

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia

PRESENCIA DE LA HEMBRA, ESTACIÓN DE COLECCIÓN Y ORDEN DE EXTRACCIÓN, EN LA LIBIDO Y CALIDAD DE SEMEN EN CONEJOS

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

JUAN NOGUEZ ESTRADA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

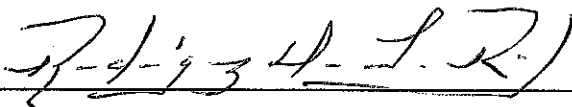
Noviembre de 2004

Chapingo, Estado de México

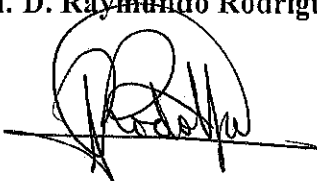
**PRESENCIA DE LA HEMBRA, ESTACIÓN DE COLECCIÓN Y
ORDEN DE EXTRACCIÓN, EN LA LIBIDO Y CALIDAD DE
SEMEN EN CONEJOS**

Tesis realizada por Juan Noguez Estrada bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

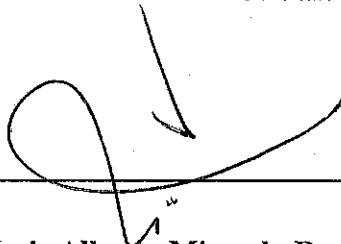
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR: 

Ph. D. Raymundo Rodríguez De Lara


ASESOR: _____

Ph. D. Rodolfo Ramírez Valverde


ASESOR: _____
Dr. Luis Alberto Miranda Romero

DEDICATORIAS

A mi esposa Ma. Guadalupe Camarillo Montoya. Por compartir parte de su vida conmigo y por su apoyo incondicional para realizar mis estudios de maestría. Gracias por todo.

A mi hija Arisai. Por que a pesar de su corta edad me ha comprendido y tolerado. Gracias por darme alegría paciencia y amor.

A mis Padres, Porfirio Noguez Martínez e Inocencia Estrada López. Como muestra de agradecimiento y apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mis hermanas: Juana, Eusebia, Maria, Felipa, Juliana, Juana y Carmen. Por estar siempre a mi lado y apoyarme en todo momento.

A mis compañeros y amigos del posgrado por compartir momentos y experiencias. Muy especialmente a mi compadre Alfredo, a Socorro, Alviter, Checo 35, Martín, Toño, Rafa, Tino, Lola y Miñón. Por apoyarme y brindarme su amistad.

A todos mis familiares y amigos que siempre me han alentado a seguir adelante en busca de nuevas metas.

A todos ellos Simplemente Gracias.

“Todo lo que pidas en plegaria, con fe lo recibirás” (Mateo, 21:22).

Juan Noguez

AGRADECIMIENTOS

A *Dios*, por darme la oportunidad de superarme cada día más, por darme fuerza y coraje para alcanzar mis metas.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por que una vez más me ha brindado su apoyo para alcanzar lo que ayer era un sueño.

Al Posgrado en Producción Animal del Departamento de Zootecnia, por brindarme la oportunidad de ingresar a su programa de maestría.

Al Ph. D. Raymundo Rodríguez De Lara, por aceptar dirigir esta tesis, por su apoyo durante la fase experimental y por sus conocimientos transmitidos en el aula.

Al Ph D. Rodolfo Ramírez Valverde, por todo el apoyo que me brindó como coordinador del programa de maestría y como parte del comité asesor del presente trabajo de investigación.

Al Ph. D. José Alberto Miranda Romero, por sus acertadas sugerencias para mejorar la calidad de este trabajo.

Al Ph. D. José Guadalupe García Muñiz, por todo el apoyo brindado, principalmente en el área de estadística y por el interés mostrado para concluir de la mejor manera la presente tesis.

Juan Noguez

DATOS BIOGRÁFICOS

DATOS PERSONALES

Nombre: Juan Noguez Estrada
Fecha de nacimiento: 08 de marzo de 1972
Lugar de nacimiento: Santa María Batha, Municipio de Tezontepec de Aldama, Hidalgo.
Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

FORMACIÓN ACADÉMICA

1977-1983 Escuela Primaria Rural "Teodomiro Manzano", La Palma Hidalgo.
1983-1986 Escuela Secundaria Federal "David Noble", Mixquiahuala de Juárez Hidalgo.
1987-1990 Centro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales, Tezontepec de Aldama Hidalgo
1991-1992 Propedéutico en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx.
1992-1996 Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx.
2002-2003 Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

1997-1998 Asesor Técnico del grupo PROVAME A.C. para los proyectos ovinos aprobados por FONAES en la región Valle del Mezquital
1999-2001 Asesor Técnico del Programa Elemental de Asistencia Técnica, Tezontepec de Aldama, Hidalgo

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIAS	Iii
AGRADECIMIENTOS	Iv
DATOS BIOGRÁFICOS	V
CONTENIDO	Vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	Ix
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	2
CAPÍTULO 2	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Aspectos generales de la fertilidad	5
2.2 Pubertad	5
2.3 Espermatogénesis	6
2.4 Producción de semen	7
2.4.1 Colección de semen	7
2.4.2 Pruebas de calidad de semen	8
2.5 Libido	9
2.6 Factores que afectan la calidad del semen	11
2.6.1 Raza	11
2.6.2 Edad	12
2.6.3 Diámetro testicular	12
2.6.4 Ritmo de colección	13
2.6.5 Época de procreación	14
2.6.6 Efecto de la temperatura	14
2.6.7 Efecto del fotoperiodo	15
2.6.8 Efecto de la nutrición	16
2.6.9 Interacción social y sexual	17
2.6.9.1 Efecto de las hembras sobre los machos	18
2.6.9.2 Las feromonas	19
LITERATURA CITADA	21
CAPÍTULO 3	25
Presencia de la hembra, estación de colección y orden de extracción, en la libido y calidad de semen en conejos	26

RESUMEN	27
ABSTRACT	28
INTRODUCCIÓN	29
MATERIALES Y MÉTODOS	30
Animales y manejo	30
Variables analizadas	31
Análisis estadístico	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
Libido	39
Volumen	40
Concentración	42
Motilidad	43
Porcentaje de espermatozoides vivos normales	44
Porcentaje de espermatozoides vivos anormales	45
Porcentaje de espermatozoides muertos normales	47
Porcentaje de espermatozoides muertos anormales	47
CONCLUSIONES	50
AGRADECIMIENTOS	50
REFERENCIAS	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Características generales del eyaculado del conejo	9
2. Niveles de significancia para las variables: libido, volumen, concentración, motilidad, porcentaje de espermatozoides vivos normales, vivos anormales, muertos normales y muertos anormales	36
3. Medias de cuadrados mínimos para libido y calidad de semen en conejos en relación a raza, tratamiento, estación y orden de extracción	37
4. Medias de cuadrados mínimos para libido y calidad de semen en conejos en relación a las interacciones raza por tratamiento, raza por estación, raza por orden de extracción y tratamiento por estación	38

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Efecto de la interacción de la raza por la estación en la libido de conejos machos	40
2. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el volumen del eyaculado.	41
3. Efecto de la interacción del tratamiento por la estación en el volumen del eyaculado	42
4. Efecto de la interacción del tratamiento por la estación en la concentración de espermatozoides	43
5. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el porcentaje de espermatozoides vivos normales.	45
6. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el porcentaje de espermatozoides vivos anormales.	46
7. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el porcentaje de espermatozoides muertos anormales.	48
8. Efecto de la interacción del tratamiento por la estación en el porcentaje de espermatozoides muertos anormales.	49

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

El manejo reproductivo actual que se práctica en las granjas cunículas, requiere del uso eficiente de los animales reproductores. El macho participa con el 50% del material genético y condiciona el rendimiento reproductivo de 10 hembras en promedio en monta natural, y de 25 a 30 con técnicas de inseminación artificial (IA). El uso de la IA en las granjas de México cada vez es más frecuente, ya que disminuye los costos de producción, es indispensable para los nuevos sistemas de manejo en bandas, influye en el control sanitario y mejora genética, y no depende de los efectos del ambiente (receptividad en las hembras y producción de espermatozoides en el macho). Además, permite la sincronización de los partos. El éxito de la IA depende en gran parte del manejo adecuado de las machos para la obtención de eyaculados de alta fertilidad.

Numerosos trabajos muestran que la expresión de este comportamiento depende, de factores internos (como la tasa de secreción de ciertas hormonas y el estado nutricional), del ambiente físico (fotoperiodo, temperatura, etc.) y social (estructura del grupo) (Fabre-Nys, 1999). Entre los factores externos que más afectan la producción y calidad del semen se encuentra el fotoperiodo, la temperatura, el nivel nutricional del animal, el estado sanitario, etc. La raza y la edad son factores intrínsecos del animal (Palmieri, 2004).

El ritmo de colección influye en la calidad del semen. Para dosificar los machos de acuerdo con la calidad de su esperma, las tomas deben obtenerse cada dos días y en número de dos, separadas diez minutos, en estas condiciones se alcanza la máxima repetibilidad para las características del semen de conejos (Alvaríño, 1993). Por otro lado, si el periodo de tiempo entre las extracciones es muy largo, se producen alteraciones por el almacenamiento en el epidídimo, obteniendo eyaculado con motilidad disminuida o con elevados porcentajes de espermatozoides morfológicamente anormales (Palmieri, 2004).

La calidad del estímulo, determinada por la intensidad del comportamiento sexual de los machos, influye en la respuesta de las hembras. Los machos sexualmente activos son más eficientes para estimular la actividad sexual de las hembras (Véliz *et al.*, 2004). La privación del contacto social precoz, puede también afectar en el comportamiento sexual, es posible en un macho sexualmente inactivo por realizar una actividad sexual reciente, reestimar su

interés sexual por la presentación de una nueva hembra (Fabre-Nys, 1999). Además, los machos expuestos a hembras continuamente, mejoran algunas características del semen tales como un aumento en la motilidad, mayor volumen y mejor apariencia (López y Hernández, 2000).

La poca información que se tiene de los factores que intervienen en la actividad sexual del conejo utilizado para fines reproductivos repercute en su fertilidad, notándose en el número de gazapos nacidos en la explotación y por lo tanto en la baja rentabilidad de la actividad. El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la presencia de la hembra, estación de colección, orden de extracción en la libido y calidad de semen en dos razas de conejos.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales de la fertilidad

La reproducción es un proceso complejo que requiere la coordinación hormonal entre el macho y la hembra. La coordinación es a través del sistema nervioso y por hormonas secretas por glándulas especiales, estas hormonas son transportadas por la sangre al órgano sobre el cual tienen sus efectos. Estos efectos pueden ser cambiados en los órganos (tal como la estimulación de la ovulación) o bien, que una hormona estimule el órgano blanco a secretar una segunda hormona que en turno es transportada a otro órgano en donde tiene un efecto (Cheeke *et al.*, 1982).

La fertilización es uno de los fenómenos fisiológicos estudiados más intensamente. La fertilidad puede estar basada en una medida directa (a través de su progenie) o mediante variables correlacionadas como la motilidad del semen. El macho es responsable de múltiples gestaciones por año en servicio natural y de cientos o miles de gestaciones en inseminación artificial (IA). La importancia de estimar la fertilidad de los machos por medio de múltiples gestaciones y la habilidad de estimar la fertilidad del macho de manera más precisa que las hembras, da lugar a poner más énfasis en la evaluación de los machos (Foote, 2002).

2.2 Pubertad

La pubertad es la edad en la que el macho produce suficiente esperma para fecundar a una hembra. La edad a la pubertad está determinada por la raza, edad, peso corporal en función de la nutrición, índices de crecimiento anteriores y posteriores al destete, presencia de otro macho o hembra, y a factores del medioambiente como el clima, fotoperiodo, (Courrot, 1984; Hafez, 1989). Los conejos machos alcanzan la madurez sexual entre los cuatro y ocho meses de edad, dependiendo de la raza y el nivel de nutrición (Cheeke, 1982). El inicio de la pubertad se relaciona más estrechamente con el peso que con la edad (30 a 40% del peso adulto) (Hafez, 1989).

2.3 Espermatogénesis

La hormona folículo estimulante (FSH) y la testosterona son requeridas para el inicio de la espermatogenesis durante la maduración sexual. En animales inmaduros, la FSH aumenta el número de células de Sertoli, que causa hipertrofia testicular (Hadley, 1996).

La producción de hormonas y espermatozoides en el testículo, es controlado mediante los sistema nervioso y endócrino (glándulas) por medio del eje hipotálamo-hipófisis. El hipotálamo excreta los factores de liberación para las hormonas FSH y LH (hormona luteinizante), esta última actuarán sobre la hipófisis, la cual producirá hormona FSH que estimulará el crecimiento y diferenciación de las células seminales formadoras de espermatozoides. La LH actuará sobre la glándula intersticial provocando la secreción de la hormona masculina (testosterona), responsable de la ejecución de los caracteres sexuales secundarios masculinos (Palmieri, 2004).

Durante las primeras etapas del desarrollo embrionario, las células denominadas germinales primordiales se trasladan desde la región del saco de la yema del embrión hasta las gónadas indiferenciadas. Después de llegar a las gónadas fetales, se dividen varias veces antes de formar células especiales llamada gonocitos. En el macho, estos gonocitos parecen sufrir una diferenciación justo antes de la pubertad, y forman el tipo de espermatogonias AO de las cuales se originan otras células germinales. El tipo de espermatogonia A1 se divide progresivamente y forma A2, A3 y A4. El tipo A4 se divide nuevamente y da lugar a la espermatogonia intermedia (tipo In), hasta llegar al tipo B. Estos diferentes tipos de espermatogonias que se pueden identificar en cortes histológicos del epitelio seminífero son la base para la proliferación de la línea celular germinal (Hafez, 1989).

