



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**COMPETICION ESPERMATICA
(REVISION BIBLIOGRAFICA Y PROPUESTA DE UN
MODELO DE ESTUDIO)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A N :
RUBEN MORENO CORDERO
ROCIO VILLAZANA LEMUZ**

ASESOR: M. en C. ARTURO ANGEL TREJO GONZALEZ

027/1866

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



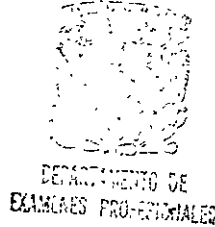
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES - CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AUTONOMA DE
 MEXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
 P R E S E N T E.



ATN.: Q. M. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
 JEFE DEL DEPARTAMENTO.

Con base al artículo 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a Usted que revisamos el TRABAJO de TESIS con el nombre de:

"Competición espermática (Revisión bibliográfica y propuesta de un modelo de estudio)".

que presenta el pasante: MORENO CORDERO RUBEN
 con número de cuenta : 8902820-1 para obtener el Título de :

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izc., México, a 3 de Noviembre de 1998

Presidente MVZ. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ

Vocal M.C. ARTURO ANGEL TREJO GONZALEZ

Secretario MVZ. YOLANDA PEREZ RUZ

1er. Sup. MVZ. MARTHA ELIZABETH PEREZ ARIAS

2do. Sup. MVZ. PATRICIA MORA MEDINA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN,
UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DE EXAMENES PROFESIONALES

ATN.: Q. M. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
JEFE DEL DEPARTAMENTO.

Con base al artículo 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a Usted que revisamos el TRABAJO de tesis con el nombre de:

"Competición espermiática (Revisión bibliográfica y propuesta de un modelo de estudio".

que presenta la pasante: VILLAZANA LEMUZ ROCIO
con número de cuenta : 8907362-7 para obtener el Título de :

MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izc., México, a 3 de Noviembre de 1998

Presidente MVZ. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ

Vocal M.C. ARTURO ANGEL TREJO GONZALEZ

Secretario MVZ. YOLANDA PEREZ RUZ

1er. Sup. MVZ. MARTHA ELIZABETH PEREZ ARIAS

2do. Sup. MVZ. PATRICIA MORA MEDINA

Agradezco sinceramente al Doctor Arturo Angel Trejo González, todo el tiempo dedicado, a su esposa la Doctora Yolanda Pérez Ruz, por sus acertados comentarios en este trabajo y a todos los que de alguna manera hicieron posible esta tesis.

“El mar que late y habla, con la voz del perdura resplandeciendo”.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

Por haberme apoyado para poder llegar a una meta que se veía muy lejana; gracias por enseñarme a darle valor a las cosas, de esta manera aprendí que para obtener algo se tiene que luchar hasta alcanzarlo. Les agradezco a ambos la herencia tan grande y maravillosa que me dieron, ésta es mi carrera profesional.

Me atrevo a decirles que valió la pena, todas las privaciones que pasamos y finalmente la misión ha sido cumplida.

Rocío.

A TI JULIO CESAR:

Gracias por que siempre has estado conmigo en las buenas y en las malas, por haber crecido junto a mí, tú al igual que yo sabes que todo ha valido la pena, ya que dentro de poco cosecharemos lo que sabemos, y sabemos que nada fue en vano.

Agradezco todas las críticas, las cuales me han hecho cambiar, pero lo mas importante es que siempre podré contar contigo.

A MI TIO:

Al más pequeño de la familia Villazana, por estar al tanto de lo que pasaba en nuestras vidas, agradezco los apoyos más que económicos, los morales que sirvieron para que siguiera adelante y llegar al final.

A LOS QUE YA NO ESTAN CONMIGO:

Donde quiera que estén, agradezco el que preguntaran sobre mis estudios y que su frase de aliento fuera: "...échale ganas, estas a un paso de lograrlo..." físicamente ya no están conmigo, pero sí en mis recuerdos.

A MIS AMIGOS:

Para todos aquellos que han estado conmigo en las buenas y e las malas; gracias por brindarme su amistad y confianza y por creer en mí.

A TI FERNANDO:

Por ser de los pocos MVZ que confían en las nuevas generaciones de profesionistas.

Rocío.

A TI:

Por lo que en su momento llegaste a ser en mi vida, agradezco al destino que te pusiera en mi camino, por todo lo bueno que me diste y por ser mi amigo. Gracias.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO:

Por permitirme formar parte de su comunidad, que es crítico, pensante y cambiante ante las nuevas situaciones que se presentan en el país.

Rocío.

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	4
JUSTIFICACION.....	25
OBJETIVOS.....	26
MATERIAL Y METODOS.....	27
RESULTADOS.....	31
DISCUSION.....	33
CONCLUSIONES.....	35
BIBLIOGRAFIA.....	37

RESUMEN

En el presente trabajo se hizo una revisión de los conocimientos actuales sobre la competencia espermática, como uno de los mecanismos de selección sexual que utilizan las especies para elegir el padre de sus crías y así comprender mejor los fenómenos reproductivos en los animales domésticos.

Se define la competición espermática como la competición de varios espermatozoides hacia la fertilización del óvulo de una sola hembra (selección intrasexual), algunas corrientes consideraron a las hembras como receptáculos y otras escuelas han determinado que estas tenían mas influencia de la esperada (selección intersexual).

El presente trabajo incluye una revisión bibliográfica sobre el tema, abarcando varias especies incluyendo algunos insectos, anélidos, reptiles, peces y un poco de mamíferos, también se describe un proyecto piloto de un montaje de técnicas para estudiar la competición espermática en los animales domésticos en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, el cual consistió en 24 cabras criollas divididas en cuatro grupos determinados al azar e inseminados con semen de dos machos de raza nubio y alpino. Las inseminaciones se hicieron intracervical e intrauterina con semen congelado en concentraciones de 100 y 50 millones de espermatozoides respectivamente en un orden alpino nubio, nubio alpino, para el grupo uno y dos con inseminación intracervical y el mismo orden para el grupo tres y cuatro, con inseminación intrauterina.

Los resultados obtenidos en el estudio arrojaron una gran cantidad de factores que influyen en la competición espermática y que son de esencial importancia para futuros proyectos en relación con este tema y que son mencionados en el presente trabajo.

INTRODUCCION

El hombre en su interés por mejorar la reproducción animal se ha ido especializando en las áreas que la conforman. Al comprender su funcionamiento y los factores ambientales le permite optimizar o modificar los recursos con que cuenta, con el objeto de que representen un beneficio para él.

La selección genética ha sido una herramienta utilizada por el hombre para obtener los mejores beneficios de los animales domésticos; por medio de las características fenotípicas y genotípicas, ha logrado "mejorar" o modificar a estos animales. En la actualidad, en países desarrollados se habla de clonación, como una forma de seleccionar todas las características del "progenitor" sin tener aparentemente un avance genético que pudiera beneficiar a las especies. ¿Qué beneficios se obtienen al limitar la selección natural y el desarrollo de las especies?, es hoy una pregunta que nos deberíamos de hacer. Han quedado atrás los días en que Darwin publicó su libro sobre el origen de las especies (para ser exactos 1859), en donde se menciona que todos los seres vivos que conocemos, son producto de muchos años de evolución natural, que se dieron como una respuesta a los factores ambientales. Darwin decía: "...a la conservación de las diferencias y variaciones individualmente favorables y a la destrucción de las que son perjudiciales, la he llamado yo selección natural o supervivencia de los más adecuados"(Darwin, 1859). En el mismo trabajo Darwin menciona en un apartado sobre la selección sexual como una manera de coevolución de las especies y no se atreve a profundizar en el tema. En otros trabajos que realizó habla de una manera más detallada de cómo las hembras eligen a los machos para sus crías y sienta las bases de los mecanismos de selección sexual.

La selección sexual es el proceso que favorece cualquier característica individual dada en la reproducción sobre otras características. Los dos componentes de la selección sexual reconocida por Darwin son: Selección intrasexual: la cual usualmente, pero no siempre, incluyen la competición macho -macho y la selección intersexual la cual incluye la selección de la hembra (Birkhead, 1995; Anderson e Iwasa, 1996). Estos son dos grandes componentes de la selección sexual la cual además tiene otros mecanismos de selección como son: chillido, marcada rivalidad, competencia, apareamientos seleccionados, coacción, competencia espermática e infanticidio. (Anderson e Iwasa 1996). En la actualidad el estudio de la selección sexual ha tomado importancia desde el punto de vista evolutivo pues en esta se dota a los individuos de una especie de "inteligencia" para elegir quién es el mejor padre para sus hijos y con mejores posibilidades de sobrevivencia y que entra en el marco de evolución de las especies. Podríamos decir que la hembra sabe como, cuándo y por qué de la elección de su pareja sexual.

En el presente trabajo se hizo una revisión de los conocimientos actuales sobre la competencia espermática, que es uno de los mecanismos de selección sexual que utilizan las especies para elegir el padre de sus crías, y así comprender mejor los fenómenos reproductivos, en los animales domésticos y ¿por qué no? sí se puede, cambiar ciertos métodos por otros que se asemejen a lo más natural y a su vez incrementar el potencial genético de la especie.

Antes de entrar de lleno a lo que es la revisión bibliográfica, cabe señalar que las dificultades que el lector se pueda encontrar en este trabajo y que también nosotros nos encontramos, son que no se está familiarizado con la gran mayoría de las especies mencionadas, por lo que daremos el nombre científico, para objeto de estudios posteriores, el nombre común con el que los conocemos o en su defecto que tipo de animales son de una manera muy general (aves, mamíferos, reptiles e insectos).

REVISION BIBLIOGRAFICA

Parker citado por Anderson e Iwasa (1996) y Birkhead (1996), define por primera vez la competición espermática como la competición de varios espermatozoides hacia la fertilización del óvulo de una sola hembra. También se encontró que las hembras no tenían influencia en las crías y las tomaba como receptáculos pasivos. Recientemente se ha comprobado que la hembra tiene cierta influencia sobre que padre quiere para su descendencia, a esto se le llama elección misteriosa en la cuál la hembra elige los espermatozoides que le benefician y la elección no misteriosa se refiere a las hembras que eligen machos como su pareja, basada en los beneficios directos como son territorio, alimentación, construcción de nidos, entre otros (Birkhead, 1995; Anderson e Iwasa, 1996; Baker, 1997).

La Competición espermática se debe analizar dependiendo del sexo por ejemplo: en los machos por que la rivalidad constante entre ellos (selección intra sexual) también la llevan hasta los genitales femeninos y en las hembras por que a través de su comportamiento suelen decidir que macho y que espermatozoides utilizarán para procrear. De esta forma, son seleccionados los factores que se tomaran en cuenta para cada sexo.

En el reino animal existen especies que presentan fertilización interna, como casi todos los mamíferos y externa, que se presenta en su gran mayoría en los peces y anfibios (Birkhead, 1995).

