

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



USO DE LA OXITOCINA PARA LA INSEMINACION  
ARTIFICIAL INTRAUTERINA A TRAVES DEL  
CERVIX EN CABRAS

POR

MARCELA LORENA MARTINEZ CORNEJO  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
MONTERREY, N. L.

1992

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN PRODUCCION ANIMAL

JULIO DE 1995

TM

SF383

.5

M6

M3



1080072028

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



USO DE LA OXITOCINA PARA LA INSEMINACION  
ARTIFICIAL INTRAUTERINA A TRAVES DEL  
CERVIX EN CABRAS

POR

MARCELA LORENA MARTINEZ CORNEJO  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
MONTERREY, N. L.

1992

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN PRODUCCION ANIMAL

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

JULIO DE 1995



12176 E

5342

TM  
SF383  
M6  
M3



(72028)

USO DE LA OXITOCINA PARA LA INSEMINACION  
ARTIFICIAL INTRAUTERINA A TRAVES DEL CERVIX EN CABRAS

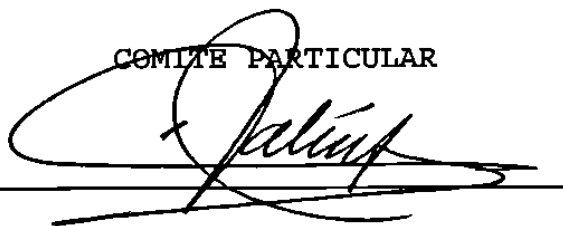
TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO  
DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL

PRESENTA

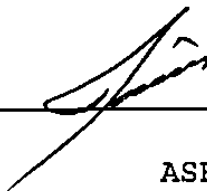
Marcela Lorena Martínez Cornejo

COMITE PARTICULAR



ASESOR

PhD. Javier Colín Negrete



ASESOR

Dr. Mario Ramírez De La Garza



ASESOR PRINCIPAL

PhD. Javier García Cantú

Marín, Nuevo León

Julio de 1995

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para el desarrollo de esta Maestría.

A la Facultad de Agronomía, U.A.N.L., en especial a la Subdirección de Estudios de Postgrado por servir de medio para llevar a cabo esta especialidad.

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINAS
INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	vi
I.- INTRODUCCION	1
II.- REVISION DE LITERATURA	2
Aparato reproductor de la hembra	2
Ovarios	2
Estructuras ováricas	3
Oviductos	5
Utero	8
Cérvix	12
Vagina	17
Genitales externos	19
Aparato reproductor del macho	20
Testículos	20
Epidídimo	22
Conductos deferentes	24
Glándulas sexuales accesorias	25
Pene y prepucio	26
Eje hipotálamo-hipófisis-gónadas	29
Ciclo estral	32
Control de la ovulación	35



Espermatogénesis	37
Colección de semen	42
Inseminación artificial	43
Tipos de inseminación	45
Oxitocina	48
Actividad fisiológica	50
Glándula mamaria	50
Utero, oviducto y cérvix	51
Relación de receptores para la oxitocina	52
III.- MATERIALES Y METODOS	56
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	62
V.- CONCLUSIONES	64
VI.- BIBLIOGRAFIA	68

**BIBLIOTECA Agronomía U. A. N. L**

## INDICE DE TABLAS

TABLA	PAGINAS
1.- Cabras rancho " El Farallón "	65
2.- Cabras ejido " El Pretil "	66
3.- Concentración de la totalidad de cabras del experimento	67

## RESUMEN

En los países desarrollados el uso de los métodos quirúrgicos y laparoscópicos de la inseminación artificial intrauterina ha tenido limitaciones económicas y técnicas. Este estudio está dirigido a determinar si la oxitocina podría dilatar el cérvix en cabras, y así permitir la inseminación artificial intrauterina. El estudio fué sincronizado en 200 cabras con progestágenos. Cien cabras con implantes para oreja con norgestomet. El segundo grupo (100 cabras) fué sincronizado con esponjas intravaginales con acetato de medroxiprogesterona (MPA). Los implantes y las esponjas se mantuvieron en el sitio durante 12 días. Al tiempo de la inserción de los implantes o las esponjas cada cabra recibió una inyección IM de 0.75 mg y 1.25 mg de norgestomet y valerato de estradiol, respectivamente. Sesenta cabras fueron estudiadas en Noviembre siguiendo el mismo protocolo. Al retiro de los progestágenos cada cabra recibió una inyección intravaginal de 5 mg. de dinoprost trometamina, un análogo de la prostaglandina F<sup>2</sup>alfa. Cuarenta y ocho cabras sincronizadas de cada grupo fueron inseminadas artificialmente. La mitad de las cabras del grupo 1, recibieron una inyección IV de 100 USP de oxitocina al momento de la IA, y las demás cabras 0 USP (solución salina) como grupo control. Dieciseis de 36 cabras fueron tratadas con oxitocina (100 USP) y 20 con solución salina (0 USP). No existió diferencia ( $P > 0.05$ ) entre las cabras sincronizadas

con implantes con norgestomet o esponjas intravaginales con MPA. El tratamiento con oxitocina al momento de la IA incrementó ( $P>0.05$ ) el número de cabras inseminadas intrauterinamente en los dos grupos ( $P<0.05$ ). Se concluye que la IA intrauterina es facilitada con los tratamientos con oxitocina.

## SUMMARY

In developing countries the use of surgical and laparoscopy methods of intrauterine artificial insemination (A.I.) has economic and technical limitations. This study was conducted to determine whether oxytocin would dilate the cervix in goats, and permit the intrauterine A.I. Estrus was synchronized in 200 goats in may with progestagens. One hundred does with norgestomet ear implants. The second group (100 does) was synchronized with intravaginal MPA sponges. Ear implants and intravaginal sponges were left in place for 12 days. At ear implants or intravaginal sponge insertion each does received i.m. injection of 0.75 mg and 1.25 mg de norgestomet and estradiol valerate, respectively. Sixty goats were studied in November following the same protocolo. At progestagens removal each does received intravaginal injection of 5 mg. of dinoprost trometamine a  $PGF^2$ alfa analogous. Fourty eight synchronized estrous goats of each group were artificial inseminated. Half of the does of group 1 received i.v. injection of 100 USP of oxytocin at A.I. time, and the remained does 0 USP (saline solution) as a control group. Sixteen of 36 does were treated with oxytocin (100 USP) and 20 with saline solution (0 USP). There were no diference ( $P>0.05$ ) between synchronized estrous of does treated with norgestomet ear implants or MPA intravaginal sponges. Oxytocin treatment at time of A.I. increased ( $P<0.05$ ) the number of intrauterine inseminated goats in the

two groups ( $P < 0.05$ ). It was concluded that intrauterine AI is facilitated with oxytocin treatments.

## INTRODUCCION

En un esquema de mejoramiento, la implementación de un programa de sincronización e inseminación artificial donde se optimicen la fertilidad, prolificidad y sanidad de los animales son de fundamental importancia para lograr los avances genéticos programados.

Al facilitar la sincronización e inseminación artificial, la convertiría en una técnica accesible y convenientemente utilizada que pueda aumentar la cantidad de cabritos producidos en períodos de mayor demanda, que por lo general son épocas en que los animales en forma natural se encuentran en estados de anestro estacional y son períodos de baja productividad.

La oxitocina comercial es muy común y de bajo costo, y se ha utilizado en vacas para inducción del parto o en los casos de retención placentaria por sus efectos fisiológicos de lograr contracción de la musculatura lisa; en la inseminación artificial en cabras podría ayudar al transporte de espermatozoides y al relajar el cérvix para su penetración lograr el depósito del semen en el útero. La vida útil de la oxitocina es corta y no se han demostrado efectos colaterales. Además, se evita el daño ocasionado por el manejo de la inseminación artificial quirúrgica. El objetivo primordial de este trabajo es evaluar la posibilidad de facilitar la penetración del cérvix con el uso de la oxitocina.

## REVISION DE LITERATURA

### APARATO REPRODUCTOR DE LA HEMBRA

#### OVARIOS:

Los ovarios son los órganos sexuales primarios o gónadas femeninas. Son órganos pares suspendidos en la región sublumbar, caudalmente a los riñones, y están sujetos por el ligamento mesovárico, que les mantiene muy cerca a los cuernos uterinos. Este ligamento es continuación del ligamento ancho que sostiene a todo el aparato reproductor; las arterias, las venas, vasos linfáticos y nervios del ovario, se localizan en el mismo. La arteria ovárica sale de la aorta para irrigar al ovario. Algunas ramificaciones de la arteria uterina envían sangre extra a los ovarios. Los ovarios tienen forma redondeada u oval, presentan una consistencia firme, y en su superficie poseen folículos y cuerpos lúteos que les dan una apariencia irregular (Galina y col., 1991; Evans y Maxwell, 1990; Sorensen, 1982)

El ovario presenta dos zonas: una zona externa llamada corteza o zona parenquimatosa y una zona interna llamada médula o zona vasculosa. La corteza a su vez está dividida en epitelio germinal, túnica albugínea que consiste de una capa densa de tejido conectivo y una corteza constituida por folículos en diferentes estadios de desarrollo y estructuras derivadas de los folículos como cuerpos hemorrágicos, lúteos,



albicans y folículos atrésicos. La médula está formada por vasos sanguíneos, nervios y vasos linfáticos que ocupan la región central del ovario, entre los vasos principales presentan tejido conjuntivo laxo y en los ovarios de hembras viejas tienen remanentes de folículos con lipofuscina y macrófagos; el estroma de la médula se continúa con el estroma del mesovario en el área conocida como hilio ovárico (Galina y col., 1991).

El ovario tiene una función exócrina (liberación del huevo) y una función endócrina (esteroidogénesis) (Hafez, 1993).

#### ESTRUCTURAS OVARICAS:

##### Folículos ováricos:

a) Folículo primario: Un oocito está encerrado por una capa simple de células cuboidales foliculares aplanadas y rodeadas por tejido intersticial (Hafez, 1993).

b) Folículo en crecimiento: Oocito con diámetro incrementado y aumentado el número de capas de células foliculares; la zona pelúcida está presente alrededor del oocito (Hafez, 1993).

c) Folículo secundario: Células aplanadas de la granulosa del folículo primordial unilaminar de apariencia polihédrica (Hafez, 1993).

d) Folículo terciario (vesicular): Bajo la influencia de

gonadotropinas, las células de la granulosa de folículos multiestratificados secretan un fluido, llamado líquido folicular, el cual se acumula en los espacios intercelulares, esta acumulación causa la disociación de células de la granulosa y la formación de una gran cavidad llena de líquido, conocido como antro. La zona pelúcida es rodeada por una masa sólida de células foliculares radiada, formando la corona radiada (Hafez, 1993).

e) Folículo de Graaf: Las células foliculares aumentan de tamaño; el antro, es llenado con fluido folicular. El oocito es presionado a un lado rodeado por una acumulación de células foliculares (cumulus oophorus); en otra parte de la cavidad folicular, es formado un epitelio de espesor uniforme llamado membrana granulosa. También se han formado la teca interna y la teca externa (Hafez, 1993).

f) Folículo preovulatorio: Una estructura en forma de burbúja sobresale de la superficie ovárica debida a la acumulación rápida de fluido folicular y adelgazamiento de la capa granulosa. El líquido folicular viscoso es formado de la secreción de células de la granulosa y proteínas plasmáticas transportadas dentro del folículo por trasudación. El oocito en profase de la meiosis requiere varias horas antes de la ovulación. La primera división meiotica (maduracional) es asociada con la extrusión del primer cuerpo polar, el cual podría brevemente permanecer adherido al oocito por un puente citoplasmático (Hafez, 1993).

#### Cuerpo hemorrágico:

La cavidad folicular es llenada con linfa y sangre del rompimiento de los vasos tecaes, sangre de los fluidos foliculares y sangre de pequeños vasos que sangraron en la ovulación. Vasos intactos y células de tejido conectivo que están alrededor de la teca comienzan a proliferar (Hafez, 1993).

#### Cuerpo lúteo:

La transformación de los folículos rotos en un cuerpo lúteo involucra un doblamiento del estrato granuloso hacia la porción central de la cavidad residual; la luteinización de las células de la granulosa ocurre bajo la influencia de la hormona luteinizante. Células luteínicas, polihédricas en forma o sin paredes celulares definidas, son ordenadas en masas irregulares (Hafez, 1993).