En el macho adulto el tiempo necesario para que se forme un espermatozoide a partir de una espermatogonia (espermatogénesis) es de 38 a 41 días. Desde el comienzo de la formación del espermatozoide, hasta su liberación en el epidídimo para su posterior salida, en el eyaculado, pasan alrededor de 45 días. Desde la cabeza del epidídimo hasta la cola del mismo, pasarán otros 9-14 días. Es en el epidídimo, donde el espermatozoide completa su maduración (Palmieri, 2004).

La producción diaria de espermatozoides se estima en 30 a 40 millones por gramo de testículo por día, con un total de 250 millones diariamente, con variaciones raciales y estacionales (Alvariño, 1993). El número de células espermáticas puede ser afectada por la raza, edad del macho y nivel de nutrición (Cheeke, 1982).

Durante el tránsito por el epidídimo, los espermatozoides sufren un proceso de maduración (reducción del acrosoma, desaparición de gotas citoplasmáticas). En este proceso juegan un papel primordial las secreciones epididimarias, en las cuales el espermatozoide adquiere motilidad y capacidad de fecundación. El paso por el epidídimo dura de ocho a diez días, con una permanencia de dos días en la cabeza, dos en el cuerpo y cinco a seis en la cola, con una progresión más rápida en la periferia que en el centro del tubo, de modo que en la cola se encuentran espermatozoides de diferentes edades y desarrollo. El recorrido en el epidídimo oscila entre 2 y 2.5 m (Alvariño, 1993).

2.4 Producción de semen

La cantidad y calidad del semen difieren según la estación del año (Hafez, 1972). En conejos, la testis produce de 50 a 250 millones de espermatozoides cada día. El número de espermatozoides producidos puede ser afectado por la raza, edad del macho y nutrición. La producción de espermatozoides inicia en la pubertad y es continua a lo largo de la vida reproductiva del macho (Cheeke *et al*, 1982)

2.4.1 Colección de semen

El semen se puede obtener del macho con una vagina artificial, por electroeyaculación o por manipulación, todos los métodos requieren entrenamiento (del personal y del semental) en un ambiente familiar para el macho. Se requiere de excitación y respuesta del macho por ver a una hembra en estro o a las feromonas femeninas expulsadas de un "marcador" o "maniquí" (Ruckebusch *et al*, 1994).

En el conejo, la extracción del semen se realiza en la jaula del macho, debido a que marca su territorio y no presenta rechazo alguno en la operación (Alvariño, 1993).

Para la recolección del semen se pueden introducir una coneja (receptiva o no) en la jaula

del macho, tendremos la vagina artificial preparada con agua caliente entre 48 y 55° C, dependiendo del tamaño y material de la vagina, y suficiente presión como para estimular al macho. El macho eyaculará ante el menor contacto con la superficie caliente. Si la temperatura o la presión son inadecuados, se prolongará la manipulación y difícilmente se tendrá éxito (Palmieri, 2004).

2.4.2 Pruebas de calidad de semen

Los espermatozoides sufren cambios en su maduración, durante los 10 a 15 días que dura su paso por el epidídimo. Los cambios de madurez en el espermatozoide dependen de las secreciones del epidídimo y del tiempo del transporte (Hafez, 1989). La célula espermática está diseñada para pasar a través del tracto reproductivo de la hembra, someterse por un proceso de capacitación, unirse a la zona pelúcida y penetrar el oocito. Afortunadamente las células espermáticas se obtienen fácilmente en gran número. El plasma seminal se pierde durante el transporte de espermatozoides en la hembra y se reduce considerablemente cuando el espermatozoide es mezclado para su uso en inseminación artificial (Foote, 2002).

Los conejos son animales de eyaculación bifásica, presentando una primera porción compuesta por un líquido traslúcido, viscoso, con pequeñas gotas de grasa y microcristales (gel). La segunda porción se compone por el líquido seminal y en su seno los espermatozoides. Las glándulas accesorias proporcionan la mayor parte del volumen del eyaculado que corresponde al líquido seminal y que contiene: Fructuosa (40mg/100ml); Ácido cítrico (110-150 mg/100ml); Inositol (30 mg/100ml); Gliserilfosforilcolina (210-370 mg/100ml) y numerosos iones (Na, K, P, Mg, Ca, Zn) (Alvaríño, 1993).

El carácter móvil de los espermatozoides proporciona un medio del que puede evaluarse su estadio fisiológico, pero por sí mismo no es un predictor seguro de la capacidad potencial de la fecundación. La necesidad de evaluar el semen para determinar sus características y definir su tasa de dilución permite descartar eyaculados de probable baja fertilidad así como detectar cualquier problema en la producción seminal (Vivanco, 1998).

La evaluación de la calidad del semen se compone de dos partes: en el examen macroscópico se estudia el volumen, color, consistencia, viscosidad, existencia de gel mediante la observación directa del eyaculado en el tubo colector. En el examen microscópico se evalúa la motilidad, concentración, y la presencia de anomalías (Alvariño, 1993). Las características generales del eyaculado del conejo de acuerdo a dos fuentes, son mostrados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales del eyaculado del conejo

Característica	Autor	
	(Battaglini <i>et al.</i> , 1992)	(Palmieri, 2004)
Volumen, ml	0.3 - 1.15	0.31 - 1.15l
pH	6.7 - 8.4	6.71 - 8.42
Motilidad espermática, %	55 - 90	55.3 - 90.2
Espermatozoides totales, millones/ml.	280 - 1050	280 a 1049

2.5 Libido

La libido o deseo sexual es un aspecto importante de la función reproductora del macho. La falta de libido puede ser hereditaria o se puede originar por trastornos psicógenos, desequilibrio endocrino o factores ambientales. Aun cuando las características seminales puedan ser satisfactorias, la fertilidad se puede ver afectada de manera adversa por falta de libido (Hafez, 1989). La libido (impulso psíquico o energía relacionada con el instinto sexual) y la correspondencia sexual general son de considerable importancia en la práctica de la cría y ganadería. La libido, no es una variable simple, y la actividad sexual es el fruto de procesos

motivacionales y consumatorios que no están necesariamente ligados. Además el comportamiento expresado depende de las condiciones externas y del comportamiento de las hembras, los criterios más frecuentemente utilizados en pruebas de mayor tiempo son el número o la proporción de hembras receptivas apareadas y, para las pruebas cortas, la frecuencia de eyaculación en un tiempo dado, la latencia de la eyaculación, o el periodo de tiempo del intervalo entre dos secuencias (Fabre-Nys, 1999).

La erección y la eyaculación son regulados a nivel de la médula espinal, tales reflejos son provocados en roedores y pequeños rumiantes por estimulación transrectal eléctrica para la colección de semen. El descubrimiento de la neurosecreción se relaciona con fenómenos cerca del hipotálamo y a las conexiones neurales (y vasculares) en el tálamo hipofisario. El hipotálamo sirve como órgano blanco para las hormonas hipofisarias y gonadales; es un integrador de estímulos exteroceptivos y es parte de un circuito de retroalimentación que controla la liberación de gonadotropinas.

Los patrones de copulación se controlan por vías complejas del sistema nervioso autónomo. La erección y eyaculación incluyen la coordinación cortical, primero activada por nervios autónomos sacros (parasimpáticos) para la erección y por medio del sistema simpático para eyaculación y secreciones de glándulas accesorias. También se provoca la eyaculación por estímulos que actúan en los receptores del pene (temperatura para el toro y carnero, presión para el garrón) (Ruckebusch *et al.*, 1994).

En conejos, la introducción vaginal y la eyaculación suceden con rapidez, en pocos segundos, después de 8 a 12 movimientos copulatorios rápidos para lograr la penetración, el empuje copulatorio es tan vigoroso que el macho cae hacia atrás, o de lado y puede omitir un chillido característico. La sustancia gelatinosa en el líquido eyaculado a menudo forma un tapón vaginal, el cual es expulsado unos minutos después de la cópula (Ruckebusch *et al.*, 1994; Hafez, 1989). La duración total de la intromisión, y por ende de la estimulación vaginal y cervical que recibe la hembra, es de tan sólo 200 milisegundos. Esta breve interacción entre los sexos es, suficiente para desencadenar en la hembra los complejos mecanismos neuroendocrinos responsables de la ovulación (Malpau y Chemineau, 1997).

2.6 Factores que afectan la calidad del semen

2.6.1 Raza

Las variaciones genéticas en la fertilidad puede ser el resultado de diferencias entre machos, hembras, o a las interacciones entre los dos. Las causas genéticas de infertilidad o subfertilidad incluyen anormalidades cromosomales tales como traslocación, y a variaciones cuantitativas (concentración, viabilidad de los espermatozoides). La heredabilidad para características de fertilidad en especies ganaderas normalmente es baja. En realidad muchos factores del medio ambiente, por ejemplo: edad, estado nutricional y sanitario, y la temperatura afectan la fertilidad. Hay variaciones genéticas cuantitativas, como evidencias por diferencias de raza y por baja heredabilidad (Bradford *et al.*, 1991). Algunos factores genéticos afectan específicamente a los machos, mientras que otros afectan a machos y hembras. Por ejemplo, la traslocación de cromosomas afecta a ambos, mientras que el síndrome de Klinefelter y la subsecuente infertilidad causado por el fenotipo es específico de los machos (Shah *et al.*, 2003)

El número de espermatozoides por eyaculado dependen de la raza del macho, uso reciente y nivel de estimulación (Cheeke, 1982). Mariscal (1990) reportó que la concentración de espermatozoides para la raza Nueva Zelanda Blanco fue de 157.3 y para la raza California fue de 123.7 millones por ml ($P < 0.01$). Así mismo, menciona que la apariencia del eyaculado mejoró cuando los conejos de la raza Nueva Zelanda Blanco fueron sometidos a un fotoperiodo de 16 horas luz (3.0 vs 2.5 en 8 Horas luz), mientras que machos California con 8 horas luz (3.6 vs 2.8 en 16 horas luz) responden mejor para esta característica.

Crimella *et al.* (1992) trabajaron en programas de inseminación artificial con dosis de semen monoespérmicas y heterospérmicas, encontrando una alta variabilidad de los eyaculados entre los tipos genéticos Nueva Zelanda Blanco, California, Leonado de Borgoña y Gris de Carmagnola, pero sin diferencias estadísticas entre sí. Mientras que Virag *et al.* (1992), trabajando con conejos California y Nueva Zelanda Blanco, concluyen que el genotipo produce diferencias significativas entre diferentes estirpes, pero también dentro de una estirpe.

Moya *et al.* (2002), evaluaron que los sementales de pelo oscuro (chinchilla) presentaron un volumen significativamente menor y una concentración espermática significativamente mayor que los de pelo blanco (California, gigante blanco y Nueva Zelanda Blanco).

2.6.2 Edad

El volumen medio y la concentración espermática aumentan con la edad. Se ha observado en machos de cinco meses o de más de ocho meses de edad, que el volumen pasa de 0.3 a 0.5 ml, y la concentración de 200 a 300 millones/ml (Alvariño, 1993). El volumen normal del eyaculado de un macho maduro oscila entre 0.4 a 1.5 ml, con un promedio de 0.7 ml (Cheeke, 1982).

En caso de monta natural, un macho viejo, en comparación con machos de 2 años, presenta menor fertilidad (Palmieri, 2004). Rodríguez (1995) recomienda que el ritmo de utilización de los machos debe ser de una a dos veces por semana en los menores de un año y de dos a tres veces por semana en los de mayor edad.

2.6.3 Diámetro testicular

En casi todos los mecanismos donde participa la nutrición sobre la reproducción, incluyen cambios en la secreción de gonadotropinas, que son las principales hormonas que controlan las gónadas. Esto es debido a que la frecuencia de pulsos de GnRH es un factor muy importante en el control del crecimiento testicular. Por lo tanto, el crecimiento en el tamaño testicular y la mayor producción de espermatozoides, están asociados con un incremento en la frecuencia de pulsos de LH y concentración de FSH.

El tamaño testicular determina la cantidad de esteroides sexuales en el torrente sanguíneo, controla las características sexuales secundarias y el comportamiento sexual y agresivo de los animales (Martín y Banchero, 1999). Carson y Amman (1972) mencionan que la producción de esperma está altamente relacionada con el peso testicular, encontrando que el peso de la testis fue significativamente menor ($P < 0.01$) en los meses de julio, agosto y septiembre que en los otros meses, y concluyen que el tamaño de la testis está influenciada por la estación, pero probablemente no por la frecuencia de eyaculación. Si el tamaño testicular es directamente

proporcional a la producción de espermatozoides, la utilización de suplementos nutricionales puede producir un incremento significativo en el potencial de fertilización (Fabre-Nys, 1999). El impacto genético de un semental superior se limita por la cantidad de espermatozoides que produce, lo cual está en función directa del tamaño de los testículos (Hafez, 1989).

2.6.4 Ritmo de colección

En programas de apareamiento natural, la frecuencia de servicio y la proporción de hembras asignadas para cada macho depende de la especie, edad, libido, fertilidad, nutrición del macho, duración de la estación de apareamiento y sistema de manejo (Hafez, 1989). Para dosificar los machos de acuerdo con la calidad de su esperma, las tomas deben obtenerse cada dos días y en número de dos, separadas diez minutos. En estas condiciones se alcanza la máxima repetibilidad para las características del semen de conejos (Alvariño, 1993). Un eyaculado por día o dos eyaculados cada dos días no parece tener efectos detrimentales en la calidad del semen, cuando se mantiene un programa reproductivo por periodos largos, sin embargo, día a día, las variaciones en la calidad del semen de algunos machos o de diferentes machos son grandes. Las variaciones en la calidad pueden también resultar en variaciones en la fertilidad que no están forzosamente relacionadas con la frecuencia de uso del conejo (McNitt, 1991).

