

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**  
**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**CAMBIOS EN EL PESO VIVO Y EN LA DIGESTIBILIDAD DE  
ALGUNOS COMPONENTES DE LA DIETA, EN CABRAS  
SUBALIMENTADAS**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**TITULO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA**

**ALEJANDRA PATRICIA LOPEZ CHAVEZ**

**ASESOR**

**DR. ARMANDO SHIMADA MIYASAKA**

**COASESOR**

**M.V.Z. M.C. MA. OFELIA MORA IZAGUIRRE**

**QUERETARO, QRO., OCTUBRE 1996.**

VET

No. ADQ.

01756

CLASIFI.

T

636.39084

L864C

BIBLIOTECA  
ING. EGNARDO  
QUINTANA ARRIAGA



INVESTIGACION Y  
POSGRADO

A menudo pensamos de nosotros mismos como si viviéramos en un mundo en donde ya no existen fronteras sin explorar. Hablamos de los pioneros como algo del pasado pero al hacerlo, olvidamos que la más grande de las aventuras todavía nos reta; lo que el Justice Holmes llamó: “ **La aventura de la mente humana** ”. Los hombres pueden estar confinados geográficamente, pero cada generación se detiene en las fronteras de la mente. En el mundo de las ideas, siempre hay trabajo de pionero por realizarse y puede ser hecho por cualquiera que use el equipo que le fue donado.

Las grandes ideas, pertenecen a todos.

Mortimer J. Adler



## INDICE GENERAL

|  |            |
|--|------------|
| <b>Dedicatoria</b>                           | <b>i</b>   |
| <b>Agradecimientos</b>                       | <b>ii</b>  |
| <b>Resumen</b>                               | <b>iii</b> |
| <b>1. Antecedentes</b>                       | <b>1</b>   |
| <b>2. Introducción</b>                       | <b>2</b>   |
| 2.1 Digestibilidad                           | 4          |
| 2.1.1 Definición                             | 5          |
| 2.1.2 Factores que afectan la digestibilidad | 5          |
| 2.1.3 Digestibilidad verdadera y aparente    | 8          |
| 2.2 Excreción y composición de las heces     | 9          |
| 2.3 Consumo voluntario                       | 10         |
| 2.4 Efectos de la subalimentación            | 12         |
| <b>3. Hipótesis</b>                          | <b>17</b>  |
| <b>4. Objetivo</b>                           | <b>17</b>  |
| <b>5. Material y métodos</b>                 | <b>18</b>  |
| 5.1 Localización                             | 18         |
| 5.2 Duración                                 | 18         |
| 5.3 Animales                                 | 18         |
| 5.4 Periodo de estabilización                | 19         |
| 5.5 Periodo de restricción                   | 20         |
| 5.6 Análisis de resultados                   | 22         |
| <b>6. Resultados y Discusión</b>             | <b>24</b>  |
| <b>7. Conclusiones</b>                       | <b>33</b>  |
| <b>8. Literatura citada</b>                  | <b>34</b>  |
| <b>9. Anexo. Análisis de varianza</b>        | <b>40</b>  |

## DEDICATORIA

Dedico ésta Tesis al esfuerzo compartido de dos personas cuya presencia es indispensable en mis logros: **Francisco y Juanita**, mis primeros y mas grandes ejemplos de trabajo, constancia y responsabilidad, que me impulsan día con día a superarme y me brindan incondicionalmente su cariño y apoyo fortaleciendome en mi constante lucha frente a éste gran reto que es la vida.

Gracias Papá y Mamá. A donde quiera que voy, los llevo conmigo. . .

## AGRADECIMIENTOS

A Fernando por apoyarme en cada momento y esperar pacientemente mi regreso. Gracias Fer por quererme siempre.

A mis hermanos y hermanas: Estela, Armando, Alberto, Imelda, Georgina, Eduardo, Atala, Nahúm, Marco, Rosa Isela, José, Rebeca, Alfonso y Angeles por su apoyo incondicional y permanente ... aunque sean mis hermanos los quiero mucho.

A Pati y Julieta por la enorme riqueza que me brindan con su amistad y por todo lo que algunas veces nos une y otras nos separa pero que siempre nos fortalece.

Quiero agradecer especialmente a Manuel Gómez Pastén todo el apoyo personal y profesional que me ha brindado. Gracias Manuel por abrir las fronteras de la mente, y brindarme una amistad sin fronteras.

Al Dr. Armando Shimada, toda mi admiración y respeto y agradezco su interés por mi superación profesional, al asesorarme y darme la oportunidad de participar en la realización de éste trabajo.

A la Mc. M<sup>a</sup> Ofelia Mora Izaguirre, por seguir paso a paso el desarrollo del experimento y brindarme gran apoyo tanto en asesoría como en el trabajo de campo. Además, quiero agradecerle muy en especial tu amistad y buenos consejos. ¡Gracias Ofelia!

Al Dr. Felipe Ruíz, gracias por su confianza y por sus sugerencias y apoyo en el análisis de los resultados

Al Dr. Jose Luis Romano, por sus valiosas aportaciones y punto de vista acerca del trabajo realizado. Gracias por ser una gran persona

Al Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA) y al Patronato de Apoyo para la Investigación Pecuaria en México (PAIEPEME, A.C), por el apoyo para la realización de éste trabajo.

**Al Honorable Jurado**

**Dr. Armando Shimada Miyasaka (Presidente)**

**MC. Ma. Ofelia Mora Izaguirre (Sinodal)**

**MC. Emigdio Santiago García (Sinodal)**

**MC. Hector Andrade Montemayor (Sinodal)**

**MC. Araceli Barreyro (Suplente)**

## RESUMEN

**López Chávez Alejandra P. 1996. Cambios en el peso vivo y en la digestibilidad de algunos componentes de la dieta en cabras subalimentadas. Asesor: Shimada Miyasaka Armando. Coasesor: Mora Izaguirre Ma. Ofelia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Querétaro.**

Se determinó el efecto de una restricción alimenticia prolongada sobre el peso vivo y la digestibilidad de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) de una dieta con base en heno de alfalfa y pata de sorgo, en cabras. Se utilizó un diseño de parcelas divididas donde se usaron 12 cabras hembras, adultas, vacías y secas, encastadas de raza Nubia. Se registró diariamente el consumo de MS y semanalmente el peso, durante 9 semanas (periodo de estabilización; PE), tiempo en el cual los animales alcanzaron y mantuvieron un peso y consumo de MS constantes. Al final del PE, los animales se sometieron a un período de restricción alimenticia (PR) de 36 semanas. Las cabras fueron divididas en 3 lotes de 4 animales cada uno, que recibieron los siguientes niveles de alimentación (NA): NA 60, NA 80 y NA 100,% del consumo de MS previamente observado. Durante el PR, se registró el peso semanalmente. Se determinó la digestibilidad in vivo de la MS, PC y FDN (por el método de colección total) cada 28 días hasta finalizar el PR. Los resultados muestran que no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre NA en el peso vivo y en la digestibilidad de la MS, PC y FDN a lo largo del PR. Se concluye que las cabras tienen la capacidad de mantener su peso vivo por períodos prolongados de malnutrición y que la digestibilidad no es diferente entre NA debido posiblemente a que la composición de la dieta no permite observar una mayor digestibilidad en los niveles de restricción alimenticia.



**El viaje de mil millas, empieza con el primer paso.**

**Lao-tse**

## 1. ANTECEDENTES

Este experimento es parte de un proyecto tendiente a investigar los factores que afectan el consumo voluntario de cabras en pastoreo restringido, en un agosfadero semiárido. Se inició en 1987 con recursos de la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y el Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México (PAIEPEME A.C).

## 2. INTRODUCCION

En los países en desarrollo donde generalmente hay poco capital y gran parte de la explotación ganadera se lleva a cabo bajo condiciones de pastoreo, el intento para reducir los efectos de la restricción alimenticia, debida a la producción estacional de forrajes, con frecuencia requiere el uso de tecnología costosa (López y Verde, 1976).

El pastoreo de pequeños ruminantes es una actividad importante en la región semiárida del centro de México donde la producción estacional de forraje obedece a la influencia de los factores climáticos (temperatura, humedad y precipitación pluvial) y topográficos de la zona (Ricardi y Shimada, 1992), que a su vez propician fluctuaciones nutricionales en el forraje, provocando que dicho recurso proporcione a los animales solamente la cantidad necesaria de nutrimentos para cubrir sus requerimientos de mantenimiento, aunque en la mayoría de los casos, experimentan graves deficiencias nutricionales quedando algunos aspectos de producción tales como crecimiento, lactancia y reproducción, al margen de una buena eficiencia (Soto y Calderón, 1990). Lo anterior disminuye la posibilidad de mejores actividades económicas para los campesinos que habitan estas zonas (Ricardi y Shimada, 1992) donde se explota a la cabra bajo el sistema de pastoreo restringido, en el cual los animales pastorean durante el día y por la tarde son confinados a un corral en el que generalmente no reciben ningún tipo de suplemento alimenticio (González, 1977).

