

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EFFECTO DE LA ENERGIA Y PROTEINA SOBRE LA
APTITUD REPRODUCTIVA DE SEMENTALES
CAPRINOS ANTES Y DESPUES DEL EMPADRE
DE OTOÑO

T E S I S

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

POR

HECTOR FIMBRES DURAZO

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE 1996

FM

SF383

F5

C.1

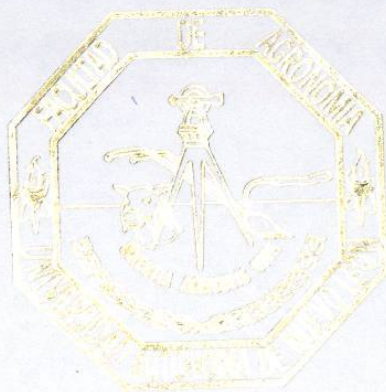


1080071711

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EFFECTO DE LA ENERGIA Y PROTEINA SOBRE LA
CAPACIDAD REPRODUCTIVA DE SEMENTALES
CARILOS AINTES Y DESPUES DEL EMPADRE
DE OTOÑO

T E S I S

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

POR

LECTOR FIMBRES DURAZO

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE 1996

12699

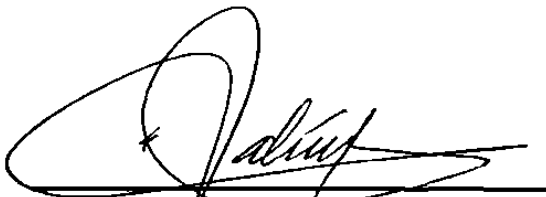
TM
SF383
F5

045.636
FA3
996
C5



**EFFECTO DE LA ENERGÍA Y PROTEÍNA SOBRE LA APTITUD
REPRODUCTIVA DE MACHOS CAPRINOS ANTES Y
DESPUÉS DEL EMPADRE DE OTOÑO**

Aprobación de Tesis:



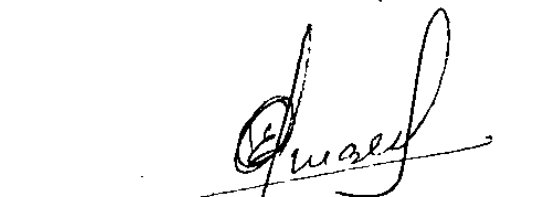
Ph. D. Javier Colín Negrete
Asesor Principal



Ph. D. Erasmo Gutiérrez Ornelas
Asesor Auxiliar



Ph. D. Javier García Cantú
Asesor Auxiliar



Ph. D. Emilio Olivares Saenz
Asesor Auxiliar

Noviembre de 1996
Marín, Nuevo León, México

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al **Ph. D. Javier Colín Negrete** Asesor principal de mi tesis. Así como a los **Ph. D. Erasmo Gutiérrez Ornelas, Ph. D. Emilio Olivarez Saenz** y al **Ph. D. Javier García Cantú** por formar parte del comité de tesis, por sus valiosas sugerencias e interés, en la revisión del presente trabajo.

A la **Ing. María Elena Contreras** quien colaboró desinteresadamente en los análisis de las características del semen y sus consejos sobre el uso de las vaginas artificiales.

Al **Ing. A. J. Tapia, V.** Por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

A la **FACULTAD DE AGRONOMÍA** especialmente a la Subdirección de Estudios de Postgrado, a la **FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA** así como al departamento de postgrado de la UANL por todas las facilidades y su apoyo económico para la realización de este trabajo.

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

DEDICATORIAS

A Dios por darme la vida, lo que tengo y me rodea, rogándole siempre me conserve humilde y me de la fe en la virgen María para con su poder realizar el camino que me tenga señalado

*El señor es mi pastor; y nada me falta.
Me hace descansar en verdes pastos,
me guía a arroyos de tranquilas aguas
me da nuevas fuerzas y me lleva por caminos
rectos, haciendo honor a su nombre.*

*Aunque pase por el más oscuro de los valles
no temeré peligro alguno, porque tu señor,
estás conmigo;
tu vara y tu bastón me inspiran confianza.*

*Me has preparado un banquete ante los ojos
de mis enemigos; has vertido perfume en mi cabeza,
y has llenado mi copa a rebosar.
Tu bondad y tu amor me acompañan a lo largo
de mis días y en tu casa por siempre viviré
(Salmo 23)*

A mis padres: **Héctor Fimbres Barceló y Amalia Durazo Luna** con cariño, admiración y respeto por su ejemplo de trabajo, dedicación, honradez y sacrificio, que tuvieron la suficiente confianza y me dieron los consejos necesarios para alcanzar una meta mas en mi vida.

A mi **esposa** que después de Dios y mis padres me ha apoyado en los momentos más difíciles pero que a compartido como suyos los logros que con su amor, cariño comprensión paciencia ... Hemos logrado y que tu sabes mi amor lo que me a costado ser hasta hoy, solo te digo gracias **Maricruz**.

A mis hijos **Héctor y Juan Pablo** los "*insectos*" que con su inocencia y amor me hacen sentir el orgullo de vivir y superarme.

A mis hermanos: **Heberto y Olivia, Erendida y Chuy, Erasmo y Consuelo, Edaena y Ruben, Isidro y Judith, María Guadalupe y Jorge Luis, y a Julio Alfonso y Lupita;** por apoyarme y hacerme sentir parte de una gran familia.

A mis suegros: **Pablo Macías Villarreal (†) y Consuelo Cantú de Macías,** a mis cuñados y cuñadas: **Pépe y Marisa, Temo y Lety, Méme y Chelín, Mago y Gloria, a Patty y Pablo;** por aceptarme entre ustedes y su estímulo.

A la familia **Jardines Macías,** muy especialmente a **Memíto** y mi compadre **Meme,** así como mi compadre **Pablo Macías** que colaboraron desinteresadamente en trabajos de computación y diapositivas para que este proyecto se llevara acabo.

A mi mejor amigo y su esposa dondequiera que estén **Shanate y Blanca (†)** que Dios los recogió antes que a mi, gracias por su amistad.

A mis maestros y todo el personal de la **SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO Y FACULTAD DE AGRONOMÍA** por todos sus consejos y atenciones.

A todos los compañeros de estudio de postgrado, especialmente a: David, Horacio, y Ramón con quienes todo se hizo más fácil, también a mis compañeros de clase Moisés, Geraldina y Fco. de Paula así como a todos aquellos amigos y compañeros que de alguna manera colaboraron en la realización de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS	iv
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	ix
SUMMARY.....	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. LITERATURA REVISADA.....	3
2.1. Importancia de la fertilidad de machos y hembras.	3
2.2. Espermatogénesis	4
2.3. Regulación endócrina de la espermatogénesis.....	7
2.3.1. La función de las células de Sertoli.....	8
2.4. Efectos estacionales sobre la espermatogénesis...	10
2.4.1. El efecto del fotoperíodo.....	11
2.5 Efectos de la nutrición sobre la calidad del semen.	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Localización	16
3.2. Animales.....	16
3.3. Períodos y dietas experimentales	17
3.3.1. Dietas usadas en el primer período.....	17
3.3.2. Dietas y tratamientos en el segundo período.	17
3.3.3. Dietas y tratamientos en el tercer período	20

	Página
3.4.Colección y evaluación del eyaculado.....	20
3.4.1. Colección del eyaculado.....	20
3.4.2. Evaluación visual.....	21
3.4.3. Evaluación microscópica.....	21
3.5. Circunferencia escrotal.	22
3.6. Peso corporal.....	22
3.7 Análisis estadístico.....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
5. CONCLUSIONES.....	38
6.- RESUMEN.....	39
7. BIBLIOGRAFÍA	41

INDICE DE CUADROS Y TABLAS

Tabla		Página
1	Composición de las dietas suministradas a machos caprinos durante 46 días antes y después del empadre	19
2	Valores iniciales, para machos caprinos en peso vivo (PV) y circunferencia escrotal (CIRES); características del semen: volumen (VOL),total de células por eyaculado (TOCE),total de células móviles (CELMOV).	25
3	Interacciones energía x proteína a los 15, 30 y 46 días del experimento antes del período de empadre para PV, aumento diario de peso ADP, CIRES, TOCE, CELMOV, VOL.	26
4	Efecto del nivel de proteína en sementales caprinos sobre PV, ADP, CIRES, TOCE y CELMOV.	28
5	Efecto del nivel de energía en sementales caprinos para PV, ADP, CIRES, TOCE, CELMOV Y VOL	30
6	Coeficientes de correlación para las variables de semen y efecto de proteína en machos caprinos a los 46 días de iniciado el experimento.	31

Tabla	Página
7	Efecto del período de empadre para las variables, PV, ADP, TOCE, CIRES, CELMOV y VOL, en machos caprinos bajo dietas variadas en energía y proteína, antes y después del empadre. 3
8	Efecto de interacción período x tratamiento antes y después del empadre para VOL, TOCE, y CELMOV, en machos caprinos alimentados con dietas variadas en energía y proteína antes y después del empadre. 35
9	Efecto del nivel de proteína en la alimentación de machos caprinos a los 0, 15 y 30 días del experimento después del período de empadre para PV, ADP, CIRES, TOCE, CELMOV, VOL. 37

SUMMARY

The objective of this work was to determine the effect of different levels of energy and protein on billy goats before and after Autumn breeding season on average daily gain and body weight, scrotal circumference and the semen characteristics. Twenty two bucks cross breeds, Alpine, Nubian and Saanen, were randomly assigned to four different rations arranged as 2 x 2 factorial with protein level 16 or 10.5 g/d /k BW^{.75} and 180 or 230 K cal ME /d /k BW^{.75}, during the first 46 days of the experiment (period 1). The following 36 days the bucks were fed with the normal ration used in the farm (period 2). The third period (46 d), billy goats were assigned to two diets different in protein level (180 K cal ME and 16 or 10.5 g crude protein /d /k BW^{.75}). Data were recorded every 15 days.