Desde el comienzo de la formación del espermatozoide hasta su liberación en el epidídimo para su posterior salida en el eyaculado, pasan alrededor de 45 días. Desde la cabeza del epidídimo hasta la cola del mismo, pasarán otros 9-14 días. Es en el epidídimo, donde el espermatozoide completa su maduración. Por tanto, si las extracciones son muy seguidas, obtendremos espermatozoides morfológicamente inmaduros. Por otro lado, si las extracciones se espacian en demasía se producen alteraciones por el almacenamiento en este órgano, obteniendo eyaculado con motilidad disminuida o con porcentajes más elevados de espermatozoides morfológicamente anormales. Es por tanto importante, obtener un equilibrio entre extracciones (Palmieri, 2004).

Cuando se obtienen dos eyaculados consecutivos se observa que el segundo presenta mejores características en relación al primero (Mariscal, 1990), ya que se registra menos volumen, pero una mayor concentración y motilidad (Battaglini *et al.*, 1992; Alvariño,

1993). Cualitativamente las características del semen varían grandemente entre machos y también en el mismo macho. Por lo tanto es necesario llevar una selección precisa de algunos machos, evaluando al menos 20 muestras de semen por animal (Battaglini *et al.*, 1992).

2.6.5 Época de procreación

Una variación en el clima por época caracteriza la mayoría de los ambientes y, como consecuencia, los mamíferos tienen una tendencia a la estacionalidad. Un gran número de factores ambientales juntos afectan a los animales en cada instante, y las interacciones entre la dieta y los factores físicos como precipitación, humedad y temperatura, muchas veces resultan en un desafío complejo para el animal (Fabre-Nys, 1999). La época del año interviene directamente en la fertilidad debido a la baja calidad seminal de los machos durante la época de anestro y afecta de manera importante los niveles de prolificidad (Jaramillo, 2002).

Los conejos salvajes muestran un periodo definitivo de anestro y presentan variaciones estacionales en la capacidad reproductora. Entre los conejos domésticos, la duración del anestro varía en las colonias y en cada animal. Algunas hembras y machos son fértiles durante todo el año, pero la mayoría presenta anestro de uno a dos meses (Hafez, 1989). En el conejo doméstico, no existe un periodo tan delimitado, aunque se puede afirmar que los valores para volumen y concentración resultan máximos para los meses de marzo a junio, y mínimos al principio del otoño, por efecto de la duración de la luz natural (Alvariño, 1993; López y Hernández, 2000).

2.6.6 Efecto de la temperatura

Las temperaturas críticas son las temperaturas más bajas y las más altas a las cuales el animal puede mantener su temperatura corporal sin alterar su tasa metabólica basal; y al intervalo entre estas dos temperaturas se le llama la zona de confort o la zona de termo neutralidad donde el animal no tiene que usar mecanismos quimioregulatorios para ajustar su temperatura. Un pequeño incremento en la temperatura ambiental puede tener efectos drásticos sobre todos los aspectos de fisiología de un mamífero, incluyendo la reproducción (Fajersson, 1999).

En todos los mamíferos domésticos, la espermatogénesis se deprime a temperatura corporal (los testículos de los mamíferos deben mantenerse a una temperatura menor que la del cuerpo) (Hafez, 1989). La elevación de la temperatura de los testículos causa degeneración testicular, principalmente de las células internas de la pared de los túbulos seminíferos (De Alba, 1970). Las temperaturas extremadamente altas tienen un efecto inmediato en la espermatogénesis, al contrario de lo que sucede con las temperaturas moderadamente altas que pueden prolongarse durante varios meses antes de que presenten un efecto retardado. La fertilidad se restaurará si la testis y el escroto regresan a su estado normal antes de que ocurra la degeneración total. La baja fertilidad del semen producido por algunas especies de animales de granja durante el verano, es atribuido a la inhabilidad del cuerpo a mantener los mecanismos de enfriamiento de la testis. La elevación de la temperatura dentro de la testis será suficiente para detener la espermatogénesis (Bearden y Fuquay, 2000).

La zona de confort de los conejos es de 15 a 18°C, siendo más tolerantes a bajas temperaturas. Temperaturas superiores a los 30°C afectan la reproducción y el crecimiento (Moody, 1991). La existencia de una “esterilidad de verano” asociada a altas temperaturas (superiores a 27°C), está ligada a un aumento del pH del semen, caídas de la motilidad espermática, mayor porcentaje de espermatozoides anormales y descenso de la libido (Alvariño, 1993). El periodo de colección tiene una considerable influencia en las características del semen y el número de espermatozoides/ml es significativamente menor durante los meses cálidos (Battaglini *et al.*, 1992). En los conejos, la espermatogénesis cesa tres semanas después de transferir los testículos al abdomen (Hafez, 1972).

2.6.7 Efecto del fotoperiodo

El fotoperiodo influye en la actividad reproductiva mediante mecanismos complejos y variados que comunican al sistema visual con las gónadas. La información luminosa es tratada sucesivamente por vías nerviosas (nervio óptico-glándula pineal); endocrinas (melatonina), de nuevo nerviosas (unión de la melatonina-neuronas LHRH-érgicas) y finalmente de nuevo endocrinas (LHRH y gonadotropinas). Además, la acción del fotoperiodo en la actividad reproductiva es un modelo de interacción entre los ritmos endógenos de periodos diferentes: un ritmo circadiano de secreción de melatonina que permite sincronizar un ritmo circanual de

reproducción donde las diferentes fases se caracterizan por frecuencias variables de liberación de LHRH (Malpaux y Chemineau, 1997).

El tiempo de generación del espermatozoides de primer orden y el tiempo de la siguiente maduración resultan relativamente inafectados por el fotoperiodo; sin embargo, si afecta la cantidad de espermátidas que sobreviven al completo proceso de maduración (Hafez, 1972). En borregos, los factores medioambientales como el fotoperiodo, alimentación, altitud y temperatura con frecuencia son reportados por ser responsables de una infertilidad temporal. El efecto de la estación y el efecto del fotoperiodo generalmente son aceptados como factores de importancia para la calidad del semen en caballos (Courot, 1984).

Los conejos son muy sensibles a su medio ambiente. Algunos cambios en la estación es casi inmediatamente reflejado en su comportamiento y reproducción. La alta humedad de la estación de lluvias acompañada por una alta temperatura del ambiente afectó la calidad del semen de la raza Soviet Angora y el único periodo cuando los eyaculados fueron aptos para la crianza es de la mitad del invierno hasta la primera semana del verano (Mathur, 1989). Sin embargo, Mariscal (1990) no encontró diferencias importantes en cuanto a las características reproductivas de los eyaculados en conejos entre los fotoperiodos de 8 y 16 horas luz por día.

Saad y Maurel (2001) evaluaron el efecto de los implantes subcutáneos de melatonina (dos meses) en la actividad testicular (volumen de la testis y testosterona en plasma) en conejos silvestres, en condiciones de temperatura y fotoperiodo natural, y mencionan que la actividad testicular es estimulada por los días cortos en el otoño y que la melatonina reactiva el eje reproductivo en esta especie.

2.6.8 Efecto de la nutrición

Los factores nutricionales desempeñan papeles vitales en los diversos acontecimientos fisiológicos que se presentan con la adquisición de la madurez sexual y en el curso de los procesos reproductivos (Maynard *et al.*, 1981). Las recomendaciones nutricionales para el crecimiento de los machos es similar a las de las hembras (Bearden y Fuquay, 2000). En la mayoría de las especies la desnutrición demora la pubertad tanto en hembras como en machos, y cuando es severa puede producir cambios regresivos en los órganos sexuales después de

haber alcanzado su completo desarrollo. En el macho, la desnutrición disminuye la cantidad y vigor de los espermatozoides y puede causar la supresión de la espermatogénesis y afectar la libido (Maynard *et al.*, 1981; Bearden y Fuquay, 2000). La sobrealimentación durante el periodo de crecimiento puede también ser desventajosa. Se ha observado que la gordura extrema interfiere con la producción de espermatozoides fértiles en el macho, y disminuye la libido (Maynard *et al.*, 1981). El macho maduro se le puede restringir a una dieta de mantenimiento, alimentando por encima de la dieta de mantenimiento no aumentará la libido o la producción de espermatozoides, pero si puede acortar la vida reproductiva del macho (Bearden y Fuquay, 2000).

Aunque las necesidades nutritivas de los conejos machos son diferentes del resto de los animales de la granja, al presentar un porcentaje muy pequeño en el consumo global no compensa la utilización de un alimento específico para ellos. Normalmente se les suministra el alimento de las hembras lactantes de forma restringida, proporcionando alrededor de 150 g diarios, dependiendo del estado de carnes del animal (De Blas, 1989). Nizza *et al.* (2000) encontraron que la suplementación con lisina aumentó ($P<0.05$) la concentración de espermatozoides vivos de 77.1 a 78.2 % en el segundo eyaculado. Además, el libido fue mayor ($P<0.05$) en el grupo alimentado con dietas suplementadas con lisina (20.8 vs. 21.3 segundos y 22.6 vs 23.1 segundos para el primer y segundo eyaculado, respectivamente). La suplementación con metionina mejoró ($P<0.05$) la motilidad del segundo eyaculado y aumentó ($P<0.01$) el libido en el primero. Aún así, en las cantidades examinadas no hacen apreciable la modificación en la calidad o la fecundidad del semen de los conejos machos.

2.6.9 Interacción social y sexual

La eficacia de la copulación de machos y hembras se mejora con la experiencia. Los contactos individuales antes de la pubertad pueden tener un efecto organizador de las subsecuentes actividades sexuales. En machos jóvenes la erección y eyaculación son débiles y el volumen de semen es pequeño (Hafez, 1989). La privación del contacto sexual precoz, puede también tener efectos negativos en el comportamiento sexual (Fabre-Nys, 1999).

Los machos que se crían en aislamiento, en algún momento mostrarán un comportamiento de celo normal, cuando sean alojados con una hembra que está en estro. Sin embargo, la

interacción social con otros animales de la misma especie antes de la pubertad será muy importante para mantener un alto nivel de actividad sexual (Bearden y Fuquay, 2000). La hembra de mono rhesus y el macho criados en aislamiento no pueden llevar a cabo los ajustes posturales necesarios para la copulación (Hafez, 1989). En berracos y carneros criados en aislamiento o en grupos unisexuales se han observado efectos perjudiciales en la libido en forma subsecuente (Hafez, 1989; Bearden y Fuquay, 2000). La separación de los dos sexos no es necesaria para estimular la actividad reproductiva de las hembras al someterlas al efecto macho (Véliz *et al.*, 2004).

2.6.9.1 Efecto de las hembras sobre los machos

El efecto de la estimulación externa en el comportamiento sexual es más intenso en el macho que en la hembra. Los estímulos externos inespecíficos pueden conducir a actividad sexual durante el periodo refractario que sigue a la eyaculación en machos de libido baja (Hafez, 1989). La actividad sexual en los machos aumenta cuando las hembras están receptivas (Hafez, 1989). La presencia continua de los machos puede prolongar el final de la estación sexual. En cabras, la actividad sexual de los machos inicia antes que el de las hembras, éstas responden al efecto macho algunas semanas antes de iniciar el ciclo anual de reproducción, debido probablemente al mejoramiento del comportamiento sexual de los machos y al incremento de la producción de feromonas en este periodo (Véliz *et al.*, 2004). Es posible en un macho sexualmente activo realizar una actividad sexual reciente para estimular su interés sexual por la presentación de una nueva hembra (efecto Coolidge). La excitación previa a la colecta de esperma en el toro, provoca un cambio en la composición del semen, incrementa el número de espermatozoides de 2 a 7 millones por eyaculado (Fabre-Nys, 1999).

López y Hernández (2000) evaluaron que los conejos machos expuestos continuamente a hembras, manifestaron un mejor libido y mostraron un aumento en la motilidad de las células espermáticas, mayor volumen y mejor apariencia del eyaculado con respecto a los machos que no fueron expuestos a las hembras. El nivel de actividad sexual de un macho disminuye con el tiempo de contacto con una hembra; lo que se logra cambiando la compañera, su aspecto o las condiciones del ambiente, provocan una nueva estimulación del interés sexual del macho (Fabre-Nys, 1999).

2.6.9.2 Las feromonas

Las feromonas son exo-hormonas que tienen un efecto comunicador entre los individuos. Tiene como función limitar el territorio de cada individuo adulto y reconocerse mutuamente. Los machos dominantes son muy activos en este aspecto, este hecho tiene un gran papel en el comportamiento selvático. En numerosas especies, el apareamiento del macho está acompañado por la secreción de muchas hormonas, específicamente oxitocina y LH. El incremento de LH provoca una secreción de testosterona. En el carnero, una estimulación parcial de estas secreciones, puede provocarse por el contacto con las hembras sin apareamiento, pero el efecto es menos regular y depende probablemente, en parte, del estado motivacional del macho que es difícil de medir (Fabre-Nys, 1999). La testosterona actúa sobre el área anterior hipotálamo-preóptico. Con un estímulo de una hembra en estro le produce al macho el comportamiento sexual (Houp, 1991).

Los mensajeros químicos liberados por un miembro de una especie puede ser percibido por un segundo miembro de la misma especie y producir una respuesta fisiológica. Estas feromonas son hidrocarburos volátiles que interactúan con receptores de las células epiteliales olfatorias del animal destinatario. Los nervios aferentes del SNC entonces causan una respuesta rápida de conducta o una respuesta fisiológica lenta afectando la liberación de gonadotropinas de la pituitaria (Hadley, 1996).