Así pues, las necesidades nutritivas de las cabras en pastoreo restringido, se pueden cubrir mediante el consumo de una buena combinación de forrajes disponibles en el agostadero o bien, aquellos alimentos que son ofrecidos en forma complementaria por el productor (Robledo et al., 1990; Shimada, 1993). Las fluctuaciones cuantitativas y cualitativas en el aporte de los alimentos repercuten

directamente en el consumo voluntario y los requerimientos nutritivos de los rumiantes (Robledo et al., 1990).

Se ha observado que bajo situaciones adversas de alimentación las cabras se mantienen en mejores condiciones, en comparación con otros rumiantes y son encontradas en áreas donde especialmente borregos y bovinos no podrían sobrevivir; posiblemente esto se deba a la rusticidad y poder de adaptación que las caracteriza, ya que el rango de especies vegetales que consumen es un 15% mayor en relación a otros rumiantes. Las cabras tienen mayor capacidad de aceptación de los sabores amargos por lo que alrededor del 50% de su dieta está compuesta de hierbas y arbustos. Ingieren también una considerable cantidad de flores tanto de los pastos como de las hierbas (Devendra, 1978; Shimada, 1987). Además ingieren una gran cantidad de arbustos (especialmente hojas y tallos) que en su gran mayoría son leguminosas, les permite tener un mejor plano nutricional a través del año (Shimada, 1987), alimentándose de arbustos perennes durante la sequía y en forma adicional de pastos y otros arbustos disponibles durante la época de lluvia cuando la producción de forraje aumenta (Devendra, 1978).

Numerosos estudios comparan la eficiencia digestiva de las cabras con otros rumiantes (búfalos, bovinos y borregos), al ser alimentados con forrajes de baja calidad y los resultados muestran que las cabras digieren mejor este tipo de alimento que las otras especies (Morand-Fehr y De Simiane, 1977; Sharma y Rajora, 1977; Devendra y Burns, 1983; Antoniou y Hadjipanayiotou, 1985; Trung y Devendra, 1987; Morand-Fehr, 1989 y Tisserand et al., 1991). En éste sentido, Antoniou y Hadjipanayiotou (1985), mencionan que el incremento en la eficiencia digestiva de las cabras, se debe a que éstas consumen mayor cantidad de materia seca por unidad de peso metabólico, menos agua y excretan menos orina que los borregos,

concluyendo que en cabras, la mejor digestión de forrajes de baja calidad, puede atribuirse a una mayor transferencia de urea de la sangre al rumen.

Por otro lado, se sabe que las cabras tienen la capacidad de utilizar mejor la fibra del alimento que otros rumiantes, cuando el principal sustrato en la alimentación son forrajes fibrosos con alto contenido de paredes celulares, permitiendo un mayor desarrollo ruminal de bacterias celulolíticas y por lo tanto, mayor eficiencia para la digestión de la celulosa (Devendra, 1971 y Ørskov, 1988).

Devendra (1981), así como Owen y Ndosá (1982), sugieren que la eficiencia digestiva puede deberse a un mayor tiempo de retención de la ingesta en el tubo gastrointestinal. Murphy et al. (1994<sup>b</sup>) encontraron que en novillos sometidos a bajos consumos de alimento (70% del consumo *ad libitum*), la tasa de pasaje y el volumen ruminal se reducen ( $P < 0.03$ ). En los trabajos realizados por Murphy et al. (1994<sup>a,b,c</sup>) utilizando corderos y novillos, se ha observado que la digestibilidad de la PC (proteína cruda), MS (materia seca), FDN (fibra detergente neutro) y FDA (fibra detergente ácido) aumenta cuando se restringe el consumo de alimento al disminuir la excreción de nitrógeno fecal y aumentar el tiempo de retención mejorando la digestión y absorción de la proteína. Por otro lado, el aumento en la digestibilidad de la dieta, parece ser el resultado del incremento en la fermentación de los componentes de la fibra a nivel intestinal.

Para profundizar sobre lo anterior es necesario establecer algunas definiciones:

## **2.1 DIGESTIBILIDAD**

Una de las principales causas que afectan el estado nutricional de los animales es la digestibilidad de los alimentos que ingieren (Aguilar et al., 1982).

### **2.1.1 DEFINICION**

La digestibilidad puede definirse como la suma de procesos mediante los cuales son degradadas las macromoléculas de los alimentos a compuestos más simples, que son absorbidos por el tubo gastrointestinal (Church, 1988); o bien como la cantidad de nutrimentos que después de pasar por el tubo digestivo no aparecen en las heces (Rodríguez y Llamas, 1990).

### **2.1.2 FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD**

En general, son muchos los factores que pueden afectar la digestibilidad de una dieta o de un ingrediente; pueden ser intrínsecos del alimento y de su procesamiento o bien, pueden estar relacionados con los sujetos experimentales o particularidades propias del experimento (Rodríguez y Llamas, 1990).

Se han podido determinar más de cincuenta diferentes factores que tienen influencia en la eficiencia de la digestión. Schneider y Flatt, (1975) hacen una descripción detallada de los que a continuación se mencionan:

#### **1) NIVEL DE ALIMENTACION**

Diversos experimentos muestran que generalmente los animales que digieren un mayor porcentaje de nutrimentos del alimento, son aquellos que se han sometido a una restricción alimenticia comparándolos con aquellos que reciben una ración



abundante, es decir, los altos niveles de alimentación se asocian generalmente con una depresión en la digestibilidad y los más bajos niveles de alimentación están relacionados con altos porcentajes de digestibilidad de todos los nutrimentos de una ración. El efecto del nivel de alimentación en cuanto a la digestibilidad aparente parece variar de una estación experimental a otra, así como entre tratamientos dentro de una misma estación experimental (Schneider y Flatt, 1975).

## **2) COMPOSICION QUIMICA DEL ALIMENTO:**

- a) Nivel de proteína
- b) Nivel de carbohidratos
- c) Porcentaje de grasa
- d) Cantidad de minerales

## **3) ESTADO DE MADUREZ DEL FORRAJE**

## **4) DIGESTIBILIDAD ASOCIATIVA:**

- a) Entre nutrimentos
- b) Microorganismos del rumen
- c) Utilización de antibióticos

## **5) PROCESADO DE ALIMENTOS:**

- a) Secado
- b) Molido
- c) Peletizado
- d) Ensilado
- e) Rolado
- f) Extruido
- g) Tratamientos enriquecedores del forraje

**6) EJERCICIO****7) EDAD DEL ANIMAL****8) CONDICION CORPORAL****9) SEXO****10) FRECUENCIA DE LA ALIMENTACION****11) FACTORES AMBIENTALES**

- a) Humedad
- b) Temperatura

Otro factor importante que afecta la digestibilidad, es la metodología con que se desarrollan las pruebas. Algunos de los puntos más importantes dentro de la metodología son: instalaciones, aparatos o materiales utilizados para la recolección, administración del alimento y agua, separación de heces y orina, selección y preparación de los animales y características de estos, horario de la rutina diaria (siempre a la misma hora), etc (Schneider y Flatt, 1975).

Una de las variantes más comunes es la forma de recolectar las heces. La recolección total es un método tradicional y confiable aunque tiene algunos inconvenientes como el hecho de requerir un gran número de animales, instalaciones apropiadas y mucho tiempo para poder llevarse a cabo (Schneider y Flatt, 1975; Aguilar et al., 1982, Church, 1988). La recolección parcial consiste en la utilización de indicadores o marcadores, eliminando la incomodidad del animal y el riesgo de pérdida de las heces recolectadas. Sin embargo, la comodidad de trabajar

con indicadores se ve opacada por el hecho de que sus porcentajes de recuperación en las heces es muy variable y representa una fuente de error adicional si se compara con el método de recolección total. (Aguilar et al., 1982; Rodríguez y Llamas, 1990).

### **2.1.3 DIGESTIBILIDAD VERDADERA Y APARENTE**

La diferenciación entre la digestibilidad verdadera y aparente, se basa en el hecho de la existencia de componentes originarios de la dieta y otros de origen endógeno (Schneider y Flatt, 1975).

La presencia en las heces de sustancias no provenientes de la dieta, significa que los valores de digestibilidad aparente son mayores que los de la digestibilidad verdadera (Church, 1988).

La digestibilidad verdadera es un concepto teórico ya que para su determinación se requeriría hacer una diferenciación de los componentes que aparecen en las heces y que son de origen metabólico y no de origen alimenticio directo. Así pues, los valores de digestibilidad de proteína y materia seca se consideran aparentes. Por el contrario, los valores de digestibilidad para las fracciones de fibra se consideran verdaderos ya que no existe fibra de origen endógeno (Schneider y Flatt, 1975; Rodríguez y Llamas, 1990).

Es por esto que el valor más comúnmente utilizado es el coeficiente de digestibilidad aparente, que se expresa como porcentaje de la materia seca y se define en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DIGESTIBILIDAD} = \frac{\text{CONSUMIDO} - \text{EXCRETADO}}{\text{CONSUMIDO}} \times 100$$

El principio anterior, es válido para determinar el coeficiente de digestibilidad de la materia seca y también de los componentes químicos de los alimentos, como proteína, fracciones de fibra, etc (Schneider y Flatt, 1975; Church, 1988).