After 30 days of the beginning of the experiment, bucks that consumed high protein diets had a larger scrotal circumference ($P < 0.05$) than those of the low protein level (30.5 cm and 27.8 cm, respectively). At day 46 of the experiment bucks of the high protein level group had higher weigh ($P < 0.05$) compared with the lower protein level group (62.6 k Vs. 56.1 k). The average daily gain for the high protein level group was significant ($P < 0.05$) compared with the low level group (196.1 Vs. 134.7g respectively). The scrotal circumference also was higher ($P < 0.01$) for the high protein level group with 30.6 cm, than those of the lower protein level group witch 27.7 cm. For the ejaculated volume, the diet high in protein was better ($P < 0.05$) than the lower level (1.6 Vs 1.1 cc). During the second period, (breeding season), bucks lost body weight (95.8g/d average), decrease the total amount of moving cells, (36.9%) and reduced

the scrotal circumference (8.5%). During the third period, the high protein level group had better body weight ($P < 0.05$) compared with those bucks with low protein level (66.2 k Vs 61.5 k), respectively. The average daily weight gain increased in bucks ($P < 0.05$) with high protein level ration, compared to bucks with low protein ration (215 g Vs 149 g). Bucks with higher protein level diet, had higher semen volume (1.4) and total amount of cells. (5558×10^6), than those with lower protein level diet (0.9, and 3291×10^6), respectively. Data suggest that protein level in diets can affect some reproductive parameters on bucks before breeding season. Nevertheless, we can conclude that billy goats require a high protein diet at least 45 days before the breeding period and the same amount of days to recover themselves after that period.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los caprinos en el mundo y principalmente en México, se explotan en zonas áridas y semiáridas bajo sistemas de manejo extensivo con encierro nocturno. Esto hace crítica la reproducción y la producción. La alternativa para el mejoramiento económico de los caprinocultores es a través de la eficientización de la productividad y la disminución de los costos de producción.

La forma de alcanzar este mejoramiento es logrando la eficiencia reproductiva por el manejo adecuado de los diversos factores que inciden tanto en la hembra como en el macho. El macho juega un papel muy importante en la reproducción, ya que aquellos factores que afectan su actividad producen un mayor número de pérdidas dentro del rebaño que las que ocasionan una o varias hembras cuando tienen algún trastorno. Por otra parte, la información existente sobre los problemas reproductivos de los machos caprinos es escasa, y además se asume que los problemas que presentan son similares a los reportados en ovinos. Es por esto que la investigación se debe enfocar hacia los problemas que afectan o modifican la actividad reproductiva del semental caprino.

Antes de iniciar el empadre o temporada de cruce es necesario conocer las condiciones reproductivas en las que se encuentran los machos, valorando con exactitud tanto la libido como las características del eyaculado y el aparato reproductor.

La mayoría de los trastornos genéticos y nutricionales que afectan la libido, la espermatogénesis y la fertilidad, pueden controlarse con un

buen programa de manejo. Cuando la calidad del alimento es baja puede retardar el crecimiento de los machos en desarrollo, o causar en los sementales adultos disminución en el peso corporal, atrofia testicular y deterioro de las características generales del semen. Es posible que tanto las deficiencias como los excesos nutricionales puedan provocar cambios en la actividad reproductiva.

Por lo tanto los objetivos del presente estudio son: evaluar el efecto del nivel de consumo de energía y proteína sobre la aptitud reproductiva de sementales caprinos en términos de: ganancia de peso, circunferencia escrotal y calidad del semen, antes y después del período de empadre de Otoño. Adicionalmente, estimar las posibles interacciones entre efecto de la dieta y el período de empadre.

Los objetivos anteriores sugieren las siguientes hipótesis:

- La calidad del semen y la condición corporal no varían antes y después del período de empadre
- El nivel de energía y proteína en la ración no afectan la calidad del semen.

2. LITERATURA REVISADA

2 . 1 . Importancia de la fertilidad de machos y hembras

La presencia de cabras subfértiles o infértiles en el hato, causa reducción en las utilidades de una explotación caprina. Sin embargo, la contribución de un grupo pequeño de cabras con problemas reproductivos, sobre todo en hatos grandes, puede tener un impacto poco pronunciado en la eficiencia reproductiva del hato. Por el contrario, el uso de un macho cabrío subfértil o infértil, tiene efectos devastadores en la cosecha de cabritos, por lo que la evaluación de la capacidad reproductiva de los machos constituye una práctica obligada en cualquier explotación de cabras. Además, en el caso de los caprinos suelen presentarse la condición de intersexos, ligada a la ausencia de cuernos de los animales, en donde los machos suelen tener el pene subdesarrollado o pueden presentar azoospermia. Por esta razón es de vital importancia asegurarse, antes del empadre, de que los machos cabríos sean competentes en sus funciones reproductivas. Algunos de los criterios que se utilizan para evaluar la capacidad reproductiva de los machos cabríos son la circunferencia escrotal, las características del semen y la consistencia y estructura de los testículos, este análisis es de particular importancia en los machos cabríos jóvenes, de los cuales se desconoce su capacidad sexual (Mellado, 1994).

2.2. Espermatogénesis

La producción de espermatozoides por parte del testículo constituye un extraordinario proceso de modificación de las células comunes desde el crecimiento de un feto, para depositarlas en el epitelio germinal mucho antes de que se requiera su función generativa, y finalmente, la transformación de células germinales en espermatozoides libres. Estos representan el paso final después de 4 procesos especiales;

1.- Las células germinales primordiales emigran en el embrión y ocupan espacio en las gónadas primitivas aun antes de la diferenciación sexual. Estas células denominadas *gonocitos* se colocan en los tubos seminíferos del feto si éste es un macho.

2.- Los gonocitos se multiplican y meses después del nacimiento dan origen a *espermatogonios*. Esta división, que ocurre antes de la pubertad (si es efectiva) tiene influencia favorable en la pubertad posterior.

3.- La última división de los espermatogonios da origen a una célula diferente denominada *espermatocito primario*. En éste ocurre posteriormente la división meiótica que da origen a *espermatocitos secundarios* (con cromosomas ya reducidos). En algunas especies aún sufren división y se transforman en *espermátidas*.

4.- La metamorfosis de las espermátidas se denomina *espermiogénesis* y termina con la producción de espermatozoides maduros. El proceso se inicia en el propio tubo seminífero, cerca del

origen multiplicativo de estas células y en contacto con las células de Sertoli, pero termina en el epidídimo. Las células de Sertoli, aunque no son germinativas, se incluyen generalmente como componentes del epitelio germinal en el macho. (De alba, 1985).

Las espermatogonias son principalmente células diploides (carnero $2n=54$; macho cabrío $2n=60$) excepto antes de su multiplicación en la cual tres tipos pueden ser distinguidas: (1) espermatogonia tipo A; (2) espermatogonia tipo intermedio originaria de el tipo anterior (original) y finalmente (3) espermatogonia tipo B resultante de la multiplicación del tipo intermedio (Hafez, 1993; Chemineau y Cagnié, 1991)

La eficiencia de la espermatogonia es baja y el número teórico de espermatoцитos primarios producidos por una espermatogonia madre ($n=48$) nunca es observado. Esto es aproximadamente, menor a 24, y mucho menor de 10 en primavera, para razas fotoperiódicas. El estadio crítico principalmente afectado es la espermatogonia tipo intermedio (Chemineau y Cagnié, 1991).