La introducción del macho y hembras en estro a grupos de ovejas y cabras anéstricas, provoca una respuesta ovulatoria sincronizada en los primeros tres a cinco días siguientes (efectos de macho y hembra). La señal del macho es principalmente feromonal y desencadena un incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de la LH. El porcentaje de hembras ovulando en respuesta al olor del macho es menor que cuando existe contacto físico total con el semental, esto último indica que otros sentidos están involucrados en la mediación del fenómeno, pero ninguno es indispensable (Álvarez y Zarco, 2001). Los factores exteroceptivos que estimulan la conducta sexual de la hembra en orden decreciente son: presencia del macho, olor del macho, sonidos emitidos por el macho y ver al macho (Hafez, 1989). La calidad del estímulo, determinada por la intensidad del comportamiento sexual de los machos, influye en la respuesta de las hembras. Los machos sexualmente activos, son más

eficientes para estimular la actividad sexual de las hembras (Véliz *et al.*, 2004).

Una vez que la hembra se encuentra cercana al macho, el mismo hace contacto mediante olfateos o lamidos, dirigidos hacia la región ano-genital (Fabre-Nys, 1999). El sentido del olfato es muy importante, ya que las feromonas se encuentran en la orina de hembras que están en estro, estimulando a los machos (Bearden y Fuquay, 2000). A pesar de la frecuencia de estos comportamientos, no parece tener una función determinante en la continuación de la frecuencia. En el carnero, la privación del sentido olfativo desorganiza la fase precopulatoria y disminuye su selectividad, pero no evita la identificación de las hembras en estro (Fabre-Nys, 1999).

El sentido de la vista es muy importante para una respuesta de celo en machos, que en hembras. La importancia de este sentido está relacionado más a la excitación sexual que a otro aspecto del celo. Para los toros es probablemente la señal más importante en la excitación inicial (Bearden y Fuquay, 2000). La pérdida de la visión que suprime esta información a distancia, disminuye notablemente la probabilidad del toro o del carnero de identificar y de responder a las compañeras receptivas (Fabre-Nys, 1999).

El sentido del oído es aparentemente menos importante que en hembras, sin embargo, los efectos de todos los sentidos son aditivos (Bearden y Fuquay, 2000).

Las feromonas no sólo son producidas por las glándulas del mentón sino también lo hacen mediante las glándulas anales e inguinales (Palmieri, 2004). Las glándulas del mentón del conejo tienen como función la producción de feromonas con las cuales delimitan su territorio, el animal dominante tendrá una mayor actividad de frotamiento de estas glándulas, al realizar un manejo basado en la observación del frotamiento se logra aumentar la receptividad y fertilidad de las conejas (Acevedo *et al.*, 1998).

LITERATURA CITADA

- Acevedo, M.J., E.A. González y G.A.E. González 1998. Comportamiento de la fricción de la barbilla en conejos Nueva Zelanda Blanco, como un indicador para mejorar la fertilidad. En: Memorias del Primer Congreso de Cunicultura de las Américas. Montecillos, México. Pag. R38-R41.
- Álvarez, R.L. y Q.L.A. Zarco. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. Vet. Méx., 32 (2):117-129.
- Alvariño, M. R. 1993 Control de la Reproducción en el Conejo. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España, 137 pp.
- Battaglini, M., C. Castellini and P. Lattaioli. 1992. Variability of the main characteristics of rabbit semen. J. Appl. Rabbit Res. 15:439-446.
- Bearder, H.J. and J.W. Fuquay. 2000. Applied Animal Reproduction. Fifth Edition. Prentice Hall. USA. 382 p.
- Bradford, G.E., J.L. Spearow. and J.P. Hanrahan. 1991. Reproduction in Domestic Animals. Fourt Edition. Academic Prees. Pp 605-637.
- Carson, W.S. and R.P. Amman. 1972. The male rabbit. VI. Effects of eyaculation and season on testicular size and function. J. Anim. Sci. 34: 302-309.
- Cheeke, P.R., N.M. Patton and G.S. Templeton. 1982. Rabbit Production. The Interstate Printers and Publishers, inc. Danville, Illinois. 238 p.
- Courot, M. 1984. The Male in Farm Animal Reproduction. Martinus Nuhoff Publishers. Nouzilly, France, pp 2-23.
- Crimella, C., F. Luzi and G. Grillo. 1992. The reproductive efficiency of bucks in different genotypes. J. Appl. Rabbit Res. 15: 480-488.
- De Alba, J. 1970. Reproducción y genética animal. Editorial. Sic. Turrialba, Costa Rica.

- De Blas, C. 1989. Alimentación del Conejo. Ediciones Mundi-Prensa. 2da. Edición. Madrid, España. 175 p.
- Fabre-Nys, C. 1999. Comportamiento sexual en los mamíferos domésticos. En: Memorias del Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Pequeños Rumiantes. Montecillos, México. Pp 59-77.
- Fajersson, P. 1999. Influencias del ambiente en la reproducción de rumiantes. En: Memorias del Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Pequeños Rumiantes. Montecillos, México. Pp 1106-127.
- Foot, R.H. 2002. Fertility estimation: a review of past experience and future prospect. Anim. Reprod. Sci. 75: 119-139.
- Jaramillo, E. G. 2002. Inseminación Artificial intrauterina con semen fresco en ovejas primiparas (F1) Dorper-Pelibuey . Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 77 p.
- Hadley, M.E. 1996. Endocrinology. Fourth Edition. Ed. Prentice Hall. USA. 518p
- Hafez, E.S.E. 1972. Adaptación de los Animales de Granja. Ed. Herrero. 1ª ed. México D.F. Pp 117-120.
- Hafez, E.S.E. 1989. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 5ª Edición. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México, D.F. 693 p.
- Houpt, K.A. 1991. Domestic Animal Behavior. Iowa State University Press/Ames. Second Edition. Iowa, USA. Pp 104-115.
- López, L.C.A. y R.R Hernández. 2000. Efecto de la presencia de hembras, mes de colección y orden de eyaculado sobre la libido y calidad del semen en conejos. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. Pp 74.

- Martín, G.B. y H.G. Banchemo. 1999. Nutrición y reproducción en rumiantes. En: Memorias del Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Pequeños Rumiantes. Montecillos, México. Pp 27-58.
- Malpau, B. y Chemineau P. 1997. Neuroendocrinología del fotoperíodo en el control de la actividad reproductiva. En seminario internacional: "Tópicos avanzados en reproducción animal". Montecillos, México. Pp 23-35.
- Mathur, A.K., Srivastava R.S., Rawat P.S. y Kalra D.B. 1989. Season variation in the semen characters of soviet angora rabbit bucks. *Animal Reproduction Science*. 19:293-298.
- Mariscal, A., D.V. 1990. Efecto del fotoperíodo sobre el comportamiento reproductivo en conejos machos Nueva Zelanda blanco y California. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. Pp 93.
- Maynard, L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz y R.G. Warner. 1981. Nutrición Animal. 4ª Edición. Ed McGraw-Hill. México D.F. Pp 511-514.
- McNitt, J.I. 1981. Effect of frequency of service of male rabbits on fertility. *Journal of Applied Rabbit Research*. 4: 18-19.
- Moody, E.G. 1991. Raising Small Animals. Farming Press. New York, USA. Pp 148-149.
- Moya, A., R. Castillo, C. Milanés Y A. Pérez. 2002. Introducción de la tecnología de inseminación artificial en la cunicultura comercial cubana. En: Memorias del Segundo Congreso de Cunicultura de las Américas. La Habana, Cuba. Pp 297-300.
- Nizza, A. C., Di Meo and S. Taranto. 2000. Effect of lysine and methionine on libido and semen characteristics of bucks. *World Rabbit Science*. 8(4):181-184.
- Palmieri D. 2004. El macho en la inseminación artificial. <http://www.engormix.com/nuevo/prueba/areadecunicultural.asp?valor=38>

- Rodríguez De L. R. 1995. Efecto del programa de reproducción sobre el comportamiento reproductivo y productividad anual en ritmos pre-intensivos e influencia de la luz sobre los machos. Boletín de Cunicultura. 18 (77): 16-30.
- Ruckebusch, Y., L. P. Phaneuf y R. Dunlop. 1994. Fisiología de Pequeñas y Grandes Especies. Ed. Manual Moderno. México D.F. 861p.
- Saad, B.M.M. and D. Maurel. 2001. Effects of bilateral ganglionectomy and melatonin replacement on seasonal rhythm of testicular activity in Zembra Island Wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Reproduction. 121:323-329.
- Shah, K., G. Sivapalan, N. Gibbons, H. Tempest, and D.K. Griffin. 2003. The genetic basis of infertility. Reproduction. 126:13-25.
- Véliz, D.F.G., M.L.I. Vélez, C.J.A. Flores, M.G. Duarte, M.P. Poindron, B. Malpoux y S.J.A. Delgadillo. 2004. La presencia del macho en un grupo de cabras anéstricas no impide su respuesta estral a la introducción de un nuevo macho. Vet. Méx. 35 (3): 169-168.
- Virag, Gy., M. Mézes, and A. Bersányi. 1992. Effect of independent factors on semen characteristics in rabbits. J. Appl. Rabbit Res. 15: 499-504.
- Vivanco, M. W. 1998. Inseminación artificial en ovinos. En: Memorias del Seminario Internacional Aplicaciones de Técnicas Biotecnológicas en la Reproducción de Ovinos y Caprinos. Chapingo México, 26-29 de octubre. Pp 135-194.

CAPÍTULO 3

**PRESENCIA DE LA HEMBRA, ESTACIÓN DE COLECCIÓN Y ORDEN DE
EXTRACCIÓN, EN LA LIBIDO Y CALIDAD DE SEMEN EN CONEJOS ***

**INFLUENCE OF THE PRESENCE OF DOES, COLLECTION SEASON, AND
ORDER OF EJACULATION ON LIBIDO AND SEMEN QUALITY**

Juan Noguez Estrada¹, Raymundo Rodríguez De Lara^{2§}, Rodolfo Ramírez Valverde², José
Guadalupe García-Muñoz², L. Alberto Miranda Romero²

* Para ser sometido a la Revista Veterinaria México.

¹Parte de la tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal del primer autor.

²Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5
Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Chapingo, México.

[§] Autor a quien se le deberá enviar correspondencia.

E-mail: cocicema@prodigy.net.mx, jgarciam@taurus1.chapingo.mx

RESUMEN

PRESENCIA DE LA HEMBRA, ESTACIÓN DE COLECCIÓN Y ORDEN DE EXTRACCIÓN, EN LA LIBIDO Y CALIDAD DE SEMEN EN CONEJOS

Noguez E. J., Rodríguez D. L. R., Ramírez V. R. García M. J. G. y Miranda R. L. A.

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la presencia continua de hembras, estación de colección y orden de eyaculado sobre libido y características del semen en dos razas de conejos. 16 conejos Nueva Zelanda Blanco (NZB) y 14 California (CAL) entre 5.5 y 6 semanas de edad fueron asignados igualmente dentro de cada raza a uno de dos tratamientos: (1) exposición continua de hembras; (2) no exposición a hembras (testigo). El diseño experimental fue completamente al azar y la unidad experimental fue el macho. La primera colección se realizó cuando los machos alcanzaron en promedio 3500 g de peso vivo. La colección de semen se efectuó dos veces por semana durante invierno, primavera y verano. En un día de colección se obtuvieron dos eyaculados de cada macho. Se encontró un efecto significativo de tratamiento en la concentración espermática ($P < 0.01$) y motilidad ($P < 0.001$). Los machos expuestos a hembras produjeron más espermatozoides (358.6 ± 16.5 millones/ml) que los machos sin hembras (284.3 ± 16.5) y la motilidad fue mayor en el primer caso que en el segundo (63.5 vs 51.5 %). Los machos NZB resultaron en un mayor ($P < 0.001$) porcentaje de espermatozoides vivos (84.9 ± 1.1) comparado con conejos CAL (77.4 ± 1.1). El libido fue influenciado por la estación de colección ($P < 0.01$), en verano el deseo sexual fue mejorado (1.53 ± 0.05) y durante la primavera el libido fue más bajo (1.65 ± 0.05). El volumen fue más alto ($P < 0.001$) en invierno (0.63 ± 0.02) que en primavera (0.46 ± 0.02) pero la concentración mostró ser mucho más baja en invierno (263.4 ± 13.6) que en verano (358.5 ± 14.1). El porcentaje de espermatozoides vivos normales fue más alto en invierno (83.3 ± 0.8) y más bajo en verano (77.0 ± 0.9). El orden de eyaculado fue un factor importante ($P < 0.01$) influenciando todas las características del semen. El segundo orden de eyaculado fue mejor que el primero.

Palabras clave: efecto hembra, deseo sexual, características del semen, conejos.

