON MA. Male infertility. En *The Veterinary Clinics of North America: Large Animal Practice*, vol. 3, nº 5 (nov). W.B. Saunders Company 1983:619-635.
- NEIL BRUERE A. Examination of the Ram for Breeding Soundness. En *Current Therapy in Theriogenology 2*. Ed. DA Morrow. WB Saunders, Filadelfia. 1986:874-880.
- OTT RS. Examination of buck for breeding soundness. *Veterinary Medicine (Agri-pactice)* 1978; Dec:1561-1563.
- REFSAL KR, SIMPSON DA y GUNTHER JD. Testicular degeneration in a male goat. A case report. *Theriogenology*. 1983, 19(5):685-690.
- SMITH MC. Caprine Reproduction. En *Current Therapy in Theriogenology*. Ed. DA Morrow. WB Saunders, Filadelfia. 1980:971-1004.
- SMITH MC. The Reproductive Anatomy and Physiology of the Male Goat. En *Current Therapy in Theriogenology 2*. Ed. DA Morrow. WB Saunders, Filadelfia. 1986:616-618.
- SMITH MC. Neoplasias of the goat's reproductive tract. En *Current Therapy in Theriogenology 2*. Ed. DA Morrow. WB Saunders, Filadelfia. 1986:628-629.





**XXVII**  
**CONGELACIÓN DEL SEMEN**  
**DE MORUECO:**  
**BASES CRIBIOLÓGICAS**

**ISABEL VÁZQUEZ GONZÁLEZ**

*Departamento de Reproducción e Inseminación Artificial*

*Unidad de Criobiología*

*I.N.I.A.*

*Madrid*



La utilización de las técnicas de congelación del semen de morueco y su posterior aplicación en inseminación artificial es un hecho obligado cuando se maneja ganado ovino lechero y se aplican programas de selección. Es preciso hablar una vez más de las ventajas de su utilización. Las desventajas se cifran en una sola: baja fertilidad

En 1984 se inseminaron 60 millones de ovejas en el mundo; 50 pertenecían a los efectivos de la Unión Soviética; 800 y 900 mil pertenecían a Perú y Grecia respectivamente. Esto confirma que existen ventajas en el uso de la inseminación para la ganadería ovina. La más importante es la oportunidad de optimizar el germoplasma de animales genéticamente superiores. Con la excepción de unos cuantos miles de inseminaciones la mayoría se hacen con semen recién recogido o refrigerado por menos de 5 horas. Aunque en 1950 se realizó con éxito la primera inseminación en ovejas los resultados conti-

núan siendo inconsistentes y el interés se mantiene latente a la espera de mejoras en la fertilidad.

#### La utilización de la I.A. ofrece ventajas

- mejora genética, selección de sementales
- potencia la capacidad fecundante del eyaculado: un eyaculado sirve para 16 hembras en refrigerado, 5 en congelado y enormes posibilidades en intrauterina.
- intensificación de la producción
- permite la reproducción en animales con malformaciones anatómicas traumáticas.
- diagnóstico precoz de esterilidades masculinas temporales o permanentes
- disminuye el número de machos necesarios para las tareas reproductivas.
- evita costes de traslado de sementales
- facilita la obtención de híbridos
- control higiénico sanitario

AÑO	AUTOR	FERTILIDADES
1973	CARBONERO	40 - 55
1979	Ac.China	45,6 - 71,4
1979	COLAS	51,1 - 60,9
1979	DUTRA	25 - 30
1979	LANGFORD	43
1979	RADEV	33,3 51,7
1980,	LANGFORD	35
1980	LIN	35,2
1980	MAXWELL	37,5 - 41,8
1980	MAXWELL	29 - 55
1980	OLAFSSON	38,7 - 51,4
1980	SALAMON	51,7 - 55,3
1981	COLAS	44,2 - 61,1
1982	MATTOS	12,5 - 58,9
1986	SCHMEHL	44,7
1986	VÁZQUEZ	44,8
1987	FISER	67 - 80
1989	BELTRÁN DE H.	25 - 52
1991	VÁZQUEZ	58,6 - 63,5
1992	ANEL	62,3 - 74,2
1993	GARDE	72,5 - 60,1

desventajas

- costes elevados
- anatomía especial del tracto de la hembra
- reducido número de dosis/eyaculado
- escasez de machos probados que justifiquen la I.A.C.
- propicia la eliminación de razas

Es totalmente imprescindible hoy en día contar con BANCOS DE SEMEN (germoplasma) de las distintas razas que componen la cabaña española.