Una vez transformado a espermatoцитo primario, la célula germinal se duplicará. Esta es la última síntesis de DNA ($4n$ cromosomas) e inmediatamente entran a meiosis, a una compleja serie de fenómenos (pares de cromosomas, entrecruzamiento, etc) dirigiéndose a la primera división meiótica, alcanzando a espermatoцитos secundarios ($2n$ cromosomas). Estos se dividen rápidamente hasta llegar a células haploides, las espermatidas, las cuales entran a la espermiogénesis. Teóricamente, un espermatoцитo primario es capaz de dar cuatro espermatidas. Sin embargo, un cierto número de ellos no pasan mediante la profase meiótica. La eficiencia de la transformación de espermatoцитos

primarios a espermátidas puede ser modificada por signos externos, tales como la luz para razas fotoperiódicas. Anormalidades en la división meiótica pueden también resultar en la producción de gametos diploides. La espermatogénesis es definida como la cantidad de los cambios nuclear y citoplasmático entre las espermátidas y los espermatozoides. Esta es una fase esencial la cual rige, en una gran parte, la calidad de el gameto final. En el núcleo la transformación observada es su elongación y aplanación dorsoventralmente. Anormalidades en la transformación del núcleo producen anormalidades que son observadas en el semen eyaculado. La formación del acrosóma, pieza esencial del espermatozoide, toma su lugar durante la espermatogénesis y, finalmente, el acrosóma aplanado sobre el núcleo lo cubre en cerca de dos terceras partes, el cual está formado por DNA compactado.

La ultima parte importante del gameto final, es el aparato locomotor, que también es formado durante ésta fase y está compuesto del cuello y la cola . La liberación de espermatozoides en el interior del lumen del túbulo seminífero es el paso final de la espermatogénesis. Teóricamente, una espermatogonia es capaz de producir 192 espermatozoides, pero debido a una degeneración grande de las células germinales la producción máxima es 64 espermatozoides por espermatogonia. La duración de los diferentes estados de la espermatogénesis es una característica biológica individual para cada especie. La activación de la espermatogonia de las células "madre" para la liberación de las células espermáticas libres en el interior del lumen de los túbulos toma de 46-49 días en el carnero La espermatogénesis es un proceso dinámico continuo. En el carnero las divisiones de una nueva espermatogonia madre tienen inicio a intervalos regulares de 10.3 días, la producción permanente de células espermáticas es segura debido al gran número de células madre

que empiezan su división a diferentes tiempos. Un gramo de testículo (careros Ile-de-France en otoño) es capaz de producir, 12.2×10^6 espermatozoides por día como máximo. Consecuentemente cada testículo produce cerca de 4.82×10^9 espermatozoides por día (Chemineau y Cagnié, 1991).

2 . 3 . Regulación Endocrina de la Espermatogénesis

La función testicular normal requiere estimulación hormonal de las gonadotropinas, las cuales son controladas por la secreción pulsátil de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) del hipotálamo. El soporte pituitario es esencial porque la hipofisectomía ó la remoción quirúrgica de la pituitaria dan como resultado la interrupción de la espermatogénesis. La restauración de la espermatogénesis puede ser activada en ratas hipofisectomisadas por tratamientos con hormona estimulante del folículo (FSH) y hormona luteinizante (LH) ó con FSH y testosterona. En otras especies, requieren además de la FSH, la adición de esteróides para mantener la espermatogénesis. Otras hormonas pituitarias como por ejemplo la Prolactina, Hormona del Crecimiento y hormona estimuladora de la tiroides, pueden tener un rol secundario en el soporte de la función testicular, pero faltan evidencias para confirmarlo (Hafez, 1993).

La FSH se une a las células de Sertoli y activa la síntesis de la proteína fijadora de andrógenos (ABP). Esta proteína es una glucoproteína que se une a la testosterona. Es distinta del receptor intracelular para andrógenos pero es homóloga a la globulina fijadora de

hormonas sexuales (SHBG). La ABP es secretada al lumen del túbulo seminífero y en este proceso, la testosterona producida por las células de Leydig es transportada en concentración muy alta al sitio de la espermatogénesis. Al parecer éste es un paso crítico, puesto que las concentraciones circulantes normales de testosterona, como las que podrían lograrse por terapéutica de restitución, no mantienen la espermatogénesis (Murray et al., 1992).

La remoción quirúrgica de la glándula pituitaria suprime ó inhibe la espermatogénesis, indicando que están bajo un control gonadotrópico. En el carnero, el restablecimiento de la célula espermatogonia madre esta bajo el control de LH; la FSH es necesaria entre la espermatogonia intermedia y espermatocito primario; la testosterona, producida por las células de Leydig, bajo el control de LH, mantiene la producción de espermatocitos primarios y espermátidas. Sin embargo, cualquiera de estas hormonas, independientemente, son capaces de mantener la espermatogénesis a un correcto nivel en términos de cantidad y calidad de espermatozoides. Así de este modo, la espermatogénesis requiere LH, FSH, y testosterona (Chemineau y Cagnié, 1991).

2 . 3 . 1 . La función de las Células de Sertoli

Las células de Sertoli que son los elementos somáticos del epitelio seminífero, están en número fijo el cual es determinado justo antes de que la pubertad sea alcanzada. El número total de células de soporte (que habrán de producir las células de Sertoli a la pubertad) es alrededor de 0.5×10^8 al nacimiento y de 20 a 40×10^8 células de Sertoli por borrego

son observadas en los carneros adultos. En el testículo adulto, existe una significativa correlación positiva entre el número de células de Sertoli y la producción de espermias. En la fase prepuberal son de importancia para la producción de espermias, así es como durante este período el número de células de Sertoli en el adulto es fijado (Chemineau y Cagnié, 1991).

En el interior de los túbulos seminíferos se notan inmediatamente dos tipos de células con cierta elasticidad en sus paredes sin formar un tejido compacto como el de la parte estructural del tubo. Son las células de Sertoli, mucho más abultadas y con la pared que ve hacia el interior un tanto difusa o mal delineada y siempre formando pares. Las células pequeñas y redondas son las células germinales ó espermatogonios. Estas últimas tienen el poder de multiplicarse en la edad adulta. Las células de Sertoli no se multiplican y su importancia radica en su capacidad de seleccionar el material de la circulación que entra en contacto con la pared de los tubos seminíferos pero no pasa al interior. Con este material nutritivo, las células de Sertoli coadyuvan al desarrollo de las espermátidas (De Alba, 1985).

Las células de Sertoli secretan el fluido tubular que transporta a los espermatozoides a la rete testis, provocando un flujo periódico que varía con la estación y la raza. Las células de Sertoli sintetizan metabolitos como inositol, piruvato o lactato y proteínas, como la proteína ligadora de andrógenos, la inhibina, etc. (Chemineau y Cagnié, 1991).

2 . 4 . Efectos Estacionales Sobre la Espermatogénesis

Los machos cabríos de razas originarias de zonas templadas presentan variaciones estacionales del comportamiento sexual, del peso testicular y de la producción espermática. Estas variaciones estacionales son provocadas por los cambios en la duración del día. La actividad sexual anual inicia durante los días decrecientes del otoño y se prolonga hasta el final del invierno (Delgadillo et al. 1991). Los machos cabríos (Alpinos y Nubios) explotados en la Comarca Lagunera, presentan importantes variaciones estacionales. El período natural de reproducción se sitúa, según las variaciones del peso testicular, durante la primavera y el verano (Estala et al., 1994).

La producción espermática varía estacionalmente en muchos rumiantes, primeramente como resultado de cambios del fotoperíodo; además, de otros factores ambientales, la nutrición, es la que mas notablemente, puede influenciar la producción espermática. El macho cabrío Cashmere exhibe una variación estacional considerable en la espermatogénesis asociado con cambios en la masa testicular pero también con cambios en la eficiencia de la espermatogénesis (Walkden-Brown et al., 1994).

Las variaciones estacionales en la actividad sexual en especies mamíferas son debidas a cambios en la duración de los días durante el año. El fotoperíodo esta determinado por el ritmo de la actividad circanual del eje hipotalámico-hipofisiario-testicular; así para algunas razas de pequeños rumiantes en climas templados, los días largos del Verano al Otoño son estimulantes para la actividad reproductiva, y los días cortos de

Invierno y Primavera la reducen o decrementan. La disminución del fotoperíodo induce en el macho cabrío y el carnero un aumento en el tamaño testicular, al igual aumento de los niveles de LH, FSH, y Testosterona e incremento de la calidad y cantidad del semen, y al aumentar el fotoperíodo causa el efecto opuesto. El tiempo para la iniciación de la actividad secretora de testosterona del testículo, depende también de la latitud a la que se encuentren los animales. Los niveles de testosterona aumentaron durante el solsticio de verano. La concentración de testosterona en el plasma en los machos cabríos Verata y Malagueña es estacional, siendo mas marcada en los machos Verata que en los Malagueña. (Pérez y Mateos, 1995).