MORFOLOGIA MASCULINA, COMPETICION ESPEMATICA Y TAMAÑO TESTICULAR

Short citado por Birkhead (1995), fue el primero en considerar la correlación morfológica y la competición espermática. El encontró que la relación de tamaño testicular en cuatro especies de monos grandes estaba positivamente asociada con la descendencia, esto se presenta en el chimpancé *Pan troglodytes*, donde existen apareamientos múltiples, en los cuales las hembras copulan regularmente con un gran número de machos en cada ciclo de apareamiento, y los machos presentan testículos relativamente grandes. En contraste en los gorilas *Gorilla gorilla* existe un solo macho para cría y el tamaño relativo testicular es mas pequeño (1 : 10) comparado con los chimpancés. En los orangutanes se ha observado que la hembra busca a varios machos para copular y cada macho tiene acceso a varias hembras, el tamaño testicular en esta especie no es muy grande pero sí de mayor tamaño que la de los gorilas (Austín y Short, 1980). En sociedades poligamas hay gran cantidad de competición espermática por lo tanto testículos grandes son un signo de buena producción y gran fertilidad. Subsecuentemente Moller y Briskie (1995) citado por Birkhead (1995), demostraron que el tamaño testicular tiene una correlación positiva con el grado de paternidad con otras parejas en aves. Hay dos posibles explicaciones para este patrón; que los testículos relativamente grandes pueden ser necesarios para especies que tienen una copulación frecuente con otras parejas y así evitar la reducción espermática, o como un camino que utilizan los machos para "contrarrestar" la copulación de sus propias

parejas con otro macho y así proteger su paternidad (Birkhead, 1995). Los testículos de los mamíferos pueden adaptarse a la demanda de producción de espermatozoides, esto se presenta en especies en las cuales la estacionalidad es un factor en la reproducción como por ejemplo en ovejas y cabras. Amman, citado por Austin y Short (1980), demostró que la cantidad de tejido testicular era relativamente constante en la producción de espermatozoides por especies de monos (cuadro 1).

En el salmón del atlántico (salmón salado), se analizó la masa testicular de los machos dominantes quienes tenían mayor masa testicular y los machos furtivos menor masa, encontrándose que los primeros producían mayor número de espermatozoides que los segundos en relación a su masa testicular pero los machos no dominantes tenían índices de espermatogénesis altos y por lo tanto mayor producción de espermatozoides por masa testicular (Gage, *et al.*, 1995).

Cuadro 1 Peso de los testículos y el contenido en espermatozoides del eyaculado en monos y hombres adultos.

Especie	Peso de los testículos	No de espermatozoides por eyaculado (x10 a la 6)
Gorila	28	51
Orangután	35	67
Chimpancé	119	603
Hombre	42	253

Austin y Short (1980)

La anatomía reproductiva de los machos en aves paseriformes (pájaros clásicos) y no paseriformes difieren en que las últimas poseen un almacenamiento de espermatozoides. Los bulbos seminales forman el principal componente de la protuberancia cloacal de los machos, la función de estos todavía es un misterio, pero puede permitir a los machos acumular espermatozoides a bajas temperaturas del cuerpo (Wolfson citado por Birkhead 1995). Las frecuentes copulaciones hacen disminuir la cantidad de espermatozoides y los bulbos pueden servir para un almacenamiento. Los órganos sexuales de las aves están considerados como relativamente simples y similares entre las especies, pero hay algunos aspectos que las diferencian. Las relaciones positivas entre morfología masculina y competición espermática pueden ser medidas con otros parámetros como son: porcentajes de producción de eyaculado y tamaño de espermatoforas y tiene relación con la intensidad de competición espermática (Birkhead, 1995).

El tamaño testicular tiene relación con la intensidad de la competición espermática en algunos peces, pero no de la misma forma en otras especies, esto es debido a las diferentes estrategias que adoptan los machos que tienen una cantidad diferente de tejido testicular y tamaño corporal. Existen testículos más grandes en machos furtivos que en los machos que no los son, esto es probablemente insignificante en los testículos del pez pipa y caballos de mar en el que son relativamente minúsculos (Birkhead, 1995). Presumiblemente la competición espermática en esos peces está ausente por que la fertilización ocurre en los

machos dentro de la bolsa de las crías. En las arañas, el tamaño testicular esta relacionado con la intensidad de la competición espermática. En 19 especies de peces Japoneses anurans la masa testicular promedio esta entre 0.2 % y 0.4% de la masa total del cuerpo. La especie *Rocaphorus* en la cual varios machos generalmente se mezclan con una hembra y por lo tanto la competición espermática está presente, la masa testicular comprende entre un 1 % y 5% de la masa del cuerpo y el incremento de tejido testicular puede depender de mecanismos de competición espermática, por ejemplo, muchas libélulas y damiselas tienden a presentar testículos pequeños, no porque la competición espermática este ausente, si no por que el macho no requiere transferir gran número de espermatozoides para tener éxito, por los mecanismos propios de competición espermática. En otras especies como la *Drosophila*, tienen testículos muy grandes (7% del total del cuerpo seco) por la gran producción de espermatozoides (Birkhead,1995)

GLANDULAS ACCESORIAS.

Existen muchos estudios acerca de la función de las glándulas accesorias en los animales domésticos, pero aún falta conocer la relación que existe entre la función de las glándulas en la competencia espermática. Se han hecho trabajos con la mosca *Drosophila melanogaster* en la cual se buscaba evidencia de que las glándulas accesorias inhibían a los espermatozoides o los desplazaban, pero todavía no se han obtenido resultados satisfactorios que indique que esto es posible (Gilchrist y Partridge, 1995). Aunque Baker (1997) menciona que en el hombre estos fluidos podrían servir como un tapón protector para evitar futuras inseminaciones.

En animales como la rata y el verraco se han extirpado las glándulas vesiculares y prostáticas, no afectando el porcentaje de fertilidad en cada una de estas especies, siendo indicativo de que su función sería la de dar volumen al eyaculado y posiblemente dar protección después de la monta (McDonald, 1989). En los nemátodos *Caenorhabditis elegans*, se comprobó que los fluidos seminales no influían en la fertilización (Lamunyon y Ward, 1995).

TAMAÑO Y FORMA DEL PENE EN LA COMPETICION ESPERMATICA.

Otro factor importante que se debe tomar en cuenta es el tamaño y forma del pene, que en algunas especies tiene que ver en la colocación del eyaculado dentro del tracto femenino, para lograr una mejor fecundación, sin embargo, en algunos grupos la variación morfológica del pene puede ser asociada, no solo con la colocación de los espermatozoides, si no también con el desplazamiento de ellos. La doble función del pene de las damiselas es conocida, en *Colopteryx maculata*, el pene es usado para vaciar y tirar fuera los espermatozoides de otros competidores, mientras en otras damiselas el pene es utilizado para empujar los espermatozoides hacia lo mas alto de la espermoteca de la hembra (Birkhead, 1995). En el insecto *Pholcus phalangioides* el pene tiene forma de gancho y presumiblemente existe remoción de espermatozoides anteriores (Uhl, 1995).

En las aves, por ejemplo, las dos especies de tejedores búfalo *Babalornis sp* poseen una estructura sólida parecida al pene, inmediatamente anterior a la cloaca, que es usada para dejar espermatozoides dentro del tracto de la hembra. Las dos especies de papagayo del género *Caracopsis sp.* normalmente tienen una protusión cloacal larga y eréctil durante la época de apareamiento; cuando se realiza la cópula, la cloaca masculina es insertada dentro de la hembra para formar un lazo íntimo copulatorio que dura alrededor de una hora (Birkhead, 1995).

En los animales domésticos se clasifican los penes: en fibroelásticos y vasculares, por ejemplo los rumiantes y los verracos tienen penes que se dilatan poco al momento de la erección y la protusión del pene se realiza sobre todo por estiramiento de la flexura sigmoidea, debido a la relajación del músculo retractor del pene. En los perros la erección abarca el glande del pene, esta dilatación y la contracción de los músculos vestibulares después de la penetración “traban” el pene del perro en la vagina de la perra con el fin de tener un eyaculado de buen volumen y asegurar la paternidad; el garañón no posee flexura sigmoidea pero tiene un pene muy vascular, el cual posee fibras elásticas y músculo liso (McDonald, 1989).

El pene del gato posee espinas cornificadas que sirven para estimular la respuesta ovulatoria en esta especie (ovulación inducida). Cada una de las especies anteriores tiene un lugar de depósito de semen por ejemplo: en el toro, carnero, perro y gato el sitio de depósito está en la vagina mientras que en el caballo y el verraco es en el útero. Gran parte del éxito en la reproducción se debe al sitio de colocación de los espermatozoides, errores en la colocación del eyaculado permiten que la hembra pueda expulsarlo o destruirlo (McDonald, 1989). En el cuadro 2 se dan las dimensiones, de las partes que integran el aparato reproductor de algunos animales domésticos.

Cuadro 2. Dimensiones y pesos de las vías del aparato reproductor masculino en animales de granja

ORGANO	TORO	CARNERO	VERRACO	GARAÑON
Testículos				
Longitud (cm)	13	10	13	9
Diámetro(cm)	7	6	7	9
Peso(g)	350	275	360	180
Epídidimo				
Longitud del conducto (cm)	40	50	18	75
Peso (g)	36	-	35	40
Conducto deferente				
Longitud (cm)	102	14	-	70
Ampula				
Longitud (cm)	15	7	*	25
Diámetro (cm)	1.2	0.6		
Glándula vesicular				
Longitud (cm)	13	4	13	15
Anchura (cm)	3	2	7	5
Grosor (cm)	2	1.5	4	5
Peso (g)	75	5	210	-
Próstata				
Cuerpo (cm)**	3x1x1	***	3x3x1	2x3x0.5
Parte diseminada (cm)	12x1.5x1		17x1x1	7x4x1
Glándula bulbouretral				
Longitud (cm)	3	1.5	16	5
Anchura (cm)	1	1	4	2.5
Grosor (cm)	1.5	1	4	1.5
Peso (g)	6	3	85	-
Pene				
Longitud total (cm)	102	40	55	50
Longitud parte libre (cm)	9.5	4	18	20
Prepucio longitud (cm)	30	11	23	3

*Lóbulos diseminados de tejido glandular en la terminación del conducto.

Largo por ancho por alto. *Lóbulos diseminados de tejido glandular.

Hafez (1987).

TAMAÑO Y FORMA ESPERMÁTICA.

El tamaño y la forma de los espermatozoides tiene un papel controvertido, pero tan variado que no parece haber duda que tan distintas adaptaciones tengan que ver con la competencia entre gametos. Por ejemplo en el pez elefante *Mormyridae* los tamaños oscilan desde el de una ameba hasta 272 micrómetros para el pez pulmonado australiano *Neoceratodus fosteri* (Birkhead, 1995). Se realizó un estudio en 89 especies de peces en las cuales se analizaba el tamaño de los espermatozoides, encontrando en peces de la misma especie variaciones de tamaño espermático, encontrando como única explicación que los espermatozoides de mayor tamaño tuvieran un desplazamiento más rápido para fecundar el óvulo (Stockley, *et al.*, 1997). En otro trabajo realizado en salmones se determinó que a mayor tamaño de espermatozoide menor vida y a menor tamaño mayor vida espermática por lo que explican de alguna manera, la gran cantidad de crías de salmones de machos furtivos (Gage, *et al.*, 1995).