#### Cuerpo blanco:

Tejido blanco fibroso que se forma de cuerpos lúteos de ovulaciones anteriores (Hafez, 1993).

#### OVIDUCTOS:

Los dos oviductos son tubos tortuosos y musculares pequeños de unos 10 a 20 cm de longitud, cada uno, se

extienden desde los ovarios a los cuernos uterinos. Están suspendidos por una delgada membrana (mesosalpinx), que es parte del ligamento ancho. La función de los oviductos es recoger los oocitos de los ovarios y transportarlos al útero y actuar como lugar de su fecundación (Evans y Maxwell, 1990).

Los oviductos presentan una abertura cerca al ovario que tiene forma de embudo y se le conoce como infundíbulo, que se continúa con el ámpula y termina en el istmo que se une a la cavidad uterina en la os uterina o unión-tubárica (Galina y col., 1991).

La pared del oviducto consiste de tres capas:

a) Serosa: la cual es una capa delgada de tejido conectivo cubierta por una capa simple de epitelio plano (mesotelio), altamente vascularizado y tiene nervios no mielinizados del sistema nervioso autónomo (Galina y col., 1991).

b) Muscular: con dos capas de fibras musculares lisas circulares internas y longitudinales externas (Galina y col., 1991).

c) Mucosa: presenta pliegues primarios y secundarios. La mucosa del infundíbulo y ámpula tienen mayor cantidad y complejidad de pliegues y el istmo la menor. La mucosa tiene dos capas la lámina propia y la lámina epitelial. La lámina propia presenta tejido conectivo laxo y se localiza entre la túnica muscular y el epitelio; se encuentra libre de

glándulas y tiene muchos vasos linfáticos. La lámina epitelial tiene un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado que contiene células ciliadas, células secretoras no ciliadas, células intercalares y células basales. Estas células varían en cantidad, proporción y tamaño de un segmento a otro del oviducto, y con respecto al ciclo estral y su consecuente influencia hormonal (Galina y col., 1991).

Las células ciliadas de la mucosa del oviducto tienen un delgado cilio móvil que se extiende dentro del lumen. El grado de movimiento del cilio es promovido por los niveles de hormonas ováricas, actividad que es máxima al momento de la ovulación. Las células ciliadas son más abundantes donde el huevo es capturado de la superficie del ovario, y las células secretoras están en mayor cantidad donde los fluidos luminales son requeridos como medio para la interacción de huevo y esperma (Hafez, 1993).

Las células no ciliadas o células secretoras de la mucosa oviductal poseen gránulos secretores, el tamaño y número de los cuales variará entre especies y fases del ciclo estral. La superficie apical de éstas células es cubierta con numerosas microvellosidades. Los gránulos secretores acumulados durante la fase folicular del ciclo son liberados dentro del lumen después de la ovulación causando una reducción del tamaño epitelial (Hafez, 1993).

El oviducto funciona como sitio de la fertilización y como el pasaje del óvulo fecundado hacia el útero (Sorensen,

1982). Además, las paredes del oviducto poseen células glandulares secretoras de líquidos responsables del mantenimiento del oocito o embrión (Evans y Maxwell, 1990).

El oviducto hace converger el espermatozoide y el óvulo, orientándolos en direcciones opuestas y casi en forma simultánea. El patrón y la tasa de transporte espermático por el oviducto son controlados por varios mecanismos como peristalsis y antiperistalsis de la musculatura, complejas contracciones de los pliegues mucosos del oviducto y mesosalpinx, corrientes y contracorrientes de líquidos creadas por la acción ciliar y posiblemente por el cierre y abertura de la porción intramural (Hafez, 1993).

#### UTERO:

El órgano está constituido por dos cuernos y un cuerpo. En las ovejas, cabras y vacas, el útero es bipartido, es decir, presentan dos cuernos uterinos bien diferenciados y un cuerpo relativamente grande. Los cuernos uterinos en borregas y cabras pueden ser de 9 a 16 cm de largo (Sorensen, 1982; Galina y col., 1991; Evans y Maxwell, 1990).

El útero está situado craneal respecto a la abertura pélvica, con el cuello sobre la cavidad pélvica. El útero está sobre el piso de la pelvis y se dobla hacia abajo en su porción craneal (Sorensen, 1982).

Ambos lados del útero se adhieren a las paredes pelvicas

y abdominales mediante el ligamento ancho (Hafez, 1984).

Los ligamentos anchos se fijan dorsolateralmente en la cavidad pelvica y dorsalmente en la cavidad peritoneal. La porción fija al borde lateral de los cuernos y el cuerpo recibe el nombre de mesometrio. Las fibras musculares en los ligamentos suspensorios tienen función en el acomodamiento y desplazamiento del útero. El ligamento redondo es localizado en los pliegues laterales del mesometrio y mantienen en su sitio al útero. La irrigación del útero es por medio de la arteria uterina que se origina de la aorta posterior y se ramifica llevando sangre al ovario, oviducto, cuello uterino y vagina (Sorensen, 1982).

Las paredes del útero se componen de una cubierta de membrana mucosa, una capa intermedia de musculatura lisa y una capa externa serosa (Hafez, 1984). Histológicamente está constituido por serosa o perimetrio, muscular o miometrio y mucosa o endometrio (Galina y col., 1991; Evans y Maxwell, 1990). Desde el punto de vista fisiológico, solo se distinguen dos capas: el endometrio y el miometrio (Hafez, 1993). El endometrio consiste de un epitelio columnar simple, parcialmente ciliado y una lámina propia que presenta glándulas tubulares simples, rodeadas de epitelio columnar, éstas se abren a la cavidad uterina. El miometrio está formado por musculatura lisa que consta de dos capas una interna circular y una externa longitudinal y entre ellas una capa vascular (Galina y col., 1991).

Las contracciones de los músculos ayudan en el transporte de los espermatozoides y son esenciales para la expulsión del feto (Evans y Maxwell, 1990).

Las glándulas secretoras presentes en el endometrio son estructuras tubulares ramificadas y convolutas recubiertas con epitelio columnar; éstas vierten su contenido al interior del útero a excepción de los lugares donde presenta carúnculas en los rumiantes. Este fluido endometrial contiene proteínas séricas y pequeñas cantidades de proteínas uterinas específicas que varían de acuerdo con el ciclo reproductivo; en los rumiantes no están en gran cantidad. Dentro de las funciones del fluido endometrial están el proporcionar un medio favorable para la capacitación espermática y proporcionar nutrición al blastocisto hasta que se complete la implantación (Hafez, 1984).

La contracción del útero es coordinada con los movimientos rítmicos del oviducto y ovario. En general, la mayoría de las contracciones uterinas se mueven hacia los oviductos durante el inicio del estro, pero hacia el cérvix después del final del estro. Durante el ciclo estral, la frecuencia de las contracciones miométriales llegan al máximo al momento del estro y justo después de éste también. Durante la fase lútea, la frecuencia de las contracciones es reducida y solamente un pequeño porcentaje de movimientos hacia los oviductos. El estradiol incrementa la frecuencia de contracciones, donde la progesterona reduce la frecuencia en



animales ovariectomizados (Hafez, 1993).

El útero tiene diversas funciones. El útero funciona como un conducto que transporta en forma activa, el semen hacia el oviducto después de la cópula; así mismo, se transforma en incubadora para el feto en desarrollo. En el primer proceso, secreta líquidos que bañan al semen; en el segundo, aporta nutrientes al embrión antes de que éste se fije a sus paredes. El fluido endometrial ayuda en el transporte de los espermatozoides siendo capacitados al ser transportados hacia el oviducto. Existe un ciclo local útero-ovárico donde el cuerpo lúteo estimula al útero para producir una sustancia que, a su vez, destruye al cuerpo lúteo. Se produce o participa en la producción de alguna sustancia luteolítica, prostaglandina F<sup>2</sup>alfa, cuya administración intramuscular o intrauterina provoca una regresión lútea completa e infusiones directas en la vena útero-ovárica causan una rápida regresión. Dentro de las funciones del útero es que está adaptado para aceptar y nutrir al embrión desde el momento de la concepción hasta el parto; selectivamente acepta al blastocisto por una serie de cambios hormonales ováricos. Después de la implantación el embrión depende del abastecimiento vascular. El útero sufre cambios en tamaño, estructura y posición conforme a las necesidades del feto en crecimiento. La respuesta contráctil del útero está en latencia hasta el tiempo del parto. Después del parto, el útero regresa a su tamaño y condición por un

proceso llamado involución. Esta involucra la destrucción del tejido endometrial mediante la presencia de un gran número de leucocitos y la reducción de la red vascular endometrial. Las células del miometrio son reducidas en número y tamaño (Hafez, 1993).

#### CERVIX O CUELLO UTERINO :

El cérvix tiene una longitud de 4 a 7 cm, y conecta al útero con la vagina anterior. Es una estructura relativamente dura, formada por tejido conjuntivo, músculo y glándulas secretoras situadas en la parte más interna en el piso de las criptas (Evans y Maxwell, 1990; Sorensen, 1982).

El cérvix presenta bordes circulares internos que impiden la entrada de cuerpos extraños y es una barrera de defensa contra infecciones, presenta de 6 a 7 prominencias. Los pliegues cervicales se fijan tan estrechamente que solo dejan un paso muy pequeño y tortuoso, paso que es prácticamente impenetrable por la pipeta de inseminar. Sin embargo, en la cabra el paso es un poco mayor, particularmente durante el estro, con lo que la pipeta de inseminar puede atravesarlo, prácticamente en 30 a 50% de los animales (Evans y Maxwell, 1990; Sorensen, 1982).

El segmento craneal del cérvix se fusiona en forma gradual para integrarse al cuerpo del útero; el cuello uterino en su segmento caudal, penetra hacia la vagina y

forma una depresión circular, el fórnix, alrededor de la entrada cervical. La os del cuello uterino tiene aspecto de una roseta (Sorensen, 1982).

El cérvix posee una capa muscular circular bien desarrollada que contiene fibras elásticas. La mucosa forma una gran cantidad de pliegues, cuyo epitelio contiene células productoras de moco (Galina y col., 1991).

El tejido conectivo del estroma cervical está hecho de sustancia base, constituyentes fibrosos y elementos celulares. La sustancia base contiene proteoglicano, ácido hialurónico, condroitin-4,6 sulfato, sulfato dermatano, sulfato heparano y sulfato keratano asociado con proteínas. Los constituyentes fibrosos incluyen colágena, elastina y reticulina. Los elementos celulares comprenden mastocitos, fibroblastos y células nómadas. La colágena está formada por cadenas de varios aminoácidos tales como glicina, prolina, hidroxiprolina, lisina o hidroxilisina. La función de la reticulina, elastina y sustancias base interfibras es facilitar la dilatación del cérvix al momento del parto. La disociación de las fibras de colágena, las cuales se ponen muy separadas una de otra, causan la pérdida de tejido cervical e incrementan los espacios libres entre cadenas de colágena (Hafez, 1993).

Durante el período de gestación, el cérvix muestra un incremento en ocho veces su tamaño. El mejorado crecimiento y la concentración decreciente de los componentes de la

matriz podrían ser consecuencia de diversos factores incluyendo un aumento en la vascularización, junto con una entrada de células inflamatorias y un incremento en la celularidad del estroma como resultado de una mitosis activa de los fibroblastos. La hipertrofia de la musculatura lisa se incrementa y las proteínas plasmáticas entran en el tejido conectivo durante el edema y aumentan las concentraciones de glicoproteínas (Hafez, 1993).

La maduración y reblandecimiento del cérvix no son exclusivamente debidos a actividades enzimáticas incluyendo sólo una degradación de la matriz. La naturaleza dinámica del cérvix al momento del parto provee una base anabólica por la cual una nueva matriz con propiedades físicas alteradas es producida. Las características de un cérvix al parto son: a) incremento de la proporción de síntesis de proteoglicano e hialuronato, b) aparecimiento de un nuevo tipo de proteoglicano y, c) rompimiento de la estructura y organización de la red de colágena (Hafez, 1993).

