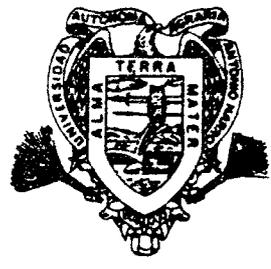


EFFECTO DE LA SOBREALIMENTACION Y SOMATOTROPINA
SOBRE EL CRECIMIENTO Y CARACTERISTICAS DEL SEMEN
DE MACHOS CABRIOS

CARLOS ANTONIO SANCHEZ COVARRUBIAS

T E S I S

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



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenavista, Saltillo, Coah.
SEPTIEMBRE DE 2002



BIBLIOT

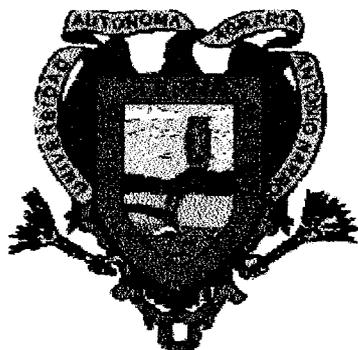
**EFFECTO DE LA SOBREALIMENTACIÓN Y
SOMATOTROPINA SOBRE EL CRECIMIENTO Y
CARACTERÍSTICAS DEL SEMEN DE MACHOS
CABRÍOS**

CARLOS ANTONIO SÁNCHEZ COVARRUBIAS

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICIÓN ANIMAL**



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO
Buenavista, Saltillo, Coah.
Septiembre de 2002**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**EFFECTO DE LA SOBREALIMENTACIÓN Y SOMATOTROPINA SOBRE EL
CRECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DEL SEMEN DE MACHOS CABRÍOS**

TESIS

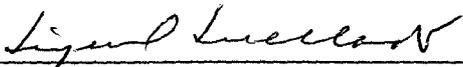
POR

CARLOS ANTONIO SÁNCHEZ COVARRUBIAS

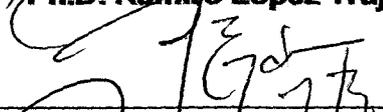
**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:**

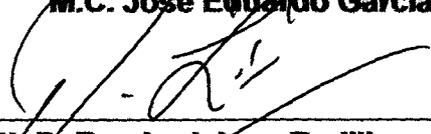
**MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICIÓN ANIMAL**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal: 
Ph.D. Miguel Mellado Bosque

Asesor: 
Ph.D. Ramiro López Trujillo

Asesor: 
M.C. José Eduardo García Martínez


Ph.D. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Septiembre de 2002

AGRADECIMIENTOS

Muy en especial al **Ph.D. Miguel Mellado Bosque**, ya que ha sido uno de los bastiones que me han permitido salir adelante en la realización de este trabajo y en mi maestría.

Al **Ph.D Ramiro López Trujillo** quien con su apoyo y paciencia desempeñó un papel importante en mi formación académica y como persona.

Al **M.C. José Eduardo García Martínez**, quien en todo momento me brindó su apoyo y conocimientos para poder llegar a lo que hoy es una realidad.

A la **Q.F.B. Laura Marisela Lara López** por su dedicación en los análisis de laboratorio.

A mis compañeros, **Ing. Miguel, Ing. César, M.V.Z. Héctor, Ing. Jhonisel e Ing. Sergio**, y a todas aquellas personas que me brindaron su amistad y sus consejos y que por razones de espacio haya omitido.

Al **Ing. Christian Helios Muñoz Castillo**, por su activa participación en la realización de este trabajo.

A mi **ALMA MATER** que me ha permitido escalar un eslabón más en mi vida y por haberme dado lo necesario para poder ser una persona de bien.

A todas las personas con las que tuve contacto a lo largo de mi estancia en la maestría. **MUCHAS GRACIAS.**

DEDICATORIA

A mis Padres con mucho respeto y una enorme gratitud **Sr. Antonio Sánchez Malacara y Sra. Maria de Lourdes Covarrubias Ávila**, por haberme apoyado en el momento en que decidí emprender esto que hoy culmina, por su paciencia y gran amor mostrado hacia mi persona.

A mi hermano **José Luis Sánchez Covarrubias**, quien en todo momento me ha brindado su amistad, apoyo y comprensión, y por estar conmigo en los momentos más difíciles, no sólo de esta etapa sino en todo momento.

A mis Abuelos, **Ramón Sánchez de la Rosa, Ramona Malacara de Sánchez, Raúl Covarrubias Valdés y María Luisa Ávila de Covarrubias** porque nunca dudaron que saldría adelante en esta difícil empresa.

A mi Novia, **Irene Margarita Ambríz Cruz**, por tu gran amor, comprensión y paciencia que me han hecho seguir adelante en todo momento, por tu actitud optimista y siempre con una sonrisa que me han hecho ser mejor cada día.

COMPENDIO

EFFECTO DE LA SOBREALIMENTACIÓN Y SOMATOTROPINA SOBRE EL
CRECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DEL SEMEN DE MACHOS CABRÍOS

POR

CARLOS ANTONIO SÁNCHEZ COVARRUBIAS

MAESTRIA
NUTRICIÓN ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, SEPTIEMBRE DE 2002

Ph.D. Miguel Mellado Bosque - Asesor -

Palabras clave: Machos cabrios, somatotropina, peso corporal, semen, sobrealimentación.

Este estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Saltillo, Coahuila, México. Se utilizaron 28 machos cabrios Nubios y Granadinos en crecimiento, de 2 meses de edad y 15 kg de peso vivo, en promedio, distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos: (1) 100 por ciento de los requerimientos nutricionales, (2) 100 por ciento de los requerimientos nutricionales más somatotropina, (3) 125 por ciento de los requerimientos nutricionales, y (4) 125 por ciento de los requerimientos nutricionales¹ más somatotropina. La aplicación de la hormona del crecimiento fue cada 14 días, a razón de 125 mg por animal. Se registró el peso vivo, la

altura a la cruz y la circunferencia escrotal. Así mismo, se analizaron algunos componentes del suero sanguíneo y el semen de los animales. La sobrealimentación de machos cabríos (25 por ciento más de los requerimientos nutricionales), independientemente de la aplicación de somatotropina, resultó en un 20 por ciento de incremento ($P < 0.01$) en las ganancias diarias de peso de los cabritos, con relación al grupo testigo. La aplicación de somatotropina, independientemente del nivel de nutrientes en la dieta, mejoró ($P < 0.05$) la ganancia diaria de peso en un 14 por ciento, con relación a los animales que no recibieron esta hormona. Tanto la altura a la cruz como la circunferencia escrotal de los machos cabríos no se vieron influenciados por los niveles de nutrientes o la aplicación de la hormona del crecimiento. En cuanto al semen, los tratamientos no tuvieron efectos sobre ninguno de los parámetros estudiados, a excepción de las células espermáticas anormales que fueron reducidas ($P < 0.01$) por la somatotropina en los machos cabríos que recibieron 100 por ciento de sus requerimientos nutricionales. Solamente el nivel de colesterol en el suero sanguíneo se vio afectado por los tratamientos, al ser el nivel de éste mayor ($P < 0.05$) en los animales sobrealimentados que no se les aplicó la somatotropina. Por otra parte, no se detectaron beneficios de la sobrealimentación ni de la hormona del crecimiento sobre la química sanguínea y características del eyaculado de los machos cabríos. Se concluyó que el beneficio de la aplicación de somatotropina se refleja sólo en el incremento de peso, sin afectar la altura, desarrollo testicular ni características del semen de machos cabríos en crecimiento.

ABSTRACT

EFFECT OF OVERFEEDING AND SOMATOTROPIN ON GROWTH AND SEMEN CHARACTERISTICS OF BUCKS

BY

CARLOS ANTONIO SÁNCHEZ COVARRUBIAS

**MASTER OF SCIENCE
ANIMAL NUTRITION**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTEMBER 2002**

Ph.D. Miguel Mellado Bosque - Advisor -

Key Words: Bucks, somatotropin, body weight, semen, over feeding.

This study was carried out at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in Saltillo, Coahuila, México. Twenty-eight 2-months-old Nubian and Granadino bucks were used in this study. The animals were randomly distributed into four treatments: (1) 100 percent of the nutritional requirements, (2) 100 percent of the nutritional requirements plus somatotropin, (3) 125 percent of the nutritional requirements, and (4) 125 percent of the nutritional requirements plus somatotropin. The application of the growth hormone was every 14 days (125 mg for animal). Live weight, height to withers and scrotal circumference were recorded every 14 days. Likewise, some components of the

blood serum and semen were analyzed at the end of the trial. Overfeeding, independently of the somatotropin application, resulted in 20 percent increment ($P<0.01$) in daily weight gain of bucks. Administration of somatotropin, independently of nutrients level of in the diet, improved ($P<0.05$) the daily weight gain by 14 percent, in comparison to the animals that did not receive this hormone. Height to withers and scrotal circumference of bucks were not influenced by nutrient levels or application of growth hormone. Regarding semen characteristics of bucks, treatments did not affect semen traits, except abnormal spermatic cells, which were reduced ($P<0.01$) in the somatotropin-treated animals receiving 100 percent of their nutritional requirements. Only cholesterol levels in blood serum was affected by the treatments. This metabolite was higher ($P<0.05$) in the overfed animals not receiving somatotropin. It was concluded that somatotropin was beneficial for weight increment, without affecting animal height. In general, neither testicular dimensions nor semen characteristic were significantly affected either by overfeeding or somatotropin administration.