Existen diferentes formas para determinar la digestibilidad, mediante una prueba denominada digestibilidad simple o prueba convencional de digestión, por ecuaciones simultáneas, regresión matemática, etc (Schneider y Flatt, 1975; Church 1988, Rodríguez y Llamas, 1990).

El número de observaciones por tratamiento o por dieta en todos estos métodos es muy importante en la determinación de la validez de las mediciones, requiriéndose un mínimo de tres observaciones (Schneider y Flatt, 1975).

## **2.2 EXCRECION Y COMPOSICION DE LAS HECES**

La digestión en los rumiantes es continua por lo que la frecuencia de la defecación es mayor que en los no rumiantes. Las heces están formadas por materiales de la dieta y de origen endógeno (Church 1988).

Las heces contienen de 30 a 50% de materia seca, formada por el material indigestible de la dieta, paredes celulares de las bacterias del rumen y del ciego e intestino grueso, residuos de enzimas digestivas, secreción mucosa y células epiteliales de descamación que se encuentran en el lumen del tubo digestivo

constituyendo una gran proporción del total de la materia fecal (Minson y Cowper, 1966; Church, 1988).

Cuando las dietas contienen cantidades substanciales de ingredientes poco digestibles, la proporción de los componentes de la dieta original que aparece en las heces puede ser mayor en relación a los componentes de origen metabólico. Por el contrario, en animales que consumen dietas altamente digestibles, las heces excretadas contienen muy poco material de la dieta original y más de origen metabólico (Schneider y Flatt, 1975).

### 2.3 CONSUMO VOLUNTARIO

El consumo voluntario del alimento está influenciado por múltiples factores que incluyen aspectos fisiológicos, ambientales y de comportamiento (Van Soest, 1982; Theurer y Wanderley, 1986; NRC, 1987). En el caso de los rumiantes que se alimentan en el corral, o bien los que se desarrollan bajo condiciones de pastoreo, el consumo voluntario se ve afectado por la especie vegetal, valor nutritivo y estado de madurez de la planta, la fertilidad del suelo, condiciones climáticas de la zona, especie animal, nivel de inclusión de forraje en la ración, manejo y mantenimiento del agostadero. Sin embargo hay dos factores específicos que limitan el consumo voluntario bajo condiciones de pastoreo y son la oportunidad de que el animal pueda pastorear selectivamente y que el forraje disponible limite el tamaño de la mordida (Minson, 1990; NRC, 1987).

Es importante señalar que pueden existir variaciones en el consumo debidas al tipo de dieta y su digestibilidad o al plano nutricional previo (Fox, 1986). López y Verde (1976) realizaron un experimento donde se utilizaron 5 grupos de 24 novillos Aberdeen Angus de 8 meses de edad con un peso de 185 kg, que fueron sometidos

a diferentes grados de restricción en el consumo de energía, proporcionándoles dietas con 1.45 a 2.85 megacalorías de energía metabolizable por kilogramo de materia seca (Mcal EM/kg de MS), durante 16 semanas. Posteriormente todos los animales fueron alimentados *ad libitum* con una dieta que contenía 2.85 Mcal EM/kg de MS. Observaron que iniciada la realimentación, el consumo de alimento de todos los animales rápidamente se volvió similar. Al comparar el consumo de acuerdo al mismo peso vivo, los animales que habían sufrido restricción alimenticia consumían más alimento que el grupo control; sin embargo, a una misma edad, los consumos de alimento eran prácticamente los mismos. Esta conclusión permitió descartar la posibilidad de un consumo de alimento compensatorio como posible explicación de la compensación en el crecimiento. La edad causó el 65% de la variación en el consumo de alimento, el peso vivo un 43% y ambos parámetros el 73%. Esto los llevó concluir que tanto en animales restringidos, como en los realimentados, la edad predice mejor el consumo de alimento que el peso vivo.

Ellis (1978) menciona que cuando las dietas son más digestibles el consumo voluntario se ve incrementado siempre y cuando se cubran los requerimientos energéticos de los animales a alimentar.

Fox (1986) señala, que la base del consumo está en función del tamaño o peso metabólico y la concentración energética de la dieta. Van Soest (1982) justifica lo anterior basándose en la suposición de que los requerimientos metabólicos son relativos al tamaño metabólico, por lo que el consumo puede variar partiendo de estas bases como resultado de cambios en la demanda de mantenimiento y producción (NRC 1987).

Sin embargo, son muchos los factores que regulan el consumo de alimento limitándolo o promoviéndolo. En el caso de los no rumiantes, el control del consumo



está dado por las teorías Glucostática, Lipostática, Termostática y Hormonal (Shimada, 1987; Church, 1988)

En los rumiantes, algunas hormonas tienen efecto sobre el consumo voluntario (colecistocinina y secretina), regulando el llenado del estómago y el procesamiento los alimentos contenidos en él (Frandsen, 1986). Además existen numerosos factores que intervienen en la regulación como la temperatura ambiental, la temperatura corporal, la temperatura ruminal, el ejercicio, el estado fisiológico, el metabolismo basal y el crecimiento; la densidad calórica del alimento, el comportamiento alimenticio (apetito), los mecanismos de control sensorial (llenado gastrointestinal y velocidad de paso de la ingesta), los medios de control físico (distensión de ciertos órganos digestivos), los mecanismos de control químico que actúan sobre los receptores gástricos (ácido acético, propiónico, fórmico y láctico) y el control del sistema nervioso central (hipotálamo). La severidad de estos factores dependerá en gran medida de la condición fisiológica del animal (Baile y Forbes, 1974; Shimada, 1987; Church, 1988).

## **2.4 EFECTOS DE LA SUBALIMENTACION**

Cuando el aporte nutritivo del alimento es insuficiente en cantidad o calidad para cubrir las necesidades básicas o de mantenimiento de los animales, éstos hacen uso de sus reservas corporales que se manifiestan en pérdidas de peso (Berg y Butterfield, 1976; Taylor et al., 1986; Ørskov y Ryle, 1990).

Algunos estudios señalan que en condiciones de subalimentación, los requerimientos de energía de mantenimiento de los animales y el hombre pueden disminuir, mostrándose una capacidad de adaptación a niveles restringidos en el consumo de energía por una reducción en la tasa metabólica basal, es decir, una

disminución en la producción de calor de ayuno (Ledger y Sayers, 1977; Forsum et al., 1981; Koong et al., 1983; Ferrell y Koong, 1986; Burrin et al., 1990).

También se ha observado el efecto de la subalimentación en la composición corporal que involucra la distribución de la grasa, peso de los órganos, masa muscular, tejido óseo, etc (Blak, 1974; Searle et al., 1972; McMeekan, 1940; Ferrel et al., 1986; Burrin et al, 1988; Aziz et al., 1992; Aziz y Murray, 1993).

Murphy y Loerch (1994<sup>d</sup>) realizaron dos pruebas, en ambas utilizaron dos grupos de 36 novillos cada uno y fueron alimentados a 3 niveles de consumo: *ad libitum*, 90% y 80% del consumo *ad libitum*. En la primer prueba (T1) se les proporcionó una alimentación con base en concentrado, en la segunda (T2), se alimentaron con una dieta para crecimiento con base en silo de maíz por 84 días, seguido de una dieta de finalización que contenía 91% de concentrado. En ambos tratamientos el promedio de ganancia de peso se redujo en los animales con niveles restringidos de consumo ( $P < 0.005$ ). La eficiencia no fue afectada por el nivel de consumo en ningún tratamiento excepto en la fase de finalización de T2, donde la eficiencia aumentó con bajos niveles de consumo. La grasa dorsal de la canal se redujo ( $P < 0.04$ ) en T1 y no hubo efecto en las características de la canal para T2. El nivel de consumo, no tuvo efecto sobre los pesos de corazón e hígado. Concluyen que la alimentación restringida de dietas para crecimiento y finalización no disminuye la eficiencia alimenticia y si la mejora, debido probablemente a que la restricción alimenticia puede reducir los requerimientos de mantenimiento.

En otros experimentos realizados por Ferrell et al., (1986) y Burrin et al., (1988,1989,1990) con cerdos, ratas, ovinos y bovinos, observaron que una disminución en el plano nutricional produce una reducción en el tamaño del hígado, riñón, estómago e intestinos (como porcentaje del peso de la canal). Estos estudios

concluyen que existe una buena relación entre los pesos del hígado y tejido intestinal con la estimación de los requerimientos de energía de mantenimiento.

Ledger y Sayers (1977) utilizando novillos de 185 y 275 kg alimentados durante 24 semanas con una dieta de mantenimiento disminuyeron sus requerimientos de mantenimiento en un 50%. En el mismo estudio al utilizar novillos de 450 kg de las razas Boran y Hereford, se observó una disminución en los requerimientos de mantenimiento de 28 y 18% respectivamente. Estas disminuciones se observaron por una reducción en la cantidad de alimento requerido por unidad de peso vivo. Estos resultados muestran que el cambio en el gasto energético para mantenimiento responde al nivel nutricional aunque intervienen otros factores como la madurez y la raza.

Aziz et al., (1992) señala que en ovinos, la restricción ya sea proteica y/o energética, puede causar un retraso en el crecimiento corporal y subsecuentemente afectar la composición corporal. Para Black (1974), la pérdida de peso es acompañada por un marcado incremento en el catabolismo proteico e inicialmente los animales tienden a volverse más grasos que aquellos que son mantenidos adecuadamente.

