

**RESPUESTA REPRODUCTIVA DE CABRAS ANOVULATORIAS
UTILIZANDO MACHOS ESTIMULADOS CON HEMBRAS
ESTROGENIZADAS
(ROTADAS O SIN ROTAR)**

Luis Enrique Muñoz Montiel

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el grado de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Universidad Autónoma agraria Antonio Narro

Unidad Laguna



Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

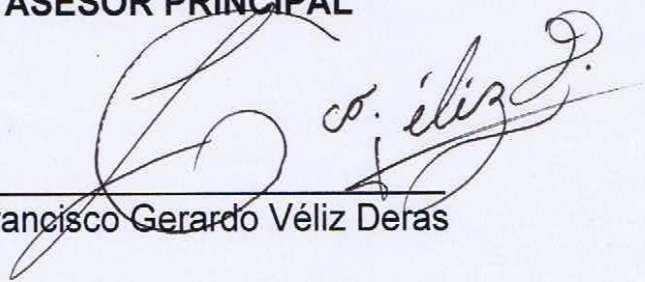


**RESPUESTA REPRODUCTIVA DE CABRAS ANOVULATORIAS
UTILIZANDO MACHOS ESTIMULADOS CON HEMBRAS
ESTROGENIZADAS
(ROTADAS O SIN ROTAR)**

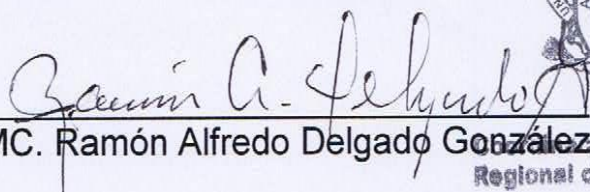
POR:

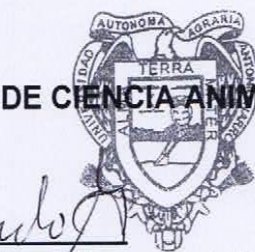
Luis Enrique Muñoz Montiel

ASESOR PRINCIPAL


Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


MC. Ramón Alfredo Delgado González



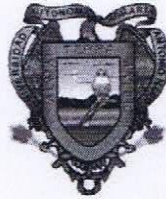
**División de la División
Regional de Ciencia Animal**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



RESPUESTA REPRODUCTIVA DE CABRAS ANOVULATORIAS UTILIZANDO
MACHOS ESTIMULADOS CON HEMBRAS ESTROGENIZADAS
(ROTADAS O SIN ROTAR)

Por: Luis Enrique Muñoz Montiel

Elaborado bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para
optar al grado de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Comité Particular

Presidente


Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras
Presidente

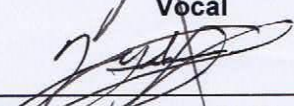
Vocal


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Vocal

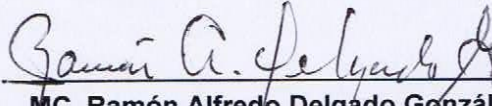
Vocal


MC. Gerardo Arellano Rodríguez
Vocal

Vocal suplente


MC. Juan Manuel Guillen Muñoz
Vocal suplente




MC. Ramón Alfredo Delgado González
Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2015

Dedicatoria

A Dios

Primeramente por darme la gran familia que tengo, por permitirme llegar a este momento de mi vida, por todos los momentos de tristezas y alegrías que me enseñaron a valorar cada día y por culminar esta gran etapa en mi vida.

A mis padres

María Eugenia Montiel Túrijan

Por el apoyo incondicional que me ha dado, por cada uno de sus valiosos consejos que he recibido, por haber depositar toda esa confianza en mí, sin dejar de mencionar todo el tiempo que ha ocupado y que ha sacado por estar a mi lado y darme mucho cariño, amor y demostrarme que pese a las dificultades que pueda pasar uno en la vida siempre se puede salir adelante. Por ayudarme después de cada tropiezo, y porque a pesar de la distancia en los momentos difíciles siempre estuviste conmigo.

Enrique Muñoz Sánchez

Por enseñarme que se debe luchar a pesar de los obstáculos para llegar a la meta, por demostrarme que los sueños pueden hacerse realidad, por inculcarme valores, por enseñarme el valor que tiene la familia, por los consejos que ayudaron a tomar decisiones correctas, porque tu esfuerzo ha hecho que no me falte nada, por la educación que me has dado y por qué tu amor me ha enseñado amar a los que me rodean.

A mis hermanos Aldo Alejandro Muñoz Montiel, Mariana Itzel Muñoz Montiel, Karen Mireya Muñoz Montiel.

Gracias por formar parte de mi por ser mi familia por su apoyo incondicional por todos los momentos que hemos pasado juntos buenos y malos, pero siempre saliendo adelante gracias al apoyo y cariño de nuestros padres, los cuales no han inculcado valores que no podemos olvidar.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna por a verme dado la oportunidad de desarrollarme como profesionista.

Especialmente al M.C Juan Manuel Guillen Muñoz por su gran apoyo para desarrollar esta tesis.

A todos mis maestros que tuve a lo largo de mi paso por esta Universidad que siempre me apoyaron de una u otra manera y por su gran compromiso que tienen hacia nosotros como alumnos.

A mis compañeros de carrera y los grandes amigos que obtuve gracias a esto.

Asi como amis profesores quienes fueron mis asesores para la realización de este trabajo. Dr. Pedro Antonio robles trillo, MC. Gerardo Arellano Rodríguez.

A mis amigos y familiares que siempre me brindaron su amistad y apoyo así como su confianza durante mi carrera y siempre estuvieron ahí para tenderme la mano en momentos difíciles.

Rodrigo Montiel Túrijan, Manuel Montiel Túrijan, Adriana Montiel Túrijan, Francisco Santibáñez Flores, Héctor Gutiérrez Rivera, Elías Gutiérrez rivera gracias por formar parte de mi vida y por formar parte de la suya.

Y finalmente agradecer al MVZ. Juan Manuel Guillen Sáenz y su esposa, por su gran amistad en la cual durante los 5 años de mi carrera fueron unas personas muy amables en las cuales podía confiar y contar con ellos.

INDICE DE CONTENIDO

Contenido

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	II
Abstrac	V
RESUMEN	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVICION DE LITERATURA.....	2
2.1 ENDOCRINOLOGÍA EN CAPRINOS	2
2.1.1 EJE HIPOTÁLAMO-HIPÓFISIS	3
2.1.2 NEUROENDOCRINOLOGÍA EN LOS MACHOS CABRIOS	6
2.1.3 NEUROENDOCRINOLOGÍA EN LAS HEMBRAS	7
2.1.3.1 ACONTECIMIENTOS ENDOCRINOS ASOCIADOS AL CICLO SEXUAL.....	7
2.1.3.2 ACTIVIDAD NEUROENDOCRINA DURANTE EL ANESTRO	10
2.2 ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA EN CAPRINOS.....	10
2.2.1 MECANISMOS FISIOLÓGICOS RESPONSABLES DE LA ESTACIONALIDAD	11
2.2.2 MECANISMOS PRINCIPALES CONTROLAN LAS VARIACIONES ESTACIONALES:	11
2.2.2.1 LA MELATONINA	12
2.2.3 ALGUNOS PRINCIPIOS SIMPLES HAN CONSTITUIDO LA BASE DE LOS TRATAMIENTOS:	15
2.2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA EN EL MACHO CABRIO.....	16
2.3 BIOESTIMULACIÓN EN CAPRINOS.....	17
2.3.1 FEROMONAS Y RELACIÓN CON EL SISTEMA OLFATORIO PRIMARIO Y ACCESORIO.....	17
2.3.2 EFECTO DE LAS SEÑALES OLFATORIAS, CAMBIOS EN LA CONDUCTA Y FISIOLOGIA.....	18
2.3.3 FUENTES DE SEÑALES OLFATORIAS	19
2.3.2 AISLAMIENTO PREVIO DE LOS SEXOS.....	22
2.3.3 LA RESPUESTA.....	22
2.3.4 EMISIÓN DEL ESTIMULO.....	23
2.3.5 RECEPCIÓN DEL ESTIMULO	23

2.3.6 FACTORES QUE MODIFICAN LA RESPUESTA.....	24
2.3.6.1 Intensidad y duración del estímulo	25
2.3.7 PROFUNDIDAD DEL ANESTRO	25
2.3.8 EFECTO HEMBRA.....	26
2.3.9 EFECTO MACHO	27
2.4 TRATAMIENTOS PARA CONTRARRESTAR LA ESTACIONALIDAD.....	28
2.4.1 TRATAMIENTOS CON FOTOPERIODO	28
2.4.2 TRATAMIENTOS CON TESTOSTERONA EN MACHOS CABRÍOS.....	30
2.4.3 TRATAMIENTOS CON HEMBRAS ESTROGENIZADAS EN MACHOS CABRÍOS	31
III. HIPÓTESIS.....	33
IV. OBJETIVOS.....	33
V. MATERIAL Y MÉTODOS	34
5.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	34
5.2 ANIMALES EXPERIMENTALES	34
5.2.1 MACHOS	34
5.2.2 HEMBRAS	36
5.2.3 FORMACIÓN DE GRUPOS EXPERIMENTALES.....	36
5.2.4 MANEJO Y ALIMENTACIÓN	36
5.2.5 INTRODUCCIÓN DE LOS MACHOS CON LAS HEMBRAS (EMPADRE)	36
5.3 VARIABLES DETERMINADAS	37
5.3.1 HEMBRAS	37
5.3.1.1 ACTIVIDAD ESTRAL	37
5.3.1.2 LATENCIA AL ESTRO	38
5.3.1.3 DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN.....	38
5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	38
VI. RESULTADOS	39
6.1 RESPUESTA DE LAS HEMBRAS EXPUESTAS A MACHOS TRATADOS.....	39
6.2 LATENCIA AL ESTRO.....	41
6.3 GESTACIONES.....	41
VII. DISCUSIÓN.....	42
VIII. CONCLUSION	43
IX. LITERATURA CITADA.....	44

Abstrac

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of males with or without rotating stimulated to induce response in female reproductive Creole anovulatory females estrogenized rotated. The study was conducted in northern Mexico (26 ° N) during the month of March, using 6 Criollos males and 72 females. The March 15, 2015, females were distributed in 3 homogeneous groups: 1) GRO (n = 24), males stimulated females estrogenized "Rotated". 2) GSRO (n = 24), males stimulated females estrogenized "No Rotate". 3) (n = 24), males with females not estrogenized stimulated. The females were induced to estrus by 2 mg of estradiol cyprionate (IM) every 3 days, while females under control males will apply 1 ml of saline every 3 days for 10 days. All goats received 25 mg of progesterone (IM) to -24 hours of mating. The females estrous activity was observed from the first day of mating every 12 hours for 14 days. On day 10 the number and size of corpora lutea was measured. On day 45 of gestation diagnosis it was made. Oestrus, ovulation, ovulatory cup and pregnancies were analyzed by X2; latency to estrus by t-student, was using SYSTAT 12. The groups of females exposed males stimulated females estrogenized regardless of whether they were rotated or not rotated, showed 80% of estrous activity and 58% of pregnancies with no difference including significant ($p > 0.05$), but when compared with the control group differed statistically ($p < 0.05$). These data suggest that males stimulated with estrogenized females regardless whether or not rotate estrogeniadas females are equally effective in inducing reproductive response in anovulatory females.