INDICE

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Aditivos alimentarios no nutritivos.....	3
Funciones de la hormona del crecimiento en el metabolismo.....	3
Efecto de la hormona de crecimiento en cerdos.....	8
Efecto de la hormona de crecimiento en rumiantes.....	10
Características Seminales.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Ubicación del área de estudio.....	18
Animales y su manejo.....	18
Análisis estadístico.....	22
RESULTADOS.....	23
Desarrollo corporal.....	23
Características seminales.....	27
Metabolitos en sangre.....	29
DISCUSIÓN.....	31
CONCLUSIONES.....	36
LITERATURA CITADA.....	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro No		Página
3.1	Composición de las dietas ofrecidas a los machos cabríos Nubios y Granadinos mantenidos en estabulación.....	20
4.1	Ganancia de peso e incrementos de altura a la cruz y circunferencia escrotal de machos cabríos destetados con dietas conteniendo dos niveles de nutrientes y dos niveles de hormona de crecimiento.....	24
4.2	Características del eyaculado de machos cabríos alimentados con 100 ó 125 % de sus necesidades nutricionales, y con o sin la administración de hormona de crecimiento.....	28
4.3	Características del suero sanguíneo de machos cabríos alimentados con 100 ó 125 % de sus necesidades nutricionales, y con o sin la administración de hormona del crecimiento.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura No		Página
4.1	Peso vivo de machos cabríos Nubios y Granadinos en estabulación, los cuales recibieron 100 ó 125% de sus requerimientos nutricionales y somatotropina durante 14 semanas.....	25
4.2	Incremento de la altura a la cruz de machos cabríos Nubios y Granadinos los cuales recibieron 100 ó 125% de sus requerimientos nutricionales y somatotropina durante 14 semanas.....	26
4.3	Incremento de la circunferencia escrotal de los machos cabríos Granadinos y Nubios alimentados con 100 o 125% de sus requerimientos nutricionales y con o sin el suministro de somatotropina.....	27

INTRODUCCIÓN

La explotación caprina en México se realiza principalmente en zonas áridas y semiáridas, utilizándose básicamente los agostaderos para la alimentación de estos animales. Las cabras tienen la habilidad de pastorear y ramonear en terrenos de escasa vegetación, lo que las hace más capaces que los ovinos y bovinos en el aprovechamiento de la vegetación de los agostaderos, de esta forma y considerando la gran capacidad de adaptación a las zonas áridas que tienen los caprinos, y a la escasa o nula inversión en su alimentación por parte de los caprinocultores, la explotación de esta especie es una buena alternativa para mejorar los ingresos de las familias de bajos recursos económicos en el área rural.

Sin embargo, por las condiciones en que se lleva a cabo la explotación de estos animales, donde la alimentación solamente se basa de los recursos forrajeros de los agostaderos, sin existir la suplementación alimenticia, la productividad de las cabras es subóptima, y la capacidad reproductiva se ve afectada tanto en las hembras como en los machos por la escasa ingestión de nutrientes durante la mayor parte del año.

Con base en lo anterior, existe la necesidad de mejorar el ritmo de crecimiento, la condición corporal y las características de los caprinos desde

temprana edad, por lo cual, en el presente estudio se buscó mejorar estas características mediante el uso de dietas acordes a sus necesidades nutrimentales y la administración de la hormona de crecimiento.

Existen estudios en los cuales se ha documentado que la hormona del crecimiento administrada por vía oral o parenteral, mejora la condición corporal de los machos, y por ende se tiene una mayor calidad espermática (Church y Pond, 1996). Esta hormona, al ser utilizada en cabras lactantes incrementa también la producción de leche (Faulkner, 1998). Además, esta hormona aplicada a razón de 75 ng / kg movilizó los ácidos grasos volátiles en estos animales (Cheema *et al.*, 1995).

El uso de hormonas exógenas en caprinos no es muy frecuente, ya que los productores en México, en su gran mayoría, son de escasos recursos, y las hormonas son de elevado precio en el mercado. Sin embargo, existen evidencias de efectos benéficos con el empleo de la hormona del crecimiento en la producción caprina. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del suministro de la hormona de crecimiento y la sobrealimentación, sobre el desarrollo corporal (peso vivo, altura y circunferencia escrotal) y las características del semen de machos cabríos Nubios y Granadinos. Un objetivo adicional fue evaluar el efecto de la hormona del crecimiento y la sobrealimentación sobre algunos metabolitos y minerales del suero sanguíneo de los machos cabríos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aditivos alimentarios no nutritivos

El utilizar aditivos alimentarios no nutritivos tiene como finalidad estimular el crecimiento u otras funciones relacionadas con una mayor y más eficiente producción de los animales. Entre los aditivos no nutricionales más utilizados en la actualidad se puede mencionar a los agentes antibacterianos, antibióticos, arseniacales y nitrofuranos, y las hormonas o compuestos parecidos a éstas (Church y Pond, 1996).

Las hormonas naturales son sustancias químicas específicas producidas por las células vivas. Normalmente éstas pasan al torrente circulatorio y se distribuyen por los órganos y tejidos para modificar su estructura y función. Las hormonas suelen ser efectivas para estimular el crecimiento cuando son administradas en cantidades limitadas; entre éstas se pueden mencionar a los estrógenos, andrógenos, los progestágenos y la hormona del crecimiento (McDonald *et al.*, 1975).

Funciones de la hormona del crecimiento en el metabolismo

La hormona del crecimiento es una proteína sintetizada en la adenohipófisis de muchas especies. Se ha considerado actualmente que no es una sola proteína, sino una familia de proteínas formadas por variantes de

carga y de masa, cuyo componente mayoritario es una cadena de 191 aminoácidos, con un peso molecular de 22,000 Daltons. Cada miembro de la familia se considera que desempeña una función específica, lo que puede explicar la gran multifuncionalidad de la hormona en el metabolismo de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, que se manifiestan en el crecimiento y desarrollo de muchas especies (Murcia *et al.*, 1990).

En humanos, la hormona del crecimiento esta formada por una sola cadena polipeptídica de 191 aminoácidos. En los somatotrofos (células de la adenohipófisis encargadas de sintetizar la somatotropina) se sintetiza el precursor más largo de la proteína, y la forma activa se descarga al sistema circulatorio. La hormona del crecimiento induce a las células del hígado (y quizá a otras células) a la producción de otras hormonas denominadas somatomedinas, que son factores de crecimiento del tipo insulina, los cuales estimulan la proliferación de los tejidos mesodérmicos tales como el hueso, el cartilago y el músculo (Devlin, 1993).

Bauman (1992) menciona que esta hormona es un mensajero entre los diversos órganos y células del cuerpo y que es producida por la pituitaria anterior, la cual vierte la hormona del crecimiento a la circulación sanguínea donde lleva a cabo sus funciones anabólicas.

La secuencia natural de secreción de la hormona del crecimiento en el

la primera regulación la establece el hipotálamo, el cual se encarga de la producción de dos hormonas protéicas que controlan la secreción de esta hormona. Una de estas hormonas, la liberadora de la hormona del crecimiento, se encarga de propiciar su liberación, mientras que la somatostatina actúa a nivel de la pituitaria inhibiendo la liberación de la hormona del crecimiento (Ávila *et al.*, 1990). Estas hormonas son secretadas por el hipotálamo y transportadas por el sistema portahipofisario (Burton *et al.*, 1994). Sin embargo, la liberación episódica de la hormona liberadora de la hormona del crecimiento y la somatostatina no regulan enteramente la liberación de la hormona del crecimiento. Otros factores involucrados en la liberación de la somatotropina son: la hormona liberadora de la tirotropina, serotonina, ácido gama aminobutírico, norepinefrina, leptin, dopamina, neuropéptido Y, y galanina (McMahon, 2001).

Una vez secretada la hormona de crecimiento, ésta entra a la circulación vía la absorción capilar, inhibiendo la liberación de la hormona liberadora de la somatotropina y estimulando la liberación de la somatostatina. Las concentraciones normales de hormona de crecimiento en el organismo animal van de 10 a 15 ng / ml durante las primeras etapas de vida, y posteriormente decrece de 2 a 8 ng / ml en los meses siguientes. Su máximo nivel se observa en la pubertad con niveles de 15 a 18 ng / ml de suero sanguíneo.