En aves se observan varios tamaños de espermatozoides que van desde 60 micrómetros a 400 micrómetros (Birkhead 1995) con diferencias morfológicas fundamentales entre aves paseriformes (forma espiral) y no paseriformes (lisos de formas similares a los reptiles) (Birkhead, 1995). En los mamíferos existen rangos desde 33.5 micrómetros en el hipopótamo, *Hippopotamus amphibius* a 356.4 micrómetros en la zarigüeya miel *Tarsipes spenserae*. La variación en la morfología y tamaño espermático es más diversa en los invertebrados. Probablemente la variación más extensa ocurre en la *Drosophila*, los rangos espermáticos de 56 micrómetros en *D. Pseudoobscura* a 24, 000 micrómetros en la *D. hydei* (Pitnick y Markow, 1994) citado por Birkhead (1995) y Joly y Lachaise (1994). La función de los espermatozoides gigantes en invertebrados como *D. hydei* aún no tiene explicación, sin embargo, se dice que la morfología del espermatozoide tiene que ver con la competencia espermática. Se han mencionado espermatozoides obstaculizantes que generalmente son espermatozoides deformes (como son: espermatozoides de gran tamaño con dos cabezas, dos colas, etc.) que impiden el paso de otros espermatozoides competidores. La edad de los gametos tiene que ver si son espermatozoides fecundantes o asesinos. (Gomendio y Roldan, 1993; Baker, 1997;). Aunque hay otros autores que dicen que: "El significado funcional de la variación en la morfología espermática (i.e. tamaño y estructura acrosómica) aún no es examinado en detalle, aunque hay algunos patrones que lo sugieren". En los animales domésticos el tamaño espermático también varía (cuadro 3). En aves la competición espermática parece favorecer el desarrollo de espermatozoides gigantes como un mecanismo que incrementa el desplazamiento hacia la el sitio de fecundación (Gomendio y Roldan, 1993).

VOLUMEN Y CONCENTRACION DEL EYACULADO.

Debe existir una buena relación entre el volumen de eyaculado y la concentración de gametos, el volumen lo dan las glándulas accesorias y no tienen nada que ver con la concentración espermática. Se sabe que entre mejor sea esta relación las probabilidades de tener descendencia serán mayores, pues una concentración espermática viable se traduce en mayor oportunidad de fertilizar los óvulos. En el cuadro 3 se exponen las cantidades en volumen y concentración espermática en animales domésticos.

Se estudia la posibilidad de que los machos ajusten sus eyaculados dependiendo de las circunstancias, por ejemplo: Si fueron el primer o el segundo macho en inseminar a la hembra, el número de veces que se ha apareado el macho con la misma hembra y si el macho intuye que su pareja se apareó con otro macho (Gomendio y Roldan, 1993; Yasui, 1994; Baker, 1997; Coe, *et al.*, 1997). En el insecto *Pseudaletia separata* por ejemplo el volumen y concentración del eyaculado tienen que ver si la larva proviene de una población o si ha vivido aislada, dando mayor cantidad y concentración la primera que la segunda respectivamente (He y Miyata, 1997). El tamaño de los espermatozoides tiene que ver con la concentración de estos en el salmón pues entre menor sea el tamaño mayor concentración y viceversa (Gage *et al.*, 1995).

Cuadro 3 Características del semen de los animales domésticos.

	TORO	CARNEIRO	GARAÑON	VERRACO	PERRO	GATO
VOLUMEN DE EYACULADO ml	4.0 (2.0-10.0)	1.0 (0.7-2.0)	70 (30-300)	250 (150-500)	6.0 (2.0-16.0)	0.06 (0.03-0.09)
ESPERMATOZOIDES MILLONES S/ml	1000 (300- 2000)	3000 (2000-5000)	120 (30-800)	100 (25-300)	65 (10-200)	-
CANTIDAD TOTAL DE ESPERMATOZOIDES EN EL EYACULADO (MILLONES)	4000 (2000-12000)	3000 (2000 - 11000)	8400 (3600-13000)	25000 (15000-50000)	390 (60-3000)	61 (22-117)
*ESPERMATOZOIDES TAMAÑO MICRAS	65; 9X4X1 13;44		58; 7X4X12 10;42	57; 8X4X1 11;38	60, 7X4X1 10;34	

(McDonald 1989)

*Los valores son, respectivamente: largo total; largo x ancho x grueso de la cabeza; largo de la pieza media; largo de la cola.

MORFOLOGIA DE LAS HEMBRAS Y COMPETICION ESPERMATICA

Para la fertilización es esencial el transporte eficaz de un número de espermatozoides viables desde el lugar de depósito durante la inseminación. En la mayor parte de los mamíferos, el transporte espermático es rápido y estos llegan al oviducto poco después de la inseminación; se sabe que al momento de la monta la hembra secreta ciertas cantidades de oxitocina, la cual ayuda a contraer el útero y a transportar espermatozoides (MacDonald, 1989). El transporte espermático parece ser uno de los mecanismos que más se afectan durante la inseminación artificial con semen congelado, probablemente debido a la baja capacidad de adhesión al epitelio de los sitios reservorios en el útero (Gonzalez,

1989). En los insectos como se vera más adelante, éste transporte está supeditado por un control aparentemente “voluntario” (Ward, 1993). En humanos no se sabe nada concreto de que las contracciones uterinas se den y mucho menos del transporte de espermatozoides por esta acción (Ganong, 1995).

SITIOS DE SELECCIÓN ESPERMÁTICA

Existen otros factores que influyen en el transporte espermático y que sirven a su vez como barreras y medios de “filtración para los espermias”. El cérvix, la unión útero tubárica y tal vez el istmo del oviducto son áreas especialmente críticas de transporte de los espermatozoides (Hafez, 1987).

CERVIX

El transporte de espermatozoides en el cérvix: la mucosa endocervical es un sistema intrincado de hojuelas, canaladuras y criptas agrupadas. Se han descrito varias funciones del cérvix y su secreción: a) recibe la penetración del esperma en la ovulación o cerca de ella, e inhibe la migración en otras fases del ciclo; b) actúa como reservorio de espermatozoides; c) protege a los espermatozoides contra el ambiente hostil de la vagina y de la fagocitosis; d) provee de energía a los espermatozoides; e) filtra los inmóviles y defectuosos y f) posiblemente participa en la capacitación de los espermatozoides (Hafez, 1987; Baker, 1997). Se sabe que en diferentes etapas del ciclo estral el moco cervical tiene diferentes características, y cuando es menos denso los espermatozoides tienen mejores probabilidades de penetración si tienen buena motilidad, aunque los espermatozoides que no tienen buena motilidad llegan a pasar, pero en menores cantidades (Hafez, 1987). La asociación de los espermatozoides con la mucosa endocervical es otro factor que inhibe el transporte espermático, pues cuando no existen estos sitios ya sea por que están ocupados o por que el ciclo biológico los disminuye, la cantidad de espermatozoide se reduce considerablemente.

UTERO

La actividad contráctil del miometrio es muy importante en el transporte espermático, con la ayuda de la oxitocina esta actividad se realiza de la mejor manera; por eso la inseminación se debe de llevar a cabo con el menor estrés, ya que la secreción de adrenalina inhibe la contracción del miometrio (Hafez, 1987). En el aparato genital de los bovinos es común que se dé una poliespermia que es fatal para el embrión, esto se debe a que la función de la barrera física como la inflamación de la unión útero tubal no se lleva a cabo, por lo que permite el paso de gran cantidad de espermatozoides a la ampulla (Hunter, 1995).

OVIDUCTO

En el oviducto existen dos mecanismos que controlan y de alguna manera seleccionan los espermatozoides dentro del tracto reproductivo como son la peristalsis y la antiperistalsis, las cuales crean corrientes y contracorrientes que hacen que el óvulo llegue en dirección opuesta al espermatozoide. Los espermatozoides siguen un flujo de contracorriente que les da la dirección de donde viene el óvulo, además de otros mecanismos quimiotácticos (McDonald, 1989). Nichol *et al.*, en 1997, hicieron un trabajo en el cual evaluaban la motilidad de los espermatozoides en los fluidos de cada una de las partes que integran el oviducto, comprobaron que la motilidad de los espermatozoides se incrementaba con el líquido folicular y el líquido de la unión istmo-ampular en el lapso peri y postovulatorio; siendo el líquido de la unión útero tubal el que menos influía sobre la motilidad espermática.

El nivel de las contracciones varía en los diferentes segmentos del oviducto. En el istmo las contracciones son vigorosas, segmentarias y continuas, y existe peristalsis y antiperistalsis. En el ampulla ondas peristálticas se mueven en un patrón segmentario hacia la porción media del oviducto y no se sabe si el espermatozoide se mueve por una relajación momentánea de la unión istmo-ampular o por su propia motilidad. Lo cierto es que ya en esta área existen pocos espermatozoides viables en el momento de la fecundación (Hafez, 1987).

OVARIOS

Se habla del control que ejerce el ovario en el número de espermatozoides liberados de los sitios de almacenamiento en el útero de la hembra en los mamíferos. Se consideran tres factores o niveles: en el primero, los mecanismos de contracorriente que va desde la vena ovárica hacia la arteria ovárica y donde se detecta la cantidad de progesterona folicular y la liberación de un número de espermatozoides, por lo tanto la cantidad de progesterona indica el número de óvulos que serán liberados y por consiguiente la cantidad de espermatozoides necesarios. El segundo nivel, habla de un mecanismo indicador molecular del cúmulo ovigero antes y después de la ovulación y la liberación de espermatozoides. El tercer nivel habla de la reorientación espermática por un gradiente molecular del cúmulo de células que aún no han sido penetradas, esto explica por que en mamíferos la poliespermia no es común como en aves y el vitelo no es expuesto por largo tiempo (Hunter, 1996).

OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPETICION ESPERMATICA INMUNIDAD.

Posterior a la inseminación existe un aumento de los leucocitos, presentándose una destrucción de espermatozoides –espermofagia- en la cual no es necesario que los espermatozoides estén dañados o muertos para ser fagocitados. Los dos sitios de mayor concentración de leucocitos son: la vagina y el útero (Hafez, 1987; Ganong, 1997). La mucosa uterina presenta células inmunológicamente relevantes para el control de las

infecciones; entre éstas destacan los linfocitos T CD4 y CD8, los cuales se encuentran entre las células de la lámina epitelial del útero, entre las células de las glándulas endometriales y en el tejido conjuntivo adyacente a la lámina epitelial y al tejido glandular, esta localización hace pensar que las células uterinas podrían estar involucradas en la regulación de la migración de algunos leucocitos (Pérez-Martínez *et al.*, 1997).

Gomendio y Roldán (1993) indican que la fagocitosis impide la llegada o inhibe la migración de gran cantidad de espermatozoides, evitando una poliespermia.

pH

Se habla que la motilidad, respiración y reacción acrosómica están relacionadas con el pH extracelular por lo tanto es importante que el espermatozoide mantenga un equilibrio con el pH tan variado en el aparato reproductor femenino, por ejemplo en la vagina existe un pH de 4, en el cérvix 8.4, útero de 7.8 y oviducto de 7.1 a 7.3, en la fase folicular y en la fase del cuerpo lúteo de 7.5 a 7.8 (Hafez, 1987). En el oviducto el pH cambia dependiendo de la etapa del ciclo estral y se debe a que en el fluido el pH es controlado por mecanismos sistémicos y locales, ováricos y embrionarios los cuales provocan cambios en el oviducto (Nichol *et al.*, 1997).

HORMONAS.

En este apartado no se comentarán detalles de cómo actúan las hormonas en el aparato reproductivo si no más bien en la forma que actúan en la competición espermática.