Keywords: male, female anestruc effect female male effect, rotated or not rotated.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de machos estimulados con hembras estrogenizadas rotadas o sin rotar para inducir la respuesta reproductiva en hembras Criollas anovulatorias. El estudio se realizó en el norte de México (26°N) durante el mes de marzo, utilizando 6 machos Criollos y 72 hembras. El 15 de marzo del 2015, las hembras fueron distribuidas en 3 grupos homogéneos: 1) GRO (n= 24), machos estimulados con hembras estrogenizadas “Rotadas”. 2) GSRO (n= 24), machos estimulados con hembras estrogenizadas “Sin Rotar”. 3) CON (n= 24), machos estimulados con hembras no estrogenizadas. Las hembras inducidas al celo fue mediante 2 mg de cipionato de estradiol (IM) cada 3 días, mientras las hembras sometidas a los machos control se les aplico 1 ml de solución salina cada 3 días durante 10 días. Todas las cabras recibieron 25 mg de progesterona (IM) a las -24 horas del empadre. La actividad estral de las hembras fue observada desde el primer día del empadre cada 12 horas durante 14 días. El día 10 se midió el número y tamaño de cuerpos lúteos. El día 45 se realizó el diagnóstico de gestación. El estro, ovulaciones, taza ovulatoria y gestaciones fueron analizadas por X²; la latencia al estro mediante una t-student, utilizando SYSTAT 12. Los grupos de hembras expuestas machos estimulados con hembras estrogenizadas independientemente si se rotaron o no se rotados, mostraron un 80% de actividad estral y un 58% de gestaciones sin que existiera diferencia significativa entre ellos ($p>0.05$), pero al compararlos contra el grupo control difirieron estadísticamente ($p<0.05$). Estos datos sugieren que los machos estimulados con hembras estrogenizadas independientemente si se roten o no las hembras estrogeniadas son igualmente efectivos en inducir la respuesta reproductiva en hembras anovulatorias.

Palabras clave: **machos, cabras anestrícas, efecto macho efecto hembra, rotadas o sin rotar, estacionalidad.**

I. INTRODUCCIÓN

Algunas especies de rumiantes, como las ovejas y las cabras, presentan ciclos estacionales en su actividad reproductiva (*Abecia et al., 2012*).

Mientras que las hembras muestran un anestro reproductivo en esta época del año, los machos exhiben un comportamiento de arresto reproductivo durante el mismo lapso (*Carrillo et al., 2010*). Durante este periodo la actividad sexual puede ser estimulada y sincronizada al ponerlas en contacto con machos cabríos activos, lo que se conoce como efecto macho (*Delgadillo et al., 2003*).

La introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, de las que estuvo separado por lo menos durante tres semanas, puede inducir la actividad reproductiva unos días después de ponerlos en contacto. Al igual que las hembras son estimuladas en el efecto macho, los machos cabríos también pueden ser estimulados por la presencia de las hembras en estro para que a su vez estimulen a otras hembras en anestro “efecto hembra” (Martin GB et al 1986).

Entre las razas de ovinos y caprinos domésticos existe una variabilidad importante en cuanto a la duración y la intensidad del anestro estacional. Este anestro tiene consecuencias importantes sobre la conducta reproductiva de los rebaños y la economía de las explotaciones, (*Delgadillo et al., 2002*).

En base a lo anterior, es necesario buscar nuevas alternativas que sean de bajo costo y estén al alcance de los productores. Existen diversas investigaciones que se han desarrollado para solucionar este problema, entre estos trabajos podemos encontrar la utilización de hembras estrogenizadas para estimular su actividad estral

El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de machos estimulados con hembras estrogenizadas (rotadas o sin rotar) para inducir una respuesta reproductiva en hembras Criollas anovulatorias.

II. REVICION DE LITERATURA.

2.1 ENDOCRINOLOGÍA EN CAPRINOS

El sistema endocrino es un sistema de coordinación. Recibe señales, procesa la información recibida y elabora la respuesta adecuada que realizan los órganos receptores de las hormonas. El sistema endocrino genera respuestas lentas que transmite mediante sustancias químicas, llamadas hormonas. Los órganos receptores, denominados órganos blancos, producen respuestas acordes con la concentración de hormona detectada en sangre. Las hormonas son segregadas por las glándulas, a veces por neuronas “neurohormonas”, (*Ejido., et al 2011*).

El funcionamiento del sistema endocrino se realiza mediante retroalimentación negativa o retro inhibición (Feedback):

1. La glándula recibe la información para la secreción de la hormona.
2. La glándula libera la hormona.
3. La hormona actúa en el órgano o célula blanco, lo que produce un cambio en el medio interno.
4. El cambio en el medio interno es detectado por la glándula secretora e inhibe la secreción de la hormona hasta que se reciba nueva orden de secreción.

Las zonas de secreción hormonal más importantes son el hipotálamo, la hipófisis, el tiroides, las glándulas paratiroides, el páncreas, las glándulas suprarrenales, las gónadas y la placenta. También existen células productoras de hormonas dispersas por el tubo digestivo que producen gastrina en el estómago, secretina y colecistoquinina en el duodeno y yeyuno. El riñón produce renina, que actúa regulando la presión sanguínea. La angiotensina I y angiotensina II se producen en el pulmón. El hipotálamo

es la glándula coordinadora de todo el sistema. Además, como parte del sistema nervioso, tiene funciones de control nervioso sobre la temperatura corporal o el estado de vigilia o sueño, (*Ejido et al., 2011*).

La hipófisis, junto con el hipotálamo, forma el eje hipotálamo-hipofisario, que constituye el centro de control de producción de hormonas. El hipotálamo, al recibir información del organismo, libera una neurohormona, denominada factor de liberación, que actúa sobre la hipófisis, promoviendo la secreción de una determinada hormona hipofisaria. Las hormonas hipofisarias actúan sobre tejidos u órganos blancos. El resultado es un cambio metabólico en el tejido u órgano receptor de la hormona. En el caso en que el órgano blanco sea una glándula, el efecto consistirá en la producción de otra hormona (*Reiriz et al., 2014*).

2.1.1 EJE HIPOTÁLAMO-HIPÓFISIS

La hipófisis es el órgano regulador del sistema hormonal y está íntimamente ligada con la actividad cerebral conecta con una estructura llamada hipotálamo (Figura 1 y 2), de tal manera que se forma un eje hipotálamo-hipófisis y después la glándula, la que sea, en el caso del sistema reproductor sería con las glándulas del ovario o testículo para la producción de hormonas, cuyo objetivo es la formación de la célula sexual masculina o femenina que van a dar lugar luego a un nuevo ser. Si partimos desde el principio del eje, desde el hipotálamo, nos encontramos con que es un núcleo cerebral que está relacionado directamente con la hipófisis y con el sistema nervioso degenerativo, de tal manera que genera un control de todos los centros reguladores del cerebro a nivel de diferentes estados y además es capaz de agrupar las diferentes funciones endocrinas, esto no solo lo hace de forma positiva sino que también lo hace de forma negativa, por

eso puede dar lugar a una respuesta tanto inhibitoria como activadora (Reiriz et al., 2014).

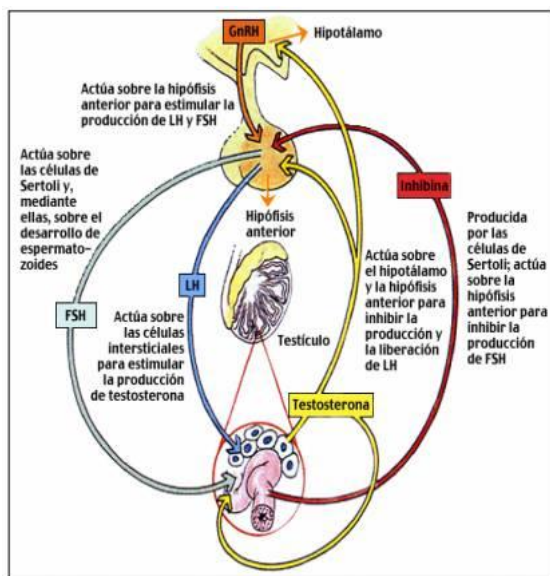


Figura 1. Eje hipotálamo-hipófisis en el macho.

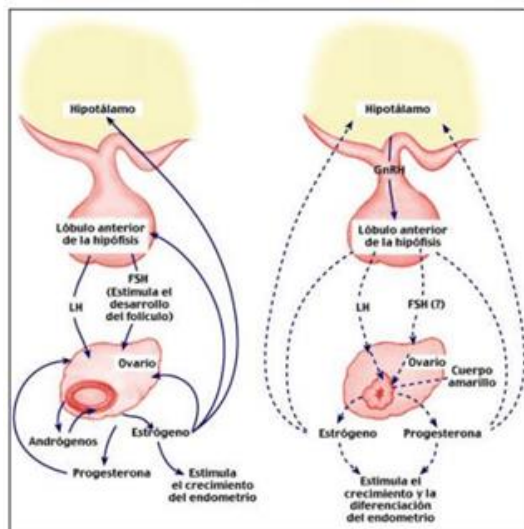


Figura 2. Eje hipotálamo-hipófisis en la hembra.

Por tanto existe una conexión entre lo que es el hipotálamo y la hipófisis, el axón de las hormonas hipotalámicas están directamente relacionadas con los flexos capilares que van a parar a la hipófisis de tal manera que un estímulo nervioso se convierte en un estímulo hormonal. La hipófisis está situada por debajo del hipotálamo, su tamaño es muy pequeño pero posee una gran actividad que se nota por la gran cantidad de riego sanguíneo. Es un órgano solo hormonal, por ello es el órgano director del sistema endocrino. Su forma es muy diferente dependiendo de la especie. La actividad de la hipófisis es diferente, va de menos a más conforme aumenta la edad del animal y cuando el animal llega a la edad adulta va de más a menos conforme llega a la vejez (Reiriz et al., 2014).

La hipófisis tiene tres partes que son: adenohipófisis o lóbulo anterior, neurohipófisis o lóbulo posterior y la hipófisis intermedia o lóbulo intermedio (Figura 3).

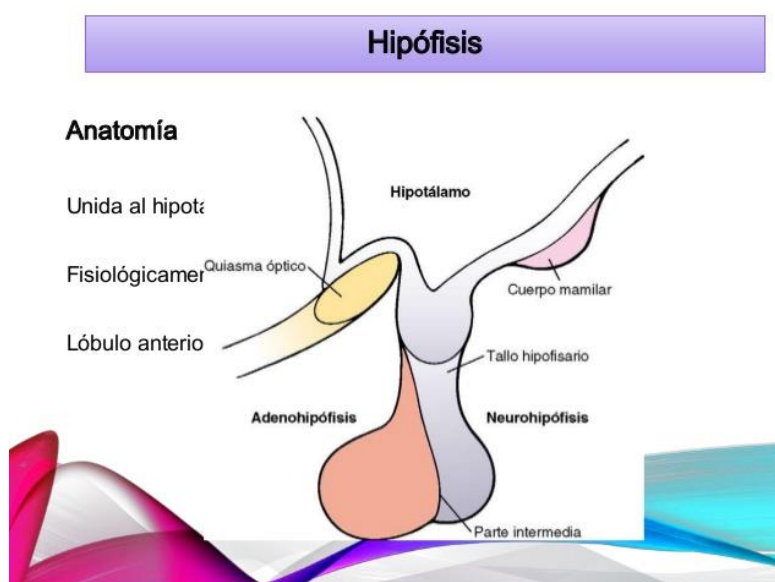


Figura 3. Estructura anatómica de la hipófisis.