Como ya hemos comentado quizás lo que más ha desanimado han sido los resultados de fertilidad. A continuación proporcionamos una pequeña muestra de lo que han sido los resultados a través del tiempo en distintos países y situaciones.

Todas estas variaciones sobre la fertilidad hace preciso revisar los factores o las bases, por las cuales se estableció una metodología para congelar eyaculados de distintas especies. El esquema suele ser similar, pero es necesario comprender las particularidades del animal con el que estemos, trabajando.

Los factores a considerar en la conservación del semen son:

#### **OBTENCIÓN DEL SEMEN**

siempre que las condiciones lo permitan realizar la recogida del eyaculado, con vagina artificial, estableciendo un ritmo de recogidas adecuado, que para el morueco deben ser de dos saltos consecutivos dos días en semana. La recogida se hará sobre otro animal, si los machos están suficientemente entrenados.

#### **CALIDAD INICIAL DEL SEMEN**

Atendiendo a las medias de la raza y a la estación del año en que efectuemos la recogida, sólo se utilizarán aquellos eyaculados con volumen mayor a 0,4 ml; concentración mayor de 3.500 millones de espermatozoides/ml y con una motilidad

masal de 4/5 e individual superior al 70%.

#### **DILUYOCONSERVADORES**

Los estudios realizados por nuestro equipo indican que debe realizarse la dilución a los 10 minutos de obtenido el eyaculado. La dilución puede hacerse v/v hasta conocer la concentración espermática de la muestra, que deberá permitir una dosificación de 800 millones de espermatozoides/ml. La dilución se realiza con el diluyoconservador con los crioprotectores (glicerol y yema de huevo), ya incorporados.

Las características que debe reunir un diluyente son:

- mantener presión osmótica y balance electrolítico adecuados para minimizar el efecto de las sales.
- incluir componentes que neutralicen los metales pesados.
- mantener un pK entre 6 y 8, con capacidad tampón que prevenga la actividad del ac. láctico.
- incluir crioprotectores en su composición.
- resistir las degradaciones enzimáticas o no enzimáticas.
- incrementar el volumen del semen para permitir múltiples inseminaciones.
- procurar un medio en el que se mantengan las actividades metabólicas del espermatozoide.

Los diluyoconservadores más utilizados han sido los compuestos a base de citrato-yema, leche descremada y tris/cítrico/fructosa. Nosotros hemos comprobado que el grupo de sustancias que mejor se ajustan a las características anteriormente citadas son los que pertenecen al grupo de las sustancias zwitterónicas, son los diluyentes amido-orgánicos tipo TES, MES, PIPES, HEPES, BES, MOPS y TRICINA.

El diluyente que nosotros utilizamos es el formado por:

- TES solución acuosa a 325 mOsm/kg.

- TRIS solución acuosa a 325 mOsm/kg.

combinarlos hasta obtener una mezcla con, pH 7,2.

- 4% de fructosa isotónica.

- 10% de yema de huevo

centrifugar, recuperar sobrenadante, añadir glicerol ( $d=1,26$ ) y homogeneizar.

Se puede conservar congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  durante un máximo de tres meses.

## REFRIGERACIÓN

Con el tratamiento del eyaculado el semen diluido habrá obtenido una temperatura próxima a los  $30^{\circ}\text{C}$ , bajo el término de refrigeración indicamos el tiempo necesario para que la muestra alcance los  $+5^{\circ}\text{C}$ , Y que nosotros realizamos en dos horas, lo que quiere decir que establecemos una velocidad de refrigeración de  $0,22^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Una refrigeración a velocidades mayores podría causar una serie de cambios en solubilidad, metabolismo, viscosidad y química del semen que se conocen por el síndrome del choque a frigore

## CRIOPROTECTORES

Desde el descubrimiento del glicerol como agente crioprotector para los espermatozoides de mamíferos, se comenzó el estudio de los mecanismos por los cuales puede realizar esta protección.