ABSTRACT

INFLUENCE OF THE PRESENCE OF DOES, COLLECTION SEASON, AND ORDER OF EJACULATION ON LIBIDO AND SEMEN QUALITY

The aim of this study was to evaluate the influence of the continuous presence of does, the collection season, and the order of ejaculation on libido and semen characteristics in two rabbit breeds. Sixteen New Zealand White (NZW) and 14 California (CAL) bucks between 5.5 and 6 weeks of age were assigned, equally within each breed, to one of two treatments: (1) continuous doe exposure; (2) no doe exposure (control). The experimental design was completely randomized and the experimental unit was the male rabbit. The first semen collection was carried out when the bucks reached an average body weight of 3500 g. Semen collection was carried out twice a week during the winter, spring and summer season periods. Two ejaculations were obtained from each buck on each collection day. There was a significant effect of treatment on sperm concentration ($P < 0.01$) and motility ($P < 0.001$). Males exposed to does produced more spermatozoa (358.6 ± 16.5 millions/ml) than bucks without doe exposure (284.3 ± 16.5) and motility was greater in the former than in the latter (63.5% versus 51.5%). The NZW bucks had a higher ($P < 0.001$) percentage of live spermatozoa (84.9 ± 1.1) as compared with CAL bucks (77.4 ± 1.1). The libido was influenced by the season in which the collection took place ($P < 0.01$). In the summer, the sexual desire increased (1.53 ± 0.05) and during the spring the libido was lowest (1.65 ± 0.05). The volume was higher ($P < 0.001$) in the winter (0.63 ± 0.02) than in the spring (0.46 ± 0.02), but concentration was shown to be much lower in the winter (263.4 ± 13.6) than in the summer (358.5 ± 14.1). The percentage of live normal spermatozoa was highest in the winter (83.3 ± 0.8) and lowest in the summer (77.0 ± 0.9). The order of ejaculation was an important factor ($P < 0.001$) influencing all the semen characteristics. Second order ejaculation was better than the first order collection.

Key words: doe effect, sexual desire, semen characteristics, rabbits.

INTRODUCCIÓN

El éxito de la cunicultura depende en gran parte de la eficiencia reproductiva que se tenga en la granja. La Inseminación Artificial (IA) es una herramienta que permite mejorar la rentabilidad de ésta actividad. Las características de un macho destinado para monta natural son distintos de las de un macho seleccionado para su uso en programas de IA. Desde el punto de vista reproductivo, es deseable que los machos sean los más fértiles, con altos volúmenes de eyaculado, y con semen limpio y de buena calidad (evaluación macro y microscópica).

El genotipo produce diferencias significativas entre diferentes estirpes, pero también dentro de la misma estirpe (Virag *et al.*, 1992). Aunque Crimella *et al.*, (1992) no reportaron diferencias estadísticas entre genotipos para la calidad del semen.

Los conejos son muy sensibles a cambios del medio ambiente, algunos cambios en la estación son casi inmediatamente reflejados en su comportamiento y en la reproducción (Mathur *et al.*, 1989). En general, la época más favorable corresponde a la primavera y verano por cambios principalmente en el largo del fotoperiodo (Hafez, 1989). Sin embargo, Mariscal (1990) no observó diferencias en el comportamiento reproductivo de conejos con 8 ó 16 horas luz / día. Battaglini *et al.*, (1992) observaron que las altas temperaturas (meses de verano), disminuyeron el comportamiento reproductivo de los conejos y el segundo eyaculado tuvo menos volumen con menor número de espermatozoides por mililitro. Las variaciones en la calidad pueden resultar en variaciones en la fertilidad, que no necesariamente están relacionados directamente con la frecuencia de uso.

Los estímulos precoitales auditivos, olfatorios, táctiles y visuales son importantes para coordinar la conjunción de los dos sexos (Ruckebusch *et al.*, 1994). En ratones, la exposición de una hembra a un macho estimula la secreción de LH, lo que provee un estímulo de cortejo y comportamiento copulatorio (Hadley, 1996). La introducción del macho y hembras en estro a grupos de ovejas y cabras anéstricas, provoca una respuesta ovulatoria sincronizada en los primeros tres a cinco días siguientes (efecto macho y hembra). La señal del macho es principalmente feromonal y desencadena un incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH. El porcentaje de hembras ovulando en respuesta al olor del macho es menor que

cuando existe contacto físico total con el semental, esto último indica que otros sentidos están involucrados en la mediación del fenómeno, pero ninguno es indispensable. La poca evidencia existente, parece indicar que el mecanismo que desencadena el efecto hembra es el mismo (Álvarez y Zarco, 2001).

López y Hernández (2000) observaron que la presencia continua de hembras en machos mejoró ($P < 0.01$) la libido y el volumen de los eyaculados. Además que los segundos eyaculados, extraídos cuatro horas después del primero, son de mayor calidad, ya que se mejoran las características del semen, con excepción del volumen que es significativamente mayor en los primeros. Por otro lado, Mariscal (1990) encontró que los primeros eyaculados fueron de mayor volumen ($P < 0.01$) que los segundos.

En México existe poca información relacionada con el manejo del conejo macho destinado a la producción de semen, así como el efecto que esto puede tener en la eficiencia reproductiva de los mismos. El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la presencia de la hembra, estación de colección y orden de extracción, en la libido y calidad de semen en dos razas de conejos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales y manejo

Se utilizaron 30 conejos machos, 16 de la raza Nueva Zelanda Blanco (NZB) y 14 de la raza California (CAL), con un peso promedio de 3.5 kg y edades que oscilaron entre 5.5 y 6.0 meses. Cada macho se consideró como una unidad experimental, y se asignaron aleatoriamente a los tratamientos dentro de raza. Los animales se alojaron en un complejo de 30 jaulas equipadas con bebedero automático y comederos tipo tolva, dispuestas en un sistema en línea o Flat-Deck, las conejas prepúberes se mantuvieron en el mismo complejo en jaulas restringidas junto a los machos. La unidad de alojamiento contaba con aislamiento térmico y la ventilación se controló por ventanas de tipo guillotina. Recibieron un régimen de luz natural (11-12 h). Se aplicó un programa de higiene y desinfección de instalaciones y equipo como medida preventiva a los reproductores. Los animales se desparasitaron externamente con Lindano antes de iniciar el experimento. La desparasitación, se repitió cada mes durante

la fase experimental. La remoción del excremento y lavado de piso se realizó una vez por semana. Los conejos recibieron 140 g de alimento comercial en forma de pelet de la marca conejina N.*

Dentro de cada raza, la mitad de los animales fueron expuestos continuamente (permanecieron todo el tiempo en una jaula frente a las hembras) a conejas prepubescentes (T1) mientras que la otra mitad no se expusieron a las hembras (T2). Previo al inicio del trabajo, los conejos se adiestraron a montar a la coneja usando una vagina artificial, con la ayuda de una coneja de apoyo. Antes de la colección de semen, se registró el peso. La primera colección para el T1 fue a las 8:00 h, los días martes y jueves de cada semana; la segunda tres horas después. Para el T2 los días de colección fueron miércoles y viernes. Una vez extraídas las muestras, se colocaron en baño maría a una temperatura de 31°C, para después evaluar sus características macroscópicas.

Variables analizadas

Las variables analizadas correspondieron a las características del semen como volumen, concentración, motilidad, porcentaje de espermatozoides vivos normales y vivos anormales, porcentaje de espermatozoides muertos normales y anormales, y libido. Esta última característica se evaluó al momento de la extracción utilizando una escala de 1 a 4 puntos. La calificación de 1 representó un comportamiento muy bueno de libido dado por la disposición y rapidez del semental para efectuar la monta, 2 representó un comportamiento bueno, el conejo corteja y huele a la coneja, 3 representó un comportamiento regular, el conejo corteja y realiza movimientos giratorios alrededor de la coneja, y una calificación de 4 se asignó a los sementales que no efectuaron la monta. Durante las extracciones de semen se registró en cada semental las variables de diámetro testicular (cm), utilizando un vernier, y peso vivo (g),

*Purina®

utilizando una báscula electrónica **. También se registraron las variables categóricas presencia (1) y ausencia (2) de gel y apariencia del semen, codificándose esta última con cuatro categorías: cremoso (1), lechoso (2), acuoso-lechoso (3) y acuoso (4). El Volumen (V) fue medido a través del tubo colector graduado de la vagina artificial.

La motilidad del semen se estimó con el método de Tesh y Test (Roca, 1987) basado en valores y porcentajes. La concentración de espermatozoides en el eyaculado se estimó utilizando una pipeta para eritrocitos absorbiendo semen (0.5) y una solución espermicida (solución salina con formol) hasta la marca 101, se colocó una gota de muestra en la cámara de recuento de Neubauer y se contaron los espermatozoides de los cinco cuadros menores, el número total de espermatozoides por ml se obtuvo multiplicando el total de espermatozoides encontrados en los cinco cuadros por 10^7 .

El porcentaje de espermatozoides normales y anormales en el eyaculado se determinó colocando una gota de semen teñida con eosina (5%)- nigrosina (10%), se colocó una gota de semen y dos o tres del colorante en una portaobjetos precalentado a 37°C, se procedió a realizar el frotis al microscopio (1000x), se determinaron las normalidades (VN= vivos normales, MN= muertos normales) y anormalidades (VA= vivos anormales, MA= muertos anormales). El conteo fue de 100 espermatozoides. La fase experimental tuvo una duración de 5 meses (17 febrero- 18 julio), comprendiendo las estaciones de Invierno, primavera y verano (32, 92 y 28 días, respectivamente), realizándose 34 evaluaciones por tratamiento.

**Torrey®

Análisis estadísticos

Para las variables cuantitativas y las reportadas en porcentaje, antes de realizar el análisis de varianza se sometieron a un análisis de normalidad utilizando el procedimiento UNIVARIATE de SAS (SAS, 2001). A las variables en porcentaje se les aplicó la transformación raíz cuadrada del arco seno (Steel y Torrie, 1981). Los análisis de varianza se realizaron para las variables en la escala original y la transformada, y se compararon los niveles de significancia. Dado que no se observaron diferencias en los niveles de significancia de ambas formas de analizar la información, los análisis se efectuaron con las variables en la escala original.

Las variables categóricas presencia de gel y apariencia del semen se analizaron utilizando el procedimiento GENMOD de SAS (SAS, 2001).

Para las variables correspondientes a las características del semen como volumen, concentración, motilidad, porcentaje de espermatozoides vivos normales y vivos anormales, porcentaje de espermatozoides muertos normales y anormales, y libido, el modelo estadístico ajustado fue el siguiente:

$$Y_{ijklmn} = \mu + \text{RAZA}_i + \text{TRATAMIENTO}_j + \text{ESTACIÓN}_k + \text{EXTRACCIÓN}_l + \text{MACHO(RAZA)}_m + \text{RAZA*TRATAMIENTO}_{ij} + \text{RAZA*ESTACIÓN}_{ik} + \text{RAZA*EXTRACCIÓN}_{il} + \text{TRATAMIENTO*ESTACIÓN}_{jk} + b_{1:1}(\text{DT} - \mu_{\text{DT}}) + b_{2:1}(\text{DT} - \mu_{\text{DT}})^2 + b_{1:2}(\text{PV} - \mu_{\text{PV}}) + b_{2:2}(\text{PV} - \mu_{\text{PV}})^2 + e_{ijklmn}$$

Donde:

Y_{ijklmn} : la variable de respuesta correspondiente,

μ : media general,

RAZA_i : efecto fijo de la i -ésima raza del semental (i = California, Nueva Zelanda),

TRATAMIENTO_j: efecto fijo del j-ésimo tratamiento (j = con hembra, sin hembra)

ESTACIÓN_k: efecto fijo de la k-ésima estación del año (j = invierno, primavera, verano),

EXTRACCIÓN_l: efecto fijo de la l-ésima extracción (l = primera, segunda),

MACHO(RAZA)_{im}: efecto aleatorio del m-ésimo semental (m = 1,..., 30) anidado en la i-ésima raza, NID (0, σ^2_M),

RAZA*TRATAMIENTO_{ij}: efecto fijo de la interacción raza por tratamiento,

RAZA*ESTACIÓN_{ik}: efecto fijo de la interacción raza por estación,

RAZA*EXTRACCIÓN_{il}: efecto fijo de la interacción raza por extracción,

TRATAMIENTO*ESTACIÓN_{jk}: efecto fijo de la interacción tratamiento por estación,

DT: diámetro testicular del macho (cm) en el día de la extracción como covariable,

b_{1:1}, b_{2:1}: coeficientes de regresión lineal y cuadrático asociados con el diámetro testicular del macho (cm) en el día de la extracción,

b_{1:2}, b_{2:2}: coeficientes de regresión lineal y cuadrático asociados con el peso vivo (g) del macho en el día de la extracción,

μ_{DT} : media estimada de la covariable diámetro testicular del macho (cm) en el día de la extracción,

μ_{PV} : media estimada de la covariable peso vivo (g) del macho en el día de la extracción y

e_{ijklmn}: efecto residual, NID (0, σ^2_e).

Para cada variable analizada las interacciones dobles y covariables no significativas ($P > 0.05$) se removieron del modelo final. Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS, 2001). En ambos casos se obtuvieron las

esperanzas de los cuadrados medios para determinar el término del denominador para la prueba de significancia de cada uno de los efectos en los modelos respectivos. Para los efectos del modelo que no tuvieron prueba exacta se recurrió al criterio de Satterthwaite (SAS, 2001), para obtener los grados de libertad aproximados para el denominador del estadístico F . Para este fin, la opción `ddfm = satterth` se adicionó al enunciado del modelo del procedimiento MIXED de SAS (Littell *et al.*, 1996). Para los efectos principales y las interacciones se obtuvieron las medias de cuadrados mínimos, y para las covariables DT y PV se obtuvieron los estimadores insesgados de los coeficientes de regresión respectivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los niveles de significancia para cada una de las características del semen y los efectos de raza, tratamiento, estación, extracción y sus interacciones.