Como se sabe los estrógenos producen cambios en todo el aparato reproductor, además de otros sistemas, pero es esencialmente indispensable para la supervivencia del espermatozoide dentro del tracto femenino, ya que alcaliniza el moco cervical y lo hace más fluido, incluso en humanos se toma como uno de los muchos indicativos para determinar el momento más exacto de la ovulación. Por el contrario, la progesterona lo vuelve más tenaz, denso y muy celular, lo que implica que el espermatozoide tenga menos probabilidades de pasar esta barrera y de que la espermfagia se lleve a cabo (Hafez, 1987; MacDonald, 1989; Ganong, 1997). En cuestión de raza se ha visto que existen diferencias en cuanto al nivel de hormonas e índices de fertilidad; en dos razas de cerdos por ejemplo (Cerdos Meishan y una cruce de cerdos Meishan con cerdos de raza Large White) la rápida luteinización y los altos niveles de LH en la raza pura incrementan el índice de embriones vivos y por lo tanto de crías, además los cambios hormonales eran más manifiestos que en las cerdas que son cruce.

SITIOS DE ALMACEN ESPERMÁTICO.

Las hembras de muchos animales acumulan espermatozoides antes de utilizarlos para fertilizar sus huevos. En insectos y otros invertebrados los espermatozoides son a menudo acumulados en una espermatoteca la cual muestra una remarcada diversidad de estructuras.

En muchas especies de insectos, la espermoteca es simple, como una bolsa conectada al oviducto por tubos estrechos, y en otras es más compleja. En el tenebrio por ejemplo la espermoteca es una intrincada medusa de estructuras comprendida por muchas ramificaciones (Birkhead, 1995). Los espermatozoides que en las hembras reptiles y aves son almacenados en un gran número de túbulos pequeños. En los lagartos y serpientes, los sitios de almacenamiento están situados en la vagina o en el infundíbulo, pero en las tortugas están localizados entre esos sitios.

En las aves el sitio de almacén primario (túbulos de almacenamiento de espermatozoides) están localizados en la unión del útero y vagina, mientras que un almacén de corto periodo se encuentra en el infundíbulo, el número de túbulos de almacenamiento de espermatozoides varía entre las especies (rango de 500 a 20,000), a medida que el ave es mas grande en tamaño, el número de tubulos se incrementa.

En reptiles no se conoce nada acerca del número actual de túbulos de almacenamiento, además se conoce poco de cómo se da la acumulación de espermatozoides o como ocurre la fertilización. Como quiera que sea, existe un gran parecido filogenético entre los reptiles y las aves en cuanto a fertilización se refiere diferenciándose fundamentalmente, en que en las aves, cada óvulo es liberado secuencialmente desde el ovario en intervalos de 24 hrs o más y cada uno es fertilizado dentro de una hora de ovulación y puestos 24 hrs más tarde. En los reptiles los huevos pueden ser ovulados simultáneamente y podrían ser fertilizados de igual manera para ser puestos en grupos. En las aves los espermatozoides son liberados desde los túbulos de almacenamiento a turnos constantes de arranque (indeterminado) poco tiempo después de que la ovulación comienza (Birkhead, 1995), de tal manera que un suplemento de espermatozoides es constantemente viable en el infundíbulo para la fertilización (Gomendio y Roldan, 1993; Birkhead, 1995; Baker, 1997).

Con excepción de los vampiros las hembras mamíferos no poseen estructuras de almacenamiento espermático especializado, y gran parte del tiempo que los espermatozoides sobreviven en el tracto femenino usualmente es cuestión de horas. De esta manera las hembras mamíferos son capaces de separar eventos reproductivos como la inseminación, fertilización y nacimientos, en lugar que acumular espermatozoides posterior implantación y posterior desarrollo. Sandell (1990) citado por Birkhead (1995), sugiere que cuando el tiempo óptimo de copulación no coincide con la mejor época de nacimiento se da entonces una postergación reproductiva en mamíferos, en otras palabras las hembras tienen su tiempo de copulación para maximizar su probabilidad de engendrar hijos con machos de grandes cualidades reproductivas (Birkhead y Moller, 1993) En quirópteros se acumulan espermatozoides en varios sitios (oviducto, útero, unión útero oviducto) dependiendo de la especie. Prolongados almacenamientos de espermatozoides en vampiros puede ser factible en parte porque a menudo es asociado con hibernación; las bajas temperaturas durante la hibernación permiten al vampiro usar un mecanismo para separar eventos reproductivos. En el hombre existe un tipo de almacen espermático, después de la capacitación en el útero, el espermatozoide viaja hacia el oviducto donde permanece activo de 48 a 75 horas. Se habla de que la hembra no tiene parte activa en la competencia espermática pero con el comportamiento puede crear las condiciones para que se presente esta competición (Birkhead, 1995).

En los mamíferos domésticos gran cantidad de espermatozoides quedan atrapados dentro de las criptas del cérvix, este proceso se agiliza por que las micelas que existen en el cérvix ayudan a dirigir los espermatozoides a las criptas cervicales, las cuales constituyen un reservorio. Cuanto mayor sea la cantidad de espermatozoides dentro de las criptas cervicales mayor será la cantidad de ellos dentro del cérvix por lo tanto mayores probabilidades de concepción del padre (Hafez, 1987. Gomendio y Roldan, 1993). Otros autores dicen que ese reservorio de espermatozoides además tienen la función de evitar que otros espermatozoides lleguen a colonizar el interior, ya sea por mera posición y desplazamiento o por una lucha entre ellos. (Gomendio y Roldan, 1993; Birkhead, 1995; Baker, 1997).

En los mamíferos, las hembras no tienen necesidad de acumular espermatozoides por periodos largos, por que dentro de cada ciclo sexual todos los óvulos son liberados y fertilizados simultáneamente. Además cuando los factores ecológicos y sociales no favorecen la copulación y el nacimiento de las crías, los mamíferos hembras tienen otros mecanismos fisiológicos como la implantación postergada y diapausia embrionaria (Birkhead, 1995).

En las especies cuya eyaculación sea en el útero los reservorios se encontraran en la unión útero tubárica (cerda) o en las glándulas endometriales como en la perra llegando a sobrevivir varios días después de la monta (Hafez, 1987; Gomendio y Roldan, 1993; Baker, 1997). El tiempo que duran los espermatozoides dentro del tracto femenino es muy variado, Gomendio y Roldan (1993) dicen que se han encontrado espermatozoides viables en el útero 11 días después del apareamiento mientras en el oviducto se han encontrado pasados 3 días lo cuál indica que la suplementación de espermatozoides del útero al oviducto no se da.

En los seres humanos los sitios de almacenamiento se encuentran en el cérvix y la duración de espermatozoides viables llega a 7 días después de la inseminación, mientras que en el oviducto pasados 3 días no existen espermatozoides viables (Gomendio y Roldan, 1993) la pregunta es ¿para que permanecen ahí?

PATRONES DE COMPORTAMIENTO Y LA COMPETICION ESPERMATICA.

PATERNIDAD VIGILADA.

Existe un rango amplio de adaptaciones morfológicas para impedir que otros gametos masculinos compitan con los propios espermatozoides (Birkhead, 1995).

En nemátodos, arácnidos e insectos (Lepidoptera y diptera), serpientes y mamíferos, las secreciones masculinas dejan un tapón en el tracto de las hembras que sirven como un cinturón de castidad, función que minimiza o disminuye la probabilidad de apareamientos

subsecuentes por la hembra. En algunos insectos los machos sacrifican parte de su abdomen para formar un tapón, los tapones no son particularmente efectivos en la prevención de la recruzada. En humanos se ha hablado sobre este tapón y su efecto en la competición espermática (Birkhead, 1995; Baker, 1997).

ANTIAFRODISIACOS.

Algunos insectos como la mosca de casa, en la cual los machos copulan por alrededor de una hora, en donde los primeros 10 minutos los espermatozoides son eyaculados, pero durante los siguientes 50 minutos, los fluidos seminales son transferidos, estos contienen sustancias que hacen a las hembras no receptivas para los machos por el resto de sus vidas, esto da la seguridad de que los espermatozoides serán utilizados por la hembra (Birkhead, 1995). Similarmente sustancias antiafrodisiacas se presentan en otros insectos como el mosquito, *Aedes aegypti* y la *Drosophila*. En otros insectos los fluidos seminales incrementan los ritmos de ovoposición en las hembras, por eso se incrementa la posibilidad de que las hembras usen un espermatozoide en particular en la fertilización de sus huevos (Birkhead, 1995). En los grillos de arbusto *Requena verticalis* los machos, buscan hembras vírgenes suponiendo que ellos las distinguen, ya sea por la edad o por otros factores incluyendo el olor (Simmons *et al.*, 1994).

COPULACION PROLONGADA.

En muchos insectos la última copulación puede durar más que el tiempo necesario para transferir un eyaculado. El registro máximo de copulación de un insecto es de 79 días. En algunas aves la copulación dura solamente unos segundos, pero en la oropendola acuática la copulación dura en promedio 24 minutos (máximo 50 minutos) y en papagayos puede durar una hora; en ambos casos la copulación puede servir como una forma de apareamiento guardián. Entre los mamíferos, las ratas machos repiten la copulación con algún grupo reducido de hembras que aceptaron otros machos. La copulación prolongada con captura de pene en algunos cánidos puede servir como guardia de paternidad. También se sabe que en la mosca *Scathophaga stercolaria* la duración de la copulación influye en el almacenamiento y en la cantidad de huevos fértiles (Ward, 1993), otro ejemplo se encuentra en la mosca macho *Dryomyza anilis*, en la cual a mayor tiempo de copulación mayor cantidad de progenie (Otronen, 1997).

FRECUENCIA DE COPULACION

Los resultados de la competición espermática son determinados por el relativo número de espermatozoides como es el caso de muchas especies, donde se repite la copulación y la inseminación con algunas hembras para proveer o para maximizar el número de espermatozoides en el tracto. La frecuencia en la copulación como una guardia de paternidad se encuentra en las especies con lazos de pareja y particularmente se da en aves en las cuales otras guardias de paternidad son impracticables. En algunas especies de aves de presa que copulan alrededor de 100 veces en cada temporada de cría, se ha visto que una simple inseminación es suficiente para fertilizar los huevos. La frecuencia de la copulación ocurre en algunos mamíferos que viven en grupos sociales permanentemente (Birkhead, 1995).

En los seres humanos el número de copulaciones en una pareja sirve para mantener constante la cantidad de espermatozoides viables dentro del tracto femenino, y el número de espermatozoides eyaculado por este depende del día de la última inseminación o si el presente que su pareja estuvo con otro macho (Baker, 1997). En algunas especies de animales como la rata y algunos parásitos el número de copulaciones y el intervalo de tiempo entre ellas tiene que ver con el número de huevos puestos u óvulos, gestación (en el caso de la rata) y la prioridad de espermatozoides (si el primer macho es el que fertiliza mayor cantidad de huevos, que generalmente se dan con intervalos de tiempo cortos o si el segundo tiene la prioridad intervalos de tiempo largos)(Moore y Wong, 1992; Yasui, 1994 y Yasui, 1997).

CRUZAS GUARDIAS.