Existen numerosas teorías que podemos agrupar en tres:

- 1.- reduce la concentración de solutos
- 2.- mantiene el pH
- 3.- cambia la fase líquido sólido,

La selección de los crioprotectores se hace en función de solubilidad, volatilidad, coeficiente de crioprotección, energía libre de hidratación, concentración de hidrogeniones, etc.

Existen multitud de sustancias que podemos agrupar en:

- alcoholes de bajo peso molecular
- polímeros de alto peso molecular

- proteínas,
- sustancias tampón

La actividad de los crioprotectores seleccionados deberá hacerse en función de su capacidad de penetración celular, capacidad de estabilización de la membrana, temperatura a la que se añade, y concentración tolerada.

## ENVASADO DE LAS DOSIS SEMINALES

Las formas mas utilizadas para la congelación del semen han sido las pajuelas, de 0,25 y 0,50 ml; los criotubos de 1,0 ml; las pildoras de 0,1 ml y las ampollas de cristal de 1,5 ml.

Cada uno de estos envases presenta una serie de ventajas e inconvenientes que deberán valorarse desde el punto de vista económico y de manejo, pues desde el punto de vista de resultados de fertilidad las diferencias entre ellos no son estadísticamente significativas.

También es interesante a la hora de decidir el tipo de recipiente las características sobre identificación del material, higiene, dimensiones y capacidad del banco donde se almacenen.

## CONGELACIÓN DEL MATERIAL SEMINAL.

La congelación propiamente dicha puede realizarse por métodos estáticos o dinámicos, es decir mediante sistemas que permitan interferir sobre el proceso de congelación o aquellos que la realizan por la propia inercia de la temperatura.

Entre los estáticos consideramos los sistemas de congelación en vapores, en tanque abierto y la de pildoras sobre superficie de  $\text{CO}_2$ . Entre los dinámicos están los de biocongelación con rampas de velocidad programadas, que permiten establecer distintas velocidades sobre el proceso mediante el paso regulado de nitrógeno líquido por válvulas solenoides.

La congelación no se realiza a una velocidad constante, según se va enfriando

do la muestra la velocidad varía debido a dos factores: uno es el cambio en la fase de líquido a sólido, que ocurre de forma repentina al alcanzar el punto de congelación y gradualmente hasta el punto eutéctico. La eliminación del calor de fusión que permite este cambio de fase es facilitado por una mayor conductividad térmica y un calor específico menor en el hielo que en el agua. El segundo factor, que puede ser controlado, es la forma en que la muestra es congelada y a su vez esto depende de la geometría de Congelación, de la relación superficie volumen, del contacto con la fuente de enfriamiento, y del control de la fuente de congelación.

Nosotros estamos congelando en pajuelas de 0,25 ml en las gradillas metálicas de congelación de IMV en vapores de nitrógeno a 10 cm de la superficie del propio LN<sub>2</sub>

#### **CONSERVACIÓN DE LAS DOSIS CONGELADAS**

Una vez que las muestras seminales han sido congeladas el tratamiento que éstas obtengan durante el tiempo que dure su almacenamiento, también condicionará la fertilidad al ser utilizadas en la inseminación artificial.

Las dosis congeladas siempre deben estar cubiertas por el nitrógeno líquido.

Los contenedores de nitrógeno líquido deben estar limpios y evitar trasvases innecesarios, a mayor contaminación del baño, mayor posibilidad de desarrollo de gérmenes psicrófilos y mayor posibilidad de degradación de las muestras.

#### **DESCONGELACIÓN DE LAS DOSIS**

Dependiendo del tipo de envase elegido, la velocidad se hará de inmediatamente antes de que las hembras estén preparadas para realizar la inseminación.

Las pajuelas de 0,25 ml deben descongelarse en bañomaría a +40°C durante 10 segundos, sacando la muestra inmediatamente y permitiendo que alcance la temperatura ambiente una vez retirada del baño.

Hemos intentado revisar las distintas fases que componen la congelación del material seminal, con todas ellas realizadas bajo un estricto control de calidad, obtendremos dosis de alta calidad, pero esperar una fertilidad en consecuencia, depende de una serie de factores que se escapan al control criobiológico pero que tienen una influencia total sobre el número de hembras gestantes, estos factores son tan variados como estado corporal, tiempo transcurrido desde el último parto, método de sincronización del celo, manejo reproductivo, edad del animal etc.