En los trabajos realizados por Murphy et al. (1994<sup>a,b,c</sup>), en novillos y borregos, se evaluaron los efectos de la restricción alimenticia en base al 100% del consumo *ad libitum* de MS sobre el sitio y la extensión de la digestión, digestibilidad de algunos componentes de la dieta y metabolismo del nitrógeno utilizando diferentes dietas coincidiendo en que la digestibilidad de PC, MS, MO, FDN y FDA se mejora a niveles restringidos de consumo. Observaron un aumento en la digestibilidad del almidón (Murphy et al., 1994<sup>a</sup>), en la retención del N (Murphy et al., 1994<sup>a,b,c</sup>), en la concentración de amonio y pH ruminal (Murphy et al., 1994<sup>b,c</sup>) y una disminución del

volumen ruminal, tasa de pasaje (Murphy et al, 1994<sup>b</sup>) y tasa de dilución de líquidos (Murphy et al. 1994<sup>c</sup>)

Grimaud y Doreau (1995), utilizaron vacas secas de  $747 \pm 11$  kg de peso, las cuales fueron alimentadas con una dieta con base en forraje, primero a un nivel superior a los requerimientos de energía de mantenimiento por 7 semanas, (9.4 kg MS/día), denominando a ésta fase HL, después les fue restringido su consumo de alimento (5.2 kg MS/día) durante 20 semanas (LL). Formularon la dieta para que al disminuir el consumo, únicamente se redujera la cantidad de energía y no de proteína. El peso vivo disminuyó en forma lineal de 747 a 620 kg. La digestibilidad total de la MO (materia orgánica) disminuyó con la subalimentación e incrementó cuando las vacas fueron realimentadas. No hubo diferencias en la digestión aparente de la MO en rumen, posiblemente debido a la ausencia de variación en la tasa de pasaje de partículas a nivel ruminal y en la degradación *in situ* de la MS. Sin embargo, al disminuir el consumo de alimento, disminuyen la tasa de dilución ruminal e intestinal de líquidos, el contenido de materia seca y la concentración de protozoarios. Concluyen que el elevado nivel de consumo de dietas con base en forraje, tiene poco efecto sobre la digestibilidad y que pueden ocurrir periodos cortos de desorden en la digestión cuando el consumo disminuye rápidamente. Los clásicos efectos de la restricción del consumo sobre la digestión no fueron observados en este estudio, de manera que las condiciones no fueron las ideales para mostrar una adaptación digestiva por un periodo largo.

En general, la respuesta a la restricción nutricional dependerá del grado o intensidad, duración y tipo de restricción utilizada. (Salbego y Onofre, 1986; Ferrell y Koong, 1986).

En los trabajos citados anteriormente, la duración de los periodos de restricción es muy variable y comprende desde unos cuantos días hasta varias semanas dependiendo del objetivo de cada trabajo y de las especies utilizadas. Mora (1994) utilizó periodos de restricción de 18 y 36 semanas para simular lo que ocurre en el agostadero cuando las condiciones del medio ambiente limitan la cantidad de forraje que sea suficiente para cubrir las necesidades de mantenimiento de los animales cuya alimentación depende en su totalidad de éste recurso.

Sin embargo, aún no son claras las razones del incremento en la eficiencia digestiva de las cabras alimentadas con ingredientes de mala calidad o sometidas a bajos niveles de consumo de alimento (Devendra, 1978; Ramírez et al., 1991; Grimaud y Doreau, 1995), siendo ambas condiciones, frecuentemente observadas en las zonas áridas y semiáridas del país, donde la suplementación es escasa y el pastoreo de gran parte de la población caprina se ve afectado por la sequía, que puede prolongarse varios meses. Mora (1994) menciona que si el periodo de sequía se prolonga, los animales harán uso de sus reservas corporales y se podrán adaptar a estas condiciones pero no por tiempo indefinido.

La notable disminución de la cantidad de forraje y la calidad de los nutrientes disponibles en él durante la sequía, provoca una marcada reducción en el consumo de materia seca y por lo tanto continuas fluctuaciones de peso y condición corporal a lo largo de la vida productiva de los animales, que mermaman de manera importante la producción de cualquier tipo que esta sea. La restricción en el consumo de alimento generalmente resulta en el aumento de la digestibilidad de los componentes de la dieta, aunque la mayoría de las investigaciones se han hecho tomando como base consumos para mantenimiento o por arriba de éste y muy poco se conoce acerca de lo que sucede con niveles de consumo por debajo del mantenimiento. Es por esto que para poder entender los fenómenos fisiológicos que suceden durante

periodos de restricción alimenticia, resulta importante estudiar las modificaciones de la digestión cuando el consumo de alimento disminuye.

Por lo anterior, el presente estudio pretende conocer el efecto de una restricción alimenticia de larga duración, sobre el peso vivo y la digestibilidad del alimento en cabras adultas.



### 3. HIPOTESIS

Una restricción alimenticia prolongada, hecha con base en el consumo de materia seca, producirá:

- a) Una disminución del peso vivo.
- b) Un aumento en la digestibilidad de la Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC) y Fibra Detergente Neutro (FDN) del alimento consumido.

### 4. OBJETIVOS

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar el efecto de una restricción alimenticia prolongada sobre el peso vivo y la digestibilidad en cabras adultas.

#### **OBJETIVO ESPECIFICO:**

Evaluar el efecto de un periodo de restricción de 36 semanas con 3 diferentes niveles de alimentación: 100, 80 y 60% del consumo voluntario de materia seca previamente observado en cabras adultas sobre:

- 1) El peso vivo.
- 2) La digestibilidad aparente de la MS y PC, así como la digestibilidad verdadera de la FDN; de una dieta con base en heno de alfalfa y pata de sorgo, mediante la recolección total de heces producidas.

## 5. MATERIAL Y METODOS

### 5.1 LOCALIZACION

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGDR; localizadas en el km 1 de la carretera a Colón, en Ajuchitlán, municipio de Colón, Qro., ubicado a los 100° 1.2' longitud este y 20° 42.3' longitud norte, a una altura de 1990 m sobre el nivel del mar, con un clima semiseco templado, una temperatura media anual de 15°C, lluvias en verano y una precipitación pluvial media anual de 450 a 630 mm. (Soria et al., 1987; Síntesis Geográfica, 1986).

### 5.2 DURACION

El experimento se realizó de noviembre de 1993 a septiembre de 1994, tuvo una duración de 45 semanas, que fueron divididas en dos periodos:

- 1) PE = Período de estabilización (9 semanas).
- 2) PR = Período de restricción (36 semanas).

### 5.3 ANIMALES

Se utilizó un grupo de 12 cabras hembras, adultas, vacías y secas encastadas con raza Nubia, con un peso promedio de  $42.8 \pm 6.38$  kg y una edad promedio de  $3.5 \pm 1.17$  años.

## 5.4 PERIODO DE ESTABILIZACION (PE)

Los animales se desparasitaron y vitaminaron y fueron distribuidos aleatoriamente en corrales individuales; se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada 7 días a la misma hora, sin previo ayuno.

Al inicio del experimento todos los animales fueron alimentados individualmente *ad libitum* durante las 9 semanas del PE, con una dieta con base en heno de alfalfa y pata de sorgo de tal forma que cubrieran sus requerimientos teóricos de proteína y energía de mantenimiento evaluando diariamente el consumo de MS. Los requerimientos teóricos de mantenimiento por unidad de peso metabólico ( $\text{kg}^{.75}$ ) son: 0.155 Mcal de ED, 0.127 Mcal de EM, 4.83 g de PC y 63.5 g de MS (NRC, 1982).

El análisis calculado de PC de la dieta, fue de 100g /kg MS y el análisis estimado para energía (NRC, 1982) fue de 2.5 Mcal ED/kg MS y 2.11 Mcal EM/kg MS.

Durante este periodo los animales alcanzaron un peso de  $44.8 \pm 6.42$  kg ( $17.32 \pm 4.03 \text{ kg}^{.75}$ ) y un consumo de  $1.19 \pm 0.24$  kg de MS/día. Con éste nivel de consumo el análisis estimado de la dieta indica que ésta aportó: 2.97 Mcal de ED, 2.51 Mcal de EM y 118.8 g de PC (Por unidad de  $\text{kg}^{.75}$  : 0.171 Mcal de DE, .145 Mcal de EM, 6.86 g de PC y 68.71 g de MS).

La finalidad del PE fue que los animales alcanzaran y mantuvieran un peso vivo y consumo voluntario de materia seca constantes, además fue importante para

la adaptación de los animales a la dieta experimental, al confinamiento y al manejo reuniendo así las condiciones apropiadas para el inicio del experimento.

Cabe mencionar que los animales tuvieron libre acceso al agua de bebida a lo largo de todo el experimento.

### **5.5 PERIODO DE RESTRICCIÓN (PR)**

Durante este período (36 semanas), al igual que en el PE, los animales fueron alojados y alimentados individualmente y pesados cada 7 días.