En machos de muchas especies pueden cuidar una hembra, antes o después de cada copulación para prevenir que otros machos estén copulando con ellas. Muchos machos permanecen adheridos a las hembras (contacto guardián). Este contacto ocurre en muchos invertebrados, en los anfibios *Gammarus pulex* por ejemplo, no hay acumulación de espermatozoides, la fertilización ocurre inmediata a la inseminación; la crusa guardia es precopulatoria y los machos liberan a las hembras después de la copulación. Un patrón similar ocurre en los cangrejos herradura *Limulus*, en estas especies la guardia es precopulatoria y algunas hembras copulan repetidamente con los machos que siguen adheridos. El contacto precopulatorio guardián ocurre en algunas ranas y sapos. En contraste, en insectos como la mosca amarilla los espermatozoides son acumulados, la fertilización ocurre algún tiempo después de la copulación pero inmediatamente antes de la ovoposición. Se ha demostrado experimentalmente en pocos insectos que los apareamientos guardia son efectivos para reducir la probabilidad de que las hembras se reaparean (Alcock, 1994; Birkhead, 1995;).

En aves socialmente monógamas y en algunas aves polígamas, existen guardias de apareamientos, las parejas copulan muchas veces con su pareja, esto se da por que las hembras acumulan espermatozoides y los huevos son fertilizados en días sucesivos. Experimentos en los cuales las guardias masculinas fueron removidas, demostraron que, en la ausencias de éstas, las hembras son sujetas para mas intentos de copulaciones con otras parejas y que en consecuencia estas guardias eran relativamente efectivas. Así pues, la guardia probablemente constituye la mejor forma de asegurar la paternidad, pero no son totalmente efectivas, por ejemplo: en el herrerillo azul *Parus caeruleus* las hembras se aparean con machos con grandes cualidades y no anhelan copulaciones con otras parejas y los machos no son guardianes seguros. Los machos con bajas cualidades en otros términos cuidan a sus hembras más intensamente pero, sin embargo, las hembras anhelan, seguramente una copulación con otra pareja. Otros cuidados de paternidad ocurren en aves, el territorio puede servir como una guardia de paternidad, puesto que en muchas especies, la defensa del territorio es más intensa o es restringida para los periodos en que las parejas femeninas son fértiles. Los machos de algunas especies de aves tienen llamados de alarma cuando ellos pierden las huellas de sus parejas y de este modo son capaces de desconfiar de sus propias parejas. En los polígamos *Dunnock* los machos, en la cloaca de las hembras, inducen la eyección de espermatozoides antes de la copulación, por ello presumiblemente

incrementan sus propias oportunidades de fertilizar los huevos de las hembras (Birkhead y Moller, 1993; Birkhead, 1995).

La conducta del apareamiento guardián se da en muchos mamíferos y a menudo se refiere como un comportamiento de pareja, justo como en otras especies, los machos que permanecen juntos y defendiendo hembras en oestro de otros machos citado por Birkhead (1995). En mamíferos los cuidados masculinos parecen efectivos ya que los apareamientos múltiples con hembras es muy bajo en aquellas especies que muestran comportamiento guardián, que en aquellas que no. Similarmente en Idaho la gran ardilla *Spermophilus brunneus* los continuos apareamientos masculinos incrementan efectivamente las probabilidades de paternidad. Muchos de los fenómenos descritos anteriormente, pueden ser interpretados como guardias de paternidad. En muchos casos la paternidad parece ser la explicación más convincente (Birkhead, 1995). Otro patrón muy interesante y de tomar en cuenta es el que se presenta en los grillos de arbusto (*Requena venucalis*) en los cuales, los grillos machos prefieren a las hembras jóvenes por las altas probabilidades de tener descendencia, por el simple hecho de que las hembras sean vírgenes, rechazando a las hembras que tienen una edad avanzada, aunque también lo sean vírgenes, esto quiere decir que el grillo no sabe distinguir entre una hembra virgen y una que no lo es, pero selecciona las de mayor probabilidad para fertilizar (Simmons *et al.*, 1994).

PATRONES DE PATERNIDAD Y MECANISMOS DE COMPETICION ESPERMATICA.

PATRONES DE PATERNIDAD

Se menciona que en algunas especies de animales los últimos machos en copular son los primeros en inseminar los óvulos. En aves, los últimos espermatozoides masculinos son dominantes (Birkhead, 1995). En los mamíferos los tiempos actuales de inseminación relativos a la ovulación determinan los sucesos de fertilización y una competición espermática controlada (Birkhead, 1995; Baker, 1997).

Los dos mecanismos principales de competición espermática son (1) la destitución de espermatozoide; y (2) la estratificación de espermatozoides. Mecanismos adicionales incluyen (3) Depresión fisiológica (4) Baja pasividad de espermatozoides (5) expulsión de espermatozoides por las hembras (Birkhead, 1995).

El primer mecanismo se da en insectos como la damisela, escarabajos (*Tenebrio moitor*), y en la mosca amarilla, a través de sacar espermatozoides del tracto femenino y del desplazamiento de los espermatozoides por un gran afluente, o mediante masajes en el abdomen de la mosca carroñera para que la hembra expulse el semen. La estratificación puede ser activa o pasiva. La activa ocurre en ciertas libélulas (e.g. *Crocothemis enythræa* y *Nannophya pygmea*) en las cuales el pene es modificado para empujar los espermatozoides existentes en el tracto femenino, dejando sus propios gametos alrededor de la salida de la espermoteca, y por lo tanto en la posición más favorable para la fertilización (Siva y Jothy, 1994; Birkhead, 1995; Uhl, 1995; Siva y Jothy, *et al.*, 1996; Lachman, 1997), la estratificación tiene algunos aspectos temporales *Mnars pruinoso*, los machos remueven

muchos de los espermatozoides de los anteriores apareamientos en la bolsa copulatriz, pero no pueden extenderse en todo el almacenamiento. La procedencia de espermatozoides es alta inmediatamente después del segundo apareamiento, pero con el tiempo los espermatozoides de la espermatoteca se mezclan con aquellos de más reciente inseminación. La estratificación activa además ocurre en los cangrejos araña *Inachus phalangium* en estas especies antes de transferir espermatozoides los machos transfieren una gran cantidad de plasma seminal que sella el almacenamiento de los machos previos dentro de la parte distal de la espermatoteca, así que aquellos no pueden ser usados para la fertilización. El resultado es una saturación de espermatozoides por parte del último macho (Birkhead, 1995).

La estratificación pasiva se da en eyaculaciones sucesivas, en el escarabajo gigante de agua *Abedus herberti*. En estas especies los machos cuidan los huevos de sus crías o los de sus antecesores. Para evitar esto, los machos se aparean repetidamente con las hembras antes de aceptar sus huevos. Como resultado los últimos machos tienen alta fertilización (99%) y esto es por que la última inseminación está alrededor de la salida de la espermatoteca y por lo tanto hay probabilidad de fertilizar sus huevos. En la *Drosophila melanogaster* el desplazamiento se da como una probabilidad (Gilchrist y Partridge, 1995).

Como ya se menciona los fluidos glandulares en el eyaculado, podrían dar como resultado una depresión fisiológica o inactivación de otros espermatozoides y de los propios; esta idea fue sugerida hace algún tiempo, pero en estudios recientes no se ha encontrado evidencia para descartarlo o afirmar esta idea. Así por ejemplo se obtuvieron resultados en la mosca *Drosophila* en la cual se encontró que la proteína de las glándulas accesorias masculinas de los fluidos seminales, inactivan previamente el almacenamiento espermático en las hembras, resultando los últimos machos con más probabilidades de inseminar los huevos (Gilchrist y Partridge, 1995). Resulto muy interesante que el fluido seminal de la *Drosophila* tuviera otros efectos sobre las hembras incluyendo, un incremento en sus rangos de oposición y decremento en su receptividad hacia machos por uno o dos días. En combinación con la habilidad para desactivar previamente acúmulos espermáticos, las sustancias confieren una considerable competitividad reproductiva sobre los últimos machos apareados. Para las hembras las proteínas son altamente costosas y hacen que decrezca su longevidad (Chapman *et al.*, 1994) citado por Gilchrist y Partridge (1995). Hay un claro conflicto entre los sexos alrededor de sus apareamientos, y no sorprendería que las hembras se apareen cuando es esencial para mantener una buena fertilidad. Los genes los cuales producen las proteínas de las glándulas accesorias muestran altos porcentajes de evolución, lo cual, da bases consistentes a la idea de que serían armas evolucionarias entre machos y hembras. No hay evidencia que favorezcan la hipótesis del "Espermatozoide Kamikaze" como el mecanismo por el cual los espermatozoides compiten (Birkhead, 1995); sin embargo, según Baker (1997) asume que la competición y guerra entre gametos masculinos es un hecho en el tracto femenino pero no se han diseñado experimentos para sustentar la hipótesis.

En las aves hembras se han detectado patrones de paternidad, que sugieren que hay pérdidas pasivas y activas de espermatozoides dentro del tracto femenino, que podrían explicar por que a veces el último macho es el primero o por que el primero tiene la

ventaja. Dentro de las pérdidas activas se habla que después de una copulación el ave defeca cantidades importantes de espermatozoides que no le son útiles, ya sea por que están muertos o por que no los necesita. Dentro de las pérdidas pasivas se habla de un desplazamiento por otros machos de los espermatozoides anteriores. Se sabe que también hay una influencia en las horas de distancia entre una y otra inseminación, pues con menos de 4 horas de diferencia no existía prioridad, pero con mas tiempo esta se manifestaba (Bramwell, 1995). En la mosca *Scathophaga stercolaria* se cree que tiene una gran influencia en la movilización del semen dentro del tracto reproductivo, para engendrar progenie así como para eliminar el semen que no le "agrada" (Ward, 1993).

La vagina, por lo tanto, puede parecer el principal punto del tracto femenino donde se da una posible selección espermática. Steele y Wishart (1992) mencionados por Birkhead (1995) sugieren que este proceso, el cual resulta de la eyección de espermatozoides sin seleccionar puede estar basada en una respuesta inmunologica; esto es, que los espermatozoides pueden mostrar una superficie apropiada de características para ser retenidos y transportados a través de la vagina. En adición, esto es conocido en las aves domésticas donde los espermatozoides muertos no son aceptados por los túbulos de almacenamiento y que la proporción de 10-20% en el pinzón zebra, se da como resultado del trabajo realizado por las células de defensa. En el aparato reproductor femenino de algunos mamíferos como en el caso de la zebra después de copular se observa la presencia de un liquido que escurre entre los miembros, conformado en gran medida por espermatozoides, y que generalmente se da cuando la hembra todavía tiene una cría a su cuidado. En los humanos después de tener relaciones sexuales existe la presencia de un escurrimiento vaginal, el cual contiene grandes cantidades de espermatozoides, aun después de media hora, en el momento de orinar existen aglutinados blancos conformados por espermatozoides muertos (Baker, 1997).