Cuadro 2

NIVELES DE SIGNIFICANCIA¹ PARA LAS VARIABLES: LIBIDO, VOLUMEN, CONCENTRACIÓN, MOTILIDAD, PORCENTAJE DE ESPERMATOZOIDES VIVOS NORMALES, VIVOS ANORMALES, MUERTOS NORMALES Y MUERTOS ANORMALES EN DOS RAZAS DE CONEJOS

SIGNIFICANCE LEVELS¹ FOR THE VARIABLES LIBIDO, VOLUME, CONCENTRATION, MOTILITY, PERCENT OF NORMAL ALIVE, ABNORMAL ALIVE, NORMAL DEAD, AND ABNORMAL DEAD SPERMATOZOAO OF TWO BREEDS OF RABBITS

Effect	Semen characteristics				Spermatozoa (%)			
	Libido	Volume (ml)	Concentration (million/ml)	Motility (%)	Alive		Dead	
					Normal	Abnormal	Normal	Abnormal
Breed (B)	NS	NS	NS	NS	***	**	***	***
Treatment (T)	*	NS	**	***	***	***	**	**
Season (S)	**	***	***	NS	***	***	***	***
Extraction (E)	NS	***	***	***	***	***	***	**
B*T	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B*S	*	**	NS	NS	***	***	NS	***
B*E	NS	NS	NS	NS	**	*	NS	NS
T*S	NS	**	**	**	*	NS	NS	*
LW ^a , linear	---	---	---	---	---	**	*	---
LW ^a , quadratic	---	---	---	---	---	**	---	---
TD ^b , linear	*	***	---	---	***	---	***	---
TD ^b , quadratic	*	---	---	---	***	---	***	---

¹ * = P < 0.05; ** = P < 0.01; *** = P < 0.001; NS = P > 0.05.

^a LW = Male live weight (kg) at day of collection as a covariable

^b TD = Male testicular diameter (cm) at day of collection as a covariable

Las medias para libido y características del semen en relación a raza, tratamiento, estación y orden de extracción son mostradas en el Cuadro 3.

Cuadro 3

MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA LIBIDO Y CALIDAD DE SEMEN EN CONEJOS EN RELACIÓN A RAZA, TRATAMIENTO, ESTACIÓN Y ORDEN DE EXTRACCIÓN

LEAST SQUARE MEANS FOR LIBIDO AND SEMEN QUALITY CHARACTERISTICS OF TWO BREEDS OF RABBITS

Effect	Libido	Semen characteristics			Spermatozoa (%)			
		Volume	Concentration	Motility	Alive		Dead	
		(ml)	(Million/ml)	(%)	Normal	Abnormal	Normal	Abnormal
Breed								
California	1.69±0.07	0.53±0.03	315.9±17.0	57.0±1.3	77.4±1.1	12.9±0.9	7.0±0.4	2.0±0.09
New Zealand	1.50±0.06	0.51±0.03	327.0±16.0	58.0±1.2	84.6±1.0	8.8±0.9	5.1±0.3	1.3±0.09
Treatment								
With doe	1.47±0.07	0.51±0.03	358.6±16.5	63.5±1.3	84.9±1.1	8.0±0.9	5.4±0.3	1.5±0.09
Without doe	1.73±0.07	0.52±0.03	284.3±16.5	51.5±1.3	77.1±1.1	13.7±0.9	6.7±0.3	1.9±0.09
Season								
Winter	1.61±0.05	0.63±0.02	263.4±13.6	56.4±1.1	83.3±0.8	9.6±0.7	5.8±0.3	1.5±0.09
Spring	1.65±0.05	0.46±0.02	342.5±11.8	57.6±0.9	82.8±0.8	8.9±0.6	6.9±0.2	1.2±0.07
Summer	1.53±0.05	0.46±0.03	358.5±14.1	58.5±1.1	77.0±0.9	14.1±0.7	5.5±0.3	2.3±0.09
Extraction								
First	1.60±0.05	0.57±0.02	300.2±12.2	52.6±0.9	79.4±0.8	11.4±0.6	6.8±0.3	1.8±0.07
Second	1.59±0.05	0.47±0.02	342.7±12.2	62.4±0.9	82.7±0.8	10.2±0.6	5.3±0.3	1.6±0.07

Las medias para las interacciones entre factores para las mismas variables son presentadas en el Cuadro 4.

Cuadro 4

MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA LIBIDO Y CALIDAD DE SEMEN EN CONEJOS EN RELACIÓN A LAS INTERACCIONES RAZA POR TRATAMIENTO, RAZA POR ESTACIÓN, RAZA POR ORDEN DE EXTRACCIÓN Y TRATAMIENTO POR ESTACIÓN

LEAST SQUARE MEANS OF LIBIDO AND SEMEN CHARACTERISTICS FOR THE INTERACTIONS BREED BY TREATMENT, BREED BY SEASON, BREED BY ORDER OF EXTRACTION, AND TREATMENT BY SEASON OF

Interaction	Libido	Semen characteristics			Spermatozoa (%)				
		Volume (ml)	Concentration (Million)	Motility (%)	Alive		Dead		
					Normal	Abnormal	Normal	Abnormal	
Breed*Treatment ^a									
CAL with doe	1.63±0.10	0.55±0.05	332.1±24.0	63.1±1.9	82.2±1.6	9.0±1.3	6.2±0.5	1.8±0.13	
CAL without doe	1.76±0.10	0.50±0.05	299.6±24.0	50.8±1.8	72.7±1.6	16.9±1.3	7.8±0.5	2.2±0.13	
NZ with doe	1.30±0.09	0.48±0.04	385.1±22.3	63.9±1.7	87.6±1.5	6.9±1.2	4.6±0.5	1.1±0.12	
NZ without doe	1.70±0.09	0.55±0.04	269.0±22.4	52.2±1.7	81.6±1.5	10.6±1.2	5.6±0.5	1.5±0.12	
Breed*Season									
CAL Winter	1.71±0.08	0.66±0.04	250.6±20.0	55.5±1.5	81.2±1.2	10.2±1.0	6.8±0.5	1.7±0.13	
CAL Spring	1.71±0.07	0.47±0.03	339.0±17.2	57.6±1.3	80.5±1.1	9.7±0.9	7.8±0.4	1.3±0.09	
CAL Summer	1.67±0.08	0.44±0.04	357.9±21.0	57.8±1.6	70.6±1.3	18.9±1.0	6.5±0.5	3.1±0.13	
NZ Winter	1.51±0.07	0.60±0.03	276.2±18.6	57.2±1.4	85.4±1.1	8.9±0.9	4.8±0.4	1.2±0.11	
NZ Spring	1.60±0.07	0.45±0.03	345.9±16.1	57.7±1.2	85.1±1.1	8.1±0.9	6.0±0.4	1.2±0.09	
NZ Summer	1.39±0.07	0.49±0.03	359.0±19.0	59.2±1.5	83.3±1.2	9.3±0.9	4.6±0.4	1.5±0.12	
Bred*Extraction									
CAL First	1.70±0.07	0.58±0.03	287.3±17.9	52.5±1.4	75.3±1.2	13.8±1.0	7.8±0.4	2.1±0.10	
CAL Second	1.69±0.07	0.47±0.03	344.4±17.9	61.4±1.4	79.6±1.2	12.1±1.0	6.3±0.4	1.9±0.10	
NZ First	1.50±0.07	0.56±0.03	313.0±16.7	52.7±1.3	83.4±1.1	9.1±0.9	5.9±0.4	1.4±0.09	
NZ Second	1.50±0.07	0.46±0.03	341.1±16.7	63.4±1.3	85.7±1.1	8.4±0.9	4.3±0.4	1.2±0.09	
Treatment*Season									
With doe Winter	1.48±0.07	0.62±0.03	276.5±19.2	61.2±1.5	86.5±1.2	7.1±1.0	5.3±0.4	1.4±0.12	
With doe Spring	1.49±0.07	0.47±0.03	387.7±16.7	64.7±1.3	86.6±1.1	6.0±0.9	6.2±0.3	1.0±0.09	
With doe Summer	1.43±0.08	0.45±0.04	411.6±20.0	64.7±1.5	81.6±1.2	10.7±1.0	4.7±0.4	2.1±0.13	
Without doe Winter	1.73±0.07	0.65±0.03	250.3±19.3	51.6±1.5	80.1±1.2	12.0±1.0	6.3±0.4	1.6±0.12	
Without doe Spring	1.82±0.07	0.44±0.03	297.2±16.7	50.5±1.3	79.0±1.1	11.7±0.9	7.6±0.3	1.5±0.09	
Without doe Summer	1.63±0.08	0.48±0.04	305.4±19.9	52.3±1.5	72.3±1.2	17.5±1.0	6.3±0.4	2.5±0.13	

^aCAL= California; NZ= New Zealand White.

Libido

El tratamiento provocó diferencias ($P < 0.05$) en la libido de los conejos, los machos expuestos a hembras continuamente presentaron un 17.7% mejor libido que los no expuestos (1.47 vs 1.73, Cuadro3). Estos resultados coinciden con lo reportado por López y Hernández (2000) y puede explicarse por el efecto de las feromonas que se encuentran en la orina de las hembras en estro y que estimulan a los machos (Bearden y Fuquay, 2000). Estas feromonas son hidrocarburos volátiles que interactúan con receptores de las células epiteliales olfatorias del animal destinatario, los nervios aferentes del Sistema Nervioso Central entonces causan una respuesta rápida de conducta o una respuesta fisiológica lenta afectando la liberación de gonadotropinas de la pituitaria (Hadley, 1996). Además el sentido de la vista es muy importante para una respuesta de celo en machos y la importancia de este sentido está más relacionado a la excitación sexual que a otro aspecto de celo (Bearden y Fuquay, 2000).

La variable libido no fue afectada por la raza ($P > 0.05$); sin embargo, la interacción raza por estación fue importante ($P < 0.05$). En la Figura 1 se observa como los conejos NZB en general presentaron un mejor comportamiento, siendo mejores ($P < 0.05$) que los CAL en invierno (1.51 vs 1.71) y verano (1.39 vs 1.67), pero sin diferencias ($P > 0.05$) en primavera (1.60 vs 1.71).

La covariable diámetro testicular, tanto lineal como cuadrática (Cuadro3), fueron importantes fuentes de ajuste ($P < 0.05$), obteniendo un mejor comportamiento para libido ($Y = 5.7 - 5.13 X + 1.6 X^2$), con un diámetro testicular alrededor de 1.6 cm y un efecto inverso con diámetros de 1.2 y 2.0 cm.

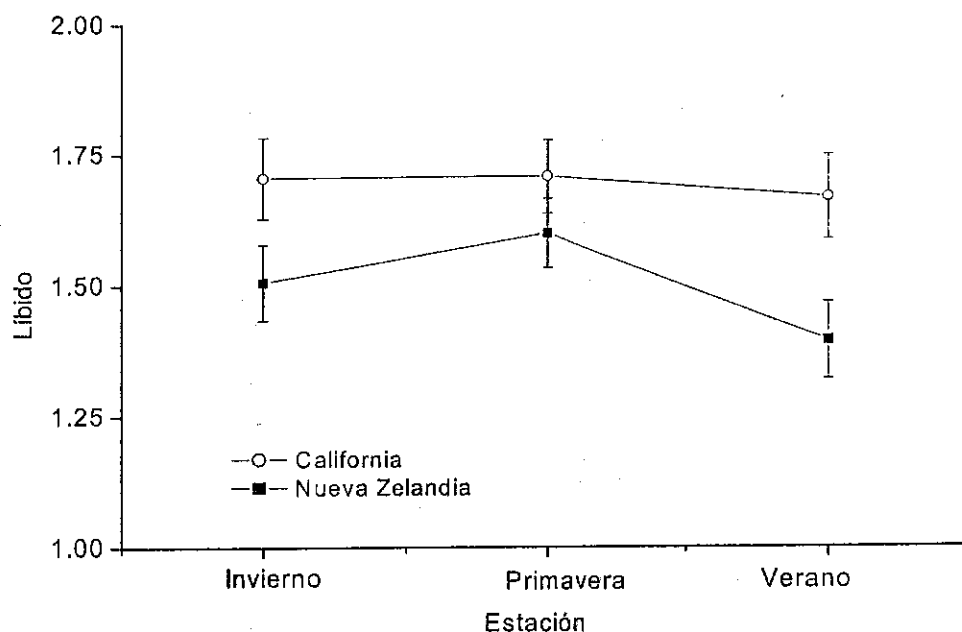


Figura 1. Efecto de la interacción de la raza por la estación en la libido de conejos machos.

Volumen

El orden de la extracción afectó ($P < 0.001$) el volumen eyaculado (cuadro 1), los primeros eyaculados fueron 21.3 % mayores que los segundos (0.57 vs 0.47). El mayor volumen del segundo eyaculado respecto al primero también ha sido reportado por Mariscal (1990) y por López y Hernández (2000). Así mismo, Battaglini *et al.* (1992) estimaron que los segundos eyaculados fueron de mayor volumen, aunque no reportaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

En el invierno se colectaron eyaculados aproximadamente 37 % mayores ($P < 0.001$) en comparación con los obtenidos en primavera y verano (0.63, 0.46 y 0.47 ml, respectivamente). El volumen fue afectado ($P < 0.01$) por la interacción raza por estación (Figura 2). La raza California tuvo mayor volumen en los eyaculados obtenidos en invierno ($P < 0.05$) que la Nueva Zelanda Blanco; pero sin diferencias en las otras dos estaciones ($P > 0.05$).