La interacción de la hormona del crecimiento con sus receptores resulta en una dimerización un fenómeno que se produce con la acción de algunas

citocinas. La interacción resulta en la generación de una serie de moléculas involucradas en la transmisión de señales, algunas de estas moléculas son: Janus kinasa, kinasas activadas por mitógenos, sustratos parecidos a la insulina, fosfatidilinositol 3-kinasa, fosfolipasa C y proteína kinasa C (Sodhi y Rajput, 2001).

Las funciones de la hormona de crecimiento son muy variadas en el metabolismo del cuerpo, de entre las cuales se pueden destacar un mejor aprovechamiento del nitrógeno en el organismo, manifestándose en una mayor síntesis de proteína (balance de nitrógeno positivo). Esta hormona tiene un rol importante en el metabolismo de los lípidos y carbohidratos, promoviendo una movilización de los depósitos de grasa e inhibiendo su deposición (Guyton, 1989).

Por otro lado, en animales en la etapa de crecimiento, la somatotropina promueve una mejor utilización de los minerales como el calcio y el fósforo, lo cual trae como consecuencia un mejor ritmo de crecimiento de los huesos. Sin embargo, existen evidencias de que en animales adultos esta hormona puede promover el incremento en peso y tamaño de algunos de los órganos vitales como el hígado y los riñones (Skarda, 1998).

En condiciones de subnutrición, la hormona del crecimiento es producida en mayor cantidad, lo cual trae como consecuencia el retiro de las grasas de reserva para su metabolismo energético, aumentando la gluconeogénesis a partir

de éstas, y evitando la presencia de bajos niveles de glucosa a nivel sanguíneo.

Breier y Gluckman (1991) mencionan que la hormona del crecimiento puede inducir la incorporación de aminoácidos en las proteínas, y así mismo, la degradación de las grasas contenidas en el organismo, y en consecuencia la liberación de ácidos grasos a la circulación, promoviendo la gluconeogénesis a nivel hepático.

A nivel celular la hormona del crecimiento regula el metabolismo energético y aumenta la síntesis de proteína, promueve la captación de las células de algunos aminoácidos, y en consecuencia un balance de nitrógeno positivo (Tyrrell *et al.*, 1988). En las primeras fases la hormona es capaz de estimular la síntesis de proteína, sin embargo, un efecto posterior es que la hormona estimula el ritmo en la producción de **ARN**, y en consecuencia eficientiza la división celular (Guyton, 1989). La hormona disminuye la captación de glucosa hacia el interior de algunos tejidos y aumenta la liberación de glucosa desde el hígado. Las dos acciones descritas tienden a incrementar la concentración de glucosa en la sangre, y con esto se desencadena la secreción de insulina por el páncreas. Sin embargo, si el ritmo de secreción de la hormona del crecimiento es anormalmente alto, o si las reservas de insulina en el páncreas son insuficientes, la hormona del crecimiento puede ser capaz de desencadenar diabetes, y como ya se mencionó, la hormona moviliza al tejido

presentando la formación de cuerpos cetónicos, especialmente en diabéticos (Guyton, 1989).

La hormona de crecimiento ha sido muy bien caracterizada desde el punto de vista fisicoquímico, inmunológico y biológico. Ésta se ha obtenido de su fuente natural así como por ingeniería genética. En el caso de la especie caprina, esta hormona (gST) no ha sido caracterizada, aunque existe un reporte en donde se ha obtenido el cADN para esta proteína, lo que sugiere que pronto estará disponible en el mercado como ya ha sucedido con la somatotropina bovina (bST), somatotropina porcina (pST) y la somatotropina equina (hST) de origen recombinante (Perera *et al.*, 1991). Dadas estas condiciones se han podido realizar investigaciones donde se administra la hormona de crecimiento a los animales domésticos encontrándose en general buenos resultados.

Efecto de la hormona de crecimiento en cerdos

Etherton (2000) señala que la administración de pST a cerdos en crecimiento resulta en un marcado incremento en el crecimiento muscular y en forma concurrente en una disminución en la grasa de la canal. En los cerdos en crecimiento la aplicación de esta hormona resulta en un incremento en las ganancias de peso que va del 10 a 20 por ciento, mejorándose además la eficiencia alimenticia en un 15 a 30 por ciento. La reducción del tejido adiposo puede ser de entre 50 y 80 por ciento, incrementándose la deposición de proteína en un 50 por ciento. Los cambios anteriores están asociados a una reducción de 10 a 14 por ciento en el consumo de alimento. Estas respuestas

ocurren porque la hormona del crecimiento tiene una amplia acción que modula la partición de nutrientes entre el tejido adiposo y el tejido muscular. La disminución del tejido adiposo se debe a la disminución de la lipogénesis, como resultado del bloqueo de la hormona del crecimiento de diversos efectos dependientes de la insulina.

En la producción porcina se han estudiado los efectos de la somatotropina vía inyección intramuscular, ya que por vía oral parece no ser activa (NRC, 1994). Los efectos de la pST en el desarrollo de los animales se ha documentado ampliamente. La magnitud de la respuesta animal en estos estudios ha variado debido a los factores comúnmente conocidos como son el diseño experimental, el peso inicial, la raza, el sexo y la composición de la ración. Sin embargo, se han observado efectos de incremento en la síntesis de proteína de hasta un 50 por ciento. Esta modificación se asocia con un decremento en el consumo de alimento, aproximadamente de 10 a 15 por ciento.

Algunos estudios han examinado la relación entre la pST y la respuesta productiva (Boyd *et al.*, 1988). Esos estudios han establecido que esta relación varía considerablemente en cuanto a crecimiento. Se ha observado que la ganancia diaria de peso, el depósito de proteína, así como el de cenizas se incrementan al aplicar una dosis de alrededor de 100 μg de pST / kg de peso vivo del animal. En contraste, el depósito de lípidos y la conversión alimenticia

decrecieron de una manera lineal con dosis de pST mayores de 200 μg / kg de peso vivo.

Existen algunos trabajos que se han realizado con cerdos en etapa de finalización, en los que se pueden constatar algunas de las aseveraciones hechas por el NRC (1994), tal es el caso de los datos de Braña *et al.* (2001) quienes utilizaron 96 cerdos de 54 a 104 kg. Los cerdos fueron divididos en dos lotes, tratando a uno de estos grupos con una inyección diaria de 3 mg de somatotropina por cerdo, encontrándose que los cerdos que fueron tratados con la hormona del crecimiento redujeron su consumo de alimento en un 6 por ciento, con respecto al testigo. Así mismo, mejoraron la ganancia diaria de peso. Por otro lado, y corroborando lo expuesto por el NRC (1994), los cerdos tratados con pST tuvieron un mejor rendimiento de tejido magro, con lo cual se puede constatar que la hormona del crecimiento promueve la movilización del tejido graso y reduce su deposición.

Efecto de la hormona de crecimiento en rumiantes

Los animales en donde se ha utilizado la hormona del crecimiento con más intensidad son los rumiantes, tanto en los animales productores de carne como de leche.

Los efectos de la aplicación exógena de la hormona del crecimiento en el desarrollo de rumiantes ha sido recientemente sumariado. Los datos de 21

trabajos de investigación con ganado en crecimiento indican que con una dosis moderada de bST, la ganancia diaria de peso se incrementa de un 10 a 15 por ciento, y que la conversión alimenticia se incrementa de un 9 a 20 por ciento, mientras que el contenido de músculo magro de la canal se incrementa de un 5 a 10 por ciento, además de reducirse el contenido de grasa de la canal entre un 10 y 15 por ciento (NRC, 1994).

En un estudio de Radcliff *et al.* (2000) se utilizaron tres grupos de becerras Holstein, las cuales recibieron: (1) alimento para un incremento de peso de 0.8 kg por día, (2) dieta para aumentar 1.2 kg por día, y (3) la dieta anterior más 25 µg de hormona de crecimiento por kg de peso. Los tratamientos se iniciaron a partir de los 135 kg de peso y se continuaron hasta que las novillonas se detectaron preñadas. Las novillonas ya gestantes se mezclaron y recibieron la misma dieta a través de la gestación, parto y lactancia. Las becerras con la dieta más alta en nutrientes y aquellas con el suministro de hormona del crecimiento presentaron mayores aumentos de peso que las becerras con la dieta para un aumento de peso moderado. Las novillonas con la dieta alta en nutrientes y las tratadas con somatotropina se inseminaron 90 días antes que las becerras alimentadas con la dieta para aumento de peso moderado. Sin embargo, las becerras de más bajo ritmo de crecimiento aumentaron más su peso durante la gestación que las becerras con dietas altas en energía y aplicación de somatotropina.

En varios experimentos realizados en rumiantes, mediante la utilización de diferentes hormonas, tanto naturales como sintéticas, se ha observado un aumento en la retención de nitrógeno, seguida por un consumo mayor de alimento. Lo anterior se presenta generalmente como resultado del aumento en la tasa de crecimiento, una mejoría en la eficiencia alimenticia y la reducción de la grasa corporal (Church y Pond, 1996).