Sin embargo, González et al. (1992) reportó que los niveles de testosterona fueron elevados de Marzo hasta Agosto declinando en Septiembre y permaneciendo bajos los niveles hasta Febrero, esto indica que existen variaciones estacionales en el carnero pelibuey. El cruzamiento coincide con los elevados picos de testosterona y la alta actividad de monta. Las razas Alpina, Saanen y Nubia produjeron alta concentración de células en el invierno y aumentaron el volumen en el verano (Colín-Negrete, 1990).

2 . 4 . 1 . El Efecto del Fotoperíodo

Las características estacionales del fotoperíodo y el fotoperíodo en las regiones tropicales puede influir sobre la secreción hormonal y el desarrollo de la espermatogénesis. Ortavant et al. (1977) citado por Colín-Negrete (1990) reporta que una disminución diaria del fotoperíodo

incrementó abruptamente las concentraciones de (ICSH) alcanzando su máximo 3 semanas después de la disminución de los días largos, indicando una estimulación de la actividad Hipotálamo-hipofisiaria. Borregos expuestos a días cortos exhibieron una disminución en la prolactina y un incremento en la hormona estimuladora de las células intersticiales (ICSH) y FSH como resultado de la estimulación del epitelio germinal, desarrollando espermatogénesis aumentando la secreción de testosterona y aparente crecimiento testicular (Schanbacher et al., 1974).

El borrego Merino es menos sensible a los cambios de luz que la mayoría de las razas Británicas con la posible excepción de la raza Dorset, el cual en un estudio sobre la calidad del semen y los niveles hormonales de LH, testosterona y prolactina, estas fueron mas altas en el verano, la elevación de prolactina antecedió a la LH y testosterona (De Alba, 1985).

2 . 5 . Efectos de la nutrición sobre la calidad del semen

Cuando los toros, borregos, caprinos y cerdos adultos son alimentados con raciones bajas en energía por períodos prolongados, la libido y la producción de testosterona son afectados mucho antes que las características del semen. Los efectos de la desnutrición pueden corregirse en animales maduros, pero es más difícil en animales jóvenes por el daño permanente causado al epitelio germinal de los testículos (Hafez, 1993).

El desarrollo de los testículos esta firmemente correlacionado con el desarrollo del peso vivo en ratas, correlación significativamente alta entre el peso testicular y el peso vivo, pero además entre el peso testicular y la condición corporal. Mientras que, como consecuencia existe también una correlación significativa entre producción diaria de esperma y peso vivo y condición corporal, la libido en el macho se ve afectada marcadamente por una baja severa de alimentación; esto provoca una disminución continua en el peso de los testículos y en la concentración y número total de espermatozoides del semen eyaculado. Los testículos adultos tienen un rango de peso entre 80 - 300 g, dependiendo de la especie, raza y estado nutricional del animal. El peso de los testículos es generalmente mas alto en borregos que en caprinos, tanto en las razas de tamaño grande como en las razas de tamaño chico; también son mas grandes al inicio de la estación de cruzamiento que fuera de esta en razas estacionales. El parénquima de los testículos esta formado principalmente por los túbulos seminíferos sitio donde se lleva acabo la espermatogénesis y por el contenido del tejido intertubular de las células de Leydig que secretan testosterona. Los túbulos seminíferos miden aproximadamente 0.2 mm. de diámetro y aproximadamente de 1500 - 7000 metros de largo, y puede llenarse su lumen de fluido de colección que es transportado a la rete testis. Los túbulos seminíferos se componen de células espermatozógenas (células germinales que favorecen el inicio de la espermatogénesis) y células de soporte (células de Sertoli) que “nutren” de células germinales que se acoplan entre estos dos tipos de células (Chemineau y Cagnié, 1991)

Toros en crecimiento alimentados con una dieta alta en concentrado (80% concentrado, 20% de forraje) tuvieron una reducción en las reservas de espermatozoides en el epidídimo comparados con toros

alimentados únicamente con forraje (Coulter y Kozub, 1984; Coulter et al., 1987; Coulter y Bailey, 1988).

En toros Brahman alimentados para ganar peso lentamente (32 kg durante 112 días) y al compararlos con aquellos para ganar peso más rápidamente (66 kg durante 112 días), se observó que la motilidad aparente se hizo más lenta en el esperma eyaculado, retraso en el desarrollo testicular, reducción del tamaño de las células de Leydig, túbulos seminíferos pequeños, y reducción en la concentración de testosterona en el suero de sangre periférica y en el tejido testicular (Nolan et al., 1990).

En un estudio de Coulter y Kozub (1984), trabajando con toros con dos niveles de energía encontraron una reducción en el aumento diario de peso y en la calidad del semen en toros que consumieron los niveles bajos de energía; sin embargo, en otro estudio en toros con similares aumentos de peso no se redujo la calidad del semen (Pruitt y Corah, 1985). pero la cantidad de LH en el suero de sangre periférica no fué afectada por la subalimentación. La glándula pituitaria de borregos subalimentados fué menor y el contenido de LH se redujo. (Alkass et al., 1982).

Los testículos de animales afectados con pérdida de peso disminuyeron su producción de espermatozoides por unidad de masa parenquimal (Dunn y Moss, 1992). La obesidad y la subalimentación reducen la libido y la actividad sexual en borregos, cerdos y toros. Particularmente durante la temporada de calor, la deficiencia de proteína afecta tanto a los machos jóvenes como a los adultos. Toros jóvenes con una dieta deficiente en proteína presentaron una baja en la libido y

características del semen. Dietas altas en proteína no son esenciales para una producción óptima de espermatozoides en el borrego. A pesar de la habilidad natural del macho para mantener la producción de espermatozoides y la secreción de testosterona dentro de los niveles bajos de nutrición, los machos jóvenes presentan retardo en el desarrollo sexual y retraso en la aparición de la pubertad (Hafez, 1993).

Sin embargo, la subalimentación afecta severamente la cantidad de células espermáticas producidas, pero esto no parece modificar la calidad del semen eyaculado; borregos alimentados con una dieta de mantenimiento de calidad baja y suplementados con una ración alta en proteína incrementaron el volumen testicular. En borregos Merinos, con una suplementación a base de granos de lupinos por 15 semanas, incrementaron el volumen testicular un 66% y también el peso vivo un 39%. Estos efectos parecen ser mediados por vía de un incremento en la actividad de la LH en borregos con alta alimentación, ó como un incremento en la respuesta de los testículos a la LH (Chemineau y Cagnié, 1991).

Ratas con deficiencia en proteína tuvieron una reducción del contenido hipotalámico de GnRH y una reducción en las concentraciones en suero de LH, FSH, y testosterona (Glass et al., 1979). Consumos de proteína bajos resultaron en una disminución en la producción de espermatozoides en toros (Rekwot et al., 1988).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3 . 1. Localización

El presente estudio se realizó en el centro caprino, del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. (FAUANL) en Marín, N.L. durante el período comprendido entre Agosto de 1995 y Enero de 1996. El municipio de Marín tiene una altitud de 393 metros sobre el nivel del mar y está situado entre los 25° 53' de latitud norte Y 100° 03' de longitud Oeste, con una temperatura media anual de 21°C y una precipitación promedio 573 mm (Salinas, 1981). El clima se clasifica como Bwwh (Koppen, 1948).

3 . 2 . Animales

En la FAUANL se cuenta con un lote de alrededor de 100 sementales caprinos de los cuales se seleccionaron 22 de acuerdo a uniformidad y conformación corporal de tres diferentes razas caprinas productoras de leche (Alpina, Nubia y Saanen). Los sementales fueron examinados de sus dientes y patas, y palpados de sus testículos para ver si no había defectos o lesiones por infección, desparasitados tanto externa como internamente, vitaminados y vacunados, también se les realizó la prueba de Brucelosis por un Médico Veterinario acreditado por la Campaña de Erradicación de Brucelosis-Tuberculosis de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, al momento de ingresar al

experimento y posteriormente al período de montas. Los sementales fueron entrenados por un período de 3 meses para eyacular en vagina artificial, utilizando para el efecto hembras estrogenizadas.

3 . 3 . Períodos y Dietas Experimentales

3 . 3 . 1 . Dietas usadas en el primer período

El experimento duró 128 días divididos en tres períodos: Período (1), del 21 de Agosto al 6 de Octubre de 1995 (días 1 al 46 del experimento). Los sementales recibieron las dietas y se les tomaba datos cada 15 días; se les dió un período de adaptación de 15 días en los cuales cada tercer día se les aumentaba la proporción de concentrado: forraje hasta consumir la ración que les correspondería durante el experimento, así como el ajuste en los niveles de energía por kg de peso metabólico. Para ésto se formularon 4 tipos de raciones que difirieron en su nivel de proteína 16 ó 10.5 g/d/kg PV⁷⁵ con 180 ó 230 Kcal EM /d/kg de PV⁷⁵.