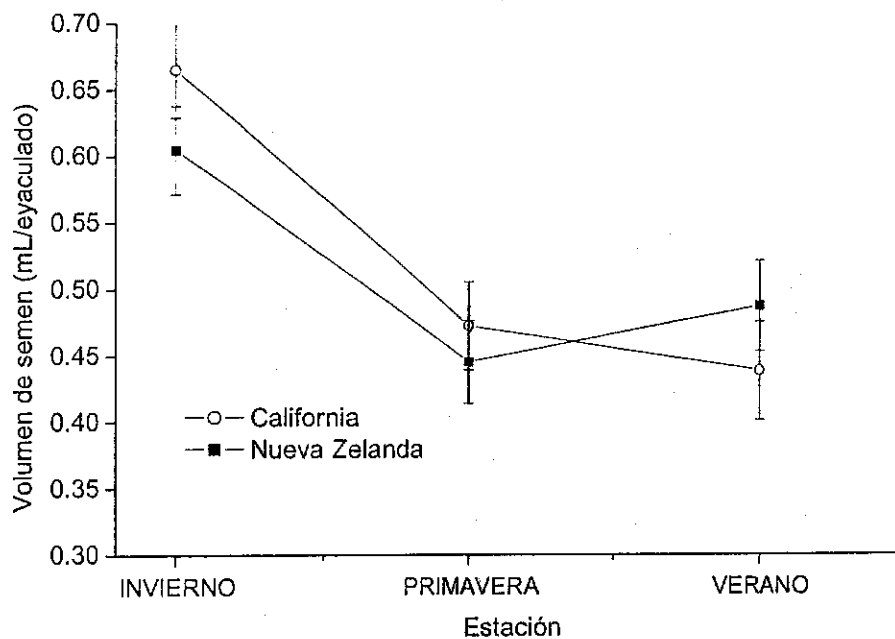


Figura 2. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el volumen del eyaculado.

El tratamiento no afectó el volumen, pero la interacción tratamiento por estación fue importante. Los volúmenes más altos se registraron durante el invierno (0.62 y 0.65 para el tratamiento con hembra y sin hembra respectivamente), con valores similares entre tratamientos en la primavera y verano (Figura 3). Estos datos coinciden con lo reportado por Mathur *et al.* (1989), quienes reportan un volumen promedio de 0.4 ml en la estación de primavera, y puede deberse al efecto de la temperatura, ya que Battaglini *et al.* (1989) publicaron una disminución en el volumen durante los meses de verano por efecto de las altas temperaturas.

El diámetro testicular presentó un efecto altamente significativo ($P < 0.001$) dentro del rango estudiado, mostrando un efecto lineal al volumen del eyaculado. A medida que el diámetro incrementa, el volumen también fue mayor ($Y = 0.04 + 0.304 X$). Esto puede deberse a que la producción de espermatozoides está altamente correlacionado al diámetro testicular (Carson y Amman, 1972).

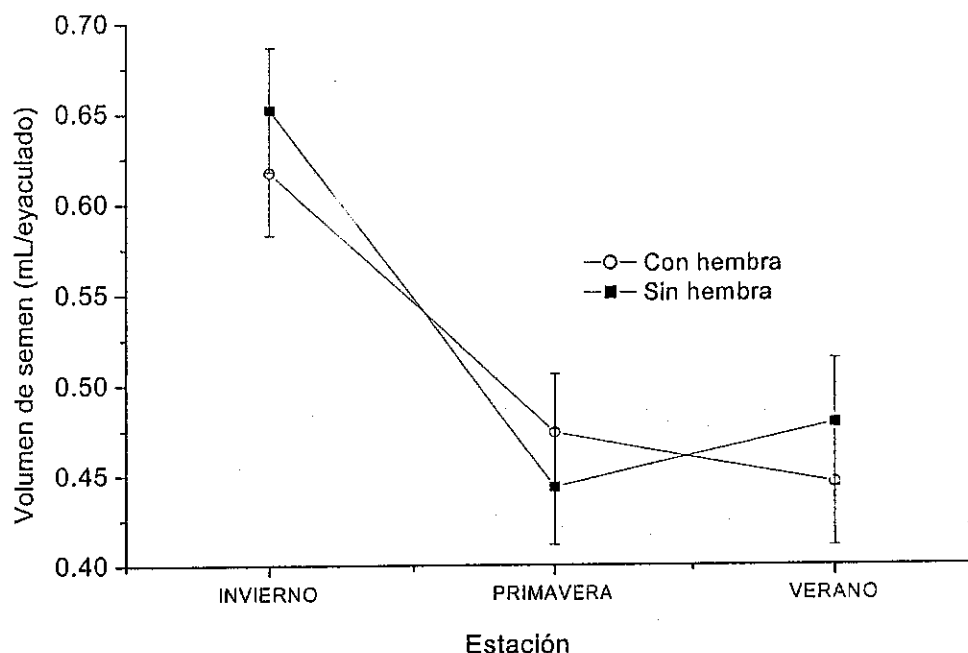


Figura 3. Efecto de la interacción del tratamiento por la estación en el volumen del eyaculado.

Concentración

El orden de la extracción provocó diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) en la concentración de espermatozoides, los segundos eyaculados fueron 14.16 % superiores en relación a los primeros (342.7 vs 300.2 millones por ml). Este aumento en la concentración puede mejorar la motilidad de las células espermáticas y por lo tanto mejorar la calidad del eyaculado (Mariscal, 1990; Theau-Clément *et al.*, 1995; López y Hernández, 2000) (Cuadro 3).

El efecto de la interacción entre tratamiento y estación es mostrado en la figura 4. Los conejos con presencia continua de hembras presentaron concentraciones espermáticas aproximadamente 26 % superiores a las de los conejos sin presencia de hembras para primavera y verano, mientras que en invierno no existieron diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$). Este comportamiento puede deberse a que la presencia de la hembra estimula la

producción de espermatozoides e incrementa la estimulación del macho durante el cortejo (Cheeke, 1982). López y Hernández (2000) reportaron que sólo en la primera extracción los machos con hembra presentaron una mayor concentración ($P < 0.01$), coincidiendo que durante el invierno esta diferencia es mínima, aumentando gradualmente durante la primavera, por lo que es probable que el efecto del fotoperiodo mejore esta característica (Theau-Clément *et al.*, 1995).

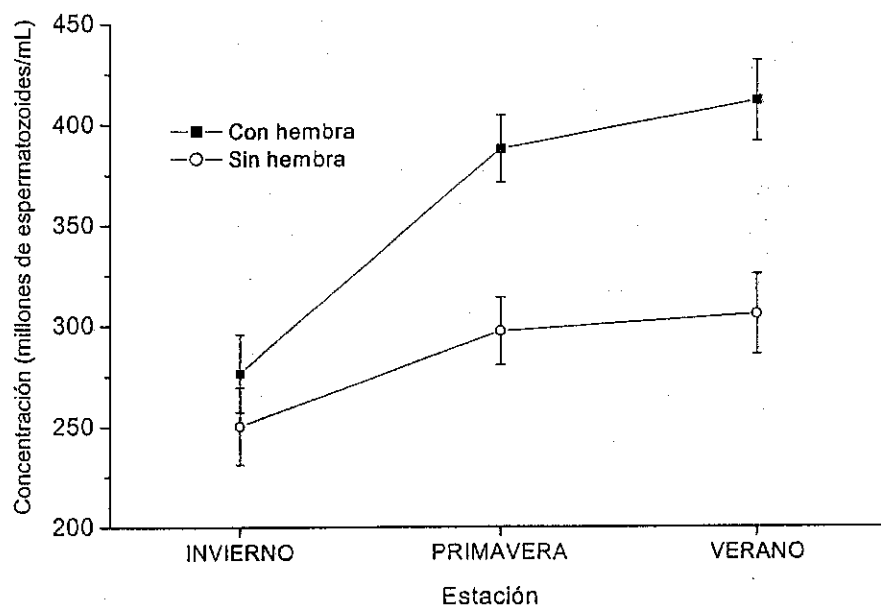


Figura 4. Efecto de la interacción del tratamiento por la estación en la concentración de espermatozoides.

Motilidad

El tratamiento provocó diferencias en la motilidad de los espermatozoides, los conejos con presencia de hembras registraron porcentajes de motilidad más altas ($P < 0.001$) a lo largo de las tres estaciones (61.2, 64.7 y 64.7 para invierno, primavera y verano, respectivamente) con respecto a los no expuestos (51.6, 50.5 y 52.3, respectivamente). Estos resultados coinciden con lo reportado por López y Hernández (2000) quienes observaron que la presencia de la hembra mejoró notablemente ($P < 0.001$) la motilidad de los espermatozoides.

El orden de la extracción presentó diferencias ($P < 0.001$) en la motilidad de los espermatozoides. Los segundos eyaculados fueron 18.6 % superiores que los primeros (62.4 vs 52.6, Cuadro3). Éste aumento en el segundo eyaculado es similar a lo publicado por varios autores (Mariscal, 1990; Battaglini *et al.*, 1992; López y Hernández, 2000).

Porcentaje de espermatozoides vivos normales

El porcentaje de espermatozoides vivos normales fue afectado por la interacción raza por estación ($P < 0.001$), raza por extracción ($P < 0.01$) y tratamiento por estación ($P < 0.05$). En la interacción raza por estación (Figura 5), los conejos CAL mantuvieron un valor similar para esta característica durante el invierno y primavera (81.2 y 80.5) pero descendió drásticamente durante el verano (70.6) (cuadro 4). Estos resultados presentaron la misma tendencia que los datos reportados por mariscal (1990) para las dos razas, evidenciando de esta manera que los conejos NZB presentan mejores características en el eyaculado y que son más aptos para su uso en programas reproductivos (Crimella *et al.*, 1992). Además que durante el invierno se obtienen los eyaculados con el mayor porcentaje de espermatozoides vivos normales (López y Hernández, 2000) y es menor durante el verano (Mathur *et al.*, 1989).

En la interacción raza por orden de extracción (cuadro 4), los segundos eyaculados son mejores en las dos razas en relación a los primeros (82.5 vs 79.4) notándose más espermatozoides vivos normales en la raza NZB (83.4 y 85.7, para la primera y segunda extracción) y menos en la CAL (75.3 y 79.6, respectivamente). Esta misma tendencia es similar a la publicada por Mariscal (1990).

En la interacción tratamiento por estación, los machos con presencia de hembras presentaron un mayor porcentaje de espermatozoides vivos normales (84.9) en comparación a los no expuestos (77.1) y se mantuvieron con poca variación durante el invierno y primavera (86.5 y 86.6, respectivamente), presentando su valor más bajo en la estación de verano. Para el caso de los machos sin hembra los valores fueron de 80.1 y 79.0 para invierno y primavera, descendiendo a 72.3 durante el verano. Resultados similares por efecto de la estación reportan López y Hernández (2000), aunque no evaluaron la estación de verano.

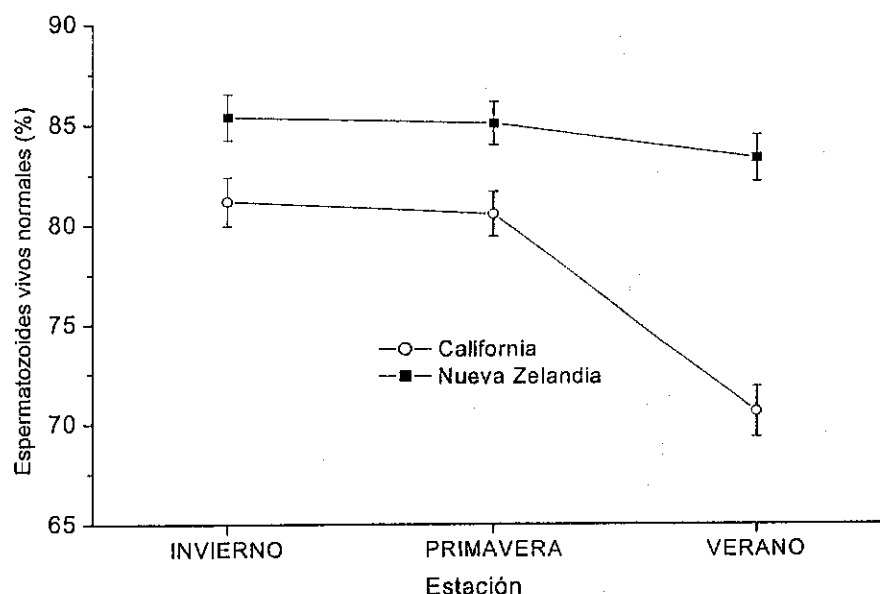


Figura 5. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el porcentaje de espermatozoides vivos normales.

La covariable diámetro testicular afectó ($P < 0.001$) el porcentaje de espermatozoides vivos normales, los datos presentaron un comportamiento cuadrático ($Y = -6.85 + 112.7 X - 35.9 X^2$), siendo máximo alrededor de 1.6 cm y mínimo con diámetros de 1.25 y 2.0 cm.

Porcentaje de espermatozoides vivos anormales

El tratamiento tuvo un efecto altamente significativo ($P < 0.001$), los machos con presencia de la hembra (Cuadro 3) presentaron 71.25 % menos espermatozoides vivos anormales (8.0 vs 13.7) que los no expuestos a hembras, por lo que probablemente, las hembras estimulen un aumento en las secreciones epididimarias que ayuden a la maduración de los espermatozoides antes de ser expulsados (Alvariño, 1993).

La interacción raza por estación provocó diferencias ($P<0.001$), en general la raza CAL registró un mayor contenido de espermatozoides vivos anormales (12.9) que la raza NZB (8.8), además la CAL mantuvo un comportamiento similar durante la estación de invierno y primavera (10.2 y 9.7, respectivamente) y se incrementó durante el verano (18.9), mientras que la raza NZB registró un valor mínimo durante la primavera (8.1) y tuvo un ligero aumento durante el verano (9.3) (Figura 6). Resultados similares para ambas razas las reporta Mariscal (1990) y el efecto encontrado en estación lo mencionan López y Hernández (2000).