Posterior a la inseminación, algunos espermatozoides recorren la vagina por el paso de los túbulos de almacenamiento y son transportados directamente por el infundíbulo al sitio de fertilización. No se conoce que proporción de espermatozoides, ni que cantidad de ellos permanecen en el infundíbulo. Sin embargo estos parámetros son importantes para entender la competición espermática. En ausencia de ovulación los espermatozoides simplemente dejan el infundíbulo y se pierden en la cavidad corporal. En los hombres cerca de la mitad de los espermatozoides son eliminados por el reflujo y solamente unos 20, 000 espermatozoides llegan al infundíbulo para después tener el mismo destino que los anteriores (Baker, 1997). En un ciclo normal de apareamiento, durante el tiempo de ovulación, hay espermatozoides libres en el infundíbulo para tomar parte en los procesos de inseminación. Fisiológicamente la poliespermia en las aves domésticas es normal (Perry 1987 citado por Bramwell, 1992 y Birkhead, 1995). En la ovulación en aves, el óvulo es cubierto por el saco perivitelino y uno o mas espermatozoides experimentan reacción en su acrosoma y penetran esta capa hasta el disco germinal, así pues, un espermatozoide se fusiona con el pronúcleo localizado dentro del epitelio germinal, poco después ocurre la fertilización. La capa externa del saco perivitelino es un vello secretado por el infundíbulo sobre el óvulo. Los espermatozoides en el infundíbulo, son atrapados sobre esta capa, la función de la capa externa perivitelina puede ser la de prevenir futuras penetraciones por los espermatozoides

o para mantener la integridad del óvulo de futuras penetraciones espermáticas (Bramwell y Howarth, 1992). En los mamíferos se da algo muy similar que en aves, pero aquí la liberación constante de espermatozoides no existe, pero se compensa con la constante inseminación por parte de su pareja, (Baker, 1997). En el Pinzón zebra el último macho tiene prioridad sobre los otros y más aún si es el macho extra pareja, pues se supone que el número de espermatozoides eyaculado supera en cantidad al de la pareja, pero no se ha comprobado todavía. Caso contrario sucede en el hombre donde se sabe que el macho extra pareja produce más espermatozoides que el macho que es pareja (Birkhead, 1995; Baker, 1997), posiblemente esto explique por que en el Pinzón zebra hay gran número de crías que no son del padre, por que además de la ventaja que le da ser el último macho produce más espermatozoides.

COPULACIONES EXTRA PAREJA.

Control femenino; a pesar del punto de vista original de que las competiciones espermáticas comprenden solamente a los machos, muchos de los sucesos como espermatozoides acumulados y la fertilización tiene lugar dentro del cuerpo de la hembra, parece razonable asumir que la hembra tiene un control silencioso sobre los eventos realizados dentro de su cuerpo, esto ahora es reconocido; la competición espermática comprende elementos intra sexuales e intersexuales de selección Birkhead (1995) y la idea de que las hembras pueden controlar la paternidad de sus crías a través del comportamiento o de inducciones fisiológicas, están siendo consideradas en detalle (Gomendio y Roldan, 1993; Baker, 1997). El tracto reproductor femenino presenta unas barreras para los espermatozoides. En los mamíferos la principal región para la selección espermática es el cérvix y en aves es la vagina; la base para la reducción del número de espermatozoides no es conocida, aunque la consecuencia en términos de selección sexual es grande, en aves por ejemplo, las hembras pueden eyectar el 99% de los espermatozoides que ellas recibieron, justo en los minutos posteriores de la copulación. Dado que el número de espermatozoides inseminados posiblemente es relacionado con el número de espermatozoides encontrados en la capa perivitelina (Brillard y Antoine, 1990) citados por Bramwell (1992). En un pequeño plan de ajuste en la proporción de espermatozoides, una hembra tendría un enorme efecto sobre la probabilidad de que el eyaculado de un macho resultara en la fertilización de sus huevos.

La explicación tradicional de las condiciones no favorables del tracto reproductor de la hembra es que este es un camino para evitar una infección, expulsando espermatozoides inadecuados y evitando la poliespermia (usualmente es letal). Así pues, sucede que las hembras están explotando ese microambiente desfavorable para los espermatozoides, y dejan aquellos con más control sobre la paternidad, Birkhead, (1995), propone que la química, física e inmunología generan una respuesta antiespermática en el tracto femenino y están involucradas en la selección sexual (elección femenina misteriosa). Esta idea predice que las hembras tienen barreras sofisticadas para los espermatozoides, la habilidad de los machos para abrirse paso a través de esas barreras involucran un resultado y las hembras responderían favoreciendo un plano más complejo. El resultado de esta elección misteriosa es una mejor respuesta antiespermática, la cual, incluye barreras químicas complejas sobre una gran parte del tracto reproductivo, estructuras de

almacenamiento complejas y cambios en el tiempo y duración del estro. Las hembras pueden tener control sobre la paternidad a través de abortos selectivos; Birkhead (1995), propuso la hipótesis de selección espermática sexual para explicar por que las hembras se aparean con muchos machos. Ello sugiere que múltiples cruzamientos realizados por las hembras podrían darse cuando hay diferencias heredables entre machos por: (1) cantidad de espermatozoides que ellos producen; (2) habilidad de fertilización de los espermatozoides; (3) habilidad para desplazar espermatozoides previamente acumulados y (4) su habilidad para que otros machos inseminen a las hembras ya inseminadas. Al aparearse con muchos machos, las hembras aseguran que sus huevos sean fecundados por machos con alta habilidad de fertilización. La consecuencia de esto es que las crías machos están cargadas de genes con alta fertilización y las hembras con genes para múltiples apareamientos. Una predicción de la hipótesis de la selección espermática sexual es que las hembras pueden dar oportunidades a los espermatozoides de diferentes machos para competir con otros y ellos podrían realizar la fertilización sin dificultad. Cruzas múltiples involucran además junto con las hembras, respuestas entre espermatozoides y la eficiencia de la fertilización masculina a través de los procesos obtenidos de la selección sexual (Birkhead, 1995). Hay alguna evidencia de que múltiples cruzas pueden resultar en crías saludables, aquellos estudios que lo sugieren son controversiales. Por ejemplo en el herrerillo azul *Porus caeruleus* 40 % de los nidos tienen crías extra pareja y 10 % de los hijos fueron de padres extra pareja y una vez contando con esta relación negativa entre la intensidad del cruzamiento guardia y paternidad extra pareja no existe. Así pues el comportamiento de copulación de la hembra del herrerillo azul parece inducir a los machos al comportamiento guardian (Gomendio y Roldan, 1993). Estudios de DNA encontraron que en los herrerillos barbudos el 25 % de los nidos fueron de apareamientos extra pareja; así pues el comportamiento de solicitud observado en las hembras y las mezclas de paternidad sugieren algunas ventajas hacia las hembras por estimulación y facilitación de la competición espermática en estas especies.

CONTROL HEMBRA O MACHO.

Los mayores cambios que ocurren en el estudio de la competición espermática, incluye un interés en los mecanismos de competición espermática y crean perspectivas femeninas. La elección misteriosa en particular requiere de un conocimiento y entendimiento de los mecanismos, aunque los entomólogos estudiaron los aspectos mecanísticos de los machos y de las hembras reproductivas, recientemente se ha evaluado la combinación de un modelo funcional que generalmente es compatible por el comportamiento ecologista y fisiológico (Birkhead, 1995).

La elección no misteriosa fue conceptualmente considerada improbable, difícil de observar y distinguir de una competición entre machos, muchos trabajos consideran que la elección misteriosa femenina puede ser inherente y poco factible, esto es probablemente una reflexión de nuestra parcialidad sexual. (Hrady y Williams, 1983, citados por Birkhead, 1995); así pues la idea que se obtuvo de la información sugirió muchas instancias de co-evolución de machos y hembras en los compartimentos reproductivos y fisiológicos. El

potencial de control femenino de paternidad deja una perspectiva de la reproducción desde diferentes puntos de vista y la cual puede generar un gran número de nuevas hipótesis. En resumen se sabe que las hembras influyen en la descendencia a través de su comportamiento en la reproducción y en sus propios mecanismos en el tracto reproductor. (Gomendio y Roldan, 1993; Lamunyon, 1995; Baker, 1997).

JUSTIFICACION

Con base a los datos anteriores, y sabiendo todos los factores que influyen en la competición espermática, se propone un modelo de experimentación en mamíferos, utilizando cabras criollas y dos machos de razas diferentes (Alpino y Nubio) por ser animales a los cuales se tiene acceso, mayor control en cuanto a sincronización de celos y por la amplia experiencia que se tiene en esta especie.

Hasta donde sabe no se han realizado trabajos en investigación en competencia espermática con mamíferos domésticos aquí en México, por lo que se acepta que este modelo tendrá sus pros y contras en los resultados.

El objetivo principal es sentar las bases para futuras investigaciones y abrir nuevas vías en materia de competencia espermática.

Justificando un poco el modelo, se realizaron inseminaciones intraúterinas e intracervicales con el objeto de deslindar barreras naturales dadas en las hembras (inseminación intraúterina) tales como selección espermática, espermfagia, pérdida activa de espermatozoides y elección misteriosa; que a diferencia de la inseminación intracervical dichas barreras existen.

En los machos se controló tanto el volumen, como el número de espermatozoides en las pajillas de inseminación, así pues se controló el número de inseminaciones y el orden para establecer que animal obtendría mayor fertilidad.

OBJETIVOS.

- 1.-Ofrecer una revisión bibliográfica de los principales aspectos de la competición espermática**
- 2.-Establecer un experimento piloto de montaje técnicas en competición espermática en cabras.**

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Reproducción animal con el rebaño caprino de la Cátedra de Reproducción y Genética en Ovinos y Caprinos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán en Cuautitlán Izcalli, Estado de México, con la siguiente ubicación geográfica; entre 19 grados 37 ' y 19 grados 45 ' latitud norte entre 99 grados 67 ' y 99 grados 44 ' longitud poniente y a una altitud de 2250 msnm (García, 1973).

El trabajo se llevo a cabo durante los meses de julio a septiembre de 1997, con pariciones en enero y febrero de 1998.

Para la recolección y procesamiento del semen, se utilizaron 3 machos alpinos y un macho nubio; de los machos alpinos se seleccionó el semen que tuvo las mismas características que el semen del macho nubio durante el proceso de congelación y descongelación estas actividades fueron realizadas durante el mes de julio de 1997.

Las cabras fueron 24 adultas de raza criolla y con diferentes pesos asignados en forma homogénea por tamaño y peso a los siguientes tratamientos:

- 1.-Intracervical Alpino-Nubio.
- 2.- Intracervical Nubio- Alpino.
- 3.- Intrauterina Alpino - Nubio.
- 4.- Intrauterina Nubio-Alpino.

La sincronización se realizó el 21 de julio de 1997 con esponjas intravaginales; que fueron preparadas previamente con acetato de medroxiprogesterona (MAP) a cada esponja se le pusieron 50 mg en 3 ml (1 ml de MAP más 2 ml de alcohol al 96%); mediante la utilización de un vaginoscopio que se lubrico con un unguento a base de diamidridina y carbamida en la parte externa, que además sirvió como antiséptico; las esponjas se retiraron a los 14 días, y después, a las 12 horas se aplicaron 500 UI de hormona serica de yegua preñada (PMSG) siguiendo la metodología de Grajales *et al.*, (1990).

Dos días después se realizó la inseminación artificial intravaginal (a las 50 hrs) El resto de las cabras fueron inseminadas por laparoscopia a las 60 hrs. (de 60-66 hrs) esto es de acuerdo con Evans y Maxwell, 1987.

El estro fue detectado por la mañana y por la tarde utilizando un macho con pene desviado y mandil separándose a las hembras del rebaño. Posteriormente las hembras fueron inseminadas como se indicó anteriormente. Las cabras fueron inseminadas sólo un vez después de detectado el estro.