3 . 3 . 2 . Dietas y tratamientos usados en el segundo período

El segundo periodo fué, del 7 de Octubre al 5 de Noviembre (días 47 al 82 del experimento). Los sementales fueron asignados a los diferentes hatos para las montas directas en las cuales se usó un

semental por cada 25 hembras. En este período la dieta que consumieron los animales fué la que usualmente se utiliza en cada rancho; los sementales se juntaban con las hembras asignadas durante la noche y en el día la hembra salía a pastorear y el semental se quedaba en el corral donde se le proveía agua y comida.

La composición de las dietas del experimento (cuadro 1) en base a materia seca fueron: dieta (1) Bajo en energía y proteína; dieta (2) Alto en energía, bajo en proteína; dieta (3) Bajo en energía y alto en proteína y dieta (4) Alto en energía y proteína.

Cuadro 1.- Composición de las dietas suministradas a machos caprinos durante 46 días antes y después del empadre

INGREDIENTES (% base seca)	TRATAMIENTOS			
	1 ^a	2	3 ^b	4
GRANO DE SORGO	26.40	74.75	10.50	56.40
MELAZA	7.60	5.00	7.50	7.50
ALFALFA	24.90	4.30	31.30	19.20
UREA	0.60	0.60	0.70	0.70
HARINA DE SOYA	1.50	1.10	14.00	11.95
PACA DE SORGO	37.60	12.20	35.00	2.50
FOSFATO DICALCICO	0.45	0.20	0.30	0.28
SAL	0.45	0.45	0.45	0.45
CARBONATO Ca	0.25	1.15	0.00	0.77
PREM. DE VIT. Y MIN.	0.25	0.25	0.25	0.25
Análisis Calculado				
Proteína Cruda %.	12.5	12.5	18.0	18.0
Fibra Cruda %	20.36	7.31	21.74	8.52
EM. Mcal./kg.	2.1	2.8	2.1	2.8
Calcio	0.70	0.64	0.67	0.69
Fósforo	0.35	0.33	0.37	0.37

^{ab} Dietas usadas en el tercer período.

3 . 3 . 3 . Dietas y Tratamientos usadas en el Tercer Período

El tercer período, fué del 23 de Noviembre al 8 de Enero, 1996, (días 83 al 128 del experimento). Cuando los sementales regresaron del empadre se evaluó su estado de salud, se desparasitaron internamente, se trataron contra hectoparásitos y se les hizo la prueba de Brucelosis. En este período al igual que en el primero se tomaron datos cada 15 días, Se agruparon los animales de los tratamientos bajos en proteína (tratamientos 1 y 2 de la primera parte) en uno solo que fué el tratamiento A (180 Kcal EM y 10.5 g de proteína cruda / d / kg PV.⁷⁵), y los animales de los tratamientos altos 3 y 4 de la primera parte se agruparon en el tratamiento B (180 Kcal EM y 16 g de proteína cruda / d / kg PV.⁷⁵).

3 . 4 . Colección y Evaluación del Eyaculado

3 . 4 . 1 . Colección del Eyaculado

El semen fué colectado por vagina artificial según técnica descrita por Chemineau y Cagnié (1991). A los sementales se les cortó el pelo de alrededor del prepucio y se les lavó. Se les estimuló, por 2 minutos con una hembra a través del corral; inmediatamente se sacó al semental y se

realizó la colección. Las características a evaluar del semen fueron: Volumen, Motilidad, Movimiento de avance, Concentración, Morfología y pH.

3 . 4 . 2 . Evaluación Visual

Posteriormente a la colección, la muestra de semen se observó visualmente para determinar color y volumen, y se determinó el pH. El color se midió como: 1 = Amarillo cremoso, 2 = Blanco cremoso, 3 = Blanco verdoso, 4 = Amarillo verdoso lechoso, 5 = Blanco lechoso (Contreras, 1996). El volumen fué medido en mililitros (ml) en un tubo graduado y el pH fué estimado con una tira de papel indicador Litmus y comparado con una escala de color (Hafez, 1993).

3 . 4 . 3 . Evaluación Microscópica

El porcentaje de Motilidad fué estimado con una gota de semen puesta en un porta-objetos y observada en un microscopio de luz a 200X. Los rangos del movimiento de avance fueron de 0 = cero % de movimiento, 1 = < de 50%, 2 = 50 - 60%, 3= 60 -70% y 4 = 70 - 80% de movimiento. La concentración fué medida usando la técnica de la cámara de Spencer ó del hematocitómetro de la siguiente manera: En una pipeta de glóbulos rojos se aspiró semen fresco hasta la graduación de 0.5, luego se aspiró suero fisiológico más colorante ó alcohol hasta la marca de 101, para lograr una dilusión de 1:200. Se agitó la pipeta por espacio

de 2 minutos para que su contenido se mezcle, y posteriormente se realizó el conteo según la técnica descrita por Contreras (1996).

3 . 5 . Circunferencia Escrotal

La circunferencia escrotal se tomó al igual que el peso vivo cada 15 días, con una cinta metálica especial para estos fines, la cual se colocó en el diámetro mas ancho del escroto después de haber desplazado los testículos hacia el fondo del mismo (Ninoska et al., 1994)

3 . 6 . Peso Corporal

El peso corporal al igual que las demás variables se registró cada 15 días, individualmente por la mañana, antes de darles el alimento. Para pesarlos se usó una báscula electrónica con capacidad de 140 kg \pm 50 g.

3 . 7 . Análisis Estadístico

Las variables en el primero y segundo período fueron analizadas utilizando el paquete SPSS for Windows 5.0 (1992), basado en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 X 2, usando el peso inicial como covariable y con un análisis de varianza para determinar el nivel de significancia. Además se hicieron pruebas de correlación del nivel de

proteína con las diferentes características del semen. Para las variables de color del semen, pH y movimiento de avance se utilizó una prueba de Chi-cuadrada. Para el tercer período los datos fueron analizados por un diseño completamente al azar con un análisis de varianza usando el peso inicial como covariable, con 10 repeticiones en el tratamiento A y 8 repeticiones en el tratamiento B. Para las variables de color del semen, pH y movimiento de avance se utilizó una prueba de Chi-cuadrada (Olivares, 1995).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH del semen tuvo un promedio de 7 durante todo el experimento sin variación significativa entre los tratamientos; estos hallazgos coinciden con Colín-Negrete (1990) y con Fukuhara y Nishikawa citados por Colín-Negrete (1990) quienes reportaron un pH entre 7 y 7.5 en semen de machos caprinos.

El nivel de energía y/o proteína no influyó ($P>0.05$) en el color del semen, siendo los principales: blanco cremoso, blanco lechoso, amarillo cremoso y amarillo verdoso, coincidiendo con los resultados obtenidos por Pulido et al. (1987) quien no encontró efectos ni para color ni para motilidad en toros mantenidos en clima seco.

Cuando se analizó el movimiento de avance no hubo efectos de tratamientos coincidiendo con Chase et al. (1993) quienes compararon los efectos de energía en la dieta consumida sobre las características reproductivas de toros Angus y Senepol.

Al inicio del experimento, las características del semen, peso vivo y circunferencia escrotal tuvieron las medias que se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Valores iniciales, para machos caprinos en peso vivo (PV) y circunferencia escrotal (CIRES); características del semen: volumen (VOL), total de células por eyaculado (TOCE), total de células móviles (CELMOV).

Variables	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
P V kg	48.6	51.1	51.7	55.9
CIRES cm	25.6	25.7	28.5	25.8
VOL cc	1.4	1.4	1.1	1.6
TOCE x 10 ⁶	6943	6315	6132	8390
CELMOV x 10 ⁶	5984	4358	5405	6209

Hacia el final del primer período del experimento (día 46 de recibir las dietas) no hubo interacción energía x proteína para ninguna de las variables, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3.- Interacciones energía x proteína a los 15, 30 y 46 días del experimento antes del período de empadre para PV, aumento diario de peso ADP, CIRES, TOCE, CELMOV y VOL.