Skarda (1998) realizó un experimento con 22 machos cabríos castrados de la raza Czench, para investigar los efectos de la administración de somatotropina recombinada bovina a razón de 100 mg / animal, a intervalos de 7 días, para estimar el crecimiento corporal, peso de órganos y contenido de lípidos. Los resultados indicaron que el promedio de peso corporal mejoró en un 22 por ciento, y los pesos de hígado, riñones y de las glándulas adrenales se incrementaron 16, 19 y 20 por ciento, respectivamente.

Cheema *et al.* (1995) Aplicaron 75 μg / kg de peso corporal a cabras mal alimentadas y a cabras con buena alimentación. La hormona de crecimiento movilizó significativamente los ácidos grasos volátiles en los animales bien alimentados, incrementando sus niveles alrededor de un 34 por ciento. Sin embargo, en los animales mal alimentados, la aplicación de la hormona suprimió la elevación de los ácidos grasos volátiles.

Faulkner (1998) trabajó con 6 cabras Saanen a los 6 meses post-parto, alimentadas con 1 kg / día de concentrado en dos servicios. La hormona del crecimiento (aproximadamente 3 mg) fue administrada en los días 3 y 4. Las muestras de sangre y de leche fueron colectadas en los días 1-8 a las 10:00 y 16:00, y 08:00 y 16:00 horas, respectivamente. La producción de leche se incrementó transitoriamente el día 4 postratamiento. En este estudio se concluyó que el incremento en la concentración de glucosa en la leche indicó que la estimulación de la producción de leche por la somatotropina se debió al incremento en la concentración intracelular de glucosa, la cual estimula la síntesis de lactosa.

Kasuya *et al.*, (1995) trabajaron con 5 cabras Shiba con un promedio de peso corporal de 12.8 kg, a las cuales se les aplicó una inyección intravenosa de pentobarbital sódico (10 a 19 mg / kg de peso corporal; PB) ó 10 por ciento de solución salina en etanol (0.6 ml / kg de peso corporal; vehículo). La sangre fue colectada con un catéter a intervalos de 10 minutos entre 1.5 horas antes y 2.5 horas después de la inyección. La concentración de somatotropina se incrementó significativamente después de la inyección de pentobarbital 10 mg / kg de peso corporal; la inyección de pentobarbital de 10 mg / kg de peso vivo no afectó la concentración de somatotropina en el plasma sanguíneo.

McDowell *et al.* (1987) estudiaron los efectos directos de la hormona del crecimiento dentro de las glándulas mamarias de cabras y borregas, para

hormonas y metabolitos en el plasma sanguíneo. Para ello, insertaron catéteres dentro de la arteria pudenda de ambas glándulas mamarias. En cada animal se realizó una infusión de solución salina dentro de una arteria y se incrementó la dosis de la hormona de crecimiento dentro de la otra, usando de 100 a 400 mg por día en cabras, y de 400 a 3200 mg por día en borregas. Las concentraciones periféricas de la hormona del crecimiento en el plasma sanguíneo fueron más bajas en cabras tratadas. En borregas, la infusión de 3200 mg por día incrementó los niveles de la hormona de crecimiento en plasma, los ácidos grasos no esterificados y la producción de leche. Otras concentraciones no tuvieron efecto sobre la hormona de crecimiento en plasma, insulina, glucosa, urea y ácidos grasos no esterificados.

Características seminales

El estudiar las características del semen de caprinos es de suma importancia, ya que, lo que se pretende obtener después de un empadre, es el mayor número de hembras preñadas. Por otro lado, se han reportado variaciones en cuanto a calidad del semen de machos cabríos, según la estación del año (Carrillo *et al.*, 1998; Trejo, 1984).

La hormona gonadotropina coriónica humana (HGC), tiene acción similar a la hormona luteinizante (LH), por lo que estimula la secreción de testosterona por las células intersticiales, y por lo tanto, influye en la gametogénesis (Sherwood y McShan, 1977). Las prostaglandinas son producidas

principalmente en las glándulas vesiculares en el macho, y parecen tener un efecto importante sobre el metabolismo o la motilidad de los espermatozoides.

Los andrógenos tienen un papel importante sobre los patrones reproductivos de los rumiantes, correlacionándose significativamente con el crecimiento corporal y testicular de los machos cabríos (Trejo, 1988).

En los machos cabríos mestizos (tipo lechero) de la Comarca Lagunera (Latitud N 26°) existen variaciones estacionales en las características espermáticas cuantitativas (volumen del eyaculado, concentración espermática y número total de espermatozoides por eyaculado) y cualitativa (porcentaje de espermatozoides vivos y motilidad progresiva) (Carrillo *et al.*, 1998).

Ahmad y Noakes (1996) estudiaron el efecto de las variaciones estacionales sobre la calidad del semen de machos cabríos Británicos, para lo cual utilizaron 10 machos jóvenes (7 a 19 meses de edad) durante 12 meses, bajo las condiciones naturales del sur de Inglaterra (Latitud N 51° 46'). El semen fue colectado quincenalmente utilizando una vagina artificial. La apariencia física de los eyaculados varió de un color amarillo a un color amarillo blancuzco durante septiembre a diciembre. Se presentó un color blanco-cremoso durante el resto del año. El volumen del eyaculado decreció de 0.96 ± 0.06 ml en octubre a 0.39 ± 0.03 ml en abril y 0.38 ± 0.02 ml en julio. La concentración de células espermáticas por mililitro fue más baja ($3.66 \pm 0.16 \times 10^9$) durante

espermatozoides por eyaculado fue más altos durante septiembre y más bajos en diciembre. La motilidad masal e individual fueron más altas durante agosto a diciembre que en el resto del año. Los efectos de los meses y las estaciones del año sobre todos los parámetros de calidad de semen fueron significativos.

Santos *et al.* (1997) analizaron la producción espermática de caprinos Saanen sometidos a fotoperíodo y temperatura controlada. Para esto, utilizaron ocho animales distribuidos de la siguiente manera: cuatro machos en el grupo bajo tratamiento, el cual se mantuvo a 20 °C con ocho horas de luz y 16 de oscuridad. Los otros cuatro machos (grupo testigo) fueron sometidos a luz y temperatura natural. Todos los animales se alimentaron con pasturas naturales y fueron suplementados diariamente con 0.5 kg de heno / animal y 0.5 kg de concentrado / animal.

La motilidad de los espermatozoides producidos por los machos cabríos del grupo bajo tratamiento fue superior al del grupo testigo, durante toda la fase experimental. El volumen y la concentración de espermatozoides fueron también más altos en el grupo bajo tratamiento. Sin embargo, la concentración espermática por milímetro cúbico fue más alta en el grupo testigo durante la primavera.

Hozab y Basiouni (1998) utilizaron 12 machos cabríos de Arabia Saudita para determinar la calidad del semen según la época del año. Recolectaron el

^oC) y los eyaculados fueron examinados para determinar el volumen, motilidad espermática, densidad espermática, porcentaje de espermatozoides vivos y anormales. No se encontraron diferencias significativas en la calidad del semen durante julio y diciembre. Sin embargo, la densidad espermática fue más alta en julio que en diciembre. En este estudio se concluyó que los machos cabríos de Arabia Saudita están adaptados a altas temperaturas del medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en la Unidad Metabólica de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", localizada a 7 km al sur de Saltillo, Coah. La ubicación corresponde a las coordenadas 25° 23' latitud norte y 101° 00' longitud oeste, a una altura de 1743 msnm. La zona presenta una temperatura media anual de 19.8 °C, con una precipitación media anual de 350 mm. El clima de la región se clasifica como BShwx (é) correspondiendo a un clima muy seco, estepario, con lluvias escasas todo el año y temperaturas extremosas (Mendoza, 1983).

Animales y su manejo

Para este estudio se utilizaron 28 machos cabríos, nueve Nubios y 19 Granadinos), los cuales al inicio del estudio contaban con un promedio de edad de dos meses, y un peso promedio de 15 kg. Los animales se mantuvieron en corraletas techadas y piso de cemento y tierra, con un área de 9 m².

Dichos animales se asignaron aleatoriamente (n= 7 por grupo) a los siguientes tratamientos:

- Dieta con el 100 por ciento de los requerimientos nutricionales sin somatotropina
- Dieta con el 100 por ciento de los requerimientos nutricionales y somatotropina
- Dieta con el 125 por ciento de los requerimientos nutricionales sin somatotropina
- Dieta con el 125 por ciento de los requerimientos nutricionales y somatotropina

Los requerimientos nutricionales se calcularon de acuerdo al NRC (1981). La composición de las dietas ofrecidas a libre acceso en este estudio se presentan en el Cuadro 3.1. Conjuntamente con las dietas anteriores, se utilizó la hormona de crecimiento o Somatotropina bovina (Lactototropina de APLIGEN S.A de C.V.). Esta hormona se aplicó subcutáneamente cada 14 días, a razón de 125 mg por animal.