Concluido el PE, las cabras fueron distribuidas aleatoriamente en tres niveles de alimentación (NA), con base en el consumo voluntario de materia seca observado (en el cual ya no se observaron cambios de peso):

- a) **NA 100** = 100% del consumo observado.
- b) **NA 80** = 80% del consumo observado.
- c) **NA 60** = 60% del consumo observado.

Estos niveles de alimentación se mantuvieron durante las 36 semanas del PR simulando lo que ocurre para animales en pastoreo donde la época de sequía puede prolongarse varios meses. En la zona centro del país los efectos de la sequía se observan en los meses de Noviembre a Junio (8 a 9 meses aproximadamente).

A lo largo de todo el experimento el alimento fue ofrecido una vez al día a los animales.

Para medir la digestibilidad aparente de la MS (DMS), PC (DPC), así como la digestibilidad verdadera de la FDN (DFDN), a partir de la última semana del PE

(semana N° 9 del experimento) y posteriormente cada 28 días durante el período de restricción (semanas N° 13, 17, 21, 25, 29, 33, 37, 41, 45 del experimento), se utilizaron jaulas metabólicas (las cuales fueron denominadas FR = Fases de recolección) donde los animales permanecieron 7 días; cada 24 horas se realizó la colección total de heces y medición del rechazo de alimento de cada animal, siguiendo la técnica descrita por Rodríguez y Llamas (1990), de esta manera se obtuvieron 6 recolecciones por cabra al final de cada FR y un total de 10 FR al finalizar el experimento.

Las heces y rechazos recolectados se pesaron y se tomó una alícuota del 10% del total de cada día, que posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55°C durante 48 horas y con la cual se hizo una muestra compuesta por cabra de cada FR siguiendo la técnica descrita por Rodríguez y Llamas (1990).

Las muestras compuestas de cada FR fueron molidas en un Molino <sup>(A)</sup>, con una criba de 1 mm y se almacenaron en frascos de vidrio tapados y a temperatura ambiente, para su posterior análisis de laboratorio.

En el laboratorio se realizó la determinación de materia seca total, proteína cruda en la muestra seca (A.O.A.C., 1990) y fibra detergente neutro (Van Soest y Wine, 1967). Para determinar la DMS, DPC y DFDN se utilizó la siguiente fórmula:

$$D(X)\% = \frac{XA - XH}{XA} \times 100$$

---

<sup>(A)</sup> Thomas Willey

Donde: **D(X)%** = Digestibilidad del componente X  
**XA** = Porcentaje del componente X en el alimento  
**XH** = Porcentaje del componente X en las heces

## 5.6 ANALISIS DE RESULTADOS

Para graficar el peso vivo durante el y PR, se utilizaron los predichos calculados en un análisis de regresión.

El peso vivo durante el PR, fue analizado mediante un diseño de parcelas divididas donde la parcela mayor fue el animal, la parcela menor la semana, y los tratamientos los niveles de alimentación (NA 100, NA 80 y NA 60).

El modelo estadístico empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + N A_i + C(i)j + \delta(i)j + S_k + N A S_{ik} + \Sigma(ijk) \quad [1]$$

Donde:

$\mu$  es la media poblacional.

$N A_i$  es el efecto del i-ésimo nivel de alimentación.

$C(i)j$  es el efecto aleatorio de la j-ésima cabra dentro del i-ésimo nivel de alimentación.

$\delta(i)j$  es el error de restricción asociado con la j-ésima cabra (bloque incompleto) dentro del i-ésimo nivel de alimentación.

$S_k$  es el efecto de la k-ésima semana.

$N A S_{ik}$  es el efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de alimentación y la k-ésima semana.

$\Sigma(ijk)$  es el error aleatorio asociado con la k-ésima semana en la j-ésima cabra en el i-ésimo nivel de alimentación.

Los grados de libertad para éste modelo son:

|                              |        |            |      |
|------------------------------|--------|------------|------|
| <b>NA =</b>                  | 2      | <b>i =</b> | 1-3  |
| <b>C =</b>                   | 9      | <b>j =</b> | 1-4  |
| <b><math>\delta =</math></b> | $\phi$ | <b>k =</b> | 1-36 |
| <b>S =</b>                   | 35     |            |      |
| <b>NAS =</b>                 | 70     |            |      |
| <b><math>\Sigma =</math></b> | 315    |            |      |
| <b>TOTAL =</b>               | 431    |            |      |

Con el objeto de cumplir con los ajustes de normalidad para el ANDEVA (análisis de varianza), los resultados obtenidos para DMS, DPC y DF DN fueron transformados de porcentaje, al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción. El modelo utilizado para analizar estas variables fue similar al modelo [1].

Los grados de libertad para éste modelo son:

|                              |        |            |      |
|------------------------------|--------|------------|------|
| <b>NA =</b>                  | 2      | <b>i =</b> | 1-3  |
| <b>C =</b>                   | 9      | <b>j =</b> | 1-4  |
| <b><math>\delta =</math></b> | $\phi$ | <b>k =</b> | 1-10 |
| <b>S =</b>                   | 9      |            |      |
| <b>NAS =</b>                 | 18     |            |      |
| <b><math>\Sigma =</math></b> | 81     |            |      |
| <b>TOTAL =</b>               | 119    |            |      |

Todos los análisis se realizaron utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 1988).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION.

En el cuadro 1 se muestran los promedios de consumo voluntario por unidad de peso metabólico durante el PE y los promedios de consumo establecidos para el PR que corresponden a los niveles de alimentación evaluados.

**CUADRO 1. CONSUMO DE ALIMENTO**

| NA  | kg <sup>.75</sup> | PE (g) | CPR (g) |
|-----|-------------------|--------|---------|
| 100 | 17.38             | 74.50  | 74.50   |
| 80  | 17.14             | 58.20  | 46.56   |
| 60  | 17.33             | 72.29  | 44.57   |

Abreviaturas: **NA** = Nivel de Alimentación, kg<sup>.75</sup> = Peso metabólico, **CPE** = Consumo en gramos en el periodo de estabilización, **CPR** = Consumo en gramos en el periodo de restricción.

Algunos autores (McMeekan, 1940; López y Verde, 1976; Ledger y Sayers, 1977; Ferrell et al., 1986; Ferrell y Koong, 1986; y Harris et al., 1986), han demostrado que el plano nutricional previo tiene efecto sobre la ganancia o pérdida de peso, la composición corporal y el consumo de alimento, por lo que el PE permitió eliminar dicho efecto sobre las variables evaluadas en el presente trabajo.

### PESO VIVO

El análisis estadístico del efecto de los NA sobre el peso vivo durante el PR, no mostró diferencias ( $P > 0.05$ ), coincidiendo con los datos de Mora (1994), quien al comparar animales restringidos y en mantenimiento, no encontró diferencias de pesos. Menciona que en restricciones alimenticias prolongadas, los animales pueden



adaptarse y si existe pérdida de peso, esta se puede atribuir a la pérdida de tejidos viscerales.

En los trabajos de Koong et al. (1982), Ferrell et al. (1986), Burrín et al. (1990), y Azíz y Murray (1993) se ha visto que en periodos cortos de restricción, la disminución del peso corporal de los animales se debe a una reducción del tamaño de la masa visceral (hígado, estómago, riñón e intestino delgado principalmente), en respuesta a la alimentación de mantenimiento y a la restricción alimenticia. Lo anterior nos indica que el organismo emplea algunos mecanismos fisiológicos (disminución del tamaño de la masa visceral, pérdida de agua) en respuesta a la restricción alimenticia, por lo que en el presente trabajo, la falta de diferencias entre NA pudo deberse a la capacidad del organismo de adaptarse a distintos grados de restricción alimenticia.

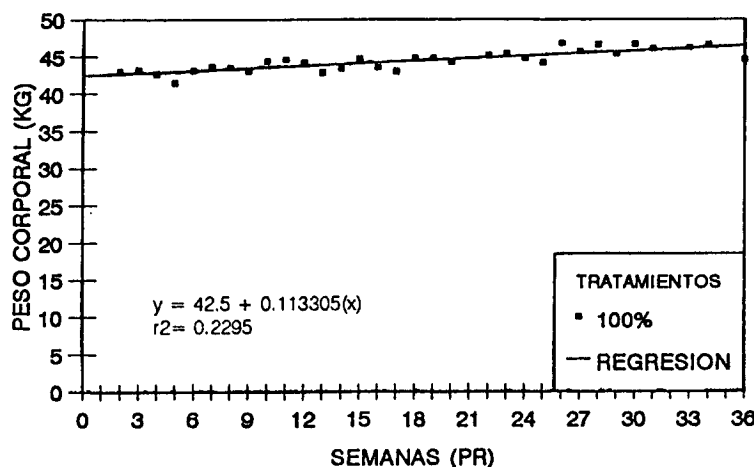
Los resultados obtenidos, nos permiten suponer un mecanismo fisiológico de adaptación de las cabras al PR, que haya provocado una reducción del metabolismo y con ello una disminución de los requerimientos de mantenimiento en los animales, que les permitió adaptarse al NA , no observándose cambios de peso entre tratamientos.