El lóbulo anterior nos va a regular las glándulas endocrinas que tiene el animal de tal forma que esta está relacionada con el crecimiento y desarrollo de los animales y por tanto también con su metabolismo y con el desarrollo y posterior control de los órganos genitales. Está relacionado con el hipotálamo, la actividad nerviosa y la alimentación. Aquí tenemos hormonas de tipo metabólico lo son: somatotropa (STH), adrenocorticotropa (ACTH) y tireotropa (TSH). También tenemos hormonas de tipo sexuales como la gonadotropinas o gonadoestimulantes que son: FSH, LH, ICSH, y prolactina (LTH). En el lóbulo intermedio tenemos una hormona denominada melanotropina (MSH) relacionada con la entrada en la pubertad (*Reiriz et al., 2014*).

2.1.2 NEUROENDOCRINOLOGÍA EN LOS MACHOS CABRIOS

La testosterona es la hormona principal de los testículos, ya que es un esteroide que se sintetiza a partir del colesterol y se es producida a partir del estímulo de la LH, y el mecanismo mediante el cual la LH estimula a las células de Leydig incluye a la formación de AMP cíclico y actividad de RNA mensajero (*Ruckebush et al., 1994*). La testosterona junto con otros andrógenos ejerce un efecto retro alimentador inhibitor sobre la secreción de LH actuando directamente sobre la hipófisis, inhibiendo la secreción de GnRH del hipotálamo. Junto con la FSH la testosterona mantiene la espermatogénesis (*Cheminieau y Delgadillo, 1994*).

La Testosterona es producida principalmente por los testículos, aunque las hembras también la producen pero en menor cantidad, y es regulada a través de la retroalimentación hormonal que requiere señales del hipotálamo y de la glándula pituitaria. Es una hormona esteroidea que se sintetiza a partir del colesterol, en los testículos y las glándulas adrenales. La Testosterona puede ser convertida a estradiol

en el cerebro por la enzima aromatasa, que se halla presente en la amígdala y el hipocampo, ambas estructuras importantes para las respuestas emocionales, el aprendizaje y la memoria. Sin embargo, alternativamente la Testosterona puede ser metabolizada por la enzima 5 α -reductasa a dihidrotestosterona (DHT), la cual es convertida a 5 α -androstane- 3 α ,17 β -diol (3 α -diol) y 5 α -androstane- 3 β ,17 β -diol (3 β -diol), la DHT puede unirse a los receptores de andrógenos, sin embargo el 3 α -diol y 3 β -diol tienen mayor afinidad por los receptores GABAérgicos (RGB) que por los receptores de andrógenos (*Poindron et al., 1980*).

2.1.3 NEUROENDOCRINOLOGÍA EN LAS HEMBRAS

Contrariamente al macho que presenta un actividad espermatogenetica continúa, la cabra no gestante manifiesta ciclos estruales y ovulatorios que se suceden a intervalos más o menos regulares. Múltiples cambios neuroendocrinos están asociados con esta ciclicidad. En razas estacionales, la ciclicidad no es permanente durante el año, definiendo así una estación de anestro y una estación de actividad neuroendocrina durante el anestro es, evidentemente, muy diferente de la observada la estación sexual (*Chemineau et al., 1993*).

2.1.3.1 ACONTECIMIENTOS ENDOCRINOS ASOCIADOS AL CICLO SEXUAL

Cuando ocurre un ciclo estrual normal (de duración aproximada 21 días) se asocia generalmente con una (o unas) ovulación(es) que se produce(n) de 30 a 36 horas después del inicio del estro. El cuerpo lúteo formado de la luteinización del folículo es activo (secreta progesterona), durante la fase lútea (de duración 16 días en promedio). Después, se produce la luteolisis (destrucción del cuerpo lúteo) y se inicia un nuevo ciclo (*Chemineau y Delgadillo, 1994*). Diferentes cambios hormonales están asociados

con los acontecimientos previamente descritos. La LH, durante la fase luteal del ciclo, es liberada, como en el macho, bajo la forma de descargas pulsátiles: su frecuencia esta correlacionada negativamente con el nivel de progesterona plasmática de origen luteal. La amplitud de estos pulsos es limitada (no más de 1,0 ng/ml). La progesterona desempeña un papel esencial de retroacción negativa en la regulación de la LH durante el ciclo. Sin embargo, debe encontrarse en cantidades circulares suficientes para ejercer un retrocontrol eficaz (*Chemineau et al., 1993*).

Alrededor de los días 16-17 del ciclo (día 0= día del estro), las prostaglandinas uterinas, quizás bajo la influencia de la oxitocina ovárica, provocan la luteolisis. Inmediatamente después, la brusca disminución de la progesterona provoca un fuerte incremento de la frecuencia de descarga de los pulsos de LH y de su amplitud. Este aumento de la actividad gonadotrópica provoca una estimulación del crecimiento de los folículos de diámetro superior a 1,0 mm y de la actividad esteroidea de estos. Los folículos secretan estradiol en cantidades crecientes el nivel plasmático se eleva de 10 a 30 pg/ml en los 3 días precedentes al estro (*Chemineau y Delgadillo, 1994*).

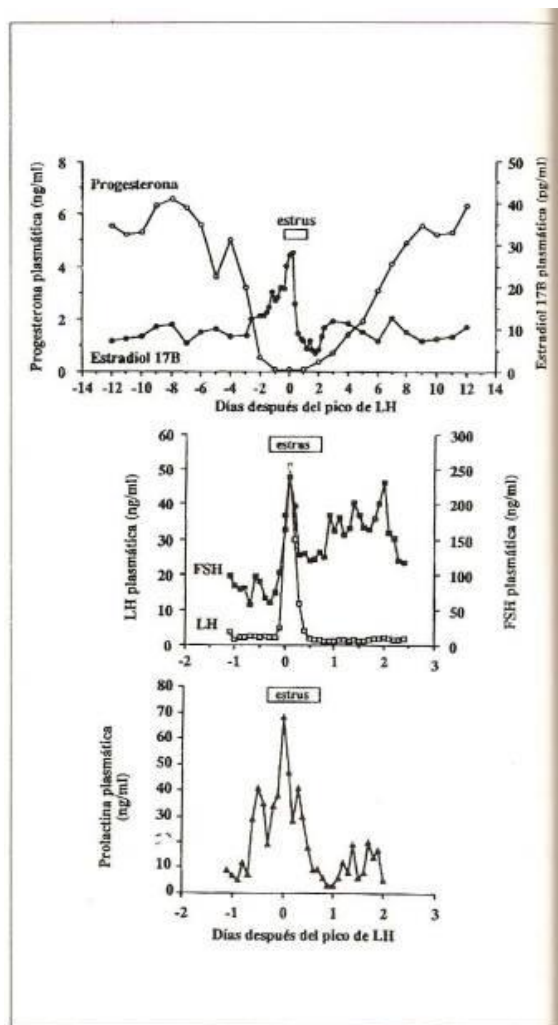


Figura 4. Acontecimientos endocrinos asociados al desarrollo del ciclo estral de la

2.1.3.2 ACTIVIDAD NEUROENDOCRINA DURANTE EL ANESTRO

En las razas estacionales, la estación de anestro y de anovulación se caracteriza por una ausencia casi completa de ciclos. Se observa también una baja frecuencia de descargas de pulsos de LH (menos de 2 pulsos en 6 horas al inicio de agosto) al a vez que no hay progesterona endógena. La frecuencia y la amplitud de los pulsos aumentan cuando se acerca la estación sexual (más de 3 pulsos en 6 horas a la mitad de septiembre (*Martin et al., 1986*)).

La baja actividad de LH durante el anestro es debida a la retroacción negativa fuerte del estradiol sobre el eje hipotálamo-hipofisiario (*Martin et al., 1986*).

2.2 ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA EN CAPRINOS

Los pequeños rumiantes presentan, como sus ancestros salvajes, un período de reposo sexual estacional de duración e intensidad variable entre razas. Ambos sexos tienen una actividad sexual (espermatogénesis en el macho y actividades ovulatoria y estral en la hembra) mínima en primavera y verano y máxima en otoño e invierno. Esta estacionalidad resulta de una combinación, aún mal conocida, entre un ritmo endógeno circanual y la interpretación por el sistema nervioso central de la duración de la noche, vía la secreción de melatonina de origen pineal (*Delgadillo et al., 2002*).

Entre las razas de ovinos y caprinos domésticos existe una variabilidad importante en cuanto a la duración y la intensidad del anestro estacional. Este anestro tiene consecuencias importantes sobre la conducta reproductiva de los rebaños y la economía de las explotaciones, (*Delgadillo et al., 2002*).

2.2.1 MECANISMOS FISIOLÓGICOS RESPONSABLES DE LA ESTACIONALIDAD

En las razas originarias de zonas templadas criadas en éstas zonas o en zonas subtropicales. En cambio, en las zonas tropicales, donde la amplitud de las variaciones fotoperiódicas es menor, estos últimos factores determinan la actividad sexual de las razas de menor estacionalidad. En zonas subtropicales, aunque las variaciones son menos marcadas que en las zonas templadas, resultados recientes muestran que el fotoperíodo tiene un papel bastante importante en el control de las variaciones estacionales reproductivas (*Delgadillo et al., 2000*).

2.2.2 MECANISMOS PRINCIPALES CONTROLAN LAS VARIACIONES ESTACIONALES:

(a) un ritmo endógeno circanual de actividad neuroendocrina que aparece cuando los animales son mantenidos experimentalmente en fotoperíodo constante.

(b) los cambios de la duración del día y su interpretación por el sistema nervioso central via la duración de secreción de melatonina por la glándula pineal.

(c) Cuando ovejas Sufflok ovariectomizadas y tratadas permanentemente con un implante de estradiol (lo que permite medir la concentración plasmática de LH que varía paralelamente con la actividad ovulatoria de ovejas enteras) son mantenidas en días cortos constantes durante más de 3 años, aparece un ritmo circanual (de período alrededor de 10 meses), desincronizado de una oveja a otra y del calendario anual. El mismo fenómeno ocurre en las cabras. La presencia de tiroxina (T4) es esencial para que este ritmo se manifieste en ovejas (*Viguié et al., 2001*). Otros neuromediadores (dopamina, serotonina) y receptores de neuromediadores están posiblemente

implicados en este fenómeno que no tiene, por el momento, una base anatómica identificada (*Martin et al., 1986*).

(d) Las variaciones –en la duración del día permiten a los animales posicionar este ritmo en el año, utilizando las variaciones diarias de la secreción de melatonina. Esta hormona es sintetizada y liberada únicamente durante la parte oscura del día. Así, la duración de secreción de melatonina es larga en días cortos (noches largas) y corta en días largos (noches cortas). La percepción de esta duración permite a los animales inducir o inhibir su actividad neuroendocrina sexual (*Bittman et al. 1995*).