Antes de iniciar el experimento todos los animales fueron desparasitados internamente, utilizándose ivermectina (0.2 mg/ kg de peso) en forma intramuscular.

Cuadro 3. 1. Composición de las dietas (por ciento) ofrecidas a los machos cabríos Nubios y Granadinos mantenidos en estabulación en base al 100¹ y 125² % de sus requerimientos nutricionales (PC y EM) de acuerdo a NRC (1981)

Ingrediente	100 %	125 %
Heno de sorgo	52.0	36.0
Sorgo en grano	16.0	24.0
Harinolina	15.0	-----
Salvadillo	-----	2.0
Harina de soya	10.0	32.0
Melaza	5.0	-----
Grasa animal	-----	5.0
Carbonato de calcio	0.95	0.45
Fosfato dibásico	0.5	-----
Minerales traza	0.05	0.05
Sal	0.5	0.5
Total	100.0	100.0
Análisis químico		
PC(%)	15.0	18.75
EM (Mcal)	2.36	2.95

^{1,2} NRC (1981) para PC y EM

El periodo experimental tuvo una duración de 99 días, iniciándose el 10 de mayo de 2001 y finalizando el 2 de agosto del mismo año. Primeramente se adaptaron los animales a las condiciones de las instalaciones y a las dietas (10 días), iniciándose luego el pesaje y mediciones corporales de los animales.

Cada 14 días se registró el peso vivo (báscula con capacidad de 100 kg) y la altura a la cruz. Así mismo se midió el desarrollo testicular de los machos (circunferencia escrotal). Para esta última medición se utilizó una cinta métrica flexible, la cual era colocada en la parte más ancha de los testículos.

Al finalizar el estudio se llevó a cabo la colección y análisis del semen de los machos cabríos. Para la colección del semen se utilizaron cabras que no estaban en celo, a las cuales se les insertó en la vagina un condón para humanos, sujetado éste a los labios vulvares con cinta adhesiva. Los machos eran entonces puestos en contacto con estas hembras, y después de la monta, el condón era retirado de la vagina, y el semen se vertía en un tubo graduado, previamente calentado a 37 °C.

Dado que los espermatozoides murieron al contacto con el látex y posiblemente al espermaticida de los condones, al semen colectado de esta manera sólo se le determinó el volumen y su concentración. El semen de todos los animales fue nuevamente colectado con electroeyaculador, determinándose entonces la motilidad de los espermatozoides, así como los porcentajes de vivos y muertos y las anomalías de las células espermáticas.

También al final de la prueba se colectó una muestra de sangre de cada uno de los machos cabríos. Estas muestras se dejaron coagular, se centrifugaron a 3000 g durante 10 minutos y se colectó el suero sanguíneo, el cual se congeló a – 20 °C para su posterior análisis.

En el suero sanguíneo se determinaron los siguientes metabolitos: glucosa, colesterol, creatinina, urea y proteínas totales. También se determinó el contenido de Ca, P, Mg, Cu, y Zn.

Análisis estadístico

Los datos de incrementos de peso, altura, circunferencia escrotal, características del semen, metabolitos y minerales de la sangre fueron analizados con un modelo lineal (SAS, 1990), incluyéndose en el modelo los efectos de dieta, aplicación de somatotropina y la interacción entre estos factores.

RESULTADOS

Desarrollo corporal

En el Cuadro 4.1. se presenta el desarrollo corporal y testicular, así como la altura a la cruz de los machos cabríos en los diferentes tratamientos. Para los rasgos antes señalados no se detectaron interacciones entre el nivel de nutrientes en la dieta y la aplicación de la hormona del crecimiento. Por lo anterior, sólo se reportan los efectos principales para cada variable.

La sobrealimentación de machos cabríos (25 por ciento más de los requerimientos nutricionales), independientemente de la aplicación de la hormona del crecimiento, resultó en un 20 por ciento de incremento ($P < 0.01$) en las ganancias diarias de peso de los cabritos, con relación al grupo testigo. Por otra parte, la aplicación de la hormona del crecimiento, independientemente del nivel de nutrientes en la dieta, mejoró ($P < 0.05$) la ganancia diaria de peso en un 14 por ciento, en relación a los animales que no recibieron esta hormona. Tanto la altura a la cruz como la circunferencia escrotal de los machos cabríos no se vieron influenciados por los niveles de nutrientes o la aplicación de la hormona del crecimiento. Cabe señalar que durante el transcurso del experimento murió uno de los animales del tratamiento con 125 por ciento de los requerimientos nutricionales más la hormona de crecimiento (tratamiento 4).

Por lo tanto, el número de observaciones representadas en los cuadros de resultados contemplan la pérdida de esta repetición.

Cuadro 4.1. Ganancia de peso e incrementos de altura a la cruz y circunferencia escrotal de machos cabríos destetados con dietas conteniendo dos niveles de nutrientes y dos niveles de hormona de crecimiento (medias \pm error estándar).

Concepto	Dieta			Hormona		
	100 %	125 %	Sig	Si	No	Sig
n	13	13		13	13	
Peso inicial (kg)	14.7 \pm 2.5	13.4 \pm 4.9		13.6 \pm 3.8	14.5 \pm 3.9	
Peso final (kg)	25.7 \pm 3.4	26.6 \pm 5.9		26.5 \pm 4.8	25.8 \pm 4.8	
G.D.P (g/d)	111 \pm 23	133 \pm 25	**	130 \pm 28	114 \pm 23	*
Días de prueba	99	99		99	99	
Incr. Altura (cm)	11 \pm 3	13 \pm 3	NS	12 \pm 3	12 \pm 4	NS
Incr. Circ. Escrotal (cm)	7.9 \pm 2.2	8.9 \pm 2.7	NS	8.2 \pm 2.7	8.6 \pm 2.3	NS

*=P<0.05 **=P<0.01 NS=P<0.10

En la Figura 4.1 se muestra el peso vivo de los machos cabríos durante la prueba. Los machos cabríos sobrealimentados y con la hormona del crecimiento presentaron el ritmo de crecimiento más acelerado.

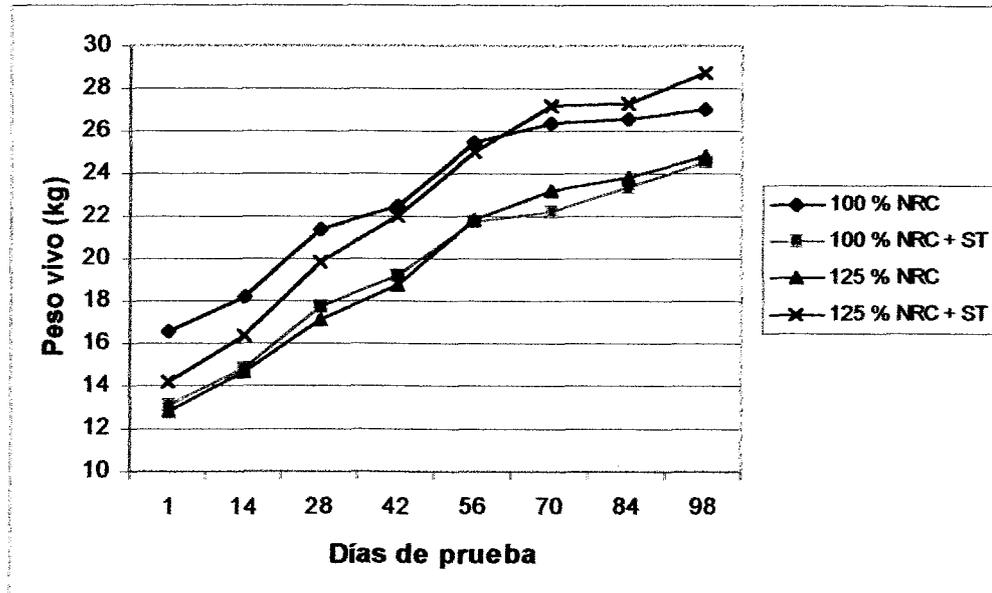


Figura 4.1. Peso vivo de machos cabríos Nubios y Granadinos en estabulación, los cuales recibieron 100 ó 125% de sus requerimientos nutricionales y somatotropina durante 14 semanas.

En la Figura 4.2. se muestra la altura a la cruz de los animales durante la prueba. En general estos datos muestran un paralelismo entre los incrementos de altura de los animales en los diferentes grupos, lo cual indica que el tanto la hormona del crecimiento como la sobrealimentación no influyeron sobre este aspecto.