Martson (1948) y Gray y McCracken (1979) señalan que al disminuir el nivel de nutrición, disminuye la tasa metabólica. López y Verde (1976), Ledger y Sayers (1979) y Ferrel y Koong (1986), observaron que el alimento requerido para mantener el peso de los animales, disminuye con el tiempo y que los animales sometidos a restricciones alimenticias, cuando son realimentados, requieren un menor consumo de alimento para cubrir sus requerimientos de mantenimiento, debido a que la tasa metabólica basal disminuye.

Para graficar el peso durante el PR se utilizaron los predichos de un análisis de regresión para cada NA. El NA 100 tuvo un comportamiento lineal ( $P < 0.01$ ) con una pendiente positiva ( $b = 0.113305$ ,  $P < 0.001$ ) (Gráfica 1).

El NA 80 también tuvo un comportamiento lineal ( $P < 0.03$ ) pero una pendiente negativa ( $b = -0.112397$ ,  $P < 0.03$ ) (Gráfica 2). Debido al amplio rango de variación de los pesos en el NA 60, la regresión no fue significativa para éste nivel ( $P > 0.05$ ), sin embargo, como se puede observar en la gráfica 3, los pesos se distribuyen normalmente en la línea cuya pendiente es ligeramente negativa ( $b = -0.071172$ ,  $P > 0.05$ ).

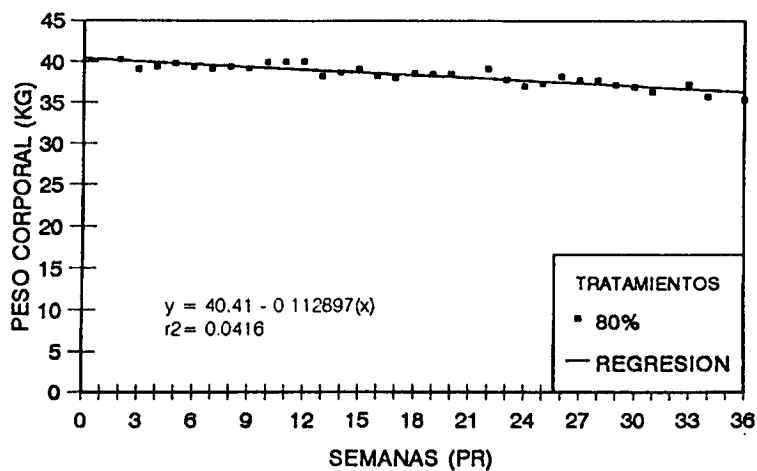
GRAFICA 1. COMPORTAMIENTO DEL PESO PARA EL NIVEL DE ALIMENTACION 100%



Efecto lineal ( $P < 0.01$ )

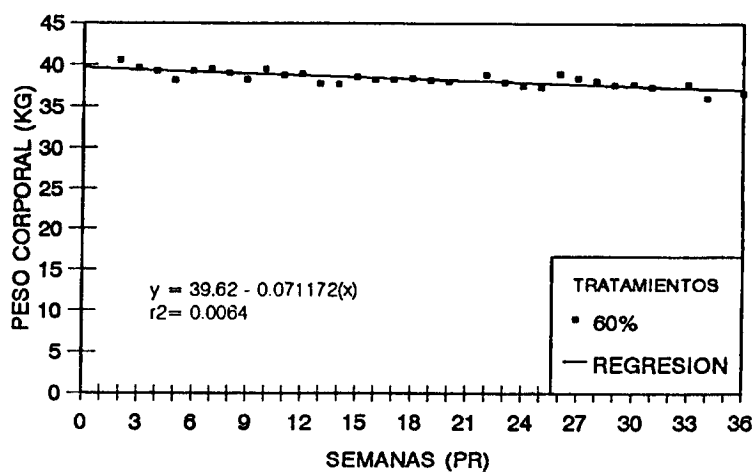
Abreviaturas: PR = Periodo de restricción.

GRAFICA 2. COMPORTAMIENTO DEL PESO PARA EL NIVEL DE ALIMENTACION 80%



Efecto lineal ( $P < 0.03$ )  
 Abreviaturas: PR = Periodo de restricción.

GRAFICA 3. COMPORTAMIENTO DEL PESO PARA EL NIVEL DE ALIMENTACION 60%



Efecto lineal ( $P > 0.1$ )  
 Abreviaturas: PR = Periodo de restricción.

El comportamiento de las pendientes coincide con el análisis de los cambios de peso de los diferentes NA, donde sin evaluar el comportamiento del peso a lo largo del periodo de restricción, se comparó la semana inicial contra la final (1 vs 36) y se observa que las cabras del NA 100 al finalizar el PR tuvieron un ligero aumento de peso ( $0.150 \pm 1.73$  kg) que las hizo diferentes ( $P < 0.05$ ) de NA 80 y NA 60 que al finalizar el PR, perdieron  $7.05 \pm 4.05$  y  $6.25 \pm 3.31$  kg respectivamente (cuadro 2).

**Cuadro 2. Cambios de peso en cabras sometidas a un periodo largo de restricción alimenticia con diferentes niveles de alimentación.**

|                     | NA 100            | NA 80              | NA 60              | EE    |
|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Peso inicial (kg)   | 44.50             | 42.40              | 43.50              | -     |
| Peso final (kg)     | 44.65             | 35.35              | 36.63              | -     |
| Cambio de peso (kg) | 0.15 <sup>a</sup> | -7.05 <sup>b</sup> | -6.75 <sup>b</sup> | 2.028 |

<sup>a,b</sup> literales diferentes dentro de un mismo renglón denotan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).  
Abreviaturas: NA = Nivel de alimentación.

Los resultados del cuadro anterior confirman que las cabras del NA 100, estuvieron en mantenimiento

Un comportamiento similar fue observado por Hill et al., (1984), que al utilizar ratas que fueron restringidas en base a la cantidad de alimento, observaron que la pérdida de peso ocurre durante los primeros días de restricción, para posteriormente mantenerse en el mismo peso hasta por 85 días.

## DIGESTIBILIDAD

No hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre NA en la digestibilidad de la MS, PC y FDN (Cuadro 3), contrario a lo planteado en la hipótesis de éste trabajo y a lo descrito por Baile y Forbes (1974), Schneider y Flatt (1975), Elis (1978), Van Soest (1982) y Church (1988), quienes mencionan que los bajos niveles de consumo de alimento se relacionan con un mayor tiempo de retención de la ingesta en el tracto digestivo, provocando un aumento en la digestibilidad del alimento. El comportamiento de la digestibilidad de la MS, PC y FDN se muestran en las gráficas 5, 6 y 7.

**Cuadro 3. Digestibilidad de la dieta con diferentes niveles de alimentación.**

|          | NA 100 | NA 80 | NA 60 | EE  |
|----------|--------|-------|-------|-----|
| DMS (%)  | 60.8   | 57.3  | 54.5  | 3.9 |
| DPC (%)  | 64.1   | 58.7  | 58.1  | 3.9 |
| DFDN (%) | 56.1   | 49.2  | 46.9  | 4.9 |

Abreviaturas: NA = Nivel de alimentación, EE = Error estandar, DMS = Digestibilidad de la materia seca, DPC = Digestibilidad de la proteína cruda, DFDN Digestibilidad de la fibra detergente neutro.

Grimaud y Doreau (1995), señalan que la extensión en la digestión ruminal depende principalmente de la actividad microbiana y de la tasa de pasaje.

Desafortunadamente, existe poca información que nos permita comparar los resultados obtenidos en el presente estudio. El no haber contemplado en la metodología la medición de la tasa de pasaje ruminal, nos impide tener elementos concluyentes al respecto.

Por otro lado, basándonos en la literatura, Watson (1935), Hale (1940) y Anderson (1946), han observado que los diferentes rangos de consumo de dietas compuestas en su totalidad por forraje, no afectan la digestibilidad de los componentes de la misma. En éstas investigaciones se concluye que la digestibilidad de raciones con base en forraje, no declina al aumentar el nivel de consumo (excepto bajo condiciones especiales como cuando se ofrece forraje molido o peletizado), lo cual indica que el tipo de dieta tuvo efecto directo sobre la digestibilidad de sus componentes y no el nivel de consumo.

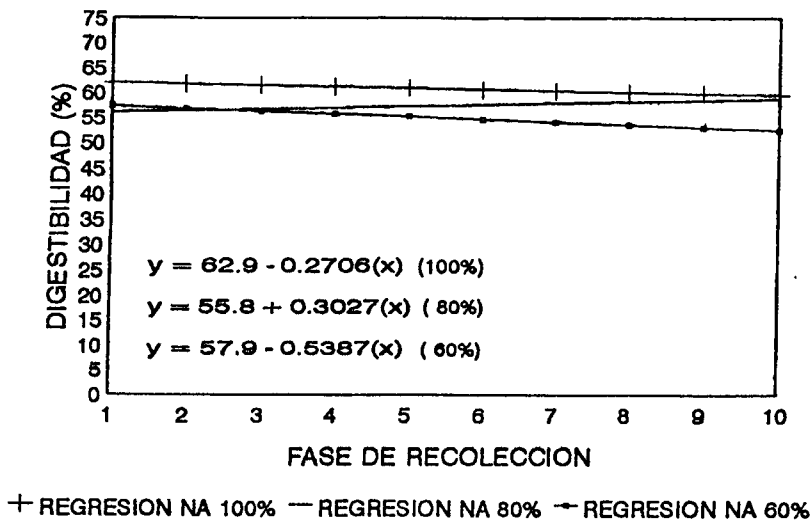
Fenner (1967) menciona que es posible que el nivel de consumo de un forraje de buena calidad, no cause cambios en la digestibilidad de la MS o de los nutrientes de la ración, lo cual indica que la calidad del forraje (en dietas cuyo contenido es únicamente forraje) determina mejor las disminuciones en la digestibilidad del mismo.