Los dos tipos de semen utilizados provenian de un macho nubio y uno alpino diluido en un medio a base de yema de huevo, TRIS (Trihidroxiaminometado), y se envasaron en pajillas francesas de 0.5 con 50 y 100 millones de espermatozoides móviles al momento de la recolección y se almacenaron en un termo con nitrógeno líquido a -96 grados centígrados durante 60 días.

Para la inseminación intracervical se utilizó la pistola francesa de inseminación con puntas y fundas desechables, además del vaginoscopio se requirió de la ayuda de una pequeña lámpara que fue adaptada a éste por la parte interna y el semen fue colocada intracervicalmente.

La inseminación intrauterina fue realizada por medio de laparoscopia con un equipo rígido de 3 mm de diámetro y un trocater auxiliar del mismo diámetro así como un aspic con aguja para el depósito intrauterino del semen.

La descongelación previa a la inseminación se efectuó por inmersión directa en baño maría a 37 grados centígrados durante 30 segundos, no se ha encontrado cuál es la temperatura mas adecuada para la descongelación y reactividad de los espermatozoides (Herman y Madden, 1972; citados por González en 1975a); al momento de la descongelación se colocó una gota de semen en un vial con 0.1 ml de citrato al 2.9% a la misma temperatura, posteriormente con una pipeta Pasteur se colocó una gota sobre un porta objetos y se observaba al microscopio para determinar el porcentaje de motilidad el cual varió entre 10 % y 50% .

Las cabras que repitieron celo a los 21 días después de haber sido inseminadas recibieron un segundo servicio con semen fresco y monta directa.

El diagnóstico de gestación se realizó 58 días después de haber sido inseminadas, utilizando el método de ultrasonido y se confirmó el número de hembras gestantes. Las pariciones fueron durante los meses de enero y febrero.

La paternidad de los machos se determinó en base a las características fenotípicas de la raza, y en base a el intervalo entre partos.

TABLA DE TRATAMIENTO PARA LAS CABRAS.

TRATAMIENTO 1 INSEMINACION INTRACERVICAL ALPINO -NUBIO

NUMERO DE CABRA	% DE MOTILIDAD ESPERMATICA		OBSERVACIONES
	ALPINO	NUBIO	
1	50	40	
8	30	20	
12	40	10	
16	30	10	
20	40	10	
21	30	10	

TRATAMIENTO 2 INSEMINACION INTRACERVICAL NUBIO ALPINO.

NUMERO DE CABRA	% DE MOTILIDAD ESPERMATICA		OBSERVACIONES
	NUBIO	ALPINO	
2	30	50	Exudado sanguinolento
5	10	30	
11	15	20	Exudado sanguinolento
14	40	40	
19	30	30	
22	10	30	

Las cabras con tratamiento 1 y 2 se inseminaron con pajillas de 100 millones

TRATAMIENTO 3 INTRAUTERINA ALPINO NUBIO.

NUMERO DE CABRA	% DE MOTILIDAD ESPERMATICA		OBSERVACIONES
	ALPINO NUBIO		
3	20	30	Presenta adherencias
6	40	30	
10	20	10	Requirió de Cirugía
15	20	20	
18	10	10	
23	20	20	

TRATAMIENTO 4 INTRAUTERINA NUBIO ALPINO.

NUMERO DE CABRA	%DE MOTILIDAD ESPERMATICA		OBSERVACIONES
	NUBIO ALPINO		
4	30	30	
13	30	20	
7	30	20	Requirió de Cirugía
17	40	10	
9	15	20	
24	30	20	

RESULTADOS

TRATAMIENTO 1 INSEMINACION INTRACERVICAL ALPINO -NUBIO

NUMERO DE CABRA	% DE MOTILIDAD ESPERMATICA		DIAS AL PRIMER CELO DESPUES DE I.A.	INTERVALO DE PARTO (DIAS)
	ALPINO	NUBIO		
1	50	40	*	
8	30	20	23	173
12	40	10	**	
16	30	10	35	185
20	40	10	26	176
21	30	10	28	178
PROMEDIO	36.6	15	28	178

TRATAMIENTO 2 INSEMINACION INTRACERVICAL NUBIO ALPINO.

NUMERO DE CABRA	% DE MOTILIDAD ESPERMATICA		DIAS AL PRIMER CELO DESPUES DE LA I.A.	INTERVALO DE PARTO
	NUBIO	ALPINO		
2	30	50	*	
5	10	30	21	171
11	15	20		151
14	40	40	38	188
19	30	30	*	
22	10	30	28	178
PROMEDIO	22.5	33.3	29	172

* Cabra vacía

**Cabra muerta vacía

Las cabras con tratamiento 1 y 2 se inseminaron con pajillas de 100 millones

TRATAMIENTO 3 INTRAUTERINA ALPINO NUBIO.

NUMERO DE CABRA	% DE MOTILIDAD ESPERMATICA	DIAS AL PRIMER CELO DESPUES DE LA I.A.	INTERVALO DE PARTO
	ALPINO NUBIO		
3	20 30	28	178
6	40 30	***	
10	20 10	21	171
15	20 20	22	172
18	10 10	*	*
23	20 20	23	173
PROMEDIO	21.6 20	23.57	173.5

TRATAMIENTO 4 INTRAUTERINA NUBIO ALPINO.

NUMERO DE CABRA	%DE MOTILIDAD ESPERMATICA	DIAS AL PRIMER CELO DESPUES DE LA I.A.	INTERVALO DE PARTO
	NUBIO ALPINO		
4	30 30	*	*
13	30 20	**	**
7	30 20	25	175
17	40 10	24	174
9	15 20	28	178
24	30 20	*	*

* Cabra Vacía

** Cabra muerta vacía

***Cabra muerta con feto dentro del lapso estimado en inseminación artificial

RESULTADOS Y DISCUSION.

En los siguientes cuadros se presenta el porcentaje de motilidad espermática de los machos Alpino y Nubio, dependiendo del tipo de inseminación, además se registra el intervalo de parto desde el día de inseminación a la fecha de parición de cada una de las cabras.

Dentro del mismo cuadro se anotan a los cuantos días repitieron estro las cabras post-inseminación, así pues se da un promedio del porcentaje de motilidad espermática en los machos Alpino y Nubio, así como el promedio en días de la repetición del estro post-inseminación artificial.

En otra columna son reportadas las características fenotípicas y el sexo de la descendencia

Como se puede observar los promedios del porcentaje de fertilidad están en un rango de 36.6% a 20% en el macho Alpino; en el macho Nubio se encuentra un rango en el promedio del porcentaje de motilidad del 15% al 29.1% lo que implica que ambos machos tenían en general un promedio de motilidad espermática de 27.9% para el macho Alpino y del 22% para el macho nubio; lo que indica que la cantidad de espermatozoides muertos al momento de la descongelación es muy grande, estos datos coinciden con reportados por Neria y Solar (1984).

El proceso de descongelación disminuye la viabilidad de los espermatozoides y reduce su capacidad para atravesar el cuello úterino por lo que un número menor de espermatozoides alcanza el oviducto y la fertilización es menos eficaz (Arthur y Noaker, 1991), citados por Cruz (1998).

En el intervalo de parto se encuentra un promedio de 178 días para el primer tratamiento, 172 para el segundo, 173.5 para el tercero y 175.6 para el cuarto, dando como resultado un aumento en el intervalo de parto en cada uno de los tratamientos, salvo en la cabra No 11 del tratamiento 2 y la cabra No 6 del tratamiento 3 que están dentro del intervalo de inseminación aunque la cabra 6 murió, pero mediante la necropsia se comprobó que estaba gestante y que el producto tenía en promedio una edad de dos meses, que coincide con la fecha de inseminación artificial. La edad del producto fue determinada en base al tamaño del feto y la medida de los cotiledones (Sivachelvan, *et.al.*, 1996)

Las cabras que presentaron estro post-inseminación artificial fue mas largo en promedio para los tratamientos 1 y 2 que para los tratamientos 3 y 4, mostrando que las cabras con inseminación intracervical emplearon un mayor tiempo de recuperación para el siguiente estro que las cabras con inseminación intra-úterina. Aunque en el tratamiento 3 la cabra No 3 presento adherencias al momento de la inseminación la cabra No 10 requirio de cirugía al igual que la cabra No 7 del tratamiento 4, de estas tres cabras ninguna quedo gestante lo cual coincide con Maxwell (1984) citado por Arias (1989); de igual manera esto es aplicable para los tratamientos 3 y 4.

Se valoraron las características fenotípicas de los cabritos aunque solo dos presentaron las características del macho Alpino, se descarta la paternidad de este por la fecha de parición y por que las características que predominaban eran de la madre y no del padre. Solo una cabra parió dentro de la fecha de parto estimada en la inseminación artificial y las características fenotípicas del cabrito coincidieron con las del macho Alpino.

CONCLUSIONES

A través de la revisión bibliográfica y en base a los resultados obtenidos en el proyecto piloto, llegamos a las siguientes conclusiones:

- La competición espermática no solamente incluye a los machos en la carrera para fertilizar el ovúlo de una hembra, si no también incluye a esta última como factor determinante en la descendencia y no debe de tomarse como un simple receptáculo.
- Existen muchos factores que tienen influencia en la competición espermática, de los cuales podemos agruparlos de la siguiente manera:

Externos

- Medio Ambiente: Existen especies animales, vegetales, e insectos, que en diferentes épocas del año activan sus ciclos reproductivos, ya sea por estímulos como luz, humedad, calor entre otras.

Internos

Cabe aclarar que nos referimos a los organismos en si.

- Especie: Cada ser vivo se ha adaptado a su medio ambiente de diferente manera conforme la naturaleza se lo ha pedido, por eso entre individuos de la misma especie puede haber diferencias reproductivas notables.
- Raza: Los individuos de las misma especie tienen características que los distinguen unos de otros, dando origen a las razas; pero desde el punto de vista reproductivo también existen estas diferencias, haciendo razas más prolíficas unas de otras.
- Sexo: Como ya mencionamos, tanto las hembras como los machos e individuos hermafroditos, se debe tomar en cuenta que son individuos que tienen ciertos mecanismos que influyen en la competencia espermática y no deben de tomarse como receptáculos vacíos.
- Edad: Influye sobre el porcentaje de fertilidad, elección de los machos o de las hembras y eficiencia reproductiva, dependiendo de la especie.
- Nutrición: Aumentando o disminuyendo los porcentajes de fertilidad.
- Número de partos: Aumentando o disminuyendo la cantidad de gametos viables entre otras cosas.
- Tamaño: En ciertas especies el tamaño del individuo es importante en la elección de la pareja reproductiva pues al parecer da ciertas ventajas que son desconocidas

- Patrones de comportamiento: La manera de actuar de los individuos de cada especie con su pareja reproductiva, al parecer ofrece ventajas competitivas en la lucha por dejar descendencia; 1

Directos

Aquí mencionaremos los elementos que están relacionados con la competición espermática relacionados con los machos.