2.2.2.1 LA MELATONINA

Liberada al mismo tiempo en la circulación general y en el líquido cerebrospinal, la melatonina actúa en el hipotálamo posterior premamilar para controlar la actividad pulsátil de LHRH-LH. Esta acción necesita más de 40 días en ovejas Ile-de-France para que la actividad pulsátil de LHRH se incremente de un pulso cada seis horas a un pulso cada hora (*Viguié et al., 1995*). Los mamíferos usan sus ojos como fotorreceptores para medir el largo del día, pero la ruta por la que lo hacen es diferente a la de la captación y formación de imágenes. La información fluye a lo largo del nervio óptico (NO) en neuronas diferentes a las del sistema visual, las que son precisamente células ganglionares que contienen un único fotorreceptor denominado Melanopsina. Estas terminan en los núcleos supraquiasmáticos, dos estructuras discretas localizadas en el hipotálamo justo sobre el quiasma óptico las que en conjunto constituyen el tracto retino-hipotalámico (Bustos y Torres-Díaz, 2012; Fig. 5).

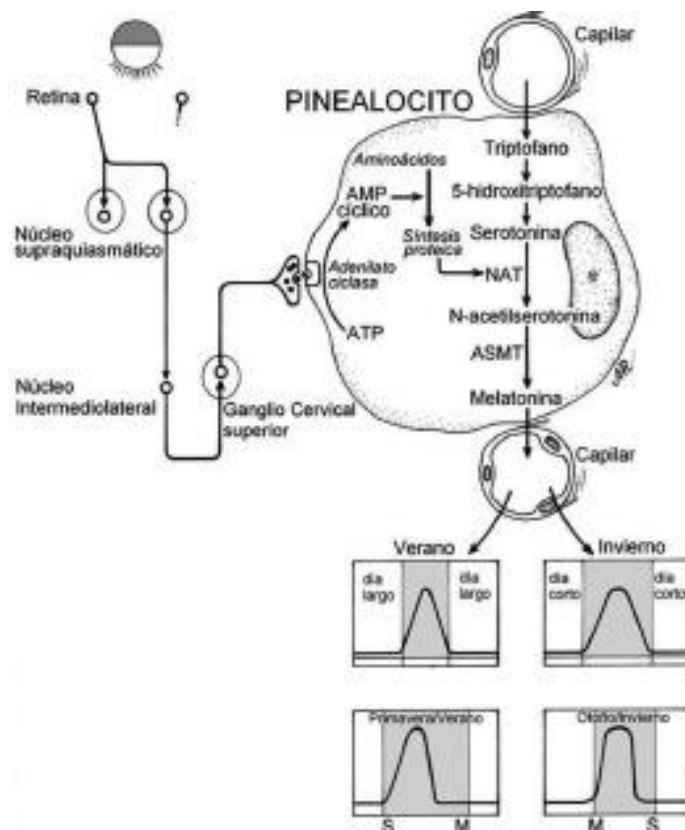


Fig. 2. Esquema del tracto fotoneuroendocrino y modificaciones de la síntesis y secreción de melatonina en reproductores de día largo (verano) y reproductores de día corto (invierno)

La melatonina, cambian la intensidad de retroacción negativa del estradiol sobre la actividad pulsátil de LHRH-LH : los días largos aumentan la inhibición y los días cortos la disminuyen. El núcleo hipotalámico A15,(figura 5) localizado en el hipotálamo lateral, desempeña un papel importante en la inhibición (*Thiery et al., 2001*).

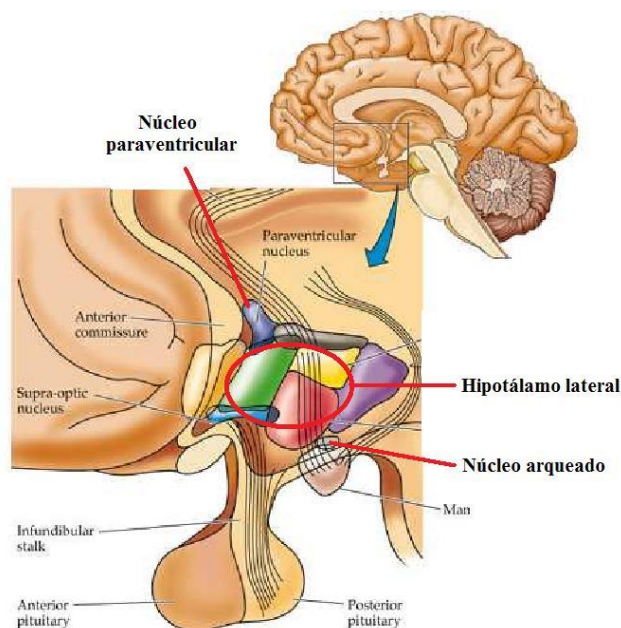


Figura 6. Anatomía del hipotálamo y núcleo hipotalámico.

Así, existe una red, que actualmente no es bien conocida, de sitios del sistema nervioso central adonde pasa la información fotoperiódica y que controlan la actividad sexual estacional. En estos sitios, o en otros no conocidos, varios neuromedadores (dopamina, noradrenalina, serotonina, aminoácidos excitadores) y receptores de neuromedadores (R-MT1, R-D2, R-5HT2A,) fueron descritos por estar implicados en esta cadena de control de la actividad pulsátil de LHRH-LH. Las diferencias entre razas probablemente se originan en algunos de los genes que controlan estos fenómenos. Así, recientemente, un polimorfismo genético del receptor 1 de la melatonina (R-MT1) fue descrito, asociando un alelo específico con la aptitud de ovular a contraestación en ovejas Merino o con una mejor fertilidad y prolificidad después de una cubrición en primavera en una raza sintética. Aunque los mecanismos básicos por los cuales los animales presentan una variación estacional de su actividad reproductiva no son

conocidos completamente, tratamientos de control de esta estacionalidad han sido desarrollados para ser utilizados en la práctica (*Chemineau et al., 1993*).

2.2.3 ALGUNOS PRINCIPIOS SIMPLES HAN CONSTITUIDO LA BASE DE LOS TRATAMIENTOS:

(a) La imposibilidad de mantener animales en un fotoperíodo estimulante de manera permanente impone la necesidad de alternar días largos y días cortos.

(b) Los días largos pueden ser reemplazados por la iluminación de la fase fotosensible situada alrededor de 16 horas después del alba (« días largos »); esta aplicación es posible en edificios abiertos.

(c) Los días cortos pueden ser naturales, si los días largos cesan temprano en el año, o reemplazados por un implante de melatonina que tiene la misma eficiencia que una larga duración de infusión de esta hormona.

(d) Los tratamientos deben ser utilizados en asociación con una estimulación sexual, especialmente el « efecto macho ».

(e) En razas estacionales y en zonas templadas ambos sexos deben ser tratados.

(f) Estos tratamientos pueden ser asociados con tratamientos hormonales « clásicos » (esponja + eCG antes PMSG) (*Chemineau et al., 1993*).

2.2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA EN EL MACHO CABRIO

Aunque los mecanismos básicos por los cuales los animales presentan una variación estacional de su actividad reproductiva no son conocidos completamente, tratamientos de control de esta estacionalidad han sido desarrollados para ser utilizados en la práctica. Los machos caprinos también son influenciados por el fotoperiodo y los factores ambientales y presentan variaciones estacionales en su capacidad de servicio (libido) y en su calidad seminal. La actividad sexual del macho caprino depende de los niveles sanguíneos de andrógenos (testosterona) que incrementan considerablemente hacia a mitad del otoño, decreciendo a partir del invierno. Durante la primavera y el comienzo del verano se presenta un nivel muy bajo, con picos episódicos de baja amplitud. La testosterona y la actividad sexual se correlacionan positivamente (*Chemineau et al., 1993*).

El mayor desarrollo testicular se manifiesta en la época de máxima actividad sexual (otoño) y disminuye considerablemente en la primavera y el verano. El volumen promedio del eyaculado en la especie caprina es de 1.5 ml. al comienzo de la edad reproductiva (8 a 18 meses), es significativamente menor y variable según las razas y las condiciones de manejo y alimentación (*Gibbons et al. 2000*).

El comportamiento sexual es una parte muy importante de la vida de los animales y las hormonas sexuales, como el estrógeno en las hembras y la testosterona en los machos, regulan la conducta de la mayoría de los mamíferos. Se encuentra documentado en la literatura que las hormonas sexuales influyen en el estado de ánimo y la cognición de los humanos. Por ejemplo, el decremento hormonal asociado a la edad correlaciona con el humor negativo y con un incremento de la describen las líneas

de investigación acerca del efecto de la gonadectomía (GDX) sobre la emoción de los animales; por otro lado, se discuten los principales aportes relacionados con el efecto de la depleción de la testosterona sobre la cognición en distintas tareas de aprendizaje, (*Chemineau et al., 1993*).

2.3 BIOESTIMULACIÓN EN CAPRINOS

La bioestimulación refiere a los efectos estimativos de un macho a una hembra para la activación fisiológica reproductiva causados entre individuos. En este fenómeno están implicadas señales como las feromonas. Estas feromonas son mensajeros químicos orgánicos secretados por las glándulas exocrinas. Son parte muy importante en la reproducción animal ya que juegan un papel en la preservación de las especies por su interacción en el proceso de bioestimulación sexual. Estos estímulos ejercen influencia sobre la conducta de otros animales de la misma especie (*Alvarez y Zarco, 2001*).

2.3.1 FEROMONAS Y RELACIÓN CON EL SISTEMA OLFATORIO PRIMARIO Y ACCESORIO

En la mayoría de los mamíferos, las señales olfatorias influyen profundamente en las interacciones sociales. Estas señales son emitidas mediante la orina, heces, saliva y secreciones de diversas glándulas cutáneas y son depositadas frecuentemente en el ambiente por medio de despliegues conductuales que son muchas veces estereotipados. Las señales olfatorias que son depositadas o emitidas por un individuo son percibidas por otros de la misma especie por medio del sistema olfativo principal y el sistema accesorio o vomeronasal (figura 7) y pueden provocar en los individuos que las perciben diversos efectos, tanto fisiológicos como conductuales (*Krzymowski et al., 1999*)

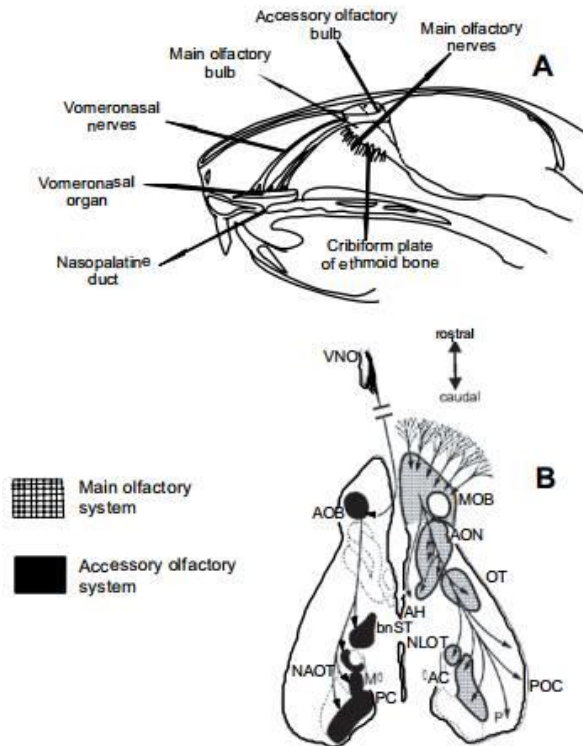


Figura 7. Sistema olfatorio primario y sistema olfatorio accesorio o vomeronasal.