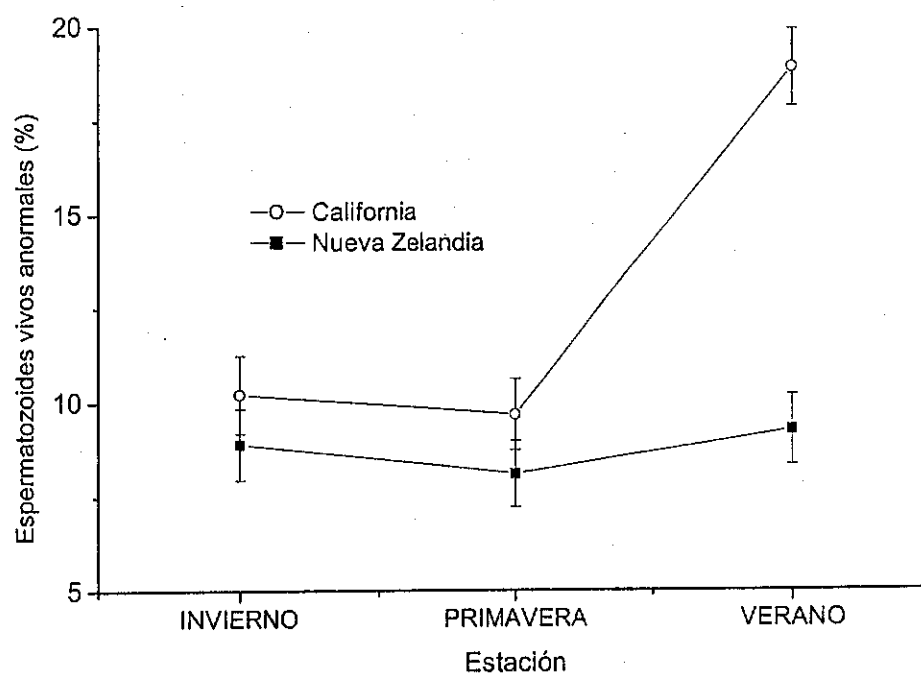


Figura 6. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el porcentaje de espermatozoides vivos anormales.

La interacción raza por extracción también presentó diferencias importantes ($P<0.05$). El porcentaje de espermatozoides vivos anormales fue mayor en la primera extracción en comparación a la segunda (11.4 vs 10.2), lo que puede afectar la viabilidad del semen.

Porcentaje de espermatozoides muertos normales

Los efectos de tratamiento, raza, estación y extracción presentaron diferencias significativas ($P < 0.01$), en el porcentaje de espermatozoides muertos normales. Las medias y desviación estándar para cada efecto, se muestran en el Cuadro 3.

El número de espermatozoides muertos normales fue mayor en los conejos CAL que en los NZB (7.0 vs 5.1), por lo que posiblemente la estación y en particular la temperatura de verano, afectó más a la raza CAL, ya que no se reportan diferencias entre estos genotipos en otros estudios (Mariscal, 1990; Crimella *et al.*, 1992). El tratamiento sin hembras también presentó valores más altos para esta característica (6.7 vs 5.4), lo que hace suponer que la presencia de la hembra estimuló la viabilidad de los espermatozoides.

Durante la primavera, el número de espermatozoides muertos normales fue mayor (6.9), disminuyendo en la estación de verano (5.5). Este comportamiento puede deberse a que también en el verano se registraron menos espermatozoides vivos normales, ya que también López y Hernández (2000) reportan datos similares en estas estaciones. En las primeras extracciones, los valores para esta característica fueron mayores (6.8) registrando un valor mínimo en los segundo eyaculados (5.3), ayudando a mejorar la viabilidad de estos últimos.

Porcentaje de espermatozoides muertos anormales

El orden de la extracción afectó ($P < 0.01$) está variable, los segundos eyaculados presentaron menos espermatozoides muertos anormales (1.6 vs 1.8, Cuadro 3). Resultados similares reportan Villegas y Villanueva (1995) quienes reportan más espermatozoides muertos anormales en las primeras extracciones.

La interacción raza por estación presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.001$). En la raza CAL se registraron más espermatozoides muertos anormales (2.0) que en la NZB (1.3). Estos resultados pueden ser producto del incremento de los vivos anormales en la raza CAL. En la estación de primavera, se registraron menos espermatozoides muertos anormales (1.2), para posteriormente aumentar (2.3) durante el verano (Figura 7). El incremento más notorio se detectó durante el verano en la raza CAL (3.1 vs 1.5 en la NZB). Este

comportamiento puede deberse a un aumento de la temperatura (Hafez, 1987) y posiblemente de la humedad del ambiente (Mathur *et al.*, 1989).

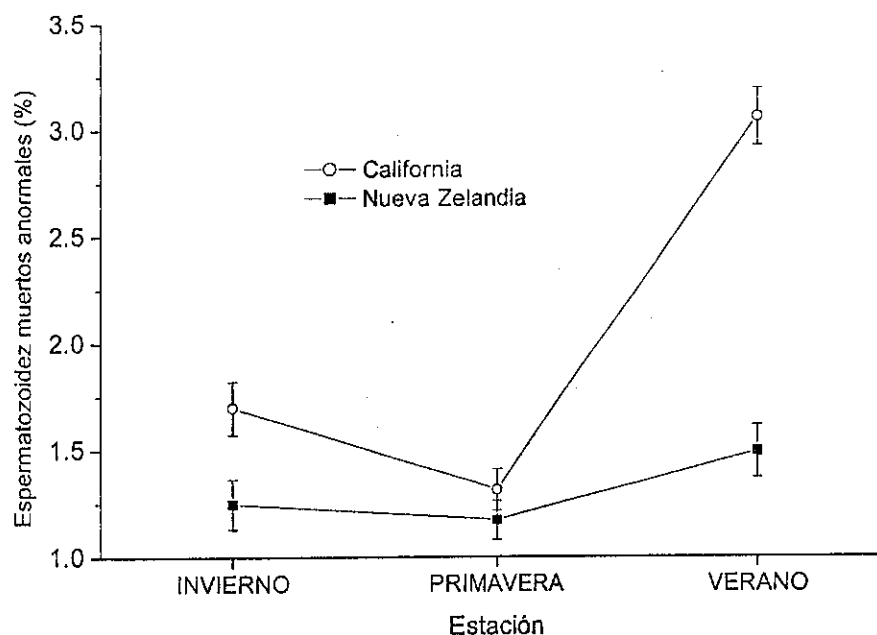


Figura 7. Efecto de la interacción de la raza por la estación en el porcentaje de espermatozoides muertos anormales.

La interacción tratamiento por estación presentó diferencias ($P < 0.05$), en los machos sin hembra se registraron más espermatozoides muertos anormales (1.9) que en el tratamiento con hembra (1.5). Además en la estación de invierno y primavera los machos sin hembra mostraron un comportamiento similar (1.6 y 1.5, respectivamente), alcanzando un valor más alto durante el verano (2.5). Mientras que en los machos con hembra el valor más bajo se presentó en la primavera (1.0) y el máximo durante el verano (2.5) (Figura 8).

Estos resultados pueden deberse a la diferencia en el número de espermatozoides vivos anormales encontrados entre tratamientos, por lo que confirma que las hembras si estimulan la maduración de los espermatozoides mediante un posible aumento de las secreciones epididimales, reduciendo además el efecto de la estación.

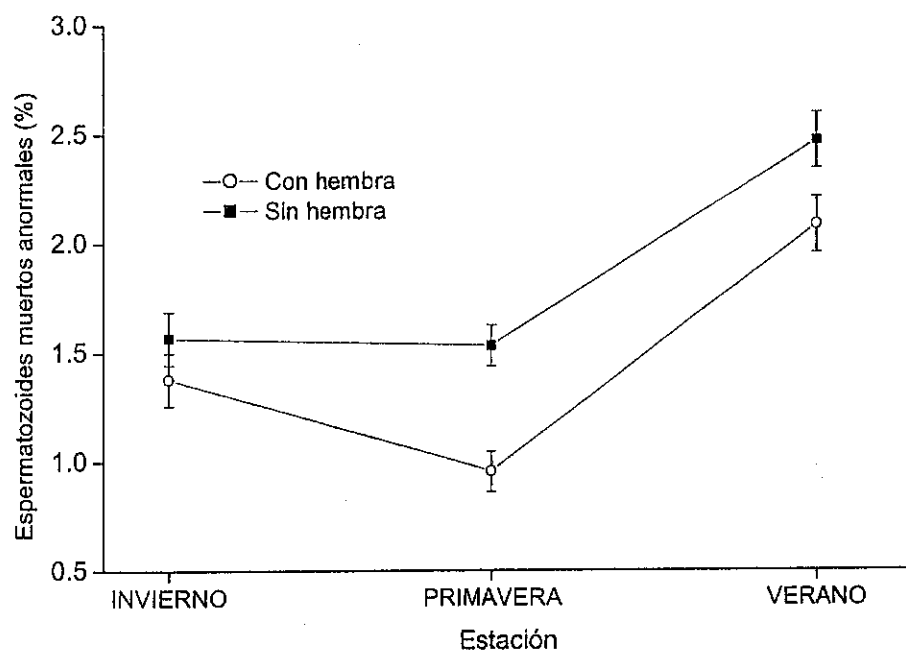


Figura 8. Efecto de la interacción del tratamiento por la estación en el porcentaje de espermatozoides muertos anormales.

CONCLUSIONES

El semen de los conejos Nueva Zelanda Blanco presentó mejores características durante su evaluación, excepto para el volumen donde la raza California tuvo mayor volumen de eyaculado.

La presencia de la hembra mejoró de manera significativa todas las características del semen, excepto para el volumen.

La estación del año afectó la calidad y producción de espermatozoides, el volumen fue más alto durante el invierno, mientras que la concentración y motilidad se incrementaron en la primavera y verano, pero la viabilidad es más afectada durante el verano.

Cuando se obtienen dos eyaculados consecutivos, en la primera extracción se observó un mejor comportamiento en la libido de los machos y un mayor volumen, pero en la segunda extracción se mejoró la concentración, motilidad y viabilidad de los espermatozoides.

En ambas razas, el mejor comportamiento para libido se observó en la estación de verano, mientras que un mayor volumen del eyaculado, así como las mejores características morfológicas se registraron en la época de invierno.

En los segundos eyaculados de ambas razas se registraron más espermatozoides vivos normales.

En la estación de invierno, en ambas razas se registró un mayor volumen y más espermatozoides vivos normales, sin embargo, la concentración fue mayor durante el verano. En general, la presencia de las hembras mejoró la motilidad de los espermatozoides en las tres estaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma Chapingo el apoyo económico proporcionado a Juan Noguez Estrada para realizar sus estudios de Maestría en Ciencias en Producción Animal.

REFERENCIAS

- Álvarez, R. L. y Q. L. A. Zarco. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Méx.* 32 (2): 117-129.
- Alvariño, M. R. 1993 Control de la Reproducción en el Conejo. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España, 137 p.
- Battaglini, M, C. Castellini and P. Lattaioli. 1992. Variability of the main characteristics of rabbit semen. *J. Appl. Rabbit Res.* 15:439-446.
- Bearder, H.J. and J.W. Fuquay 2000. Applied Animal Reproduction. Fifth edition. Prentice Hall. USA. 382 p.
- Carson, W.S. and R.P. Amman. 1972. The male rabbit. VI. Effects of ejaculation and season on testicular size and function. *J. Anim. Sci.* 34:302-309.
- Cheeke, P.R., N.M. Patton and G.S. Templeton. 1982. Rabbit Production. The Interstate Printers and Publishers, inc. Danville, Illinois. 238 p.
- Crimella, C., F. Luzi and G. Grilli. 1992. The reproductive efficiency of bucks in different genotypes. *J. Appl. Rabbit Res.* 15: 480-488.
- Hadley, M.E. 1996. Endocrinology. Fourth Edition. Ed. Prentice May. USA. 518 p.
- Hafez, E.S.E. 1989. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 5ª Edición. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México, D.F. 693 p.
- López, L.C.A. y R.R. Hernández. 2000. Efecto de la presencia de hembras, mes de colección y orden de eyaculado sobre la libido y calidad del semen en conejos. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. Pp 74.

- Mariscal, A.D.V. 1990. Efecto del fotoperiodo sobre el comportamiento reproductivo en conejos machos Nueva Zelanda blanco y California. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. Pp 93.
- Mathur, A.K., R.S. Srivastava, P.S. Rawat and D.B. Kalra. 1989. Season variation in the semen characters of soviet angora rabbit bucks. *Animal Reproduction Science*. 19:293-298.
- Roca, C.T. 1987. Inseminación Artificial en Cunicultura Seminario sobre la situación y perspectivas de la cunicultura en México. COCICEMAC, México. Pp 123-153.
- Ruckebusch, Y., L.P. Phaneuf. and R. Dunlop. 1994. Fisiología de Pequeñas y Grandes Especies. Ed. Manual Moderno. México, D.F. 861 p.
- SAS. 2001. SAS/STAT User's guide. (Release 8.2) Cary (NC): SAS Intitute Inc.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie 1981. Principles and Procedures of Statistics A Biometrical Approach. 2nd Ed. Mcgraw-Hill, Singapore.
- Theau-Clément, M., N. Michel, J. Esparbié and G. Bolet. 1995. Effects of artificial photoperiods on sexual behaviour and sperm output in the rabbit. *British Society of Animal Science*. 60: 143-149.
- Villegas, P.I. y A.A.M. Villanueva. 1995. Efecto de dos tipos de alimento comercial sobre el comportamiento reproductivo en conejos machos Nueva Zelanda Blanco y California. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. Pp 75.
- Virag, Gy., Mézes M. and Bersányi A. 1992. Effect of independent factors on semen characteristics in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res*. 15: 499-504.

Walton, A. 1948. Improvement in the design of an artificial vagina for the rabbit. *J. Physiol.* 143: 26-28.