Días Trata	PV	ADP	CIRES	TOCE	CELMOV	VOL	
15	1	51.0	172.9	26.2	5731	6085	1.3
	2	52.9	128.0	26.8	5277	5497	1.2
	3	56.1	318.0	29.0	7671	5278	1.6
	4	59.1	231.0	27.6	7439	6367	1.6
	P	.62	.62	.91	.94	.58	.86
30	1	52.4	127.7	27.7	2953	2244	1.3
	2	55.0	131.1	28.3	3646	2834	1.4
	3	57.8	203.1	31.1	2403	1657	0.9
	4	60.8	162.7	29.7	1657	3382	1.6
	P	.59	.56	.22	.90	.34	.09
46	1	59.5	129.1	27.1	4578	3908	1.1
	2	57.5	139.3	28.1	4886	4153	1.2
	3	61.6	215.0	31.0	5920	5143	1.5
	4	63.9	173.0	30.1	7528	5271	1.8
	P	.41	.41	.34	.56	.96	.58

Para los efectos principales (Cuadro 4), a los 15 días del experimento no se observó diferencia significativa para ninguna variable. Sin embargo, para los 30 días del experimento se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) para la circunferencia escrotal; los sementales que consumieron la dieta alta en proteína tuvieron una circunferencia escrotal

mayor (30.5 cm) comparados con los sementales que consumieron la dieta baja en proteína (27.8 cm), siendo ésta la primer variable afectada positivamente por los tratamientos. Estos hallazgos coinciden con los obtenidos por Thwaites (1994), quien demostró que el volumen testicular es más sensible a los cambios nutricionales que el peso vivo. Martín et al. (1994b) alimentando borregos con 3 niveles dietéticos asoció el incremento en el peso testicular con un incremento en la frecuencia pulsátil de la Hormona Luteinizante (LH), concluyendo que los efectos del estatus nutricional sobre el tamaño testicular en borregos adultos son mínimos, mediados además por cambios en la secreción de gonadotropinas. Lincoln et al. (1990), citado por Hötzel et al. (1995), señalan que el incremento en la secreción de FSH posterior a la alimentación con una dieta alta en proteína es probablemente un factor importante que regula el efecto de la nutrición sobre el desarrollo testicular, porque los cambios estacionales en el tamaño testicular son seguidos claramente por cambios en la concentración de FSH en plasma.

Cuadro 4.- Efecto del nivel de proteína en sementales caprinos sobre PV, ADP, CIRES, VOL, TOCE y CELMOV.

Proteína	Días	PV	ADP	CIRES	VOL.	TOCE	CELMOV
		kg	g	cm	cc	x10 ⁶	x10 ⁶
Alta	15	57.5	278.9	28.4	1.6	7565	5774
Baja		52.0	148.4	26.5	1.3	5483	5765
Alta	30	59.1	184.7	30.5 ^a	1.2	3300	2441
Baja		53.8	129.6	27.8	1.6	3330	2556
Alta	46	62.6 ^d	196.0 ^b	30.6 ^c	1.6 ^e	6650	5201
Baja		56.1	134.7	27.7	1.1	4746	4041

a, b, d y e = P<0.05

c = P<0.01.

En la última extracción de semen antes de la salida de los animales al empadre, el nivel alto de proteína promovió un aumento de peso significativo (P<0.05), pesando 62.6 kg comparados con los del tratamiento bajo de 56.1 kg. siendo un 10.3% mas alto el peso vivo en los sementales con nivel de proteína alto.

El nivel alto de proteína promovió un aumento diario de peso (P<0.05) de 196 g/día; comparados con los 134.7 g de los sementales del nivel bajo, siendo un 31.3% más alto en los animales que consumieron el nivel de proteína alto.

Circunferencia escrotal fué diferente entre los tratamientos ($P < 0.01$); los sementales que consumieron la ración alta en proteína tuvieron una circunferencia escrotal de 30.6 cm, siendo un 10% mayor que los animales con el nivel bajo de 27.7 cm. Para el volumen eyaculado, la dieta alta en proteína fue mejor ($P < 0.05$) que el nivel bajo (1.1 Vs 1.6 cc), a los 46 días de recibir los tratamientos y cuyos resultados de los efectos principales se presentan en el Cuadro 4. El número de células totales por eyaculación no fué afectado ($P > 0.05$) aunque numéricamente se incrementaron con el nivel alto de proteína (6650×10^6 Vs 4746×10^6), Chemineau y Cagnié (1991), y Hafez (1993) coinciden en señalar que la espermatogénesis dura alrededor de 45 días en caprinos y es quizás la razón por la cual los efectos de la proteína sobre las características del semen se presentaron hasta la tercera eyaculación (46 días) de estar recibiendo el tratamiento alto en proteína.

El nivel alto de energía tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en la producción de células totales (3978×10^6 células) el cual fué 33.3% mayor en los sementales que consumieron la dieta alta en energía comparados con los animales que recibieron la dieta baja en energía (2653×10^6 células), estos resultados coinciden con los reportados por Walkden-Brown et al. (1994) quienes encontraron que el tamaño testicular es un buen predictor de la producción de espermatozoides en muchas especies incluyendo a los caprinos. Land y Carr (1975) encontraron una buena correlación entre el diámetro de los testículos y el peso de los órganos en tres razas de ovinos, observando que las diferencias entre razas en el diámetro testicular estuvo relacionada con las diferencias en la capacidad de proliferación de las hembras de dichas razas.

Cuadro 5.- Efecto del nivel de energía en sementales caprinos para PV, ADP, CIRES, TOCE, CELMOV y VOL..

Energía	Días	PV	ADP	CIRES	TOCE	CELMOV	VOL
		kg	g	cm	x 10 ⁶	x 10 ⁶	cc
ALTA	15	55.7	175.0	27.2	6260	5893	1.4
BAJA		53.8	252.3	27.8	6789	5645	1.5
ALTA	30	57.7	145.5	28.9	3978 ^a	3083	1.5
BAJA		55.3	168.8	29.3	2653	1924	1.1
ALTA	46	60.4	159.6	28.1	6087	4661	1.5
BAJA		58.4	176.0	29.3	5310	4581	1.3

a = P<0.05

El nivel de proteína se correlacionó positivamente con los aumentos diarios de peso y volumen del eyaculado (P<0.05). Gábor et al. (1995) encontró correlación baja (r=0.30, P<0.05) entre peso vivo y número de espermatozoides, así como para la circunferencia escrotal (P<0.01). El peso vivo fué la variable que en mayor grado afectó la circunferencia escrotal (Cuadro 6). Hafez (1987) encontró una correlación entre peso testicular y circunferencia escrotal (r = 0.53), aunque Cártter et al. (1980) encontraron que no es probable que la circunferencia escrotal proporcione predicciones precisas de la producción de esperma en toros de Inseminación Artificial (IA). Sin embargo, Celis et al. (1987) concluyen que la circunferencia escrotal es una medida confiable, que por su facilidad de realización, su alta correlación con el peso testicular (capacidad espermatogénica) y su alta repetibilidad, puede indicar la capacidad

reproductiva en los sementales. Tegegne et al. (1992) encontró correlación alta entre peso vivo, circunferencia escrotal y niveles de testosterona en suero.

Cuadro 6.- Coeficientes de correlación para las variables de semen y efecto de proteína en machos caprinos a los 46 días de iniciado el experimento.

	PROTEÍNA	ADP g	CIRES cm	PV kg	TOCE x 10 ⁶	VOL cc
PROTEÍNA	----	.43*	.57**	.30 ^{NS}	.37 ^{NS}	.42*
ADP g	----	----	.18 ^{NS}	.19 ^{NS}	.21 ^{NS}	.13 ^{NS}
CIRES cm	----	----	----	.68**	.45*	.46*
P V kg	----	----	----	----	.42*	.53**
TOCE x 10 ⁶	----	----	----	----	----	.95**
VOL cc	----	----	----	----	----	----

* (P<0.05)
 ** (P<0.01)
 NS.(P0>.05)

Durante el período de empadre (36 días) hubo una severa pérdida de peso, ya que los animales estaban ganando en promedio 176.6 g, antes del empadre y perdieron en promedio 95.8 g diarios durante dicho período. Estas pérdidas de peso fueron independientes de la dieta

consumida antes de la época de montas (Cuadro 7). Lo mismo ocurrió con el total de células móviles las cuales se redujeron en un 36.9%, y la circunferencia escrotal que se redujo en un 8.5% durante las montas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Thwaites (1994) donde chivos con un período de apareamiento de 4 semanas, tuvieron una reducción en el peso vivo de 16% y en el volumen testicular de 36% en borregos no suplementados. Sin embargo, logró aumentar los pesos vivos y volumen testicular durante el período de monta de 1.7 a 5% a los animales que se les suplementó en dicho período con 700 g por cabeza por día de suplemento protéico, a diferencia de los caprinos que independientemente de la dieta disponible, perdieron peso y circunferencia escrotal, quizás por el bajo consumo de alimento durante el período de montas.

Cuadro 7.- Efecto del período de empadre para las variables, PV, ADP, TOCE, CIRES, CELMOV y VOL, en machos caprinos bajo dietas variadas en energía y proteína, antes y después del empadre.

VARIABLE	PERIODO DE EMPADRE		
	ANTES	DESPUÉS	P
PV kg.	59.4	55.6	.013
ADP g.	176.6	95.8	.001
TOCE x 10 ⁶ .	5931	4153	.020
CIRES cm.	29.4	26.9	.002
CELMOV x 10 ⁶	5025	3170	.018
VOL. cc.	1.4	1.3	.34

Existió efecto de interacción período x proteína ($P < 0.05$) ya que los chivos que consumieron una ración alta en proteína tuvieron un aumento diario de peso de 204 g contra 142 g para los que consumieron los tratamientos con proteína baja. Sin embargo, en el período de empadre en ambos tratamientos se presentó la misma disminución en el peso vivo (-100.6 g Vs -89.4 g / animal / día).