En el cérvix se produce una sustancia llamada moco cervical, que es producida por las glandulas secretoras. El moco cervical está formado de macromoléculas de mucina de origen epitelial, las cuales estan compuestas de glicoproteínas (particularmente del tipo sialomucinoso) que contiene cerca de 25% de aminoácidos y 75% carbohidratos. La mucina está compuesta de una larga y continua cadena polipeptídica con numerosas cadenas laterales de

oligosacáridos. La porción de carbohidratos está hecha de galactosa, glucosamina, fucosa y ácido siálico. Las proteínas del moco cervical incluyen prealbúmina, lipoproteína, albúmina y globulinas beta y gamma. El moco cervical también contiene enzimas como glucuronidasa, amilasa, fosforilasa, estearasa y fosfatasa (Hafez, 1993).

Debido a sus características biofísicas únicas, el moco cervical tiene diversas propiedades reológicas tales como elasticidad, viscosidad, tixotropía, arborización y adherencia. Durante el estro muestra un patrón de arborización de cristales después de secarse sobre una laminilla. Este patrón de arborización asociado con el alto contenido de cloro del moco, no ocurre cuando se seca el moco obtenido en otras etapas del ciclo estral, cuando los niveles de progesterona son altos o durante la preñez. La secreción del moco cervical se estimula con el estrógeno ovárico y se inhibe con la progesterona. Los cambios cualitativos cíclicos del moco cervical durante el ciclo estral y las variaciones cíclicas en cuanto a la disposición y viscosidad de estas macromoléculas, causan cambios periódicos en la penetrabilidad del espermatozoide en el conducto cervical. Los cambios óptimos en las propiedades del moco cervical, tales como el incremento en cantidad, viscosidad, arborización y pH, y disminución en viscosidad y contenido celular ocurren en el estro y ovulación y se invierten en fase lútea cuando se inhibe la penetración espermática en el

cuello uterino (Hafez, 1993).

Las funciones del cuello uterino en el proceso reproductivo son: a) facilitar el transporte del espermatozoide a través del moco cervical hacia el útero, b) actúa como depósito de espermatozoide y, c) selecciona el espermatozoide viable, es decir, evita el transporte de espermatozoide no viable o defectuoso (Hafez, 1993).

Después de la eyaculación, los espermatozoides son orientados hacia el os cervical. Las propiedades macro y microreológicas del moco cervical ayudan a la migración del espermatozoide. Los espacios acuosos entre las micelas permiten el paso del espermatozoide así como la difusión de sustancias solubles. Después del apareamiento e inseminación artificial, un gran número de espermatozoides son depositados en las complicadas criptas cervicales. El cérvix podría actuar como un reservorio para el espermatozoide evitando también que haya demasiados espermatozoides en el lugar de fertilización. En las cabras y ganado se han encontrado más espermatozoides que no han sido distribuidos pero se localizan entre las criptas cervicales. El cérvix durante la gestación presenta un moco turbio, de alta viscosidad, no arborizante y espeso que ocluye el conducto cervical y actúa como una barrera eficaz contra el transporte espermático y la invasión de bacterias. Antes del parto, el tapón cervical se licúa y el cuello se dilata para permitir la salida del feto y membranas fetales (Hafez, 1993).

**VAGINA:**

La vagina es el órgano copulador de la hembra. Esta recibe al pene durante la cópula y es receptáculo del semen depositado por el macho cabrío. Además es el paso común del sistema urinario (Sorensen, 1982; Evans y Maxwell, 1990).

La parte anterior de la vagina, contiene la entrada del cérvix, que forma un receso llamado fornix vaginal u os cérvix. Posterior al fornix vaginal se encuentra el vestíbulo o porción estrecha o corta de la vagina que la incomunica del exterior. El orificio uretral se localiza en la parte postero-inferior del vestíbulo. Esta porción también contiene glándulas secretoras productoras de mucus para lubricar la vagina, en el momento del estro (Evans y Maxwell, 1990).

La vagina es un órgano fibromuscular de pared gruesa. Consta de mucosa, muscular y adventicia o serosa. La mucosa está formada por un epitelio escamoso estratificado que reposa sobre una gruesa lámina propia. Este epitelio puede variar en grosor y tipo celular con el ciclo ovárico y la producción diferencial de hormonas esteroides (Galina y col., 1991).

La capa muscular presenta fibras musculares circulares internas gruesas y unas fibras longitudinales externas; éstos dos tipos de fibras son las que dan la capacidad de contractilidad. La contractilidad vaginal tiene una función importante en la respuesta psicosexual y posiblemente en el

transporte de esperma. La contracción de la vagina, útero y oviductos es activada por fluidos secretados dentro de la vagina durante la estimulación precoital. Además en la vagina se desarrolla la reacción antígeno-anticuerpo del esperma, ya que está más expuesta a la reacción del antígeno espermático que el útero y el oviducto. Las células plasmáticas del epitelio intervienen en la secreción de inmunoglobulinas A y G para prevenir infecciones bacterianas y anticuerpos contra los espermatozoides. El líquido vaginal presente es un trasudado de la pared vaginal, mezclado con secreciones vulvares de las glándulas sebáceas y sudoríparas y contaminado con moco cervical, líquidos endometriales y oviductales y células de exfoliación del epitelio vaginal (Hafez, 1993).

La vagina es un órgano copulatorio en donde se deposita y coagula el semen hasta que los espermatozoides se transportan a través de macromoléculas de la columna del moco cervical. Después de la eyaculación, el plasma seminal no se transporta al útero, la mayoría se expelle o se absorbe a través de las paredes vaginales. El pH de la secreción vaginal no favorece a los espermatozoides. Entre el moco cervical, la secreción vaginal y el plasma seminal se forma una interacción compleja que produce un sistema amortiguador (buffer) que protege a los espermatozoides hasta que son transportados a través de las micelas del moco cervical (Hafez, 1993).



## GENITALES EXTERNOS:

Los genitales externos son el vestíbulo, los labios mayores, los labios menores, el clítoris y las glándulas vestibulares (Hafez, 1993).

El vestíbulo comienza en el lugar donde se encuentra el himen y se extiende hasta los labios de la vulva. En las paredes presenta glándulas que secretan un líquido viscoso, durante el estro principalmente y son llamadas glándulas de Bartholini. Es una zona urogenital debido a que la abertura de la uretra se localiza en el piso del vestíbulo. El vestíbulo actúa como pasaje hacia la vagina y las glándulas lubrican durante la cópula y el parto (Sorensen, 1982; Hafez, 1993).

Los labios menores y mayores o vulva es la parte externa y terminal de la vagina que tiene forma triangular con el pico hacia abajo. El integumento presenta glándulas sebáceas y tubulares. Tiene depositos grasos, tejido elástico y una capa delgada de musculatura lisa y en la superficie externa piel (Evans y Maxwell 1990; Hafez, 1993).

El clítoris se localiza en la comisura ventral del vestíbulo. Está formado de tejido eréctil cubierto por epitelio escamoso estratificado y presenta terminaciones nerviosas sensitivas. Este es un homólogo del pene del macho (Hafez, 1993)

## APARATO REPRODUCTOR DEL MACHO

## TESTICULOS:

Los testículos son los órganos sexuales primarios y sus funciones son la producción de espermatozoides (función exócrina) y la producción de esteroides (función endócrina). Los testículos del macho cabrío son pequeños y llegan a pesar entre 100 a 150 gramos. El tamaño varía con la estación alcanzando el máximo a la mitad de la estación reproductora (Evans y Maxwell, 1990; Galina y col., 1991).

Los testículos se apoyan en la pared del proceso vaginal a lo largo de la línea de su ligamento epididimal. Macroscópicamente se diferencian dos estructuras: túnica albugínea o túnica vaginal propia que recubre al testículo y el parénquima testicular donde están localizados los túbulos seminíferos. La túnica albugínea es una membrana fibrosa que tiene proyección hacia el interior del testículo que sirve como sostén para el parénquima testicular que aloja a los túbulos seminíferos en donde las espermatogonias se transforman en espermatozoides; éste parénquima es de color amarillento y está formada por varios lóbulos y cada lóbulo tiene los túbulos convolutos largos llamados túbulos seminíferos que están envueltos por tejido intersticial. Los túbulos seminíferos drenan hacia el centro del testículo, en túbulos rectos y desde éstos a una red de conductos llamados

rete testis (Hafez, 1993; Galina y col., 1991; Evans y Maxwell, 1990).

Las células intersticiales o de Leydig que se encuentran entre los túbulos son las fuentes de la hormona masculina (testosterona). El epitelio de los túbulos está formado con células espermatogénicas, y de soporte y sostén o de Sertoli. La parte basal de la membrana contiene células contráctiles mioideas. Las hormonas gonadotropicas de la glándula hipófisis regulan dos funciones de los testículos. La hormona folículo estimulante (FSH) está estrechamente relacionada con la iniciación de la actividad en los túbulos seminíferos. La hormona estimulante de las células intersticiales (ICSH) controla la actividad endócrina de las células. Las células de Leydig son las responsables de la producción de los andrógenos, actúan como promotores del crecimiento, estimulan las características secundarias sexuales del macho y actúan sobre centros del comportamiento en el encéfalo induciendo el comportamiento sexual del macho (Hafez, 1984; Evans y Maxwell, 1990).

La barrera hematotesticular (separa al epitelio seminífero de la circulación general) es importante para separar inmunológicamente al epitelio germinal del resto del tejido corporal (Hafez, 1984).

En todos los mamíferos la temperatura de los testículos debe mantenerse a una temperatura menor que la del cuerpo. La piel escrotal no posee grasa subcutánea y tiene gran cantidad

de glándulas sudoríparas y un componente muscular llamado dartos que permite alterar el grosor del escroto y su área de superficie. Este músculo puede elevar y descender los testículos. En clima frío los músculos cremáster y dartos se contraen, elevando los testículos, arrugando y haciendo más gruesa la pared escrotal; en clima cálido sucede lo contrario los músculos se relajan. La irrigación está dada por la arteria testicular que es una estructura convoluta en forma de cono, la base apoya en el polo craneal o dorsal del testículo. Estas convoluciones entretrejidas se llaman plexo pampiniforme de las venas testiculares, proporcionando un mecanismo de contracorriente mediante el cual la sangre arterial que entra al testículo se enfría por la sangre venosa que abandona los testículos. La producción de espermatozoides ocurre a una temperatura de 4 a 7 grados centígrados abajo de la temperatura corporal (Hafez, 1993; Evans y Maxwell, 1990).

#### EPIDIDIMO:

Los dos epidídimos tienen una forma alargada y están íntimamente en contacto con los testículos. Cada epidídimo consta de tres porciones no diferenciadas que son cabeza, cuerpo y cola. La cabeza está unida a la parte superior del testículo y la cola lo está al fondo del mismo. Los epidídimos se encargan del transporte, maduración y

almacenamiento de los espermatozoides. La cola del epidídimo se continúa con el conducto deferente, el cual transporta el semen hacia la uretra durante el momento de la eyaculación. La cabeza presenta un número variable de conductillos eferentes (13 a 20) que se unen al conducto del epidídimo. La pared del conducto del epidídimo tiene una capa prominente de fibras musculares circulares y un epitelio pseudoestratificado de células columnares. Se distinguen tres zonas histológicamente: un segmento inicial con epitelio alto con esterocilios rectos y largos que casi obliteran la luz, un segmento medio donde los esterocilios no son tan rectos y la luz de los conductos es ancha y un segmento terminal donde los esterocilios son cortos, su luz es ancha y se encuentra llena de espermatozoides y pueden llegar a almacenar hasta 12-16 mil millones de ellos. El epidídimo es un tubo convoluto de aproximadamente 30 metros de largo. A su paso por el epidídimo el espermatozoide adquiere motilidad necesaria y capacidad para fecundar al oocito (Evans y Maxwell, 1990; Hafez, 1984).

La cabeza del epidídimo anatómicamente contiene todos o casi todos los conductos eferente en adición a la porción proximal del ducto epididimal. A nivel orgánico los ductos eferentes y el epidídimo colectivamente tienen cuatro funciones: a) remoción del agua anidada del esperma distalmente de los túbulos seminíferos, b) transporte del esperma distalmente para el ducto deferente por contracción

del músculo liso, c) maduración de espermatozoides, así como mantenimiento y almacenamiento del esperma fértil en suficiente número para maximizar la fecundidad (Amann y col., 1993).

El epidídimo proximal realiza una catálisis externa requerida para modificar la superficie y el interior del espermatozoide para que tengan una mayor probabilidad de fertilizar un oocito (Amann y col., 1993).

El lumen de los túbulos epididimales es un alineado con epitelio hecho de una capa basal de células pequeñas y una superficie de células columnares ciliadas altas (Hafez, 1993).