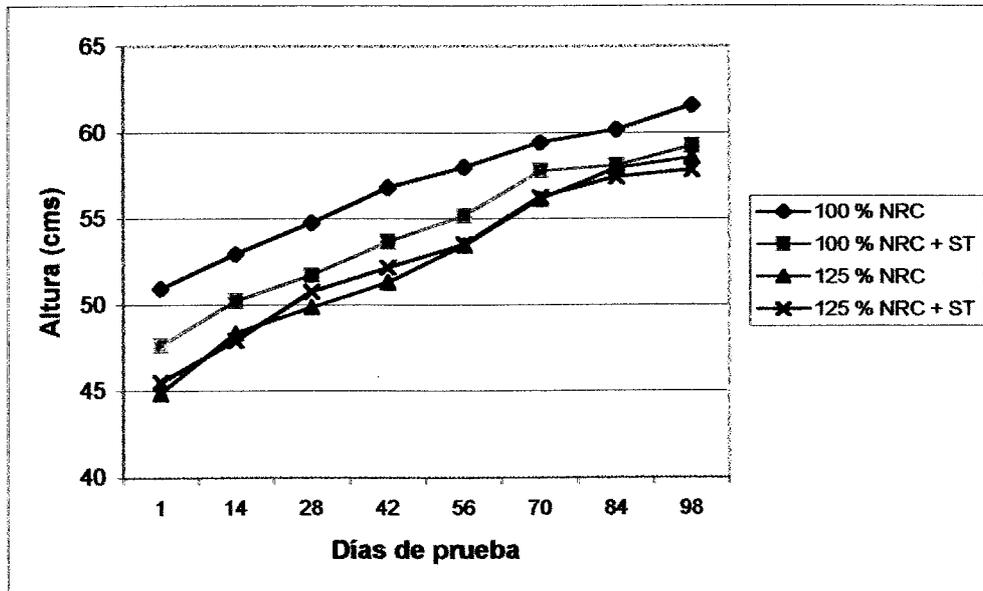


Figura 4.2. Incremento de la altura a la cruz de machos cabríos Nubios y Granadinos los cuales recibieron 100 ó 125% de sus requerimientos nutricionales y somatotropina durante 14 semanas.

En la Figura 4.3. se presentan los valores referentes a la circunferencia escrotal de los machos cabríos a lo largo de la prueba. Al igual que la altura de la cruz, la variación en el desarrollo testicular entre los grupos de machos cabríos fue en general muy parecido, Lo anterior indica que la hormona del crecimiento y la sobrealimentación tuvieron poca influencia sobre este rasgo.

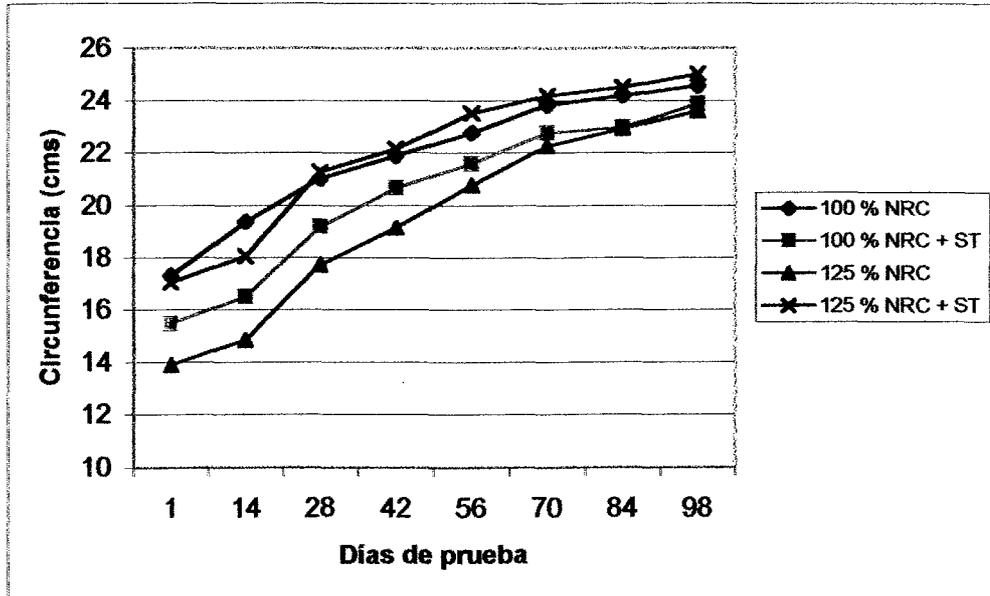


Figura 4.3. Incremento de la circunferencia escrotal de los machos cabríos Granadinos y Nubios alimentados con 100 ó 125% de sus requerimientos nutricionales y con o sin el suministro de somatotropina.

Características del semen

En el Cuadro 4.2. se presentan las características del semen de los machos cabríos en los diferentes tratamientos. A excepción del porcentaje de células espermáticas anormales, no se detectaron interacciones entre el nivel de nutrientes y la aplicación de la hormona del crecimiento para el resto de los rasgos. Por lo anterior, el efecto de la alimentación se reporta independientemente de la aplicación de la hormona del crecimiento, y el efecto de la aplicación de la somatotropina se reporta independientemente del nivel de nutrientes en la dieta de los machos cabríos.

Cuadro 4.2 Características del eyaculado de machos cabríos alimentados con 100 ó 125 % de sus necesidades nutricionales, y con o sin la administración de hormona del crecimiento (medias \pm error estándar).

Concepto	Dieta			Somatotropina		
	100 %	125 %	Sig	Si	No	Sig
n	13	13		13	13	
Volumen (ml)	0.56 \pm 0.32	0.48 \pm 0.23	NS	0.51 \pm 0.29	0.55 \pm 0.28	NS
Motilidad (%)	63.5 \pm 18.9	65.9 \pm 14.9	NS	67.1 \pm 14.5	60.9 \pm 19.3	NS
Concentr. ($\times 10^6$)	2282 \pm 1137	1946 \pm 529	NS	2210 \pm 1139	2055 \pm 656	NS
Vivos (%)	69.8 \pm 14.2	68.7 \pm 14.9	NS	70.4 \pm 12.9	68.2 \pm 16.0	NS
Anormales (%)*	6.5 \pm 3.4	7.8 \pm 4.4		7.8 \pm 3.3	6.3 \pm 4.2	
Total esp/ eyac.	1290 \pm 926	958 \pm 568	NS	1266 \pm 962	1014 \pm 572	NS

*Interacción ($P < 0.05$). Medias \pm DE para 100 vs 100+HC son 8.8 \pm 3.1 y 4.4 \pm 2.1 ($P < 0.01$).

Tanto la aplicación de la hormona del crecimiento como la sobrealimentación de los machos cabríos no mejoró el volumen del eyaculado, la motilidad progresiva, la concentración de las células espermáticas ni el total de espermatozoides en el eyaculado. Para el caso del porcentaje de células anormales se presentó una interacción ($P < 0.05$) entre dieta y aplicación de la hormona del crecimiento. Esto obligó a analizar cada efecto principal en forma independiente. La hormona del crecimiento redujo ($P < 0.01$) el porcentaje de células espermáticas anormales en los machos cabríos que recibieron 100 por ciento de sus requerimientos nutricionales. Este efecto, sin embargo, no fue detectado en los animales sobrealimentados.

Metabolitos en sangre

En el Cuadro 4.3. se presentan los resultados obtenidos del análisis relacionado con el suero sanguíneo. No se encontró interacción alguna entre la dieta (100 y 125 por ciento) y la aplicación de la somatotropina. Por lo tanto, se procedió a agrupar dichos efectos.

La administración de la dieta con 25 por ciento más de los nutrientes requeridos, independientemente de la aplicación de somatotropina, incrementó ($P<0.05$) el nivel de colesterol en el suero sanguíneo en un 16 por ciento, en comparación con los animales alimentados con dietas que cubrían el 100 por ciento de sus requerimientos nutricionales. Los niveles de urea, glucosa y creatinina no se vieron afectados por los diferentes tratamientos. El contenido de calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc en el suero sanguíneo fue similar entre grupos de machos cabríos.

Cuadro 4.3. Características del suero sanguíneo de machos cabríos alimentados con 100 ó 125 % de sus necesidades nutricionales, y con o sin la administración de hormona del crecimiento (medias \pm error estándar).