- Tamaño testicular: Entre mayor masa testicular mayor producción de espermatozoides por lo que las probabilidades de tener descendencia se incrementan, aunque existen especies en que los ciclos de espermatogénesis se reducen, produciendo más espermatozoides que los que tienen mayor masa testicular.
- Glándulas accesorias: En algunas especies, se ha comprobado la influencia del líquido glandular como elemento decisivo en la competición espermática pero en mamíferos no se han hecho experimentos que determinen que dicho líquido no influye en la competición entre espermatozoides.
- Tamaño y forma del pene: Tiene importancia por la colocación del semen en el aparato reproductor de la hembra, así como sacar espermatozoides de otros machos o desplazarlos hacia lugares menos factibles para ser empleados por la hembra.
- Tamaño y forma espermática: Entre mayor tamaño tiene un espermatozoide más probabilidades tiene de fertilizar un óvulo, por el simple hecho de que tiene un nado más rápido que los otros espermatozoides, pero a cambio se reduce el tiempo de vida media de este y el número de espermatozoides.
- Concentración espermática. Un gran número de espermatozoides viables en el tracto reproductor femenino, proporciona mayores probabilidades de obtener descendencia.

Hembras

- Cervix: Es la primera barrera de filtración de espermatozoides en las especies que tienen eyaculación en la vagina, por lo que es un órgano que requiere investigarse más.
- Utero: La actividad contractil del miometrio es de importancia en el transporte espermático, pues si no se da este los espermatozoides reducen su avance.
- Oviducto: Mecanismos de corriente y contracorriente que eliminan los espermatozoides que no tienen la capacidad para seguir avanzando.
- Ovarios: Los espermatozoides detectan la cantidad de progesterona y factores quimiotácticos que existen en cada ovario y por lo tanto la cantidad de óvulos que serán liberados, por lo que solamente un número de espermatozoides se liberan de los reservorios y buscan los óvulos liberados.

BIBLIOGRAFIA.

Alcock, J. Postinsemination associations between males and females in insects: the mate-guarding hypothesis. CAB Abstrac (resumen) (1994)

Anderson, M. y Iwasa, Y. Selection Sexual. TREE. vol. 11. No. 2, pp. 53 -58. 1996.

Arias, C.L.N. Efecto sobre la fertilidad del deposito intraúterino del semen congelado de carnero, impulsado a presión con aire o gas carbónico. FES-C. UNAM (1989)

Baker, Robin. Guerras de Espermas, Infertilidad, Conflictos Sexuales y otras Batallas de Alcoba. Edivision. México 1997.

Birkhead, P. R. Sperm Competition: Evolutionary Causes and Consecuences. Reprod. Fertil. Dev. vol. 7: pp. 755-775. 1995

Birkhead, T. R.; Moller A. P. Sexual selection and the temporal separation of reproductive events: sperm storage data from reptiles, birds and mammals. CAB Abstrac. (resumen) (1993)

Birkhead, T. R.; Moller A. P. Why do male birds stop copulating while their partners are still fertile?. CAB Abstrac. (resumen)(1993)

Bramwell, R. K. y Howarth. Cross-Reactivity of Sperm - Binding Proteins from Chicken, Turkey and Duck Oocytes. Poultry Science, vol. 71: pp 1927-1932. 1992

Cooc, P., A.; Harvey, I. F.; Parker, G. A. Predicting variation in sperm precedence. CAB Abstrac (resumen) (1997)

Cruz, G.S. Catedra de reproducción y genética en ovinos y caprinos (Efecto del nivel de glicerol sobre las características espermáticas en semen congelado de carnero) FES-C. UNAM (1998)

Darwin, C. El origen de las especies. Editorial Planeta. 1992

Evans, G. y Maxwell, W.M.C. Salomon's Inseminación artificial de ovejas y cabras. Acribia . España 1990 p.p. 100-101,109

García, E. Modificaciones al Sistema Climático de Koppen. UNAM. 1973.

Ganong, W.F. Fisiología médica. Manual Moderno. Decimacuarta edición. 1995

Gage M. J. G.; Stockley, P. Parker, G. A. Effects of alternative male mating strategies on characteristics or sperm production in the Atlantic salmon (*Salmo solar*): theoretical and empirical investigarions. CAB Abstrac. (resumen) (1995).

Gilchrist, A.S. y Partridge, L.. Male Identity and Sperm Displacement in *Drosophila melanogaster*. J. Insect Physiol. Vol. 41. No. 12, pp 1087-1092 , 1995.

Gomendio, M. y Roldan , E. R. S. Mechanisms of Sperm Competition: Linking Physiology and Behavioural Ecology. TREE. vol. 8: pp. 95 -100. 1993.

Gonzalez, S. R. ; Efecto de la ergonovina y la oxitocina sobre el transporte espermático y fertilidad en ovejas con estro sincronizado en inseminación con semen congelado. Cuautitlán Izcalli, Edo. De México (1989).

Gowaty, P. A. Architects of sperm competition. TREE. vol. 9: pp 160- 162. 1994.

Grajales, L.H., Trejo G. A. y Benites G. A. Efecto del tipo de progestageno y la dosis de la PMSG sobre la fertilidad en cabras lecheras después de sincronizar el estro e inseminar con semen fresco diluido o semen congelado importado. Memorias de la VI reunión nacional sobre caprinocultura. Colegio de Posgraduados San Luis Potosí México p.115-118. 1990

Hafez, E.S.E. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. Interamericana McGraw-Hill. México 1987.

Haig, D; Bergstrom, C. T. Multiple mating, sperm competition and meiotic drive. CAB Abstract (resumen) (1995).

He. Y.; Miyata, T. Variations in sperm number in relation to larval crowding and spermatophore size in the armyworm, *Pseudaletia separata*. CAB abstract (resumen) (1997).

Hunter, R. H. F. Ovarian control of very low sperm/egg ratios at the commencement of mammalian fertilisation to polyspermy. CAB Abstract (resumen) (1996).

Hunter, M. G. ; Picton H. M. ; Biggs, C.; Mann G. E.; Mc Neilly, A. S.; Foscroft, G. R. Periovarian endocrinology in high ovulating *Meishan* sows. CAB Abstract (resumen) (1996).

Hunter, R. H. F. Significance of the epithelial crypts at the bovine utero-tubal junction in the pre-ovulatory phase of sperm regulation. CAB abstract (resumen) (1995).

Johnson, J. Estadística elemental. De. Trillas. México. 1980.

Joly, D. y Lachaise, D. Polymorphism in the Sperm Heteromorphic Species of the *Drosophila obscura* Group. J. Insect. Physiol. vol. 40. pp 933-938. 1994.

Lachmann, A. D. Sperm transfer during copulation in five *Caproica* species (Diptera: Sphaeroceridae). CAB Abstract (resumen) (1997).

Lamunyon, C. W. y Ward, S. Sperm precedence in a hermaphroditic Nematode (*Caenorhabditis elegans*) is due to competitive superiority of male sperm *Experientia* vol. 51: pp. 817- 823. 1995.

Lemoine R.J., Amaro S.F., Trejo G.A. Proyecto piloto de transferencia exitosa de tecnología reproductiva para inducir el estro posparto e inseminación artificial con semen congelado en explotaciones caprinas extensivas en el municipio de Villa Juárez , San Luis potosi . Memorias de XI reunion nacional de caprinocultura. Universidad Autónoma Chapingo, México p.217-220. 1996.

McDonald,L.E. Endocrinología Veterinaria y Reproducción Interamericana McGraw-Hill. México 1989.

Moore , C. L. y Wong, L. Copulatory Behavior, Reproduction, and Sperm Competition in Two Strains of Male Rats. *Physiol. & Behav.* vol. 51, pp. 569-573. 1992.

Neria, V. J. ; Solar, P. B; Arsenio, J. Comparación entre la motilidad y morfología de los espermatozoides antes y después de la descongelación de muestras obtenidas con vagina artificial y electroeyaculador. FES-C UNAM. (1984).

Nichol , R.; Hunter, R. H.F ; Cooke G.M Oviduct fluid pH intact and unilaterally ovariectomized pigs. *CAB Abstract.* (resumen) (1997).

Nichol , R.; Hunter, R. H.F.; Lamirande, E. ; Gagnon, C.; Cooke. G. M. Motility of spermatozoa in hydrosalpingeal and follicular fluid of pigs. *CAB Abstract.* (resumen) (1997).

Otronen, M. Variation in sperm precedence during mating in male Flies, *Dryomyza anilis*. *CAB Abstract* (resumen) (1997).

Perez, R: M:A: Aspectos no patológicos que afectan la eficiencia reproductiva en las cabras. Tesis Lic. FES-Cuautitlán. UNAM. 1981.

Pérez,M.,Mendoza,M.G.,Mena L.R., LunaM.,J., Romano,M.C. Análisis Cuantitativo de Linfocitos Totales y Subpoblaciones T (CD4 ,CD8) en el Endometrio de Cabras Prepuberes y Primaras Inducidas al Estro. Memorias del XII Reunión Nacional Sobre Caprinocultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Noviembre de 1997.

Saavedra,S.G. y Torres, V.A.J.Comparación de dos Progestagenos para sincronizar en cabras servidas alpinas, servidas a las 24 y 36 horas después de detectado el estro utilizando semen congelado el primer servicio y fresco en el segundo. FES-C, 1990.

Santos, Y. Arbiza A. Producción de caprinos. AGT. editor S:A: México 1986 p.p. 47-74.

Simmons, L. W. , Llorens, T. , Schinzig , M. , Hosken, D. & Craig , M. Sperm competition selects for male mate choice and protandry in the bushcricket, *Requena verticalis* (Orthoptera: Tettigoniidae). Anim. Behav. , vol. 47 : pp 117-122. 1994.

Siva J. M. T.; Tsubaki Y. ; Jothy, M. T. Siva. Sperm competition and sperm precedence in the dragonfly *Nanophya pygmaea*. CAB Abstract. (resumen) (1994).

Siva, J. M.; Blake, D. E.; Thompson, J.; Ryder, J.J. Short and long-term sperm precedence in the beetle *Tenebrio molitor*: a test of the "adaptive sperm removal Hypothesis" CAB Abstract. (resumen) (1996).

Sivachelvan M. N.; Ghali Ali M. ; Chibuzo G. A. Foetal age estimation in sheep and goats. Small Ruminant Research., vol. 19: p.p. 69-76. 1996.

Stockley, P. Sexual conflict resulting from adaptations to sperm competition. CAB Abstract (resumen) (1997)

Stockley, P.; Gage, M. J. G.; Parker, G. A.; Moller A. P. Sperm competition in fishes: the evolution of testis size and ejaculate. Cab Abstrac. (resumen) (1997).

Uhl, G.; Huber, H. B. A.; Rose. W. Male pedipalp morphology and copulatory mechanism in *Pholcus phalangioides* (Fuesslin, 1775) (Aracneae, Pholcidae). CAB AbstracT. (resumen) (1995).

Ward, P. *. Females influence sperm storage and use in the yellow dung fly *Scathophaga stercoraria* (L.). Behav. Ecol. Sociobiol. 32 , pp. 313- 319. 1993.

Wendell, N. , Ejaculate size in bushcrickets: the importance of being large. CAB Abstract (resumen) (1997).

Yasui, Y. Adaptive control of copulation duration by males under sperm competition in the mite, *Macrocheles muscaedomesticae*. CAB Abtract. (resumen) (1994).

Yasui, Y. Sperm competition and the significance of female multiple mating in the predatory mite *Parasitus fimetorum*. CAB Abstract. (resumen) (1997).