Los espermatozoides en suspensión diluída se transportan a través de los conductillos eferentes por acción del epitelio ciliado, contracción de la musculatura de la pared del conducto y por acción de las células musculares lisas de la túnica albugínea y por células mioideas en las paredes de los túbulos seminíferos (Hafez, 1984).

#### CONDUCTOS DEFERENTES:

Son los conductos que transportan los espermatozoides desde la cola del epidídimo a la uretra (conducto central del pene). Los dos conductos desembocan en la uretra. Los últimos 3-4 cm se le llama ampolla, son más gruesos y sirven como órganos de almacenaje para los espermatozoides (Evans y

Maxwell, 1990).

Las paredes musculares realizan contracciones peristálticas que se inician en la cola del epidídimo y se desplazan con rapidez hasta la uretra, impulsando un chorro de semen hacia ésta y luego al exterior (Sorensen, 1982).

#### GLANDULAS SEXUALES ACCESORIAS:

En la unión de los conductos deferentes y la uretra se localizan un grupo de glándulas sexuales secundarias. Estas producen líquidos que se vierten hacia el tracto masculino y se mezclan con los espermatozoides formando el semen (Evans y Maxwell, 1990).

El grupo de glándulas accesorias sexuales son dos glándulas vesiculares, una glándula próstata y dos glándulas bulbouretrales. En los machos cabríos y carneros, las glándulas vesiculares son las de mayor tamaño, son lobuladas y compactas. En el tejido conectivo de las glándulas se encuentran músculos responsables de la eyaculación del líquido vesicular cuando se contraen (Evans y Maxwell, 1990).

La próstata rodea a la uretra por detrás de las glándulas vesiculares. Se distinguen dos partes, una externa lobulada o cuerpo que se encuentra fuera del músculo uretral que rodea a la uretra y una parte interna o diseminada distribuida a lo largo de la uretra pélvica bajo el músculo uretral. El líquido prostático drena a la uretra a través de

varios túbulos excretores de pequeño tamaño (Evans y Maxwell, 1990; Hafez, 1984).

Las glándulas bulbo-uretrales son pares, esféricas y compactas y se localizan por encima de la uretra, cerca de su salida de la cavidad pélvica, secretan líquido bulbo-uretral durante los períodos de excitación sexual (Evans y Maxwell, 1990).

En general, estas secreciones sirven como vehículo para el transporte de los espermatozoides, las funciones en específico de cada una de las secreciones no es conocida, a pesar que se sabe la composición química de las secreciones. En los rumiantes, la fructosa y el ácido cítrico son componentes importantes de la secreción de las glándulas vesiculares. Los espermatozoides de la cola del epidídimo son capaces de fertilizar cuando son inseminados sin la adición de la secreción de las glándulas accesorias (Hafez, 1993).

#### PENE Y PREPUCIO:

El pene tiene dos funciones: a) deposición del semen en el aparato genital de la hembra y b) expulsión de la orina. El semen y la orina salen por la uretra. El pene de los mamíferos es de tejido conectivo y forma tres cuerpos cavernosos o áreas esponjosas que se agregan alrededor de la uretra peneana. Las tres áreas esponjosas son llamadas: a)



cuerpo esponjoso del pene, b) cuerpo cavernoso del pene y, c) cuerpo esponjoso del glande. En los rumiantes el tipo de pene es fibroelástico y los cuerpos cavernosos son menos desarrollados; presentan una flexura característica llamada flexura sigmoidea o " S " peneana, la cual se distiende por la relajación de los músculos retractores del pene al momento de la cópula. La función de esta flexura es retraer y mantener protegido el pene (Evans y Maxwell, 1990; Galina y col., 1991; Sorensen, 1982).

El cuerpo esponjoso peneano está recubierto por una capa muy resistente de tejido conectivo blanco que rodea a la uretra y se alarga hacia el arco isquiático para formar el bulbo peneano. Este bulbo está cubierto por el músculo bulboesponjoso estriado. El cuerpo cavernoso peneano se eleva como un par de cruras desde el arco isquiático y bajo la cubierta del músculo isquiocavernoso estriado. El cuerpo cavernoso peneano continúa hacia la punta del pene como un cuerpo cavernoso dorsal (Hafez, 1993).

Una gruesa capa de colágena (túnica albugínea) cubre a los cuerpos cavernosos, y de ahí parten numerosas trabéculas que entran al cuerpo cavernoso peneano para dar soporte al tejido cavernoso. Un par de músculos lisos retractores del pene, emergen de las regiones sacras o coccígeas de la columna vertebral y son especialmente largos en los rumiantes (Hafez, 1984).

El ensanchamiento del cuerpo cavernoso durante la

excitación sexual provoca la rigidez peneana con la que se facilita la introducción en el momento de la cópula. Este congestionamiento es el resultado de la obstrucción del flujo venoso del pene por músculos isquiocavernosos, que encierran a las dos cruras y crean una acción de bombeo en la base del miembro; esto produce presiones de 7000 mmHg en el pene del macho cabrío durante la cópula, comparado con una presión sanguínea normal de 19 mmHg en el cuerpo cavernoso. El semen es impulsado a gran velocidad a través de la uretra mediante la contracción del músculo bulboesponjoso, seguido de una oleada de contracciones de la uretra provocadas por la sangre encerrada en el cuerpo cavernoso (Sorensen, 1982).

El ovino y caprino tienen un glande que presenta una prolongación uretral de 4 a 5 cm (Galina y col., 1991).

El prepucio es una estructura desarrollada a partir de la piel. Está formada por una capa externa de piel recubierta por pelos y una capa interna que envuelve la parte libre del pene. La capa interna es un tejido blando doblado que debe permanecer por dentro hasta la salida del pene. Las glándulas prepuciales secretan hacia la superficie y mantienen el área lubricada (Sorensen, 1982).

Anatómicamente, el orificio del prepucio se controla por un músculo estriado especial (músculo craneal del prepucio). El prepucio puede dividirse en una parte peneana y prepeneana (Hafez, 1993).

## EJE HIPOTALAMO-HIPOFISIS ANTERIOR-GONADAS

La hipófisis anterior es un órgano muy vascularizado que recibe sangre de dos circulaciones: a) el sistema arteriolar ordinario y, b) el sistema portal hipotalamohipofisario. El hipotálamo regula gran cantidad de las funciones automáticas del organismo. Una vez que la sangre pasa por los capilares del hipotálamo en particular la parte inferior llamada eminencia media lo deja por pequeñas venas portales hipotalamohipofisiarias que corren por la superficie anterior del tallo de la hipófisis hacia la hipófisis anterior; en este punto las venas se hunden en la glándula y la sangre circula por numerosos senos venosos de la hipófisis anterior, sitio en el que regulan la secreción de las diversas hormonas de esta glándula. Los cinco factores que regulan la secreción de la hipófisis anterior son: a) factor liberador de tirotrópina, b) factor liberador de corticotropina, c) factor liberador de hormona del crecimiento, d) factor liberador de gonadotropinas y, e) factor inhibidor de prolactina (Guyton, 1987).

La síntesis, almacenamiento y liberación de las hormonas hipotalámicas son reguladas por hormonas esteroides y pituitarias por medio de dos mecanismos de retroalimentación: una curva corta y una curva larga. La retroalimentación larga involucra la interacción entre la gónada, pituitaria e hipotálamo. En la retroalimentación corta, los niveles de

gonadotropinas pituitarias pueden influenciar la actividad secretoria de las hormonas liberadoras sin intervención de las gónadas. Dependiendo de su concentración en sangre, las hormonas esteroides pueden ejercer una retroalimentación estimuladora (positiva) o una retroalimentación (negativa). La retroalimentación positiva resulta cuando un estrógeno o un progestágeno estimula la liberación de una gonadotropina tal como la hormona luteinizante (LH). Una retroalimentación negativa resulta cuando grandes niveles de progesterona previenen la liberación de gonadotropinas (Hafez, 1993).

En la retroalimentación estimuladora o positiva un nivel incrementado de hormonas causa un incremento subsecuente de otra hormona. Por ejemplo, los niveles incrementados de estrógenos durante la fase preovulatoria dispara una liberación abrupta de LH pituitaria. Estos dos eventos son precisamente sincronizados, debido a que una oleada de LH es necesaria para la ruptura del folículo ovárico. La retroalimentación inhibitoria o negativa involucra la interrelación recíproca con dos o más glándulas y órgano blanco. Por ejemplo, como el ovario es estimulado, la secreción de estrógenos se incrementa y los niveles de FSH declinan. También, cuando las hormonas pituitarias alcanzan cierto nivel, algunos núcleos hipotalámicos responden por la disminución de producción de sus hormonas liberadoras particulares. La disminución de los niveles de hormonas liberadoras causan una declinación en la secreción de hormona

trófica pituitaria y subsecuentemente, un nivel más bajo de la función de la glándula blanco (Hafez, 1993).

La forma en que actúan las hormonas en los órganos blanco es por medio de receptores hormonales. Cada hormona tiene un efecto selectivo sobre uno o más órganos blanco. Esto es realizado a través de dos mecanismos: a) cada órgano blanco tiene un método específico de fijación que la hormona no encuentra en otro tejido y, b) los órganos blanco tienen ciertas vías metabólicas capaces de responder por la vía metabólica hormonal que no comparte con tejidos no blanco (Hafez, 1993).

Los sitios de fijación específica son el mecanismo común. Todos los tejidos blanco que responden a hormonas esteroides contienen una proteína receptora dentro de la célula, la cual específicamente fija la hormona activante. Dentro de las células blanco, la hormona esteroide es encontrada en el citoplasma, fijada a una proteína relativamente grande. Este complejo nuevo transformado entra al núcleo y causa una secuencia de respuestas fisiológicas específicas para esa célula (Hafez, 1993).

Las células blanco de la pituitaria anterior poseen receptores en la membrana celular que reconocen y selectivamente fijan las hormonas protéicas incluyendo gonadotropinas. Esta fijación activa la síntesis y secreción de la hormona pituitaria por vía del sistema AMP ciclico-proteína kinasa de la célula. Los receptores gonadotropicos

son influenciados por los niveles de estrógeno (Hafez, 1993).

### CICLO ESTRAL

El ciclo estral se define como un fenómeno rítmico, con períodos regulares pero limitados de receptividad sexual asociados con la liberación de óvulos capaces de ser fertilizados. La duración de la estación sexual varía con la duración del día, raza y nutrición (Galina y col., 1991; Hafez, 1993).

La cabra presenta actividad sexual cíclica durante determinadas épocas del año, llamándoseles poliéstricas estacionales. La función reproductiva es determinada por la cantidad de horas luz al día (fotoperíodo). Los cambios en el fotoperíodo están involucrados en la liberación de gonadotropinas procedentes de la hipófisis anterior. Las variaciones estacionales producen un aumento de la sensibilidad hipotalámica al mecanismo de retroalimentación negativa de los esteroides ováricos y probablemente esté controlado por la glándula pineal mediante la secreción de melatonina, la cual es sintetizada y liberada exclusivamente en la noche. Existe una liberación continúa por un período más largo cuando los días son cortos y una duración de secreción corta durante los días largos (Hafez, 1993; Galina y col., 1991).

A nivel ovárico el ciclo puede ser dividido en una fase

folicular (período de crecimiento folicular) que es relativamente corto de dos a cuatro días y se produce ovulación y fase lútea dominada por la presencia de uno o más cuerpos lúteos en el ovario con duración de 17 días. El largo del ciclo es de 20 a 21 días (Cupps, 1991; Evans y Maxwell, 1990).

El ciclo estral se divide en varios períodos, en proestro, estro, metaestro, diestro y anestro. El período de proestro es la preparación para el apareamiento, los niveles de estrógeno se elevan. En el período de estro el animal está excitado interna y externamente y es el momento en que acepta al macho; el nivel de estrógenos es muy alto y ocurre la ovulación. En el metaestro los estrógenos y la progesterona son bajos y se puede preparar para la gestación. En el diestro el nivel de progesterona es alto y está en un período latente de excitación sexual. Anestro es un período temporal de inactividad ovárica (Sorensen, 1982).