Grimaud y Doreau (1995) encontraron que la digestibilidad total de la MO disminuye cuando la subalimentación aumenta, sin encontrar diferencias en la digestibilidad aparente de la MO a nivel ruminal, por la ausencia de variación en la tasa de pasaje ruminal de partículas ( $P > 0.05$ ) y la degradabilidad *in situ* de la MS entre animales restringidos y no restringidos. Mencionan que la disminución del consumo de energía posiblemente no tiende a incrementar la digestibilidad de la MO, lo cual puede explicarse por el reducido efecto del incremento en el consumo de dietas ricas en forraje comparadas con dietas altas en concentrado. Sin embargo

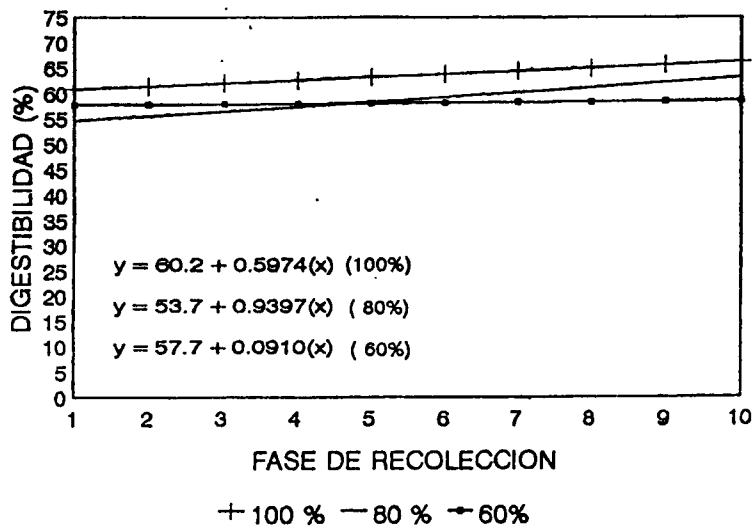
Murphy et al. (1994<sup>b</sup>), encontraron que la digestibilidad de la MS y MO es similar para altos y bajos niveles de consumo (75% del consumo *ad libitum*) en dietas cuyo único componente es concentrado.

Los resultados anteriores nos permiten observar que en condiciones de subalimentación, la composición de la dieta puede determinar mejor el comportamiento digestivo, sin imputar el grado y duración de la restricción .

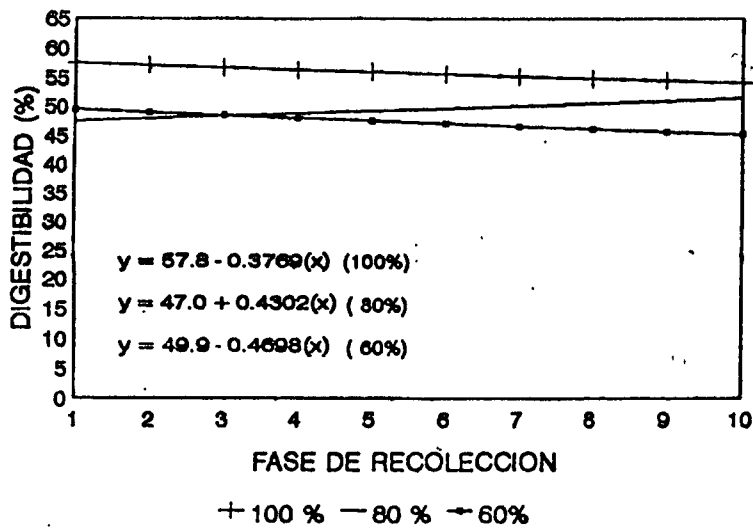
GRAFICA 5. DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA



**GRAFICA 6. DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA CRUDA**



**GRAFICA 7. DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRO**





## 7. CONCLUSIONES

En contraste con la hipótesis planteada en el presente estudio, las cabras adultas tienen la capacidad de adaptarse a diferentes grados de restricción alimenticia durante largos periodos sin observarse disminuciones del peso vivo, debido a una posible reducción de los requerimientos de mantenimiento como consecuencia de una disminución del metabolismo, en respuesta a la restricción alimenticia.

Bajo éstas condiciones experimentales de alimentación y manejo, no se observaron diferencias en la digestibilidad entre NA. Posiblemente éste comportamiento se debió a que el material potencialmente digestible de la dieta fue aprovechado en su totalidad, independientemente del tiempo de permanencia de la ingesta en el tubo digestivo. Sin embargo nuestros resultados no permiten comprobar lo anterior, por lo que se sugiere que para poder determinar el efecto directo del NA sobre la digestibilidad, es necesario realizar pruebas complementarias a ésta (medición de la tasa de pasaje) que proporcionen la información para obtener resultados concluyentes.

## 8. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis Association of Official Agricultural Chemists. U.S.A.
- Aguilar, A.; Chel, L. y Castellanos, A. 1982. Estudio comparativo de técnicas para determinar la digestibilidad del alimento de rumiantes y monogástricos. *Tec. Pec. México*. 43:27-32.
- Anderson, K.L. 1946. The effect of nitrogen fertilization on bromegrass in Kansas. In: *The Evaluations of Feeds Through Digestibility Experiments*. 1975. The University of Georgia Press. U.S.A.
- Antoniou, T. and Hadjipanayiotou, M. 1985. The digestibility by sheep and goats of five roughages offered alone or with concentrates. *J.Agric.Sci.(Camb)*. 105:663-671.
- Aziz, N.N. and Murray, D.M. 1993. Relative changes in the weights of gut parts of sheep during liveweight stasis and liveweight loss. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* Vol. 19.
- Aziz, N.N., Murray, D.M. and Ball, O.R. 1992. The effect of live weight gain and live weight loss on body composition of Merino wethers: dissected muscle, fat and bone. *J. Anim. Sci.* 70:1819-1828.
- Baile, A.C. and Forbes, J.M. 1974. Control of Feed Intake and Regulation of Energy Balance in Ruminants. *Physiological Reviews* 54(1): 161-200.
- Berg, R. and Butterfield, R. 1976. *New Concepts of Cattle Growth*. John Willey and Sons. Canada.
- Black, J. 1974. Manipulation of body composition through nutrition. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 10:211-218.
- Black, J.L. and Griffiths, D.A. 1975. Effect of live weight and energy intake on nitrogen balance and total N requirements of lambs. *Br. J. Nutr.* 33:439.
- Burrin, D., Britton, R. and Ferrel, C. 1988. Visceral organ size and hepatocyte metabolic activity in fed and fasted rats. *J. Nutr.* 118:1547-1552.
- Burrin, D., Ferrell, C., Briton, R., and Baurer, M. 1990. Level of nutrition and visceral organ size and metabolic activity in sheep. *Br. J. Nutr.* 64:439-448.
- Burrin, D., Ferrell, C., Eisemann, J., Briton, R. and Nienaber, J. 1989. Effect of level of nutrition on splanchnic blood flow and oxygen consumption in sheep. *Br.J.Nutr.* 62:23-34.

- Church, D.C. 1988. *The ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. A Reston Book. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Devendra, C. 1971. The comparative efficiency of feed utilization in the tropics. *Tropical Sci.* XIII: 123-131.
- Devendra, C. 1978. The digestive efficiency of goats. *World Review of Anim. Prod.* 14(1):9-22.
- Devendra, C. 1981. The utilization of forages from cassava, pigeon pea, leucaena and groundnut by goats and sheep in Malaysia. In *International Symposium on Nutrition and Systems of Goat Feeding* (ed. Morand-Fehr, P., Borbouze, A. and de Simiane, M.) vol. 1, pp 338-343. Tours, France: INRA, ITOVIC.
- Devendra, C. and Burns, M. 1983. *Goat Production in the Tropics*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal (UK). 183.
- Elis, W.C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *J. Dairy Sci.* 61:1828-1840.
- Fenner, H. 1967. Relationship of digestibility and certain rumen fluid components to level of feed intake and time of sampling after feeding. *J. Dairy Sci.* 50:334.
- Ferrell, C. and Koong, L. 1986. Influence of plane on nutrition on body composition, organ size and energy utilization of Sprague-Dawley rats. *J. Nutr.* 116:2525-2535.
- Ferrell, C., Koong, L. and Nieraber, J. 1986. Effect of previous nutrition on body composition and maintenance energy costs of growing lambs. *Br. J. Nutr.* 56:595-605.
- Forsum, E., Hillman, P. and Nesheim, M. 1981. Effect of energy restriction on total heat production, basal metabolic rate, and specific dynamic action of food in rats. *J. Nutr.* 111:1691-1697.
- Fox, D.G. 1986. Physiological factors influencing voluntary intake by beef cattle. *Symposium Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle*. Animal Science Department, Oklahoma State University.
- Frandsen, R. D. 1988. *Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos*, 4ª edición. Ed. Interamericana, S.A. de C.V. Mc Graw-Hill.
- González, C.A. 1977. *El Ganado Caprino en México*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F.
- Gray, R. & McCracken, K.J. 1979. Plane of nutrition and the maintenance requirement. In: *Energy Metabolism of Farm Animals*. Proceedings of the 8th

Symposium, European Association of Animal Production. L.E. Mount editor. London Butterworths Publication no. 26, pp 163-167.