Además, para células totales y células móviles hubo interacción de período x tratamiento ya que los sementales en tres de los tratamientos disminuyeron el número de células totales y móviles durante el período de montas (Cuadro 8). Sin embargo, eso no fué observado en aquellos sementales alimentados con el tratamiento 2 (Bajo en proteína y alto en energía) que tuvieron una cantidad mayor ($P>0.05$) de células totales y células móviles después de las montas que antes de dicho período. Esta misma interacción se presentó ($P<0.05$) en la variable de volumen del eyaculado. Hötzel et al. (1995), mencionan que los cambios en la frecuencia pulsátil de la GnRH no deben ser considerados como los únicos inducidos por factores nutricionales, ya que los cambios en el desarrollo testicular sugieren que los factores nutricionales activan otras alternativas que regulan la función testicular. La mas simple posibilidad es un cambio en la disponibilidad de los nutrientes que son usados en el metabolismo testicular.

Cuadro 8.- Efecto de interacción período x tratamiento antes y después del empadre para VOL, TOCE, y CELMOV, en machos caprinos alimentados con dietas variadas en energía y proteína antes y después del empadre.

VARIABLE	ANTES DEL EMPADRE TRATAMIENTOS				DESPUÉS DEL EMPADRE TRATAMIENTOS				
	1	2	3	4	1	2	3	4	P
VOL cc.	1.2	1.1	1.5	1.9	0.9	1.5	1.4	1.2	.02
TOCE x 10 ⁶	5222	4682	5920	7905	2936	5363	4730	3295	.03
CELMOV x 10 ⁶	4534	4078	5142	6287	1935	4630	3392	2611	.10

Al regresar del empadre se usaron los tratamientos A y B (Cuadro 1), los cuales tenían el mismo nivel de energía (180 Kcal EM /d / kg de PV .⁷⁵) con diferente porcentaje de proteína cruda (16 ó 10.5 g / d / kg PV .⁷⁵), esto debido a que los resultados antes del empadre indicaron que los niveles altos de proteína son los que más efecto tuvieron sobre las características del semen.

Para el tercer período no se encontraron efectos de tratamientos para los dos niveles de proteína a los 15 días, ni para los 30 días de estar recibiendo las dietas (Cuadro 9).

Al igual que en el primer período, el nivel de proteína alto promovió los mejores aumentos de peso vivo (Cuadro 9), el cual fué estadísticamente más alto ($P < 0.05$) en los sementales asignados al tratamiento con proteína alta comparados con los animales que recibieron la ración baja en proteína (66.2 kg contra 61.5 kg, respectivamente). El ADP presentó un efecto significativo en los animales que consumieron la ración alta en proteína ($P < 0.05$), 215 g contra 149 g de los sementales que consumieron la ración con proteína baja.

La circunferencia escrotal hacía el final del experimento aunque numéricamente fué más alta en los sementales que consumieron la ración con proteína alta, ésta no fué estadísticamente significativa ($P > 0.05$) lo que indica que en la circunferencia escrotal además de la nutrición influyó la estación de montas (Verano - Otoño), como lo reporta Chemineau y Cagnié (1991). Sin embargo, la estación de empadre aunque sí influyó negativamente en la circunferencia escrotal no afectó las características del semen de los sementales que consumieron la dieta alta en proteínas.

Los machos caprinos que consumieron la dieta alta eyacularon un volumen mayor ($P < 0.01$) (1.4 y 0.9 cc, respectivamente), y tuvieron un total de células por eyaculado mayor que los animales que consumieron la dieta baja con (5558 Vs. 3291 x 10⁶ células) y las células móviles por eyaculado con un comportamiento estadístico similar ($P < 0.01$) con 4835 contra 2630 x 10⁶ células respectivamente. Lincoln et al. (1990), citado por Hötzel et al. (1995), señalan que el incremento en la secreción de FSH posterior a la alimentación con una dieta alta en proteína es probablemente un factor importante que regula el efecto de la nutrición

sobre el desarrollo testicular, porque los cambios estacionales en el tamaño testicular son seguidos claramente por cambios en la concentración de FSH en plasma.

Cuadro 9.- Efecto del nivel de proteína en la alimentación de machos caprinos a los 0, 15 y 30 días del experimento después del período de empadre para PV, ADP, CIRES, TOCE, CELMOV y VOL.

Días	Trata	PV	ADP	CIRES	TOCE	CELMOV	VOL
		kg	g	cm	x 10 ⁶	x 10 ⁶	cc
15	BAJO	58.1	228	25.8	4078	3036	1.3
	ALTO	58.0	114	26.6	4658	3675	1.4
	P	.88	.88	.81	.57	.43	.81
30	BAJO	60.1	181.9	26.5	3010	2090	1.3
	ALTO	62.0	188.2	26.9	3447	2747	1.2
	P	.88	.88	.85	.57	.43	.81
46	BAJO	61.5	149	27.0	3291	2630	.9
	ALTO	66.2	215	29.1	5558	4835	1.4
	P	.024	.024	.08	.004	.004	.005

5. CONCLUSIONES

Estos datos muestran que la proteína mejora las características reproductivas de los machos antes del empadre; sin embargo, independientemente de la dieta consumida antes del empadre los sementales perdieron peso y se redujo su circunferencia escrotal durante el empadre de Otoño.

Las dietas altas en energía previas al empadre permiten mantener en mejores condiciones las características seminales de los machos reproductores aun después de la época de empadre.

La circunferencia escrotal es la característica que primeramente se ve afectada por la nutrición o desnutrición en los caprinos y esta va a influir en las características de volumen de eyaculado y número de células eyaculadas.

Además se concluye que la suplementación de machos caprinos deberá ser de por lo menos 45 días antes del empadre, y es necesario el mismo período de recuperación posterior a las montas.

Es necesario hacer más investigación sobre los niveles de energía y proteína sobre las características seminales de los machos caprinos antes y después del período de empadre.

6. RESUMEN

Para determinar el efecto del nivel de energía y proteína en sementales caprinos antes y después del empadre de otoño sobre la ganancia de peso diario, peso vivo, circunferencia escrotal y características del semen, 22 sementales cruzados de las razas Alpino, Nubio y Saanen, fueron asignados al asar en un arreglo factorial 2 x 2 usando el peso inicial como covariable a 4 tipos de raciones que difirieron en su nivel de proteína 16 ó 10.5 g / d / kg PV ^{.75} con 180 y 230 K cal EM / d / kg de PV ^{.75}, durante los primeros 46 días del experimento (período 1). Los siguientes 36 días los sementales fueron asignados al empadre consumiendo la ración que normalmente se usaba en los ranchos (período 2); y un tercer período en el que se asignaron dietas que solo difirieron en el nivel de proteína (180 K cal EM y 16 ó 10.5 g de proteína cruda / d / kg PV ^{.75}). Se tomaron datos cada 15 días.

Los sementales que consumieron dietas altas en proteína a los treinta días de iniciado el experimento tuvieron mayor circunferencia escrotal ($P < 0.05$) que los de la ración con el nivel bajo (30.5 y 27.8 cm, respectivamente). A los 46 días de iniciado el experimento, el nivel alto en proteína promovió un peso más alto ($P < 0.05$), (62.6 kg Vs 56.1 kg) comparada con el nivel bajo. El aumento diario de peso fue significativamente mayor ($P < 0.05$) con 196.1 comparado con los 134.7 g de los sementales con el nivel bajo. También influyó en la circunferencia escrotal con 30.6 cm, siendo mayor ($P < 0.01$) que la de los animales con el nivel bajo de 27.7 cm. Para el volumen eyaculado, la dieta alta en proteína fue mejor ($P < 0.05$) que el nivel bajo (1.6 Vs 1.1 cc). Durante el período dos (empadre) hubo una severa pérdida de peso, ya que los animales estaban ganando en promedio 176.6 g, antes del empadre y

perdieron en promedio 95.8 g diarios durante dicho período. Lo mismo ocurrió con el total de células móviles las cuales se redujeron en un 36.9%, y la circunferencia escrotal que se redujo en un 8.5% durante las montas. Durante el tercer período, el nivel alto de proteína influyó favorablemente en la recuperación del peso vivo ($P < 0.05$) en los sementales asignados al tratamiento con proteína alta comparados con los animales que recibieron la ración baja en proteína (66.2 kg contra 61.5 kg respectivamente). El aumento diario de peso con una tendencia significativa ($P < 0.05$) más alta en los animales que consumieron la ración alta en proteína (215 g contra 149 g de los sementales que consumieron la ración con proteína baja). Los sementales con la dieta alta eyacularon un volumen mayor que los que consumieron la dieta baja (1.4 y 0.9 cc, respectivamente). El total de células eyaculadas fué significativamente más alto ($P < 0.05$) en los sementales con dieta alta en proteína (5558 Vs. 3291×10^6 células). El total de células eyaculadas, fué también significativo ($P < 0.05$) en los sementales con nivel alto de proteína comparados con los que consumieron el nivel bajo (4835 Vs 2630×10^6 células respectivamente). Con estos datos se concluye que la proteína mejora las características reproductivas de los sementales antes del empadre. Sin embargo, los sementales caprinos independientemente de la dieta pierden peso y se afectan sus características seminales durante el empadre. Además podemos concluir que los sementales caprinos requieren por lo menos 45 días de suplemento antes del período de montas del Otoño y los mismos días para recuperarse después del mismo.