A nivel ovárico, la fase folicular es controlado por dos gonadotropinas liberadas de la hipófisis, la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). La FSH estimula el crecimiento y la maduración de los folículos ováricos. La FSH no causa secreción de estrógenos por el ovario por si mismo, pero en presencia de LH estimula la producción de estrógenos del ovario. La LH actúa junto con la FSH para inducir la secreción de estrógeno de los grandes folículos ováricos. Los folículos de Graaf son los que

secretan en gran cantidad estrógeno. Las oleadas de LH y FSH inducen los estados finales de maduración del oocito justo antes de la ovulación en la metafase II. Los estrógenos son los responsables de la inducción del comportamiento estral en las hembras. El estímulo hormonal para el estro es en específico por el estradiol. La oleada preovulatoria de LH ocurre de 8 a 24 horas después del inicio del estro. La ovulación ocurre de 24 a 27 horas después del inicio del estro. Después de los estrógenos, el folículo que madura produce también la hormona inhibina que inhibe la secreción de FSH por parte de la hipófisis (Evans y Maxwell, 1990; Hafez, 1993; Cupps, 1991; Bono y col., 1983).

La fase lútea comprende desde la ovocitación en el que el folículo de Graaf se ha roto y se llena con un coágulo de sangre constituyéndose el cuerpo hemorrágico. Por la acción de la LH, las células de la granulosa, en la pared del folículo roto, proliferan y se transforman en células luteínicas que llenan el antro del folículo. De los 4 a 5 días, el cuerpo hemorrágico se transforma en cuerpo amarillo sólido llamado cuerpo lúteo. Durante la luteinización, existe una hipertrofia e hiperplasia de células tecales, las cuales migran dentro de la cavidad folicular previa y empiezan a dispersarse entre las células granulosas luteínicas. El cuerpo lúteo formado secreta la hormona progesterona y prepara al útero para que acepte a un óvulo fertilizado o embrión. El nivel de progesterona se mantiene elevado después



de unos 6 días, si no concibe de los 13 a 14 días el cuerpo lúteo disminuye de tamaño, empalidece y se forma el cuerpo albicans y baja la progesterona. Cuando disminuye la progesterona se estimula la secreción de gonadotropinas hipofisiarias apareciendo un nuevo crecimiento folicular y el inicio de otro ciclo. El cuerpo lúteo es inhibido por una sustancia luteolítica, la prostaglandina F<sup>2</sup>alfa (Evans y Maxwell, 1990; Niswender y col., 1994).

Las manifestaciones del estro son: enrojecimiento de la vulva y vagina con descargas de moco, inquietud, elevación constante del rabo y frotamiento continuo con el macho, comportamiento homosexual, reflejo de quietud cuando la monta el macho. La duración del estro en cabras adultas es de 20 a 40 horas y en cabras jóvenes de 18 a 30 horas (Evans y Maxwell, 1990).

#### CONTROL DE LA OVULACION

Las prostaglandinas solamente son efectivas para sincronización después del día cinco del ciclo estral debido a la presencia del cuerpo lúteo. Consecuentemente, dos inyecciones intramusculares deberían ser aplicadas con un intervalo de 10 a 14 días para sincronizar todo el hato. En cabras el inicio del estro posterior a la aplicación de ésta ocurre a las 72-96 horas. Una de las desventajas de este tratamiento es que no puede ser usado en hembras que no

ciclan y durante períodos anovulatorios. Las prostaglandinas son satisfactoriamente usadas en asociación con tratamientos cortos con progestágenos (11 días) y con PMSG (Chemineau y Cagnie, 1991).

Progestágenos:

Las técnicas hormonales para la sincronización del estro son basadas sobre las observaciones que la progesterona inhibe la ovulación y que su retiro induce la ovulación (Chemineau y Cagnie, 1991).

Existen progestágenos en diversas formas como implantes, esponjas intravaginales y preparados para alimentos. Los análogos sintéticos son 10-20 veces más potentes que la progesterona natural tales como el acetato de medroxiprogesterona (MPA) y el acetato de fluorogestona (FGA). Su presentación es en esponjas intravaginales de poliuretano y constituyen la base de la técnica (Chemineau y Cagnie, 1991).

En hembras cíclicas se insertan esponjas vaginales impregnadas en progestágeno durante 18 a 21 días y se aplica uno o dos días antes del retiro de la esponja alguna gonadotropina como pudiera ser PMSG o GSYF a razón de 400 a 600 UI (Hafez, 1993).

Otra alternativa en la administración de los progestágenos es el implante subcutáneo consistente en un polímero polimetacrilado impregnado con un potente análogo como lo es el Norgestomet. El implante de 1 cm. contiene de

1.2 a 3 mg de Norgestomet es insertado subcutáneamente durante 12 días. El tiempo promedio de inicio del estro después del retiro del implante y la inyección de PMSG es cerca de 26-30 horas. La ovulación se suscita más rápido con Norgestomet (55 horas) que con esponjas con fluorogestona (62 horas) (Chemineau y Cagnie, 1991).

También se ha logrado sincronizar con la administración oral, el progestágeno mezclado con el alimento. Cuando el FGA es mezclado con el concentrado y se alimenta a dosis de 6-8 mg/borrega/día, la sincronización del estro es similar al tratamiento vaginal (Chemineau y Cagnie, 1991).

#### ESPERMATOGENESIS

La pubertad del macho cabrío es asociada con un marcado incremento en la secreción de testosterona, espermatogénesis y comportamiento sexual (Hafez, 1993).

La capacidad para efectuar la cópula y la presencia de espermatozoides fértiles en el eyaculado bajo buenas condiciones ocurre entre los cuatro y seis meses de edad (Galina y col., 1991).

La estacionalidad reproductiva aunque depende de la raza no es tan marcada por lo que puede tener actividad sexual todo el año. La disminución de las horas luz estimula la actividad reproductiva de los machos, así como también la síntesis y liberación de LH y FSH causando un incremento de

la espermatogénesis y producción de testosterona por el testículo. Las características seminales son afectadas por la estación; la motilidad y concentración espermática disminuyen fuera de la estación reproductora normal, así como también la morfología y capacidad fertilizadora del espermatozoide (Galina y col., 1991).

Además, estos cambios están involucrados con el desarrollo de la función testicular, que es regulado por un sistema endócrino. La LH es necesaria para el desarrollo de la células de Leydig así como para su funcionamiento. La FSH y la prolactina hacen que las células de Leydig respondan mejor a la LH en los machos jóvenes al incrementar y mantener sitios receptores para la LH. Los efectos sinérgicos de la testosterona y FSH estimulan el desarrollo de las células de Sertoli, la producción de la proteína andrógena de unión, así como también la preparación de los túbulos seminíferos para la producción de espermatozoides (Bearden y Fuquay, 1982).

El desarrollo del espermatozoide es un proceso de división celular que comienza con la división de una célula inmóvil, de forma redondeada, para terminar en una alargada y móvil. Durante el proceso el número cromosómico se reduce a la mitad (Sorensen, 1982).

La espermatogénesis se divide en tres fases:

A) Espermatocitogénesis: que es la división de las células desde el principio de la formación de esperma hasta que ocurre un cambio en su forma. Desde la pubertad y durante la

vida reproductiva del macho. El primer paso de la espermatocitogénesis es la división mitótica de una espermatogonia que forma una espermatogonia latente y una espermatogonia activa. La espermatogonia latente permanece en el epitelio germinal cerca de la membrana basal para repetir el proceso luego. La espermatogonia activa sufrirá cuatro divisiones mitóticas formando por último 16 espermatocitos primarios (Bearden y Fuquay, 1982). Las espermatogonias son principalmente células diploides ( $2n=60$  en el macho cabrío) excepto antes de su multiplicación (Chemineau y Cagnie, 1991). Las espermatogonias se dividen por mitosis: tipo A (A1-A4), la intermedia, la tipo B y las de reserva (Galina y col., 1991).

B) Meiosis: la espermatogonia de tipo A1 se divide progresivamente hasta la A4. La espermatogonia de tipo B se divide al menos en una o probablemente en dos para formar los espermatocitos. Una vez transformado en un espermatocito primario (el producto final de la división espermatogonal), la célula germinal se duplica (cromosomas  $4n$ ). Los espermatocitos primarios duplican su DNA bajo cambios nucleares productivos en la profase meiótica conocida como preleptotene, leptotene, zigotene, pacitene y diptotene antes de dividirse para formar los espermatocitos secundarios (cromosomas  $2n$ ). Esta división rápidamente proporciona células haploides (cromosomas  $n$ ), las espermatídes entran en espermiogénesis. Teóricamente, un espermatocito primario es

capaz de dar cuatro espermátidas. No obstante, un cierto número de ellas no pasan através de la profase meiótica. La eficiencia de la transformación de espermatocitos primarios a espermátides podría ser modificada por señales externas, como la luz para razas fotoperiódicas (Chemineau y Cagnie, 1991). Las fases de esta división son iguales a las que ocurren en la meiosis de la hembra. Durante esta fase sucede la reducción de cromosomas somáticos y los cromosomas sexuales se separan de tal forma, que un espermatocito secundario recibe el nombre de cromosoma X y el otro de cromosoma Y. En la segunda división meiótica de cada espermatocito secundario se producen dos espermátidas (Hafez, 1993; Galina y col., 1991).

C) Espermatogénesis en la cual sucede la transformación de espermátidas en espermatozoides, cambios que ocurren en el citoplasma de la célula de Sertoli. En este proceso se comienzan a diferenciar las partes que constituyen al espermatozoide: la cabeza formada casi en su totalidad por el núcleo, el acrosoma o capuchón cefálico, el cuello y la cola. Esta fase se puede dividir en cuatro etapas: la etapa de Golgi, la etapa del capuchón, la etapa acrosomal y la etapa de maduración. En la etapa de Golgi se forman granulos dentro del aparato de Golgi, existe coalescencia de los granulos dentro de un gránulo simple acrosomal. En la etapa de capuchón existe separación de los granulos acrosomales adherentes sobre la superficie del núcleo. En la etapa

acrosomal tiene cambios el núcleo, los acrosomas y la cola; los acrosomas pegan directamente en la base o pared de los túbulos seminíferos y la cola sale a través del lumen. En la etapa de maduración se lleva a cabo la transformación final y la liberación de las células hacia el lumen de los túbulos seminíferos (Galina y col., 1991; Hafez, 1993).

Teóricamente, una espermatogonia es capaz de producir 192 espermatozoides, pero debido a la gran degeneración de células germinales la producción máxima es de 64 espermatozoides por espermatogonia (Bearden y Fuquay, 1982).

El proceso de la espermatogénesis está bajo control hormonal de las gonadotropinas hipofisarias LH y FSH, y de la testosterona producida por las células de Leydig. Las células de Leydig son estimuladas por pulsos de LH pituitario para secretar andrógenos. Los andrógenos producidos se difunden dentro de las células de Sertoli adyacentes y son secretados dentro de la sangre, esto crea una retroalimentación actuando para el hipotálamo y pituitaria bloqueando la liberación adicional de LH. La FSH estimula la producción de proteínas fijadoras de andrógenos e inhibina por las células de Sertoli (Galina y col., 1991; Hafez, 1993).

## COLECCION DE SEMEN

La colección del semen se requiere para el manejo más óptimo del semental. Existen muchas formas para coleccionar el semen, pero las más utilizadas en cabras y borregas son la vagina artificial y el electroeyaculador.

Vagina artificial: Este método se asemeja más a las condiciones naturales. Se pretende simular temperatura, presión, lubricación y posición. Consta de un soporte externo rígido o poco flexible, con un forro interno lleno de agua (Sorensen, 1982).

Electroeyaculador: Se desarrollo a partir de la observación de que personas electrocutadas eyaculan en respuesta al estímulo eléctrico. La ventaja de esta técnica radica en la capacidad de recolectar semen sin que el macho realice una respuesta sexual. El semen colectado es de igual calidad al que se recolecta mediante la vagina artificial así como el procesamiento, almacenaje y uso posterior son similares. Se utiliza una sonda con electrodos que se dispone en sentido longitudinal y se introduce por el ano del animal. Una vez adentro se dan descargas a determinados intervalos de tiempo; las medidas son de 2.5 X 15 cm. El mango está integrado a la sonda y tiene forma de una herradura, lo que facilita la inserción y retención. Los electrodos se tratan de situar sobre las ámpulas y glándulas vesiculares para inducir la emisión de esperma desde los conductos deferentes y las



propias ámpulas. Luego el electrodo se mueve en dirección caudal para estimular los centros de erección y eyaculación. Se recomienda que el estímulo se aplique cada 7 segundos con aumento de 1 volt. La eyaculación ocurre entre los 4 a 7 estímulos. El glande del pene se debe sujetar con una gasa estéril para que el ápice filiforme y la uretra se dirijan hacia el tubo de recopilación antes de la eyaculación (Hafez, 1984; Sorensen, 1982).