Concepto	Dieta			Somatotropina		
	100 %	125 %	Sig	Si	No	Sig
Glucosa (mg/dl)	37.5 \pm 3.7	39.7 \pm 5.8	NS	38.1 \pm 3.2	39.1 \pm 6.3	NS
Urea (mg/dl)	19.7 \pm 4.7	18.2 \pm 0.8	NS	17.8 \pm 1.0	20.1 \pm 4.1	NS
Creatinina (mg/dl)	0.84 \pm 0.35	0.98 \pm 0.27	NS	0.90 \pm 0.32	0.94 \pm 0.32	NS
Colesterol (mg/dl)	80.5 \pm 12.1	96.3 \pm 14.5	**	90.8 \pm 15.5	86.0 \pm 15.6	NS
Proteínas totales (mg/dl)	9.5 \pm 0.6	9.5 \pm 1.0	NS	9.6 \pm 0.7	9.4 \pm 0.9	NS
Fósforo (mg/dl)	7.2 \pm 0.4	7.1 \pm 0.3	NS	7.2 \pm 0.4	7.1 \pm 0.3	NS
Calcio (mg/dl)	10.8 \pm 1.8	9.5 \pm 1.3	NS	9.8 \pm 1.6	10.5 \pm 1.7	NS
Mg (mg/dl)	1.9 \pm 0.3	1.8 \pm 0.2	NS	1.8 \pm 0.1	2.0 \pm 0.3	NS
Cu (ppm)	1.6 \pm 0.7	1.5 \pm 0.5	NS	1.7 \pm 0.6	1.3 \pm 0.5	NS
Zn (ppm)	1.2 \pm 0.6	1.3 \pm 0.4	NS	1.2 \pm 0.5	1.3 \pm 0.6	NS

DISCUSIÓN

Al no existir estudios previos sobre la aplicación de somatotropina bovina en machos cabríos en crecimiento, se utilizó una dosis de 125 mg de esta hormona, a intervalos de 14 días. Este protocolo parece ser el indicado para los machos cabríos en crecimiento, pues un estudio reciente de Fernández *et al.* (2001), publicado posterior al inicio del presente estudio, señala que dosis de 80 a 240 mg cada 14 días resultaron satisfactorios para elevar sustancialmente la producción de leche de borregas productoras de leche.

La administración de una mayor cantidad de nutrientes (25 por ciento más de las recomendadas por NRC (1981)) a los machos cabríos incrementó la ganancia diaria de peso en un 20 por ciento, con respecto a los animales cuya dieta cubría el 100 por ciento de sus necesidades nutricionales. El beneficio de la sobrealimentación es indicativo que los requerimientos nutricionales para mantenimiento y ganancia de peso de la NRC (1981) no son los adecuados para las condiciones del presente estudio. Por consiguiente, se requieren trabajos de investigación adicionales para precisar los requerimientos nutricionales para razas no lecheras y las condiciones ecológicas del norte de México.

La aplicación de la hormona de crecimiento bovina también mejoró la ganancia diaria de peso en un 14 por ciento, en relación a los animales no tratados, lo cual fue independiente del nivel de nutrientes en la dieta. Esta bien documentado que la somatotropina incrementa el área del músculo *Longissimus dorsi* y reduce la cantidad de grasa corporal (Dalke *et al.*, 1992), además de incrementar los niveles de IGF-1 en los novillos (Elsasser *et al.*, 1989) y cabras (Riis *et al.*, 1998) tratados con esta hormona, lo cual redundaba en una mejoría en los aumentos de peso de los animales. Sin embargo, algunos estudios con la hormona del crecimiento no muestran grandes beneficios con este estimulante en cuanto a ganancia de peso de novillos en finalización (Early *et al.*, 1990; Preston *et al.*, 1995). La aplicación de esta hormona tampoco mejoró la producción de fibra en caprinos (Puchala *et al.*, 2001). Los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por el NRC (1994) donde se menciona que para varias especies el efecto positivo de la aplicación de somatotropina, es benéfica (20 por ciento más de GDP en porcinos y 10 a 15 por ciento en la GDP para rumiantes).

La somatotropina redujo la cantidad de células espermáticas anormales, esto en los animales con la dieta que cubría el 100 por ciento de sus necesidades nutricionales. La razón por la cual no se presentó un número elevado de células espermáticas anormales en el semen de los machos cabríos, lo cual es muy común en animales de esta edad, es atribuible a una mejor eficacia en el proceso de espermatogénesis, que se da como

sustentaculares y germinales, por la presencia de la somatotropina, así como una eficientización en la producción de ARN y en consecuencia de la división celular (Guyton, 1989). El efecto benéfico de la somatotropina sobre la reducción de células anormales puede deberse a dos mecanismos: (1) efectos directos o indirectos sobre la espermatogénesis y (2) efecto sobre el metabolismo de las células espermáticas. El efecto directo de la somatotropina bovina en la liberación de la hormona foliculo estimulante de la pituitaria es improbable, porque no se ha demostrado la presencia de receptores de somatotropina en la hipófisis. La somatotropina entonces puede estar actuando directamente sobre el epitelio germinal de los tubos seminíferos, o indirectamente a través de los incrementos de IGF-1.

En el presente estudio no se detectó ningún efecto de la aplicación de somatotropina sobre el volumen del eyaculado, motilidad progresiva, ni número total de espermatozoides. Los resultados anteriores son difíciles de contrastar con otros reportes, dado que las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora relacionadas con el efecto de la aplicación de la somatotropina sobre la calidad el semen de varias especies, son sumamente escasas.

La importancia de la hormona del crecimiento en la función reproductiva del macho inicialmente se dedujo de observaciones en humanos, donde individuos con deficiencia de esta hormona presentaron un retraso en la pubertad, lográndose normalizar esta situación con la aplicación de la

importante de la hormona del crecimiento en la función testicular, pues observaciones de Arsenijevic *et al.* (1989) indican la necesidad de la somatotropina para el proceso de la espermatogénesis. El beneficio potencial de la aplicación de la hormona del crecimiento sobre las características del semen se ha reportado en individuos con deficiencia de esta hormona, y actualmente se considera como una terapia para hombres con oligozoospermia o astenospermia (Radicioni *et al.*, 1994; Ovesen *et al.*, 1996).

En el presente estudio no se midió la fertilidad de los machos cabríos tratados con la somatotropina, y es en este aspecto donde pudiera observarse la ventaja de la aplicación de esta hormona. En un estudio de Sauerwein *et al.* (1999) el número de inseminaciones exitosas en bovino de leche se incrementó en un 6 por ciento cuando se utilizó semen de toros tratados con somatotropina, en comparación con el semen de toros no tratados con esta hormona.

En cuanto a las vacas lecheras, se ha llegado a utilizar la somatotropina, con buenos resultados, disminuyéndose en estos animales el número de servicios por concepción (Deshmukh *et al.*, 2001). También, la aplicación de esta hormona a vacas lecheras ha resultado en un incremento significativo en las tasas de preñez (Moreira *et al.*, 2001).

El incremento del contenido de colesterol en el suero sanguíneo de los animales que consumieron 25 por ciento de nutrientes por arriba de sus

consumir una dieta con mayor cantidad de nutrientes, tuvieron una mayor síntesis de colesterol.

La concentración de fósforo en el suero sanguíneo de los machos cabríos, no se vio afectada por la aplicación de somatotropina, lo cual concuerda con algunos resultados obtenidos por Deshmukh *et al.* (2001), quienes, en el suero de vacas en producción no encontraron diferencias de ningún mineral, en las muestras de dichos animales, incluyendo el fósforo. Skarda (1998), menciona que la somatotropina puede ser activadora de una mejor utilización del calcio y el fósforo, lo que acarrea un mayor ritmo de crecimiento en los huesos, por lo tanto, dichos minerales se esperan en cantidades normales en el suero sanguíneo, dado que su utilización ha sido óptima por la acción de la somatotropina.

El nivel de glucosa para los animales del experimento no se vio afectado por la somatotropina, lo que contrasta directamente con los resultados de Sauerwein *et al.* (1999) quienes encontraron mayores niveles de glucosa e insulina en el suero sanguíneo de toros destinados para la producción de semen para inseminación artificial. Los animales del presente estudio se encontraban en la etapa de crecimiento, no contando con reservas de lípidos susceptibles de ser utilizadas como fuente de energía a través de la gluconeogénesis, la cual es activada comúnmente por la presencia de la somatotropina (Breier y Gluckman, 1991).

CONCLUSIONES

Tanto la sobrealimentación de machos cabríos Nubios y Granadinos en crecimiento como la aplicación de la hormona del crecimiento resultaron benéficos en el desarrollo de los animales (20 por ciento de incremento en las ganancias diarias de peso de los cabritos sobrealimentados, con relación al grupo testigo, y 14 por ciento para los cabritos que recibieron somatotropina, con relación a los animales que no recibieron esta hormona. Por otra parte, no se detectaron beneficios de la sobrealimentación ni la hormona del crecimiento sobre la química sanguínea y características del eyaculado de los machos cabríos.

LITERATURA CITADA

- Ahmad, N. y D. E. Noakes. 1996. Seasonal variations in the semen quality of young british goats. *British Vet. J.* 152: 225-236.
- Arsenijevic, V., B. W. Wehrenberg, A. Conz Eshkol, P.C. Sizonenko, N.L. Aubert. 1989. Growth hormone (GH) deprivation induced by passive inmunization against rat GH- releasing factor delays sexual maturation in the male rat. *Endocrinology* 124: 3050–3059.
- Ávila G, E., S. A. Shimada y G. Llamas. 1990. Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria. Sistema de Educación Continua en Producción Animal. México.
- Bauman, D. E. 1992. Bovine somatotropin: Review of an emerging animal technology1. *J. Dairy Sci.* 75: 3432–3451.
- Braña, V., D., L. Loeza R., M. Angeles A. y J. Cuarón A. 2001. Somatotropina recombinante en la finalización de cerdos en dos condiciones climáticas. *Téc. Pecu. Méx.* 39: 215-228.
- Breier, B. H y P. D. Gluckman. 1991. Physiological responses to somatotropin in the ruminant. *J. Dairy Sci.* 74 (Supl.2): 20–30.
- Boyd, R. D., D. Wray – Cahen y B. Krick. 1988. Implications of somatotropin on nutrient requirements of growing pigs. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference.* Ithaca N.Y. Cornell University. Pp. 81–92.
- Burton, J. L., B. W. McBride, E. Bluck, D. R. Glimm y J. J. Kennelli. 1994. A review of bovine growth hormone. *Can. J. Anim. Sci.* 74 : 167–201.