2.3.2 EFECTO DE LAS SEÑALES OLFATORIAS, CAMBIOS EN LA CONDUCTA Y FISILOGIA

Como ya se indicó, las señales olfatorias tales como las feromonas pueden afectar la fisiología y conducta en el animal receptor en varias formas. Dichos efectos se pueden clasificar en dos grupos (*Krzymowski et al., 1999*)

- 1) Olores de identificación individual, usualmente estables durante largos espacios de tiempo, por ejemplo los olores específicos de sexo o grupo social.
- 2) Olores que afectan el estado emocional del receptor y liberados en circunstancias especiales, como el olor de una hembra en estro, de un animal con estrés, o cuando un animal cambia de posición social.

Los compuestos químicos de las señales olfatorias contenidas en la orina, heces o secreciones de las glándulas cutáneas, pueden ser afectados por el estado metabólico del emisor, niveles hormonales, la acción de los microorganismos sobre las secreciones y la identidad genética del individuo emisor.

Un ejemplo más sobre señales químicas similares a feromonas en mamíferos se encuentra en cabras y borregos. La exposición, sin contacto directo de las hembras en anestro al olor de machos sexualmente activos desencadena la secreción de hormona luteinizante (LH), el estro y la sincronización de la ovulación, dicho fenómeno se denomina “efecto macho” (*Iwata et al., 2000*).

2.3.3 FUENTES DE SEÑALES OLFATORIAS

Las glándulas cutáneas constituyen una de las fuentes implicadas en la producción y emisión de señales químicas (figura 8). Estas a su vez se clasifican de acuerdo a sus mecanismos de secreción (*Iwata et al., 2000*).

- 1) Sudoríparas ecrinas (también llamadas merocrinas), cuyo mecanismo de secreción es la exocitosis, proceso en el cual el citoplasma de la célula forma vesículas de secreción que se fusionan con la membrana celular para liberar su contenido.
- 2) Sudoríparas apocrinas, cuyo mecanismo de secreción consiste en que una porción del citoplasma de las células forma parte de la secreción por ejemplo glándulas mamarias.
- 3) Sebáceas holocrinas, en el que las células completas se degradan para ser parte del producto de secreción conocido como sebo; por ejemplo, las glándulas sebáceas.

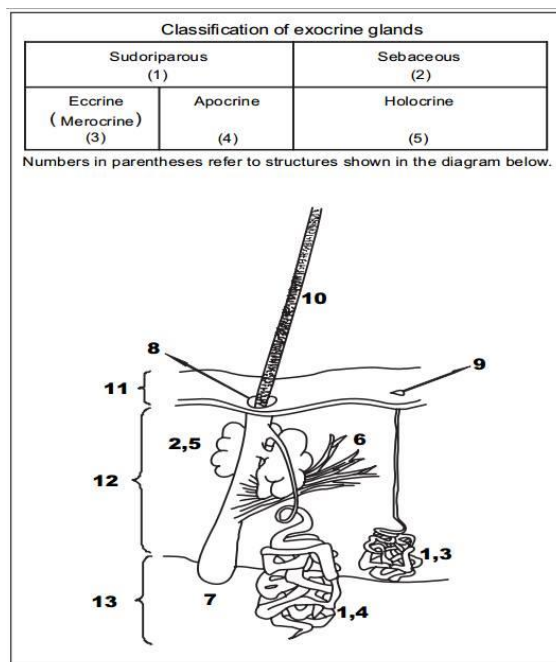


FIGURA 7: Esquema de los tipos de glándulas exócrinas: 1) glándulas sudoríparas; 2) glándulas sebáceas; 3) glándulas sudoríparas ecrinas; 4) glándulas sudoríparas apocrinas; 5) glándulas sebáceas holocrinas; 6) músculo piloerector; 7) folículo piloso; 8) sitio de salida de secreciones holocrina (sebo) y apocrina; 9) sitio de salida de secreción ecrina (sudor); 10) pelo que muestra su patrón de escamas; 11) epidermis; 12) dermis y 13) tejido graso subcutáneo (modificado de Albone y Shirley).¹⁴

Las señales olfativas pueden ser transportadas al cerebro para llegar a los centros que controlan la actividad de la GnRH por medio de dos vías: a) a partir de la mucosa olfativa y el bulbo olfatorio principal, b) o el órgano vomeronasal y bulbo olfatorio accesorio. En los ovinos, la exposición al olor del carnero induce la activación neuronal en ambos bulbos olfatorios: el accesorio y el principal, lo que sugiere que ambos sistemas podrían estar involucrados. Por lo que ha quedado claro que la vía dominante para el efecto macho en los ovinos es el sistema olfativo, como se muestra en estudios que implican bulbectomía o eliminación del órgano vomeronasal, el nervio vomeronasal

y el epitelio olfativo principal, aunque en el caso de los caprinos no se conocen las vías (Nowak et al., 2008; Delgadillo et al., 2009).

En caprinos y ovinos existen tres procesos principales de bioestimulación sexual: efecto macho sobre la hembra y efecto hembra sobre la hembra (*Córdova et al., 2002*).

La señal del macho es principalmente feromonal y desencadena un incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de la hormona luteinizante (LH). En ambas especies la introducción del macho resulta en un rápido aumento de la frecuencia de liberación de pulsos de la hormona luteinizante (LH), seguido por un pico preovulatorio de la misma gonadotropina y ovulación (*Martin, et al., 1986*). El porcentaje de las hembras ovulando en respuesta al olor del macho es menor que cuando existe contacto físico total con el semental, esto último indica que otros sentidos están involucrados en la mediación del fenómeno pero ninguno es indispensable. La poca evidencia existente, parece indicar que el mecanismo que desencadena el efecto hembra es el mismo, (*Chemineau et al., 1993*).

2.3.2 AISLAMIENTO PREVIO DE LOS SEXOS

Las hembras en contacto continuo con el macho exhiben un patrón reproductivo estacional similar al observado en los animales completamente aislados de los machos y su pubertad no se acelera (*Martin et al., 1986*).

La estimulación de las hembras anestrícas mediante el efecto macho debe representar un estímulo novedoso. El requisito de aislamiento previo es indispensable en las dos especies para que se presente el efecto macho, en él se debe considerar tanto su duración como su calidad. La calidad del aislamiento se refiere al hecho de que no deberá de existir ningún grado de contacto entre las hembras y los machos, la hembra no será capaz de percibir al semental por ninguno de sus sentidos, eliminando las posibilidades de comunicación química (olfativa), visual, auditiva y táctil (*Martin GB et al., 1986*).

2.3.3 LA RESPUESTA

En todos los estados reproductivos, incluyendo las condiciones de anestro, la secreción de LH se caracteriza por su naturaleza pulsátil y es controlada por pulsos de secreción de GnRH desde el hipotálamo (*Chemineau y Delgadillo, 1990*).

En las hembras que no se encuentran ciclando, dichos pulsos se liberan con una frecuencia baja, controlados mediante un mecanismo de retroalimentación negativa por niveles mínimos de estradiol (*Martin, et al., 1984*).

En ambas especies, la introducción del macho induce un incremento rápido y dramático de la frecuencia y amplitud de los pulsos de la LH plasmática. Este incremento en la actividad folicular, provocándose un pico preovulatorio de LH que induce a la ovulación (*Martin GB et al., 1986*).

2.3.4 EMISIÓN DEL ESTIMULO

Como consecuencia de que los machos castrados pierden la capacidad de provocar el efecto, parece que su habilidad para estimular la actividad sexual en las hembras depende principalmente de andrógenos (*Fulkerson et al., 1981*).

Se sabe que la lana y el vellón del macho, al igual que sus extractos, inducen respuestas características del efecto y que la producción de las glándulas sebáceas de la piel se estimula en presencia de esteroides (*Iwata et al., 2000*).

El papel de los andrógenos en el grado de estimulación dado por los machos ha quedado probado al demostrarse que las secreciones de los sementales con mayores de niveles de testosterona desencadenan una respuesta mayor en las hembras esteroides (*Iwata et al., 2000*).

Aunque las sustancias involucradas en el efecto macho no han sido identificadas, algunos ácidos grasos se han mencionado como responsables de la estimulación feromonal esteroides (*Hillbrick et al., 1996*).

2.3.5 RECEPCIÓN DEL ESTIMULO

Los medios que utilizan las hembras para detectar a los machos son variados y muy complejos. Durante algún tiempo se pensó que el efecto macho respondía a estímulos feromonales casi de manera exclusiva Sin embargo, en la actualidad se ha probado la participación de otros sentidos en forma igualmente importante. Al momento, los esfuerzos por identificar las vías de estimulación en el efecto macho se han centrado en la comunicación feromonal, revisando la importancia de los sistemas olfatorios. La información feromonal puede ejercer su efecto mediante dos vías olfativas claramente distintas entre si (*Poindron et al., 1980*).

a) el sistema olfatorio principal (SOP), que recibe los estímulos sensoriales desde la mucosa olfatoria y se conecta con el resto de sistema nervioso central a través del bulbo olfatorio principal, b) el sistema olfatorio accesorio (SOA), que recibe los estímulos del órgano vomeronasal (órgano de Jacobson) y conecta a otros centros del cerebro mediante el bulbo olfatorio accesorio (*Poindron et al. 1980*).

En ambos sistemas existen vías desde los bulbos olfatorios hasta centros del hipotálamo que controlan eventos relacionados con la reproducción, particularmente los que regulan la secreción de LH por lo que es de esperarse que las feromonas ejerzan su efecto mediante dichas conexiones (*Poindron et al., 1980*).

2.3.6 FACTORES QUE MODIFICAN LA RESPUESTA

El intervalo entre la introducción de los machos y la primera ovulación, la expresión de signos estrales durante dicha ovulación y frecuencia de ciclos cortos después de la inducción de ovulación constituyen valores sujetos a variación, lo que indica que el efecto macho no representa un fenómeno de “sí o no” y que las características de la respuesta están determinadas por la interacción de gran cantidad de factores. Los factores pueden clasificarse en dos categorías: El complejo intensidad-duración del estímulo y la profundidad del anestro de las hembras (*Chemineau et al 1993*).

2.3.6.1 Intensidad y duración del estímulo

La intensidad del estímulo dado por el macho modifica la proporción de hembras que responde con ovulación. Se considera que el estímulo adquiere mayor intensidad cuando permite un grado de contacto más alto entre hembras y machos, lo que logra su máximo cuando existe contacto físico total.

Otro factor que puede alterar la intensidad del estímulo es la proporción de machos en la población de las hembras. El incremento en el número de machos aumenta la tasa de ovulación al favorecer la mayor cantidad de interacciones directas que una hembra puede experimentar con los sementales, (*Chemineau, 1987*).

2.3.7 PROFUNDIDAD DEL ANESTRO

La eficiencia del efecto macho está relacionada, también, con la profundidad del anestro en las hembras de modo que cuando la introducción de los machos se realiza durante la época de anestro profundo, la primera ovulación se retrasa al compararla con la que se obtiene mediante la introducción de machos con hembras en anestro superficial. De igual forma, la profundidad del anestro modifica también la frecuencia de aparición de estros conductuales asociados a la primera ovulación, así como la presentación de ciclos cortos, de manera que mientras más profundo el anestro menor será la presentación de conducta estral y mayor la proporción de ciclos cortos. En ovejas, la respuesta al efecto macho depende de periodo transcurrido desde el parto, y de la proporción de hembras ciclando espontáneamente en el rebaño. Así que no se han notificado casos de falla total del efecto macho, cuando el anestro es demasiado profundo no se alcanza su eficiencia máxima (*Martin, et al., 1984*).