#### INSEMINACION ARTIFICIAL

El control de la reproducción en las cabras por medio de la inseminación artificial permite elegir la época de parición, reducir los períodos improductivos. Además, es un medio adecuado para el control de las enfermedades venereas, se determina rápido el valor genético de los sementales, se puede disminuir el problema de consanguinidad y finalmente incrementar la velocidad de la ganancia genética (Chemineau, 1993). El control lo logramos mediante el desarrollo de nuevas técnicas reproductivas y el mejoramiento de las ya existentes realizando sincronizaciones.

La inseminación artificial consiste en introducir el esperma dentro del tracto genital de la hembra por medios distintos al de la cópula natural. La técnica de inseminación artificial en cabras se ha implementado comercialmente desde hace 50 años y ha tenido poco impacto por la tardanza en el

mejoramiento genético. Durante la última década se han implementado las técnicas laparoscópicas para la inseminación artificial lo cual provee a los productores de una nueva herramienta de trabajo para incrementar más rápidamente la selección mediante pruebas genéticas (Speedy, 1992).

Una de las principales ventajas que ofrece el implementar la técnica de inseminación artificial radica en que con un solo semental de características excepcionales puede dejar preñadas a un gran número de hembras, permitiendo que el semental conserve su energía física. Los sementales extraordinarios con buen genotipo son pocos y utilizando la técnica de inseminación artificial se logra sacar un suficiente número de crías de ellos. Otra ventaja que ofrecen es que se puede realizar un rápido cambio de raza (Fraser y Stamp, 1989).

Existen dos situaciones que promueven la mayor utilización del desarrollo y mejoramiento de las técnicas de inseminación artificial: a) existe interés en cubrir un gran número de cabras en una época del año en que la actividad sexual del macho no es la óptima y, b) la decisiva participación en los esquemas de selección que permiten incrementar la eficiencia de ésta con respecto a la que se consigue mediante monta natural, lo mismo que aumentar la difusión del progreso genético (Fraser y Stamp, 1989).

## TIPOS DE INSEMINACION:

A) Inseminación cervical: Es la técnica más comúnmente usada que involucra la deposición del semen en la entrada del cérvix (os-cervix) con la ayuda de un espéculo y una luz. Es un método barato y fácil de realizar en el cual se utiliza semen fresco o congelado con o sin diluyente (Speedy, 1992).

B) Inseminación vaginal: También llamado " tiro en la oscuridad ". Este método simplemente involucra el depósito del semen fresco diluido dentro de la vagina de la hembra sin utilizar un espéculo o intentando localizar el cérvix (Speedy, 1992).

C) Inseminación transcervical: Esta técnica se realiza agarrando y retrayendo el cérvix hacia la vagina utilizando un par de forceps para permitir la introducción de un instrumento inseminador dentro del canal cervical. Este método causa por la gran manipulación un sangrado vaginal accidental lo que provoca adhesiones en la pared vaginal y compromete su futura habilidad para preñarse naturalmente (Speedy, 1992).

D) Inseminación laparoscópica intrauterina: En esta técnica se deposita el semen directamente en el lumen uterino, evitando la barrera cervical natural, que ha mejorado el porcentaje de fertilización en una variedad de estados fisiológicos en borregas y cabras. Inicialmente, la inseminación intrauterina fue realizada por vía laparotomía

mediaventral, por lo cual resultó impráctica y solo se utilizó para propósitos de investigación y recuperación de embriones. La instrumentación ha sido refinada durante los últimos 10 años pero la técnica base permanece sin cambio. Las hembras se privan de comida y agua por 12 a 16 horas y se colocan en una mesa para laparoscopia en un ángulo de 40 sobre la horizontal. El área anterior a la ubre es rasurada y desinfectada. Se aplica anestésico local, inyectado subcutáneamente 5-7 cm anterior a la ubre, 3-4 cm a cada lado de la línea media ventral. Dos pequeñas incisiones son realizadas usando un trócar y una cánula para permitir la entrada del laparoscopio (de 5 mm de diámetro) conectada por medio de un cable con fibra óptica con una fuente de luz. La cavidad peritoneal es inflada con CO<sub>2</sub> y el útero es localizado anterior a la vejiga. La pipeta de vidrio inseminadora es introducida por una segunda cánula y picando la pared uterina para llegar al lumen. Normalmente, ambos cuernos uterinos son inseminados. Los orificios son finos, pequeños y no requieren del uso de puntos de sutura (Speedy, 1992).

Estas son las técnicas que se manejan en la actualidad, en general son técnicas traumáticas o con baja probabilidad de éxito. La dificultad para penetrar el cérvix por su anatomía ha llevado a diversos investigadores a la aplicación de relajantes de la musculatura lisa.

Se ha demostrado que dilatadores químicos como estradiol

(valerato, benzoato o cipionato), prostaglandinas F<sup>2</sup>alfa y E<sup>2</sup>, relaxina porcina, dinoprostona y oxitocina ayudan a relajar el cérvix (Akimbami y col., 1990; Barry y col., 1990; Burgess y col., 1990; van Niekerk y col., 1990; Krupp y Marx, 1992; Rickords y White, 1988; Shubina y Shubin, 1991; Khalifa y col., 1992; Khalifa, 1993).

La oxitocina ha demostrado tener efecto en el tracto reproductor: En 1959, Stratman et al realizaron un trabajo en cerdas utilizando la oxitocina al momento de la inseminación adicionada al semen o administrada endovenosamente. Se observó un porcentaje de concepción de 95.8%, un promedio de óvulos fértiles de 71.5% y un tamaño de camada promedio de 6.8 con el uso de la oxitocina endovenosa (Stratman y col., 1959).

Cooper y Foote citan en su trabajo que en 1953, Hays y Van Demark reportaron que las manipulaciones del tracto reproductivo asociado con la inseminación artificial y la inyección de oxitocina en vacas lecheras incrementaba la actividad uterina y la presión intramamaria. Con respecto a estas observaciones, Cooper y Foote en 1986 demostraron que efectivamente la oxitocina incrementaba la amplitud de la contracción uterina conforme aumentaba la dosis (de 0.5 a 2.0 UI) y refutaron el hecho que las manipulaciones del tracto reproductivo incrementaban la amplitud de contracción a excepción del clítoris (Cooper y Foote, 1986).

La forma mediante la cual se realizan las mediciones de

la presión intrauterina (PIU o IUP) es con el uso de unos balones de caucho de diversas medidas y con un catéter que se coloca intraluminalmente a través del cérvix, con cualquiera de los dos objetos de medición se acoplan transductores que miden la presión intrauterina y las contracciones (Rodríguez y col., 1987-I). Se ha estudiado la motilidad uterina durante todas las etapas del ciclo estrual en la vaca y su respuesta a la oxitocina y se encontró que tiene un efecto muy similar en todas las etapas del ciclo estral; la acción contráctil uterina por oxitocina es mejorada con la presencia de estrógenos tanto in vitro como in vivo. La mejor respuesta a la oxitocina se obtuvo durante la etapa de proestro debido al incremento en el número de receptores para la oxitocina (Rodríguez y col., 1987-III).

En 1959 se utilizó la oxitocina como método de diagnóstico de gestación en vacas aplicando 30 USP de oxitocina; si la presión vaginal se incrementaba 10 mmHG alrededor de los 3 a 4 minutos postaplicación se determinaba que se encontraba gestante, a diferencia de lo que se observaba en no gestantes en las cuales no había efecto o era muy pequeña su respuesta (Tavener y Green, 1959).

#### OXITOCINA:

La oxitocina es un octapéptido que se identificó por primera vez en 1953 con extractos preparados de glándulas hipofisarias de bovinos y cerdos por el científico Du

Vigineaud. La oxitocina y la vasopresina fueron las primeras hormonas peptídicas sintetizadas, y Du Vigineaud recibió el premio Nóbel en 1955 por la identificación y síntesis de estos péptidos. La oxitocina se encuentra en todos los mamíferos (Hafez, 1989).

La oxitocina y vasopresina son octapéptidos que pueden adquirir una estructura cíclica mediante la constitución de puentes disulfuro entre la cisteína NH<sub>2</sub> terminal y otra que existe en el interior del péptido. Seis de los ocho aminoácidos de los dos péptidos son idénticos; no obstante, los efectos fisiológicos son bastante diferentes (Conn y Stumpf, 1980).

La oxitocina y la vasopresina se sintetizan en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo, y solamente se libera de su almacén en la neurohipófisis o pituitaria posterior. Estas hormonas hipotalámicas (comúnmente llamadas hormonas de la neurohipófisis) se sintetizan junto con las proteínas acarreadoras llamadas neurofisinas. El complejo de neurofisina I y oxitocina se considera como una prohormona para la oxitocina. La oxitocina y la vasopresina son transportadas en pequeñas vesículas envueltas en una membrana. Estas vesículas secretoras fluyen hacia abajo, por vías de los axones nerviosos hipotálamo-hipofisarios, mediante un flujo axoplásmico, y se almacenan en las terminales nerviosas próximas a los lechos vasculares en la neurohipófisis hasta que se liberen a la circulación.

También se produce oxitocina en el cuerpo lúteo de la oveja, vaca y ser humano. Por lo tanto, la oxitocina tiene dos orígenes, el ovario y el hipotálamo (Hafez, 1989).

En el ovario, la oxitocina es contenida dentro de pequeños gránulos densos localizados en las células lúteas grandes. Se ha demostrado la habilidad de la PGF<sup>2</sup>alfa para estimular in vivo la liberación de oxitocina por el cuerpo lúteo en borregas. La PGF<sup>2</sup>alfa en el sistema linfático del ovario actúa local y directamente para estimular la secreción ovárica de oxitocina (Fleet y col., 1994).

No existe hormona liberadora de la oxitocina. La oxitocina se libera en respuesta a estímulos visuales o táctiles asociados con el amamantamiento o el ordeño o por la contracción del miometrio durante la labor de parto (Sorensen, 1982; Galina y col., 1991).

#### ACTIVIDAD FISIOLÓGICA:

##### A) Glándula mamaria:

Alrededor de los alvéolos y conductos de la glándula mamaria se encuentra un conjunto de células mioepiteliales que son sensibles a la oxitocina. Esta produce la contracción de dichas estructuras y la leche es expulsada hacia el conducto galactóforo, de donde es extraída por succión durante la lactancia (Soloff, 1982).



Se ha demostrado que con la administración de oxitocina antes del amamantamiento se obtiene mayor cantidad de leche (Schwulst y col., 1966).

La oxitocina causa la salida de la leche por la glándula mamaria por contracción de la células mioepiteliales, las cuales rodean a las células epiteliales del alvéolo y los ductos lácteos. Los lugares de fijación son sumamente específicos para la estructura de la oxitocina (Soloff, 1982).

La lactación consiste en dos fases: la secreción o síntesis láctea, la cual es controlada por un complejo hormonal originalmente en la pituitaria anterior y un movimiento o salida de leche el cual es controlado principalmente por la liberación de la oxitocina por la pituitaria posterior (Gorewit y col., 1983).

La oxitocina es liberada gradualmente después de la estimulación de la ubre, y la máxima liberación de oxitocina de la neurohipófisis ocurre a los 1.5 minutos después del inicio del lavado de la ubre y aproximadamente un minuto después de la aplicación de los chupones de la ordeñadora (Sibaja y Schmidt, 1975).

B) Utero, oviducto y cérvix:

La oxitocina actúa en la musculatura lisa produciendo contracciones, incrementando la frecuencia de contracción en el oviducto, ayudando así en el transporte de los gametos femenino y masculino a través de éste. El estrógeno mejora la

respuesta de la musculatura lisa y la hace más sensible a la oxitocina (Hafez, 1993).