- Carrillo E., J., B. Morán, J. Malpaux y A. Delgadillo. 1998. Efecto de la luz artificial y melatonina sobre la producción espermática cuantitativa en los machos cabríos criollos durante el período de reposo sexual. XIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 21-23 de Octubre. Univ. Aut. de San Luis Potosí. Pp. 102-105.
- Cheema, A. M., S. Sultana y N. Roohi. 1995. Major plasma lipids following growth hormone treatment in fed and starved male dwarf goats. *J. Zoology* 10: 25-32.
- Church, D. C. y W. G. Pond. 1996. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Editorial Limusa. Méx. Pp. 259-264.
- Dalke, B.S., R. A. Roeder, T. R. Kaser, J. J. Veenhuizen, C. W. Hunt, D. D. Hinman, y G. T. Schelling. 1992. Dose – response effects of recombinant bovine somatotropin implants on feedlot performance steers. *J. Anim. Sci.* 70: 2130–2137.
- Deshmukh, B. T., A. S. Nakvekar, B. A. Talvelkar, S. H. Dalvi y S. R Chinchkar. 2001. Effect of bovine somatotropina on blood serum minerals, thyroid hormones and reproductive performance of lactating crossbred cows. *J. Anim. Sci.* 71: 663–666.
- Devlin, T. 1993. Bioquímica. Libro de texto con aplicaciones clínicas. Ed. Reverté. Barcelona, España.
- Early, R. J., B. W. McBride and R. O. Ball. 1990. Growth and metabolism in somatotropin treated steers: I. Growth, serum chemistry and carcass weights. *J. Anim. Sci.* 68: 4134–4143.
- Elsasser, T. H., T. S. Rumsey, y A. C. Hammond. 1989. Influence on diet on basal and growth hormone – stimulated plasma concentrations of IGF–1 in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 67: 128-141.
- Etherton, T. D. 2000. The biology of somatotropin in adipose tissue growth and nutrient partitioning. *J. Nutr.* 130: 2623-2625.

- Faulkner, A. 1998. Growth hormone regulation of mammary glucose. *Biochemical Society Transactions* 26:3 206.
- Fernandez, N., M. P. Molina, S. Balash, A. Torres y F. Adriaens. 2001. Bovine somatotropin dose titration in lactating dairy ewes. 3. Treatment interval. *J. Dairy Sci.* 84: 2170–2176.
- Guyton, A. C. 1989. *Tratado de Fisiología Médica. Séptima Edición.* Ed. Interamericana. México.
- Hozab, A. A. y G. F. Basiouni. 1998. Seasonal variations in semen quality of bucks indigenous to Saudi Arabia. *Pakistan Vet. J.* 18: 100-102.
- Kasuya, E., T. Hashizume y S. Kanematsu. 1995. The Effect of pentobarbitol sodium on growth hormone release in Shiba goats. *Anim. Sci and Tech.* 66: 854–856
- Laron, Z. 1984. Laron – type dwarfism, hereditary somatomedin deficiency. A review. *Int. Med. Ped.* 51: 117-140.
- Mendoza H., J. M. 1983. *Boletín meteorológico para la zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.*
- McDonald, P., R. A. Edwards y J. F. D Greenhalgh. 1975. *Nutrición Animal.* Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp. 418-420.
- McDowell, G. H., I. C. Hart y A. C. Kirby. 1987. Local intra- arterial infusion of growth hormone into the mamary glands of sheep and goats: Effects on milk yield and composition, plasma hormones and metabolites. *Australian J. Biolog. Sci.* 40: 181-189.
- McMahon, C. D., R. P. Radcliff, K. J. Lookingglaand, H. A. Tucker. 2001. Neuroregulation of growth hormone secretion in domestic animals. *Dom. Anim. Endocrin.* 20: 65-87.

- Moreira, F., C. Orland, C. A. Risco, R. F. Mattos, W. Lopes y W. Tratcher. 2001. Effects of presynchronization and bovine somatotropina on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 84: 1646–1659.
- Murcia, M. C., M. Perera, F. Moreno, C. León, Y. Gamboa, J. Reynoso y V. Salas A. 1990. Obtención de hormona de crecimiento (gh) de hipófisis caprinas. VII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Zootecnistas y Técnicos especialistas en Caprinocultura (Azteca) Escuela de Med. Vet. y Zoot., U.A.S. Culiacan, Sin.
- NRC, 1994. *Metabolic Modifiers*. National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC, 1981. *Nutrient Requirements of Goats*. National Research Council National Academy Press. Washington, D.C.
- Ovesen, P., J. O. Jorgensen, H. O. Ingerslev, H. J. Orskov y S. Christiansen 1996. Growth hormone treatment of subfertile males. *Fertil. Steril.* 66: 292-300
- Perera, M. G., M. Murcia, S. Carranza, C. León, J. Moreno, V. Gamboa, M. Reynoso y V. Salas. 1991. Caracterización fisicoquímica parcial de la hormona de crecimiento caprina (gGH). *Memorias del XXIV Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas*. Univ. de Colima.
- Preston, R. L., S. J. Bartle, T. J. Kasser, J. W. Day, J. J. Veenhuizen, y C. A. Baile. 1995. Comparative effectiveness of somatotropin and anabolic steroids in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 73: 1038–1047.
- Puchala, R., I. V. Prieto, A. L. Banskalieva, M. Goestch, M. Lachica y T. Shalu 2001. Effects of bovine somatotropin and thyroid hormone status or hormone levels, body weight gain and mohair fiber growth of Angora goats. *J. Anim. Sci.* 79: 2913-2919.

- Radcliff, R. P., M. K. Vandehaar, L. T. Chapin, T. E. Pibeam, D. K. Beede, E. F. Stanisiewski y H. A. Tucker. 2000. Effects of diet and injection of bovine somatotropin on prepubertal growth and first-lactation milk yields of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 83: 23-29.
- Radicioni, A., E. Paris, F. Dondero, V. Bonifacio y A. Isidori. 1994. Recombinant growth hormone therapy in infertile men with idiopathic oligozoospermia. *Acta Eur. Fertil.* 25: 311-317
- Riis, P. M., M. O. Nielsen y J. Jacobsen. 1998. Effect of lactation and somatotropin treatment on plasma IGF-1 concentrations, IGF-1 partition between binding protein groups and binding protein pattern in goats. *Acta Agric. Scand. Sect. A-Animal Sci.* 48: 19-27.
- Santos, Jobin y Oberst. 1997. Semen Production of Saanen Bucks under Conditions of Controlled and Natural Photoperiod and Temperature, in the State of Rio Grande do Sul. *Arquivos da Faculdade de Veterinária UFRGS.* 25: 54-65.
- SAS, Institute Inc. 1990 SAS User's guide. Statistic, Version 6.12. Cary, N.C.
- Sauerwein, H., B. H. Breier, B. W. Gallaher, C. Gotz, G. Kufner, T. Montag, M. Vickers y E. Schallenberger. 1999. Growth hormone treatment of breeding bulls used for artificial insemination improves fertilization rates. *Dom. Anim. Endoc.* 18: 145-158.
- Sherwood, O. D. y W. H. McShan. 1977. *Godotropins in Reproduction in Domestic Animals.* Academic Press. U.S.A. Pp. 17-48.
- Skarda, J. 1998. Effect of bovine growth hormone on growth, organ weights, tissue composition and adipose tissue metabolism in young castrated male goats. *Livestock Prod. Sci.* 55: 215-225.
- Sodhi, R. y Y. S. Rajput. 2001. Mechanism of growth hormone action: Recent developments- A review. *Asian Australasian J. Anim. Sci.* 14: 1785-1793.

- Trejo, G. A. 1984. Características del semen caprino. Memorias de la I Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Univ. Nac. Aut. de México. Pp. 15.
- Trejo, G. A. 1988. Correlaciones entre las características seminales y niveles de testosterona en machos prepúberes y adultos de raza Alpaca. Memorias del Congreso Interamericano de Producción Caprina. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Univ. Nac. Aut. de México. Pp. 19-2
- Tyrrell, H. F., A. C. G. Brown, P. J. Reynolds, G. L. Haaland, D. E. Bauman, J. Peel y W. D. Steinhour. 1988. Effect of bovine somatotropin on the metabolism of lactating dairy cows: energy and nitrogen utilization determined by respiration calorimetry. *J. Nutr.* 118 : 1024–1030.