Si bien es cierto que la profundidad del anestro puede explicar en parte la baja respuesta ovulatoria al efecto macho, tal situación no puede atribuirse exclusivamente a la capacidad de respuesta reducida de las hembras. De hecho, la condición reproductiva de los machos podría tener mayor importancia al momento de explicar la respuesta reducida en la estación de anestro. Encontraron que la falta de respuesta en el anestro es consecuencia de la inactividad sexual de los sementales y no de la incapacidad de las hembras para responder al estímulo. Ello implica que el contar con machos sexualmente activos permitirá provocar el fenómeno en cualquier momento del año (*Iwata et al., 2000*).

2.3.8 EFECTO HEMBRA

Al igual que las hembras son estimuladas en el efecto macho, los machos cabríos también pueden ser estimulados por la presencia de las hembras en estro para que a su vez estimulen a otras hembras en anestro. Este proceso se le denomina “efecto hembra indirecto” (*Alvarez y Zarco., 2001*). *Schanbacher et al.,(1987)* demostraron que en ovinos la estimulación de los machos por hembras inducidas artificialmente al estro es más eficiente durante el periodo de reposo sexual en machos. Estos responden con un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH y un incremento de los niveles de LH plasmáticos acompañado también de un aumento de los niveles de testosterona. Estos autores también observaron en los machos estimulados que se manifiestan conductas como aproximaciones, olfateos ano-genitales, pataleos, montas y monta con eyaculación cuando fueron puestas en contacto con las hembras en celo (*Iwata et al., 2000*).

2.3.9 EFECTO MACHO

La introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, de las que estuvo separado por lo menos durante tres semanas, puede inducir la actividad reproductiva unos días después de ponerlos en contacto. Este fenómeno llamado efecto macho, ha sido ampliamente estudiado en cabras y ovejas (*Martin GB et al 1986*).

El contacto con el macho induce a un rápido incremento en la secreción de LH, que culmina con un pico preovulatorio de esta hormona, provocando la ovulación (*Poindron et al., 1980*).

En las cabras criollas de la isla de Guadalupe en el caribe, se informó que la ovulación inducida por el efecto macho está asociada con 60% de estros y es seguida en 75% de un ciclo ovulatorio de corta duración que en promedio, dura de cinco a siete días. Después de este ciclo corto se produce otra ovulación que se acompaña en 90% de un estro y una fase lútea de duración normal (*Chemineau 1987*). Sin embargo hay que considerar que en otras razas o condiciones experimentales estos porcentajes pueden modificarse (*Martin GB et al 1986*).

En las razas ovinas y caprinas que no son estacionales, los machos pueden inducir la actividad sexual en cualquier época de año.

En cambio, en las razas muy estacionales el efecto macho se utiliza preferentemente un mes antes del inicio del periodo natural de actividad sexual. O un mes después del final de este periodo (*Martin GB et al 1986*).

En otros meses la respuesta de las cabras al efecto macho es muy baja o ausente. Se considera que esto puede deberse a una incapacidad de las hembras para responder

al efecto macho. Sin embargo, la falta de respuesta también puede deberse a una débil estimulación de las hembras por parte del macho. Cuando las hembras están en anestro, los machos ovinos y caprinos se encuentran en reposo sexual .

Estas dos especies, el contacto físico y el mejoramiento del comportamiento sexual de los machos incrementan la respuesta de las hembras al efecto macho, (*Delgadillo y col 2002*).

2.4 TRATAMIENTOS PARA CONTRARRESTAR LA ESTACIONALIDAD

2.4.1 TRATAMIENTOS CON FOTOPERIODO

Los tratamientos fotoperiódicos están apoyados sobre principios simples: alternancia entre fotoperiodos, iluminación de la fase fotosensible, utilización de melatonina para días cortos artificiales, asociación con un efecto macho, tratamiento de ambos sexos en zonas templadas. Varias combinaciones pueden ser utilizadas en machos (centros productores de semen o rebaños particulares) o en hembras, dependiendo de las razas y sistemas de producción.

En condiciones artificiales, cuando los machos son sometidos a cambios rápidos de la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos estimulan. Sin embargo, no existe un tratamiento fotoperiódico que asegure efectos permanentes. Por ejemplo, en los machos ovinos de las razas merino y Suffolk, mantenidos durante dos años bajo un fotoperiodo equinoccial (12h de luz/ día), la circunferencia testicular presentó variaciones similares a las observadas en los animales testigos sujetos a fotoperiodo natural, (*Chemineau et al., 1992*).

Por ello, para manipular la actividad sexual de los animales a través de los tratamientos fotoperiódicos, es necesaria la alternancia de los días largos y días cortos, (*Chemineau et al., 1992*).

En los machos cabrios de las razas alpina y saanen, la exposición dos meses de días largos a partir de diciembre o enero seguidos de la aplicación de melatonina, inducen una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo (*Chemineau et al., 1992*).

En los machos locales de la comarca lagunera, la utilización de 2.5 meses de días largos (16h de luz/ día) a partir del 1 de noviembre, seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina (18 mgc/u), permite inducir una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo. En los machos alojados en instalaciones abiertas o cámaras fotoperiódicas y tratados de esta manera, los niveles plasmáticos de testosterona, así como el comportamiento sexual determinado por las montas, intento de montas, aproximaciones y olfateos anogenitales, fueron superiores a los registrados en los machos testigo (*Flores et al., 2000*). Es importante señalar que la sola aplicación de 2.5 meses de días largos estimula la secreción de testosterona y la libido de manera similar a lo que ocurre en los machos tratados con días largos y melatonina, (*Delgadillo et al., 2000*).

2.4.2 TRATAMIENTOS CON TESTOSTERONA EN MACHOS CABRÍOS

En los machos cabríos, la pubertad o el inicio de la actividad sexual (completa separación del prepucio y el pene o la primera eyaculación) depende de la raza, la época de nacimiento y el régimen alimenticio. En buenas condiciones de alimentación, la edad a la pubertad fluctúa entre 4 y 8 meses en las razas Alpina, Angora, Nubia, y en los machos Criollos del subtrópico mexicano. En cambio, en los machos de la raza Damascus, la pubertad inicia a los 17 meses de edad. En algunas razas, la estación del año puede modificar la edad de la primera eyaculación. En los machos Criollos de la Isla de Guadalupe en el Caribe, la primera eyaculación se observa en promedio a los 4.7 y 7.5 meses de edad para los animales nacidos en abril y agosto, respectivamente.

Los machos cabrios tratados con testosterona inducen eficientemente a cabras de anestro. Por ejemplo, (*Colwell et al., 1991*), reportaron que mediante el tratamiento con testosterona a machos cabrios castrados se indujo a la actividad estral el 74% de las cabras en los primeros 13 días, después de la introducción de los machos, mientras que el grupo testigo fue expuesto a machos cabrios castrados no tratados fue solamente del 17%.

Luna-Orozco et al., (2012), demostraron la efectividad del uso de la testosterona en machos cabrios mediante un estudio donde de un total de 91 cabras multíparas de raza mixta en anestro fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres grupos de machos en tratamiento, el grupo 1 se unió con los machos cabrios sometidos a 2.5 meses de días largos (16 h luz/ día, n=31), el grupo 2 se unió con machos tratados con testosterona (n=30) y el grupo 3 se unió con machos no tratados (control n=30). Los resultados indican que no hubo diferencias en el grupo de machos tratados con luz (100%), en el

grupo de los machos tratados con testosterona (93%) de machos indujeron estro en las cabras anavulatorias, mientras que ninguna de las cabras en contacto con machos del grupo de control presentaron estro, (*Luna-Orozco, et al., 2012*).

Los machos tratados con Testosterona mostraron un porcentaje mayor de comportamiento sexual. El elevado comportamiento mostrado por los machos tratados y en contacto previo con hembras en estro, pudo deberse a que estos animales probablemente tuvieron niveles sanguíneos elevados de testosterona. Por ejemplo, se ha reportado que los machos Cashmere de Australia después del contacto con hembras en estro, se incrementan sus niveles de testosterona. En efecto, se sabe que la testosterona es la responsable del comportamiento sexual (*Delgadillo, 2005*), la cual disminuye durante la del periodo de reposo sexual, por lo que los machos testigos presentaron un bajo comportamiento sexual (*Delgadillo et al., 2010*).

2.4.3 TRATAMIENTOS CON HEMBRAS ESTROGENIZADAS EN MACHOS CABRÍOS

Al igual que las hembras son estimuladas en el efecto macho, los machos cabríos también pueden ser estimulados por la presencia de hembras en estro para que a su vez estimulen a otras hembras en anestro. Este proceso se le denomina “efecto hembra indirecto”. Schanbacher et al. (1987) demostraron que en ovinos la estimulación de los machos por hembras inducidas artificialmente al estro es más eficiente durante el periodo de reposo sexual de los machos. Estos responden con un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH y un incremento de los niveles de LH plasmáticos acompañado también de un aumento de los niveles de testosterona. Estos autores también observaron en los machos estimulados que se manifestaron las conductas como aproximaciones, olfateos ano-genitales, pataleos, montas y montas

con eyaculación cuando fueron puestas en contacto con las hembras en celo. Sin embargo, no se conoce la respuesta en cabras en pastoreo. Al igual que en el efecto macho, los estímulos olfativos (feromonas) podrían estar involucrados en la estimulación sexual dado por las hembras en estro a otras hembras. Esta actividad inducida es mas alta mientras más cercas se encuentren las hembras al corral de las hembras en estro inducido (figura 5).

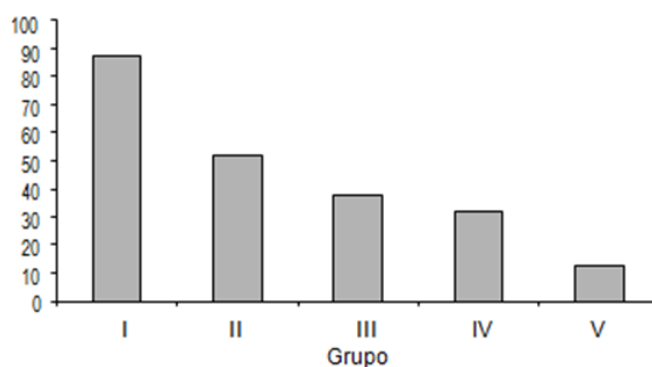


Figura 5. Porcentaje de ovejas con ovulación en experimentos con el efecto hembra. Al grupo I se le indujo al estro mediante el uso de un progestágeno intravaginal y permaneció en el mismo corral que las hembras del grupo II. Los grupos III, IV y V se ubicaron en corrales adyacentes progresivamente alejados de los grupos I y II. Resultados como éstos sugieren la posibilidad de que el fenómeno esté mediado por estimulación de tipo feromona, entre otras.

III. HIPÓTESIS

Los machos estimulados con hembras estrogenizadas rotadas son más efectivos que los machos que estuvieron en contacto con las hembras sin rotar, esto para inducir una respuesta reproductiva de hembras anovulatorias en la Comarca Lagunera (26° N).