Tavener y Green (1959) en su artículo hacen una reseña del uso de la oxitocina: Evans y Miller en 1936 encontraron que la pituitina (oxitocina) cuando se inyectaba a un animal podía causar espasmo del útero, fué encontrado que el órgano respondía más cuando la vaca estaba en estro, y que unas horas después de la ovulación el útero respondía menos y volvía a ser refractario hasta el inicio del siguiente período del estro. Cupps y Asdel en 1944 reportaron resultados similares en lo concerniente a la contractilidad uterina, especialmente durante el estro. Dukes en 1933 indicó que la oxitocina causa una mayor contracción del músculo uterino en vacas preñadas que en las no preñadas. Petrych en 1936 inyectó extracto pituitario posterior en la vena yugular y después palparon el cérvix por la vagina. En vacas preñadas, una marcada constricción del cérvix pudo ser detectada por palpación entre 1.0 a 2.5 minutos después de la inyección. Las contracciones no fueron detectadas en vacas no gestantes (Tavener y Green, 1959).

#### RELACION DE RECEPTORES PARA LA OXITOCINA

Los efectos sobre las células del tejido mioepitelial mamario y las células de la musculatura lisa uterina son mediadas por la presencia de receptores para oxitocina, los

cuales han sido caracterizados (Soloff, 1982).

Estudios realizados en borregas con oxitocina marcada han indicado la presencia de receptores para la oxitocina en el miometrio, endometrio y oviducto de animales no gestantes (Ayad y col., 1991).

La fijación es altamente específica para la estructura de la oxitocina (Soloff, 1982). Aunque se ha demostrado que la alta afinidad para los sitios de fijación de oxitocina en el útero de borregas anéstricas tratadas con estrógenos, son similares a aquellas caracterizadas en detalle en animales en estro, teniendo similar afinidad tanto para la oxitocina como para el péptido arginina vasopresina (Ayad y col., 1994).

Todas las células estimulantes mioepiteliales y miometriales requieren de calcio para acoplar la excitación y la contracción; el magnesio es específicamente importante para los efectos de las hormonas neurohipofisiales y sus análogos (Soloff, 1982).

Existen diversos factores potenciales que podrían contribuir para la habilidad de las células mioepiteliales mamarias para reaccionar junto a un incremento en la concentración de receptores para oxitocina. Así como las células mioepiteliales mamarias, la concentración de receptores para oxitocina en el miometrio en las ratas corresponde a la sensibilidad del útero para la oxitocina. La concentración de receptores para oxitocina fue proporcional a la concentración de receptores para estrógenos en el

miometrio de cada rata y proporcional a la relación de estradiol:progesterona en el plasma. Ocurrieron los mismos cambios en la concentración de receptores para oxitocina y estrógeno y esteroides plasmáticos, pero prematuramente cuando el parto es inducido con prostaglandina F<sup>2</sup>alfa. En resumen, la concentración de receptores para oxitocina miometriales parece ser regulada por los estrógenos. Estos efectos pueden ser directos, como por la administración de estrógenos o puede ser resultado de una reducción en la concentración de un antagonista de los estrógenos como la progesterona en las ratas gestantes a término (Soloff, 1982).

En reportes previos, han demostrado que el tratamiento con estrógeno incrementa la sensibilidad del miometrio a la oxitocina en animales anéstricos y ovariectomizados. Los estrógenos tienen muchas acciones adicionales sobre el tracto reproductivo que podría esperarse contribuyeran a incrementar la sensibilidad a la oxitocina, incluyendo efectos sobre el sistema del segundo mensajero fosfato-inositol (Ayad y col., 1994).

La fijación de la oxitocina a sus receptores endometriales activa la fosfolipasa C para hidrolizar el fosfoinositido en borregas potenciando la liberación de los segundos mensajeros 1, 4, 5-trifosfato inositol y diacilglicerol para promover la secreción endometrial de PGF<sup>2</sup>alfa durante la regresión del cuerpo lúteo (Whiteaker y col., 1994).

En rumiantes, la oxitocina secretada del cuerpo lúteo y liberada dentro de la vena ovárica, se fija a receptores endometriales para oxitocina y estimula la secreción pulsátil de PGF<sup>2</sup>alfa uterina necesaria para la luteólisis (Whiteaker y col., 1994), a su vez la prostaglandina por sí, puede estimular la secreción de oxitocina por el cuerpo luteo, en el venado se demostró que el útero es sensibilizado por la oxitocina al momento del estro o antes de éste (Flint y col., 1994).

## MATERIALES Y METODOS

### Materiales:

- 1.- Pistola para inseminar francesa para pequeños rumiantes (IMV, Francesa)
- 2.- Fundas para pistolas de inseminar (IMV Fran)
- 3.- Pajillas para semen (0.5 o 0.25 ml) (IMV Fran)
- 4.- Agujas flexibles (IMV Francesa)
- 5.- Lubricante (Lubrizol, Terrier)
- 6.- Espéculo pico de ganso (uso humano) (Tomac, Alem)
- 7.- Lámpara (Coleman)
- 8.- Desinfectante ( Iodo )
- 9.- Papel secante
- 10.-Jeringas ( 5 ml ) Agujas # 21
- 11.-Oxitocina (Oxypar, Anchor)

Para recolección de semen: 12.-Electroeyaculador (Standar precision)

- 13.-Microscopio (Zeizz)
- 14.-Porta y cubre objetos
- 15.-Tubos para recolectar(IMV)
- 16.-Termo (Coleman)
- 17.-Termómetro (Brannan)
- 18.-Antibioticos (Penicilina, dihidroestreptomocina) Sigma
- 19.-Carbohidrato (Fructosa) Sigma

IMV:L'AIGLE6130 Fax 33341193 Francia

## Métodos:

Los sementales fueron seleccionados en base a pruebas de fertilidad. El semen para la IA se colectó usando el método de electroeyaculación. Se recortó el pelo del área externa del prepucio y se desinfectó con yodo (3%). Se inmovilizó el animal y se insertó la bala. Se realizaron estímulos a intervalos de 3 segundos de descarga y 1 segundos de descanso; las descargas se fueron elevando gradualmente. La eyaculación ocurrió en un lapso de 1 a 1.5 minutos. El volúmen de semen colectado fué depositado en un termo con temperatura controlada de 37°C evitando el contacto con la luz.

Del semen colectado se extrajo una gota y se puso sobre un portaobjetos el cual se observó en el microscopio. Se checó motilidad y cantidad de espermatozoides por campo. Solo eyaculados con una concentración de esperma mayor de 400;000,000 fueron usados para este estudio.

Para la preparación del diluyente se utilizó leche de vaca sin procesar y sin aditivos, la cual se calentó gradualmente en baño maría subiendo la temperatura hasta los 92°C y manteniendola durante 10 minutos. Esto se realiza con la finalidad de destruir un factor llamado lactenina que es tóxica para el esperma. Después se enfrió la leche hasta los 37°C, temperatura a la cual se debe mezclar con el semen.

Posteriormente se le adicionó penicilina a razón de 1000 UI/ml y dihidroestreptomycinina a razón de 1mg/ml de diluyente, respectivamente. Además, se le adicionó fructosa a razón de 2.5 gr/100 ml de diluyente. Se incorporó el carbohidrato perfectamente en la leche con los antibióticos, según la técnica utilizada por Crespo (1986).

Teniendo los tubos con el semen, se le adicionan las 2/3 partes del diluyente preparado, se tomó una gota de cada uno de los tubos con semen diluido y se checó en el microscopio la motilidad y concentración de espermatozoides viables; mientras tanto los tubos preparados fueron mantenidos a una temperatura de 37°C aislados de la luz.

Cada una de las pajillas se llenaron por absorción con 0.25 ml de semen justo antes de la IA de cada hembra, esto para evitar el choque térmico. y se prepararon cada una de la dosis justo antes de la aplicación de cada uno de los animales, para evitar el choque térmico. Se recomienda inmediatamente después que se llena la pajilla se prepare rápidamente la pistola de inseminar y se introduzca en el interior de la vagina.

La selección de las hembras para la inseminación artificial se realizó, previa detección del estro por los sementales; las hembras fueron sometidas al siguiente manejo:

Se cortó el pelo de la región perianal, se lavó, se secó y se desinfectó con una solución de yodo al 10%. Después el



animal fué sujetado, inmovilizándolo al máximo y manteniéndose el tren posterior elevado. Cada una de las hembras fué tratada con una inyección intravenosa lenta de oxitocina a una dosis de 100 USP; a siete minutos de haber recibido el tratamiento se introdujó el espéculo previa desinfección y lubricación de éste, por vía vaginal. Se iluminó el interior para la localización de la os cérvix, para la introducción de la aguja flexible (de 8 cm) y una vez que se encontró dentro una mayor parte de ella se inyectó el semen lentamente, observándose la cantidad de reflujo.

Se utilizaron un total de 84 cabras criollas de diferentes edades y números de partos, las cuales fueron sometidas a programas de sincronización unas durante período de anestro y otro en estación reproductiva. Todos los animales fueron alimentados en agostadero, con suplementación "flushing" previa al empadre, a cada cabra se le proporcionó 200 g. de grano mólido de sorgo. Estaban en perfecto estado de salud, seleccionando a los animales que mostraban estro. En todas las cabras se realizaron dos inseminaciones con un intervalo entre 6 a 8 horas.

El primer trabajo se realizó durante los meses Abril-Mayo de 1993 en el rancho " El Farallón " ubicado en el municipio de Marín, N.L. con una altitud de 357 msnm y situado entre los 25°35' latitud Norte y 100°03' longitud Oeste. El clima se considera semiárido (BWhw) con una

precipitación de 573 mm (Salinas, 1981). El tipo de vegetación dominante es matorral mediano espinoso, formado por arbustivas de los géneros *Acaccia*, *Cercidium*, *Porlieria*, *Cordia* y *Prosopis*. En las hierbas los géneros son *Oxalis*, *Coldenia*, *Ruellia* y *Lantana*. Y gramíneas como *Bouteloua*, *Setaria*, *Cenchrus*, *Panicum* y *Aristidas* (García, 1987). Se utilizaron 36 cabras criollas las cuales se dividieron en 4 grupos, que se sometieron a diferentes tratamientos de sincronización. Un primer grupo T1 (n=10) que se les colocaron esponjas intravaginales conteniendo 30 mg de acetato de medroxiprogesterona (MPA). Al segundo grupo T2 (n=10) igualmente se les trató con esponjas conteniendo MPA a razón de 40 mg por esponja. Al tercer grupo T3 (n=8) se le dosificó con 1.50 mg de norgestomet en implante subcutaneo en la región de la oreja. Y al último grupo T4 (n=8) con 2.0 mg de norgestomet. Permanecieron in situ los implantes durante 11 días y las esponjas durante 14 días. Veinticuatro horas antes de la remoción de los implantes y las esponjas se les inyectó 2.5 mg de dinoprost trometamina un análogo de la PGF<sup>2</sup>alfa. Transcurridas 36 a 48 horas se realizó la inseminación artificial. Para este propósito se formaron dos grupos: uno de ellos n=16 se le administró 100 USP equivalentes a 200µg de oxitocina base (Oxipar, Bayer) por vía endovenosa y un segundo grupo se consideró como testigo n=20. Las dosis de semen que se depositaron fueron de 0.25 ml de semen fresco diluido, con una concentración espermática de

150,000 utilizando el diluyente anteriormente mencionado.

El segundo trabajo se desarrolló en el mes de Noviembre de 1993, en el ejido " El Pretil " municipio de Linares, N.L., siendo sus coordenadas geográficas 24°40' latitud Norte y 99°20' longitud Oeste. Cuarenta y ocho cabras fueron motivo de estudio, las cuales pastoreaban sobre vegetación arbustiva, no consumiendo ninguna suplementación energética antes de someterlas al programa de sincronización del estro. Las cabras fueron sincronizadas, las cuales manifestaron sintomatología del estro de 36 a 48 horas después de haber retirado los implantes y de la última aplicación de dinoprost trometamina (PGF<sup>2</sup>alfa). Para detectar el celo se utilizaron sementales receladores. Las 48 cabras después de 12 horas de haberlas detectado en estro se separaron en dos grupos. El primer grupo T1 (n=24) se les administró por vía endovenosa 100 USP equivalente a 200µg de oxitocina base (Oxipar, Bayer). El segundo grupo T2 (n=24) fungió como testigo al tratar la inseminación intrauterina sin la aplicación de oxitocina. El semen utilizado fué fresco y diluido con una concentración de 150 millones de espermatozoides por dosis aplicando 0.25 ml por cabra.