7. BIBLIOGRAFIA

- Alkass, J. O., M. J. Bryant, and J. S. Walton. 1982. Some effects of level of feeding and body condition score upon sperm production and gonadotrophin concentrations in rams. *Anim. Prod.* 34:265.
- Carter, A. P., P. D. P. Wood, And P. A. Wright, 1980. Association between scrotal circumference, live weight and sperm output in cattle. *J. Reprod. Fertil.* 59:447.
- Celis, G. J. P., O. L. Rodriguez, R. Y J. Quintal F. 1987. Correlaciones entre circunferencia escrotal y algunas medidas zometricas con el peso testicular en borregos pelibuey. *Téc. Pec. Méx.* 25:10.
- Colín-Negrete, J., 1990. Effects of season on semen characteristics in Alpine, Nubian and Saanen Bucks. New México Las Cruces, New México. *Proceeding, West. Sec., Am. Soc. Anim. Sci.* 41:351.
- Contreras, M. M. E., 1996. Manual de pruebas de fertilidad y Manejo de semen de Chivo. Departamento de Zootecnia, Laboratorio de Reproducción Animal. Facultad de Agronomía, UANL. pp. 6, 7, y 9.

Coulter, G. H., and G. C. Kozub. 1984. Testicular development, epididymal sperm reserves and seminal quality in two-year-old Hereford and Angus bulls: Effects of two levels of dietary energy. *J. Anim. Sci.* 59:432.

Coulter, G. H., T. D. Carruthers, R. P. Amann, and G. C. Kozub. 1987. Testicular development, daily sperm production and epididymal sperm reserves in 15-month-old Angus and Hereford bulls: Effects of bull strain plus dietary energy. *J. Anim. Sci.* 64:254.

Coulter, G.H., and D. R. C. Bailey. 1988. Epididymal sperm reserves in 12-month-old Angus and Hereford bulls. Effects of bull strain plus dietary energy. *Anim. Reprod. Sci.* 16:169.

Chase, C.C. Jr., R. E. Larsen, A. C. Hamond and R. D. Randel. 1993. Effect of dietary energy on growth and reproductive characteristics of Angus and Senepol bulls during summer in Florida. *Theriogenology* 40:43.

Chemineau, P., and Y., Cagnié. 1991. Training Manual on Artificial Insemination in Sheep and Goats. Reproductive Physiology Station, Institute Nationale de la Recherche Agronomique (INRA), Monnanie, France pp. 22, 24, 79, 87.

De Alba, J., 1985. Reproducción Animal. Ediciones científicas. La prensa Médica Mexicana, S. A. México, D. F. p. 132

Delgadillo, J. A., B. Leboeuf, and P. Chemineau. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*, 36:755.

Dunn, T. G. And G. E. Moss. 1992 Effects of Nutrient Deficiencies and Excesses on Reproductive Efficiency of Livestock. *J. Anim. Sci.* 70:1580.

Estala, E., H. Varela., G. Duarte. y J. A. Delgadillo. 1994. Actividad sexual anual de los machos cabríos Alpinos y Nubios en la Comarca Lagunera. IX Reunion Nacional de Caprinocultura. UABC. La Paz, B. C. S. p 167.

Gábor, G., M. Mézes, J. Tözsér, S. Bozó, E. Szücs and Y. Bárány. 1995. Relationship among testosterone response to GnRH administration testes size and sperm parameters in Holstein-Friesian bulls. *Theriogenology* 43:1317.

Glass, A. R., R. Mellitt, R. A. Vigersky, and R. S. Swerdloff. 1979. Hypoandrogenism and abnormal regulation of gonadotrophin secretion in rats fed a low protein diet. *Endocrinology* 104:438.

Gonzáles, A., W. C. Foote, B. D. Murphy, and E. Ortega. 1992 Seasonal variations in circulating testosterone and luteinizing hormone in Pelibuey lambs. *Small Ruminant Research*. 8:233.

- Hafez, E. S. E. 1987. Reproducción e inseminación artificial en animales. Quinta edición. Editorial Interamericana. Mc. Grow Hill. México, D. F. pp. 177, 271, 276.
- Hafez, E. S. E., 1993. Reproduction in farm animals Reproductive Health Center IVF/Andrology International Kiawah Island. Sexta edición South Carolina, USA. Lea & Febiger Filadelfia pp. 405, 423.
- Hötzel, M. J., S. W. Walkden-Brown., M. A. Blackberry, and G. B. Martin. 1995. The effect of nutrition on testicular growth in mature Merino rams involves mechanisms that are independent of changes in GnRH pulse frequency. *Journal of Endocrinology* 147:75.
- Koppen, W., 1948. Climatología. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Land, R. B. And W. R. Carr, (1975) Testis growth and plasma LH concentration following hemicastration and its relationship with female prolificacy in seep. *J. Reprod. Fertil.* 45:495.
- Martin, G. B., S. Tjondronegoro, and M. A. Blackberry. 1994b. Effects of nutrition on testicular size and the concentrations of gonadotrophins, testosterone and inhibin in plasma of mature male sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 101:121.

- Mellado, B. M., 1994. Manejo Reproductivo del Ganado Caprino en Agostadero. Conferencia Magistral. Memorias de la IX Reunion Nacional de Caprinocultura, Cd. Universitaria, La Paz, B. C. S. p 95.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayes, y V. W. Rodwell. 1992. Bioquímica de Harper. Editorial el manual moderno 12^a Edición. México, D. F. pp. 526, 530.
- Ninoska, M. B., F. R. González, B. E. Soto, C. Gonzáles-Stagnaro, y J. A. Aranguren-Méndez. 1994. Circunferencia Escrotal, crecimiento, y características seminales de toretes mestizos F1 ($\frac{1}{2}$ Brahman x $\frac{1}{2}$ Holstein). Maracaibo-Zulia, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ): 11:127.
- Nolan, C. J., D. A. Neuendorff, R. W. Godfrey, P. G. Harms, T. H. Welsh, Jr., N. H. McArthur, and R. D. Randel. 1990. Influence of dietary energy intake on prepuberal development of Brahman bulls. J. Anim. Sci. 68:1087.
- Olivares, S. E. 1995. Diseños experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L. pp. 15, 88 y 281.

- Oldham, C. M., N. R. Adams, P. B. Gherardi, D. R. Lindsay, and J. B. Mackintosh. 1978. The influence of level of feed intake on sperm producing capacity of testicular tissue in the ram. *Aust. J. Agric. Sci.* 29:173.
- Pérez, B., and E. Mateos. 1995. Seasonal variations in plasma testosterone levels in Verata and Malagueña bucks. *Small Ruminant Research* 15:155.
- Pruitt, R. J., and L. R. Corah 1985. Effects of energy intake after weaning on the sexual development of beef bulls. 1. Semen characteristics and serving capacity. *J. Anim. Sc.* 61:1186.
- Pulido, V. A., A. Cordova S. y V. Basurto K., 1987. Análisis reproductivo de sementales bovinos mantenidos en clima seco estepario *Tec. Pec. Méx.* 25:3.
- Rekwot, P. Y., E. O. Oyedipe, O. O. Akerejola, and J. Kumi-Diaka. 1988. The effect of protein intake on body weight, scrotal circumference and semen production of Bunaji bulls and their Friesian crosses in Nigeria. *Anim. Reprod. Sci.* 16:1.
- Salinas, C. S. (1981). Evaluación de métodos de muestreo para estimar densidad de arbustos. Tesis. FAUANL. Marín, N. L., México. p. 28.

- Schanbacher, B. D., W. R. Gomes and N. L. VanDemarck. 1974. Developmental changes in spermatogenesis, testicular carnitine acetyltransferase activity and serum testosterone in the ram. *J. Anim. Sci.* 39:889.
- Tegegne, A., K. W. Enwistle and E. Mukasa-Mugerwa. 1992. Nutritional influences on growth and onset of puberty in Boran and Boran x Friesian bulls in Ethiopia. *Theriogenology* 37:1005.
- Thwaites, C. J., 1994. The effects of feeding supplements containing different amounts and sources of nitrogen on live weight and the testes of rams during and after mating *Animal Feed Science and Technology* 48:177.
- Walkden-Brown, S. B., J. W., Restall, B. W. Norton, R. J. Scaramuzzi, and G. B. Martin. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal of Reproduction and Fertility* 102:351.