IV. OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de machos estimulados con hembras estrogenizadas rotadas o sin rotar para inducir una respuesta reproductiva en hembras Criollas anovulatorias.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en un hato lechero bajo condiciones extensivas en el norte de México (25°81' LN y -103°24' LO), del 15 de marzo del 2015 al 25 de Abril 2015, en el municipio de Francisco I. Madero este forma parte de la comarca lagunera de Coahuila y a una altura que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. Se utilizaron caprinos de genotipo indefinido (mezcla de diversas razas lecheras multirraciales), además serán expuestos a las variaciones naturales del fotoperiodo de la región antes y durante el estudio, los cuales son de 13:41 horas durante el solsticio de verano y 10:19 horas durante el solsticio de invierno.

5.2 ANIMALES EXPERIMENTALES

5.2.1 MACHOS

Los machos cabrios (n=6 estuvieron estabulados antes y durante el estudio, sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo, bajo un sistema de explotación extensivo desde su nacimiento. La condición corporal se evaluó mediante palpación dorsal (escala de 1-5). El olor se midió utilizando una escala de 0-3 y la circunferencia escrotal colocando cinta métrica flexible en la parte más ancha de ambos testículos, todas estas variables fueron evaluadas por una persona capacitada. Se separaron en 3 grupos homogéneos (n=2 c/u) en cuanto a peso, condición corporal (CC), circunferencia escrotal (CE) y olor, y fueron determinados aleatoriamente a los tratamientos experimentales: 1) Machos estimulados con hembras estrogenizadas "Rotadas" (GRO), 2) Machos estimulados con hembras estrogenizadas "Sin Rotar" (GSRO), 3) Machos

estimulados con hembras con sol. Salina (CON). Las 2 hembras inducidas al celo fue mediante la aplicación de 2 mg de cipionato de estradiol cada 3-d; y las hembras sometidas a los machos control se les aplico 1 ml de solución salina cada 3-d. Todas estas aplicaciones fueron durante todo el periodo de tratamiento de los machos. La figura 1 muestra el tratamiento de los machos.

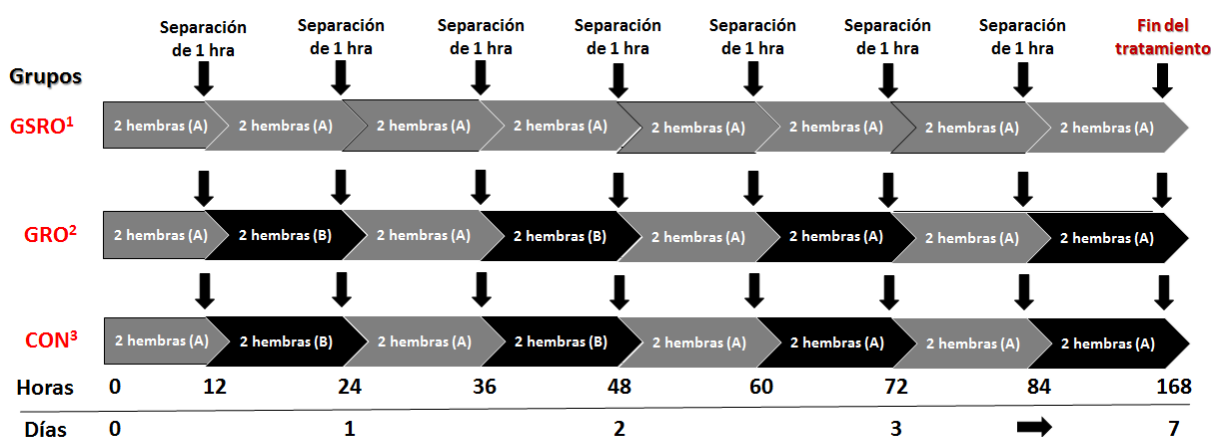


Figura 9. Tratamiento de machos cabríos, los machos del ¹GSRO permanecieron con las mismas hembras estrogenizadas durante todo el tratamiento pero cada 12 horas se separaban por una hora y se volvían a introducir las mismas hembras. Mientras que los machos del ²GRO cada 12 horas se separaban durante una hora las hembras y se volvían a introducir 2 hembras diferentes. Por último, los machos del ³CON cada 12 horas de separaban durante una hora las hembras y se volvían a introducir 2 hembras.

5.2.2 HEMBRAS

5.2.3 FORMACIÓN DE GRUPOS EXPERIMENTALES

Se utilizaron 72 hembras adultas locales, las cuales fueron divididas en 3 grupos homogéneos en cuanto a peso y condición corporal. Grupo Rotado=GRO, (n=24); grupo sin rotar=GSRO, (n=24) y grupo control=CON, (n=24). Todas las hembras fueron tratadas con 20 mg de progesterona vía intramuscular (progestelas E, Qro, Mex.), como dosis única a las -24 h a la inducción de los machos, esto se realizara con la finalidad de que las hembras sean más receptivas y manifiesten el comportamiento estral a corto plazo (Véliz *et al.*, 2005).

5.2.4 MANEJO Y ALIMENTACIÓN

Todos los animales (tanto hembras como machos) fueron alimentados a base de heno de alfalfa (17% PC, 1.95 Mcal de EM) a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14% de PC, 1.7 Mcal de EM) por día y por animal durante todo el período experimental. Las sales minerales fueron suministradas en un bloque de 25 kg y el agua fue proporcionada a libre acceso.

5.2.5 INTRODUCCIÓN DE LOS MACHOS CON LAS HEMBRAS (EMPADRE)

El día 23 marzo (día 0), un grupo de 24 hembras anovulatorias (CON) fueron expuestas a 2 machos control, un segundo grupo de hembras (GRO) fueron expuestas a otros 2 machos estimulados con hembras estrogenizadas rotadas, y el tercer grupo de 24 hembras (GSRO) fueron expuestas a otros 2 machos estimulados con hembras estrogenizadas sin rotar. La figura 6 muestra el diseño experimental del estudio.

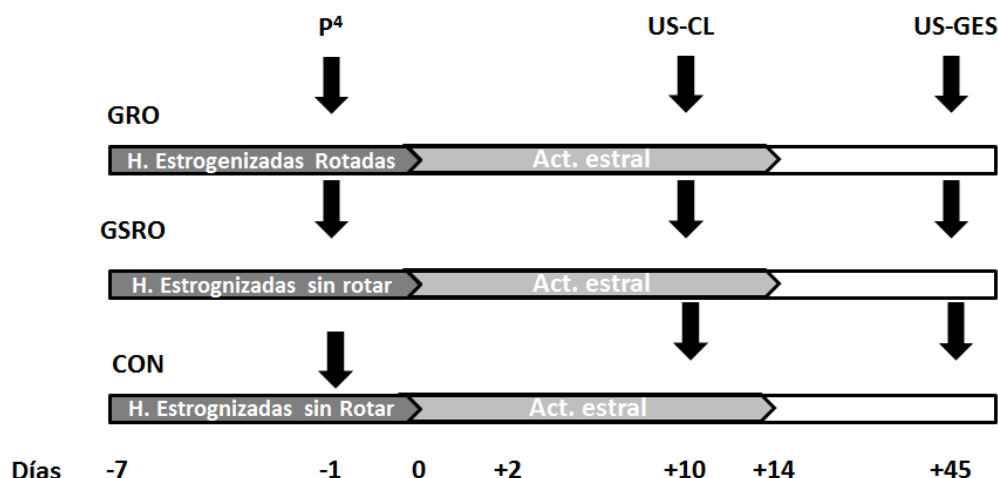


Figura 6. Diseño experimental del tratamiento de machos cabríos y la actividad estral de las hembras en cabras de razas mixtas, donde P4= una sola inyección intramuscular de 25 mg de progesterona. GRO= Machos estimulados con hembras estrogenizadas “Rotadas”. GSRO= Machos estimulados con hembras estrogenizadas “Sin Rotar”. CON= Machos estimulados con hembras con sol. Salina. Act. Estral= Actividad estral. US-CL= se realizó ultrasonido para determinar la presencia de cuerpos luteos al día 7 después del pico de estros. US-GES= se evaluó la gestación a los 45 días después de la introducción de los machos.

5.3 VARIABLES DETERMINADAS

5.3.1 HEMBRAS

5.3.1.1 ACTIVIDAD ESTRAL

Se registró la actividad estral durante el periodo de estudio, donde se tomaran los registros de las hembras que muestren estro. Las hembras que permanecían inmóviles a la monta del macho se consideraron en estro (Chemineau et al., 1992). Se detectaron dos veces al día mediante la observación visual de personal capacitado (08:00 y 18:00 hrs).

5.3.1.2 LATENCIA AL ESTRO

En base a los registros de actividad estral de las hembras se tomó el primer estro de cada hembra y se midió en horas. Posteriormente se promedió el resultado de todas las hembras para sacar un promedio general para cada grupo.

5.3.1.3 DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN.

La determinación de hembras gestantes se determinó a los 45 días después de la introducción de los machos. Lo cual se realizó mediante un ultrasonido (HS-2000, Honda Electronics CO, LTD.) por vía transrectal 7.0 MHz.

5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

La proporción de gestación, celo, porcentaje de ovulaciones se comparó mediante una prueba de Chi-cuadrada. La latencia al estro se comparó mediante una prueba de t-student. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000).

VI. RESULTADOS

6.1 RESPUESTA DE LAS HEMBRAS EXPUESTAS A MACHOS TRATADOS.

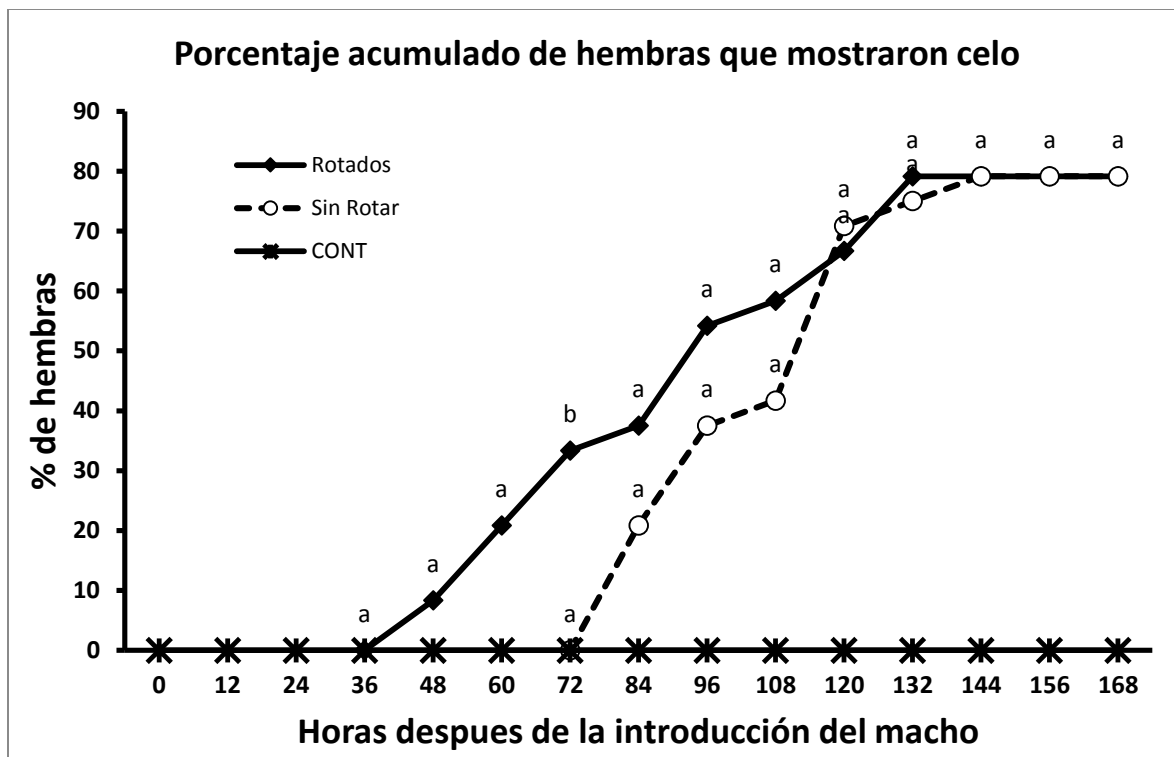
La tabla 1 muestra los datos reproductivos de las cabras anovulatorias expuestas a macho cabríos estimulados con hembras estrogenizadas durante el mes de marzo. En el Intervalo del inicio del estro no existió diferencia ($p>0.05$) entre los grupos GRO y GSRO (89 ± 5.85 y 106.74 ± 5.40 , respectivamente; $p<0.05$). La diferencia entre estos grupos se puede apreciar a partir de las 72 horas (Figura 3).