El análisis estadístico usado fué una prueba de chi-cuadrada, para evaluar el número de cabras que permitieron la IA intrauterina.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados encontrados en el primer trabajo nos indican que no hubo diferencia ( $P>0.05$ ) entre los porcentajes de cabras penetradas a través del cérvix cuando el estro se sincronizó con norgestomet (67%) o MPA (80%), respectivamente. Cuando se midió dosis de sincronizador sobre el grado de penetración cervical con la pistola francesa tampoco se encontró diferencia ( $P>0.05$ ) entre dosis de 2.00 o 1.50 mg de norgestomet, ni entre 40 o 30 mg de MPA.

En el efecto de la oxitocina en el grado de penetración intrauterina a través del cérvix independientemente del sincronizador del estro usado o de la dosis administrada, se encontró diferencia ( $P<0.05$ ). Entre los de 100 USP de oxitocina 12 de 16 animales se lograron penetrar (75%), y en el testigo 6 de 20 animales se lograron penetrar (30%) (Tabla 1).

En el segundo trabajo se encontró que en el grupo T1 con la aplicación de oxitocina a razón de 100USP se logró la penetración en 16 de 24 animales (66.66%), y en el grupo T2 que sirvió como testigo solo en 9 de 24 animales (37.5%) se logró la penetración (Tabla 2).

Los resultados aquí obtenidos con dosis de 100 USP de oxitocina son muy semejantes a los reportados por Khalifa et al (1992), quienes lograron penetrar el 77% de ovejas tratadas con 200 o 300 USP de oxitocina utilizando un estilete de fierro para evaluar la dilatación del cérvix.

Los datos condensados demuestran lo siguiente: de 84 animales del tratamiento, 40 tratados con oxitocina el 70% logró ser penetrado y del grupo testigo con 44 animales solamente el 34% logró ser penetrado (Tabla 3).

En un estudio realizado por Khalifa (1993) con 21 borregas que se les administraron 200 USP lograndose penetrar la totalidad de los animales y con una dosis de 100 USP administrada a otro grupo de 23 animales de los cuales se lograron penetrar 13, es decir que obtuvo una eficacia de 100% y 57% respectivamente.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la oxitocina afecta el cérvix de la cabra facilitando su penetración con lo que podemos establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

La oxitocina aplicada al momento de la práctica de la IA, facilita la penetración del cérvix, permitiendo depositar el semen en el útero.

Apesar que en este trabajo no se evaluó fertilidad, la IA intrauterina incrementa las tasas de concepción por lo que se recomienda desarrollar pruebas de fertilidad.

La IA intrauterina reduce la dosis de esperma, aumentando el número de cabras inseminadas por eyaculado, por lo que se recomienda probar diferentes concentraciones de esperma y diferente volúmen de semen por dosis.

La penetración del cérvix después de la aplicación de oxitocina representa una alternativa para la IA por laparoscopia o laparotomía.

TABLA 1: Cabras rancho "El Farallón"

TRATAMIENTO	PENETRO	NO PENETRO	TOTALES
CON OXITOCINA	12	4	16
SIN OXITOCINA	6	14	20
TOTALES	18	18	36

$X^2$  tab(0.05) = 3.84     $X^2$  calc = 7.2     $X^2$  corregida = 5.5

TABLA 2: Cabras del ejido " El Pretil"

TRATAMIENTO	PENETRO	NO PENETRO	TOTALES
CON OXITOCINA	16	8	24
SIN OXITOCINA	9	25	24
TOTALES	25	23	48

$X^2$  tab(0.05) = 3.84     $X^2$  calc = 4.09     $X^2$  corregida = 3.0

1



TABLA 3: Concentración de la totalidad de cabras del experimento

TRATAMIENTO	PENETRO	NO PENETRO	TOTALES
CON OXITOCINA	28	12	40
SIN OXITOCINA	15	29	44
TOTALES	43	41	84

$$X^2 \text{ tab}(0.05) = 3.84 \quad X^2 \text{ calc} = 10.8 \quad X^2 \text{ corregida} = 9.42$$

## BIBLIOGRAFIA

- Akimbami, M.A.; S. Meredith; J.E. Warren Jr; R.V. Anthony and B.N. Day. 1990. Cervical dilation, conception rate, and concentrations of progesterone and estradiol-17 beta in postpartum ewes treated with porcine relaxin. *Theriogenology* 34(5):927-940.
- Amann, R.P.; R.H. Hammerstedt and D.N.R. Veeramachaneni. 1993. The epididymis and sperm maturation: a perspective. *Reprod. Fertil. Dev.* 5:361-381.
- Ayad, V.J.; S.E.F. Guldenaar and D.C. Wathes. 1991. Characterization and localization of oxytocin receptors in the uterus and oviduct of the non-pregnant ewe using an iodinated receptor antagonist. *J. of Endocrinology* 128:187-195.
- Ayad, V.J.; C.L. Gilbert; S.A. McGoff; E.L. Matthews and D.C. Wathes. 1994. Actions of oxytocin and vasopressin on oestrogen-induced electromyographic activity recorded from the uterus and oviduct of anoestrous ewes. *Reprod. Fertil. Dev.* 6:203-209.
- Barry, D.M.; C.H. van Niekerk; J. Rust and T. van der Walt. 1990. Cervical embryo collection in sheep after ripening of the cervix with prostaglandin E<sup>2</sup> and

estradiol. *Theriogenology* 30:1.

Bearden, H.J. y J.W. Fuquay. 1982. *Reproducción Animal Aplicada*. Ed. El Manual Moderno. p. 62-72.

Bono, G.; F. Cairoli; C. Tamanini and L. Abrate. 1983  
Progesterone, estrogen, LH, FSH and PRL concentrations  
in plasma during the estrous cycle in goat. *Reprod.  
Nutr. Develop.* 23(2A):217-222.

Burgess, K.M.; M.M. Ralph; G. Jenkin and G.D. Thorburn.  
1990. Effect of oxytocin and estradiol on uterine  
prostaglandin release in nonpregnant ewes. *Biol. of  
Reprod.* 42(5-6):822-833.

Chemineau, P. 1993. *Reproducción de las cabras originarias  
de las zonas tropicales*. *Rev. Latamer. Peq. Rumiantes*  
1(1):2-14.

Chemineau, P. and Y. Cagnie. 1991. *Training manual on  
artificial insemination in sheep and goats*. FAO p.17-  
31 y 163-192.

Conn, E.E. y P.K. Stumpf. 1980. *Bioquímica fundamental*. Ed.  
Limusa. 3a. ed.

- Cooper, M.D. and R.H. Foote. 1986. Effect of oxytocin, prostaglandin F<sup>2</sup>alfa and reproductive tract manipulations on uterine contractility in Holstein cows on days 0 and 7 of the estrous cycle. J. Anim. Sci. 63:151-161.
- Crespo, R.L. 1986. Evaluación de tiempo y temperatura de descremado de leche fresca de bovino que se utilizará como diluyente de semen caprino. Tesis de Lic. de la Facultad de Agronomía de la UANL. Marín, N.L.
- Cupps, P.T. 1991 Reproduction in domestic animals. Ed. Academic Press Inc. 4a. ed.
- Evans, G. and W.M.C. Maxwell. 1990. Inseminación artificial de ovejas y cabras. Ed. Acribia.
- Fleet, I.R.; A.J. Davis; J.A. Goode; M. Hamon; R.J. Collier and R.B. Heap. 1994. Unilateral control of ovarian oxytocin release and the facilitatory effects of insulin-like growth factor-I in sheep. J. Reprod. and Fert. 100:623-628.
- Flint, A.P.F.; H.N. Jabbour and A.S.I. Loudon. 1994. Oxytocin stimulates uterine prostaglandin F<sup>2</sup>alfa secretion in Red Deer *Cervus elaphus*. Reprod. Fert

Dev. 6:269-271.

Fraser, A. y J.T. Stamp. 1989. Ganado ovino: Producción y Enfermedades. Ed. Mundi-Prensa.

Galina, C.; A. Saltiel; J. Valencia; J. Becerril; G. Bustamante; A. Calderon; A. Duchateau; S. Fernández; A. Olguín; R. Páramo y L. Zarco 1991. Reproducción de animales domésticos. Ed. Limusa.

García, G.G.J. (1987) Determinación de la composición botánica de la dieta de caprinos en los agostaderos de Marín, N.L. (Dic 1986 a May 1987) Tesis de Lic. Fac. Agronomía de la UANL. Marín, N.L.

Gorewit, R.C.; E.A. Watch; R. Sagi and W.P. Merrill. 1983. Current concepts on the role of oxytocin in milk ejection. J. Dairy Sci. 66:2236-2250.

Guyton, A.C. 1987. Fisiología humana. Ed. Interamericana. 6a. ed.

Hafez, E.S.E. 1984. Reproducción e inseminación artificial en animales. Ed. Interamericana. 4a. ed.

Hafez, E.S.E. 1989. Reproducción e inseminación artificial

en animales. Ed. Interamericana 5a. ed.

Hafez, E.S.E. 1993. Reproduction in farm animals. Ed. Lea and Febiger 6a. ed.

Khalifa, R.M.E.; B.L. Sayre and G.S. Lewis. 1992. Exogenous oxytocin dilates the cervix in ewes. J. Anim. Sci. 70:38-42.

Khalifa, R.M. 1993. Non surgical intrauterine artificial insemination in sheep using exogenous oxytocin. World Conference on Animal Production. Edmonton, Canada Abs.163 p.310-311.

Krupp, Th and D. Marx. 1992. Dilatation of the uterine cervix by hormones by as an assumption for transcervical of ovine and caprine embryos. Reprod. Dom. Anim. Abs. 27:1

Niekerk van, C.H.; D.M. Barry; J.M. Rust; T. van der Walt and J. Langenhoven. 1990. Cervical softening with prostaglandin E<sup>2</sup> and estradiol cypionate for embryo collection in goats. Theriogenology Abs.33:1

Niswender, G.D.; J.L. Juengel; W.J. McGuire; C.J. Belfiore and M.C. Wiltbank. 1994. Luteal function: The estrous

cycle and early pregnancy. Biol. Reprod. 50:239-247.

Rickords, L.F. and K.L. White. 1988. Dinoprostone induced cervical dilation in the ewe. 11th. International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination Vol.3:26-30

Rodriguez, H.M.; D. McKenna; P.G. Weston; H.L. Whitmore and B.K. Gustafsson. 1987. Uterine motility in the cow during the estrous cycle. I.-Spontaneous activity. Theriogenology 27(2):337-348.

Rodriguez, H.M.; D. McKenna; P.G. Weston; H.L. Whitmore and B.K. Gustafsson. 1987. Uterine motility in the cow during the estrous cycle. III.- Effects of oxytocin xylazine and adrenoceptor blockers. Theriogenology 27(2):359-368.

Salinas, C.S. 1981. Evaluación de métodos de muestreo para estimar densidad de arbustos. Tesis de Lic. Fac. Agronomía de la UANL. Marín N.L.

Schwulst, F.J.; L.J. Sumption; L.A. Swiger and V.H. Arthaud 1966. Use of oxytocin for estimating milk production of beef cows. J.Anim.Sci. 25:1045-1047.

- Shubina, L.A. and A.A. Shubin. 1991. Increasing the conception and lambing rates in sheep. *Zootekhniya* 1:52-55.
- Sibaja, R.A. and G.H. Schmidt. 1975. Release of oxytocin in the cow during milking. *J. Dairy Sci.* 58(4):569-570.
- Soloff, M.S. 1982. Oxytocin receptors and mammary myoepithelial cells. *J. Dairy Sci.* 65:326-337.
- Sorensen, A.M.Jr. 1982. *Reproducción animal*. Ed. McGraw Hill.
- Speedy, A.N. 1992. *Progress in sheep and goat research*. Ed. CAB International p.1-24
- Stratman, F.W.; H.L. Self and V.R. Smith. 1959. The effect of oxytocin on fertility in gilts artificially inseminated with a low sperm concentration and semen volume. *J. Anim. Sci.* 18(2):634-640
- Tavener, H.W. and W.W. Green. 1959. Diagnosis of bovine pregnancy by measuring vaginal response to oxytocin. *J. Anim. Sci.* 18(3):865-873.



Whiteaker, S.S.; M.A. Mirando; W.C. Becker and C.E.

Hostetler. 1994. Detection of functional oxytocin receptors on endometrium of pigs. Biol. of Reprod. 51:92-98.