Tabla 1. Respuesta reproductiva de las hembras expuestas a los machos tratados GRO, GSRO Y CON, durante los primeros 14 días después de la introducción de los machos.

	Actividad estral (%)	Latencia al estro	% Ovulaciones	% Gestación
GRO	80% (19/24) ^a	89 ± 5.85^a	63% (15/24) ^a	58% (14/24) ^a
GSRO	80% (19/24) ^a	106.74 ± 5.40^a	50% (12/24) ^a	58% (14/24) ^a
CON	0% (0/24) ^b	-	0% (0/24) ^b	0% (0/24) ^b

^{a, b} = literales diferentes en misma columna difieren estadísticamente ($p<0.05$).

El porcentaje acumulado de hembras que mostraron actividad estral durante las primeras 168 horas de empadre (10 días; Grafica 1).



Grafica 1. Porcentaje acumulado de hembras que mostraron celo después de la introducción del macho durante las primeras 168 horas.

El grupo de hembras anovulatorias que mostraron mayor actividad estral fueron las sometidas a los machos GRO, cerca de un 70%, seguidas del grupo GSRO con un 58% mientras que las sometidas a los machos del grupo control no mostraron ninguna respuesta.

6.2 LATENCIA AL ESTRO.

La latencia al estro, se muestra en la tabla 1, no existió diferencia estadística significativa entre los grupos estimulados con machos (GRO, GSRO); $P < 0.05$. Sin embargo si existió diferencia significativa comparándolas contra el grupo control.

6.3 GESTACIONES

El porcentaje de gestaciones se muestra en la tabla 1. No existió diferencia estadística significativa entre los grupos estimulados con machos (GRO, GSRO); $P < 0.05$. Sin embargo si existió diferencia significativa comparándolas contra el grupo control.

VII. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio sugieren un efecto positivo sobre la respuesta reproductiva de las hembras anovulatorias sometidas a machos estimulados con hembras estrogenizadas, este incremento fue probablemente debido a un aumento en los niveles de LH lo cual está relacionado con los niveles de testosterona (Walkend-Brown et al., 1994), y una mejor conducta de los machos los cuales generaron una respuesta estral en las hembras anovulatorias (80%) sometidas a machos tratados con hembras estrogenizadas. Se ha sugerido que el efecto hembra actúa a través de los machos y por lo tanto, el papel de las hembras estrogenizadas sería estimular a los machos para que a su vez, sean eficaces en estimular las hembras anestrícas (Nugent y Notter, 1990). Esta posible respuesta puede ser asociada a un efecto feromonal lo cual está descrito por Carrillo et al. (2014), quienes sugieren un efecto positivo feromonal ejercido por las hembras estrogenizadas llamado efecto hembra, demostrando influencia positiva a los resultados reproductivos y de conducta de los machos cabríos. Este efecto positivo puede ser ejercido por una estimulación feromonal a través de dos vías olfatorias previamente demostrada en ovejas: (1) sistema olfatorio primario que recoge estimulación sensorial a través de la mucosa olfatoria conectada al sistema nervioso central por medio de bulbo olfatorio y (2) sistema olfatorio accesorio el cual recibe información del órgano bumero nasal el cual está en contacto con otros centros del cerebro. Ambos sistemas están conectados al hipotálamo donde los centros neurales controlan la secreción de LH a través de las neuronas de GnRH. cerebro a través del bulbo olfatorio accesorio.

VIII. CONCLUSION

Estos datos sugieren que los machos estimulados con hembras estrogenizadas independientemente si se roten o no las hembras son igualmente efectivos en inducir una respuesta reproductiva en hembras anovulatorias.

IX. LITERATURA CITADA

Alvares L, Zarco L.A. 2001. Los fenómenos de la bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Mex*, 117-129

Bitman, Pelletier J, Bodin L, Hanocq E, Malpoux B, Teyssier J, Thimonier J, Chemineau P 1995. Association Between Expression of Reproductive Seasonality and Alleles of the Gene for Mel1a Receptor in the Ewe. *Biol Reprod* 62:1096-1101

Carrillo, E., Meza-Herrera, C.A., Olan-Sanchez, A., Robles-Trillo, P.A., Leyva, C., Luna-Orozco, J.R., Rodriguez- Martinez, R., Veliz-Deras, F.G. 2014. The “female effect” positively affects the appetitive and consummatory sexual behaviour and testosterone concentrations of alpine male goats under subtropical conditions. *Czech J. Anim. Sci.*,337-343

Chemineau P, Daveua A, Maurice F, Delgadillo J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation I not modified by subjecting female alpine goats to a tropical photoperiod. *Small. Rumin. Res.* 8:299-312.

Chemineau y delgadillo 1999. Evidence for an anual reproductive independen of food availability in male creole goads in subtropical mexico. *Teriogenology* 727-737

Chemineau et al Palletier, Guerin, Colas g, Revault, Toure G, Almeida G, Timonier J. *Portee des ovins et caprins INRA Prod. Anim.*, 3(1), 31-37. 1993

Colwell C. S, Max M, Hudson D, and Menaker M. 1991. Excitatory Amino Acid Receptors May Mediate The effects of Light on the Reproductive System of the Golden Hamster. *Biology of Reproduction* 44, 604-608.

Córdoba, Albuja, Fernández. Endocrinología de ganado caprino. 2002
<https://www.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimal/Trabajos/TG3.pdf>

Córdoba A., Nava J.R., Pérez J.F. 2002. Importancia de las feromonas en la reproducción animal Med Vet, 99-107.

Duarte G., Nava-Hernández M.P., Malpoux B., Delgadillo J.A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. Anim Reprod Sci, 65-70.

Delgadillo JB, Duarte, malpoux, 2000, el fotoperiodo modifica la actividad sexual de los machos cabrios criollos del subtropico mexicano. Memoria del XL111 congreso nacional de ciencias fisiológicas y XX congreso latinoamericano de ciencias fisiológicas. 2000 septiembre 3-7, Cancun Quintana Roo Mexico. Mexico DF. Sociedad mexicana de Ciencias Fisiologicas, A.C. 2000: C191

Delgadillo, Chemineau y Baril. Control hormonal de la reproducción en el caprino. 2002. INRA Physiologie de la reproduction 37380 Nouzilliy, France. Universidad autonoma agrarian Antonio narrow, apartado postal 940, Torreon Coahuila, Mexico

Frye, C. & Edinger, K. (2002). Testosterone's metabolism in the hippocampus may mediate its anti-anxiety effects in male rats. Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 78, 473-481.

Enemineco y Delgadillo, Evidence for annual reproductive independen of food avaiability in male goats in subtropical mexico. Teriogenology. 1990;52:727-737

Flores JA, Veliz FG, Perez-Villanueva JA, Martinez de la Escalera G, Chemineau P, Poindron P, et al. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol Reprod* 2000;62:1409-1414.

Fulkerson, Ricordeau G 1998 Selection for reduced seasonality and post-partum anoestrus. In : 2nd WCGALP. Madrid, Spain, 5, 338-347

Gibbons A, Willems P, Gonsales R, Cueto M, Garcia Vinent, 2000. Actividad sexual de la cabra de raza angora por efecto macho temporario o permanente. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 14:209-214

Hilibrick, Tricoire H, Locatelli A, Chemineau P, Malpoux B 1996 Melatonin enters the cerebrospinal fluid through the pineal recess. *Endocrinol* 143:84-90

Iwata, McEwen, B.S. (2000). Permanence of brain sex differences and structural plasticity of the adult brain. *Proceedings of National Academy of Sciences USA*, 96, 7128-7130.

J. Coido, O'Connor, D., Archer, J., Hair, W., Wu, F. (2011). Exogenous testosterone, aggression, and mood in eugonadal and hypogonadal men. *Physiology & Behavior*, 75, 557-566.

Krzymowski T, Grzegorzewski W, Stefanczyk-Krzymowska S, Skipor J, Wasowska B. Humoral pathway for transfer of the boar pheromone, androstenol, from the nasal mucosa to the brain and hypophysis of gilts. *The rriogenology* 1999; 52:1225-1240.

Luna-Orozoco JR, Guillen-Muñoz JM, De Santiago-Miramontes MA, Garcia JE, Rodriguez-Martinez R, Meza-Herrera CA, Mellado M, Veliz FC. 2012

Martin GB, Rodger J, Blache D. nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Repro. Fertile Dev.* 1984 , 491-501

Martin GB Fernández-Guasti, A. & Martínez-Mota, L. (1986). Orchidectomy sensitizes male rats to the action of diazepam on burying behavior latency: Role of testosterone. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 75, 473-479.

Nowak, R. et al., 2008, "Behaviour and the Welfare of the Sheep", en Dwyer, C. M., *The Welfare of sheep* Edit Springer, pp. 81-134.

Palacio Reiriz Julia, sistema endocrino, eje hipotálamo hipofisario 2014.

https://www.infermeravirtual.com/esp/actividades_de_la_vida_diaria/ficha/eje_hipotalamo_hipofisario/sistema_endocrino

Poindron P, Cognie Y, Gayerie F, Orgeur P, Oldham CM, Revault JP. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav* 1980; 25:227-237.

Thiery, CHEMINEAU P, MAURICE F, DAVEAU A 2001 Re-initiation of ovulatory activity by melatonin given as a constant-release implant in long-day treated Ile-de-France ewes, depends on endogenous secretion of melatonin. In *Melatonin and the pineal gland- From basic science to clinical application*, Ed Touitou Y, Arendt J and Pévet P, Publ Elsevier Science BV 247-250

Smith M.J and Jennes L. 2001. Neural signals that regulate GnRH neurones directly during the oestros cycle. *Reproduction* (2001) 122, 1-10.

VIGUIE C, CARATY A, LOCATELLI A, MALPAUX B 1995 Regulation of LHRH secretion by melatonin in the ewe. I Simultaneous delayed increase in LHRH and LH pulsatile secretion. Biol Reprod 52:1114-1120