Grimaud, P. and Doreau, M. 1995. Effect of extended underfeeding on digestion and nitrogen balance in nonlactating cows. *J. Anim. Sci.* 73:211-219.

Hale, E.B. 1940. Rumen digestion in the bovine with some observations on the digestibility of alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 23:953.

Harris, S.R.B., Thomas, R., Kasser and Martin, J.R. 1986. Dynamics of recovery of body composition after overfeeding, food restriction or starvation of mature female rats. *J. Nutr.* 116:2536-2546.

Koong, L., Nienaber, J. and Mersmann, H. 1983. Effects of plane on nutrition on organ size and fasting heat production in genetically obese and lean pigs. *J. Nutr.* 113:1625-1631.

Ledger, H. and Sayers, A. 1977. The utilization of dietary energy by steers during periods of restricted food intake and subsequent realimentation. *J. Agric.Sci. (Camb)* 88:11-26.

López, C. and Verde, L. 1976. Relationship between live weight, age and dry-matter intake for beef cattle after different levels of food restriction. *Anim. Prod.* 22:61-69.

Martson, H.R. 1948. Energy transactions in sheep. I. The basal heat production and the heat increment. *Aust. J. Sci. Res. B1*, 91-129.

McMeekan, C.P. 1940. Growth and development in the pig, with special reference to carcass quality characters. Part II. The influence on the plane of nutrition on growth and development. *J.Agric.Sci.* 30:387-436.

Minson, D.J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, U.S.A.

Mora, O. 1994. *Composición Corporal de Cabras Subalimentadas*. Tesis de Maestría. FES-C U.N.A.M.

Morand-Fehr, P. and De Shimane, M. 1977. L'alimentation de la chèvre (Goat nutrition). In: E.A.A.P. Symposium in Goat Breeding in Mediterranean Countries. Malaga-Granada-Murcia (Spain), 3-7 Octobre. 101-145.

Morand-Ferh, P. 1989. Goat nutrition and its particularities in the dry subtropics. In: E.S.E. Galal, M.B. Aboul-Ela and Shafie, M.M. *Ruminant Production in the Dry Subtropics: Constraints and Potentials*. EAAP Publication No. 38, Pudoc Wageningen (The Netherlands). 215-229.

Murphy, T.A., Loerch, S.C. and Smith, F.E. 1994<sup>a</sup>. Effects of feeding high-concentrate diets at restricted intakes on digestibility and nitrogen metabolism in growing lambs. *J. Anim. Sci.* 72:1583-1590.

Murphy, T.A., Fluharty, F.L. and Loerch, S.C. 1994<sup>b</sup>. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 72:1608-1615.

Murphy, T.A., Loerch, S.C. and Dehority, B.A. 1994<sup>c</sup>. The influence of restricted feeding on site and extent of digestion and flow of nitrogenous compounds to the duodenum in steers. *J. Anim. Sci.* 1994. 72:2487-2496.

Murphy, T.A. and Loerch, S.C. 1994<sup>d</sup>. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass characteristics and composition. *J. Anim. Sci.* 72:2497-2507.

National Research Council. 1982. Nutrient Requirements of Goats. National Academy Press. U.S.A.

National Research Council. 1987. Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Academy Press. U.S.A.

Ørskov, E.R. 1988. Nutrición Proteica de los Rumiantes. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España).

Ørskov, E.R. and Ryle, M. 1990. Energy Nutrition in Ruminants. Elsevier Applied Science. England.

Owen, E. and Ndosa, J.E.M. 1982. Goats versus sheep: roughage utilization capacity. In Proceedings of the Third International Conference on Goat Production and Disease, p. 362. Scottsdale, Arizona: Dairy Goat Journal Publishing Co.

Ramírez, G.R., Loyo, A., Mora, R., Sánchez, E.M. and Chaire, A. 1991. Forage intake and nutrition of range goats in a shrubland in northeastern México. *J. Anim. Sci.* 69:879-885.

Ricardi, C. and Shimada, A. 1992. A note on diet selection by goats on a semiarid temperate rangeland throughout the year. *Applied Animal Behaviour Science.* 33:239-247.

Robledo, O.; Basurto, R. y Shimada A. 1990. Hábitos de pastoreo de cabras en un agostadero tropical (Awl), al final de la época de secas. *Veterinaria Méx.* 21:99-104.

Rodríguez Garza, F. y Llamas Lamas, G. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. En Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México.

Salbego, C. and Onofre, D. 1986. Effects of undernutrition during suckling on phosphoryl-serine levels in brain nuclear proteins of adult rats. *J. Nutr.* 116:2303-2310.

SAS Institute Inc. 1988. SAS/SAT<sup>o</sup> User's Guide. Release 6.03 Edition. Cary, NC:SAS Institute Inc.

Schneider B.H., Flatt W.P. 1975. The evaluations of Feeds Through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press. U.S.A.

Searle, T., Graham, M. and Callaghan. 1972. Growth in sheep. I. The chemical composition of the body. *J. Agric. Sci.* 39:371.

Sharma, V. V. and Rajora, N.K. 1977. Voluntary intake and nutrient digestibility of low-grade roughage by ruminants. *J. Agric.Sci., Camb.* 88:75-78.

Shimada, A. 1987. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C.

Shimada, A. 1993. Factores que Afectan el Consumo Voluntario en pequeños Rumiantes. Memorias del Curso Avanzado de Nutrición de Rumiantes. AMENA. 2-4 Junio, México.

Síntesis Geográfica. Nomenclatura y Anexo Cartográfico del Estado de Querétaro.1986. S.S.P Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, México.

Soria, R., Aveldaño, S. y Ortega, S. 1987. Levantamiento Fisiográfico del Estado de Querétaro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México.

Soto, M.A. y Rivas, C.F. 1990. Consumo voluntario y digestibilidad del pasto nativo (*Axonopus spp;* *Paspalum spp*) suplementado con dos niveles de guandúl (*Cajanus cajan*) en ovinos pelibuey. *Veterinaria.* 21: 105-108.

Taylor, J., Calvert, C., Baldwin, L. and Sainz, R. 1986. Effects of dietary protein, fat and restriction on body composition and energy balance in lactating rats. *J. Nutr.* 116:1519-1528.

Theurer, B.C. and Wanderley, R.C. 1986. Role of absorbed nutrients in feed intake control. Symposium Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle. Animal Science Department, Oklahoma State University.

Tisserand, J.L., Hadjipanayiotou, M. and Gihad, E.A. 1991, Digestion in goats. In: Morand-Fehr, P. Goat Nutrition. EAAP Publication. No. 46. Pudoc Wageningen (The Netherlands). 46-60.

Trung, L.T. and Devendra, C. 1987. Options for increasing the utilization of cereal straws. In: Santana O.P., da Silva A.G. and Foote, W.C. (Eds.) Proc. IVth Int. Confer. Goats. 8-13 March 1987, Brasilia (Brazil), II:1161-1183.

Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O&B Books Inc. Corvallis, Oregon, U.S.A.

Van Soest, P.J. and Wine, R.H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, IV. The determination of plant cell wall constituent. J.Assoc.Off.Anal.Chem. 50:50.

Watson, C.J. 1935. Digestibility studies with ruminants. I. Plane of nutrition and digestibility of hay. Sci Agr. 15:476.

Watson, C.J. 1936. Digestibility studies with ruminants. III Plane of nutrition and digestibility of hay. Sci. Agr. 15:473.

## 9. ANEXO

## CUADROS DE ANALISIS DE VARIANZA (ANDEVA)

ANDEVA DE LA REGRESION DEL PESO VIVO POR SEMANA  
EN EL PERIODO DE RESTRICCIÓN DEL NA 100

| FUENTE          | G.L. | S.C.      | C.M.      | F      | Pr > F |
|-----------------|------|-----------|-----------|--------|--------|
| MODELO          | 1    | 159.75543 | 159.75543 | 37.522 | 0.0001 |
| ERROR           | 126  | 536.46926 |           |        |        |
| TOTAL CORREGIDO | 127  | 696.22469 |           |        |        |
| VARIABLE        | G.L. | ESTIMADO  | Pr > T    |        |        |
| INTERCEPTO      | 1    | 42.467902 | 0.0001    |        |        |
| SEMANA          | 1    | 0.113305  | 0.0209    |        |        |

ANDEVA DE LA REGRESION DEL PESO VIVO POR SEMANA  
EN EL PERIODO DE RESTRICCIÓN DEL NA 80

| FUENTE          | G.L. | S.C.       | C.M.      | F     | Pr > F |
|-----------------|------|------------|-----------|-------|--------|
| MODELO          | 1    | 158.60745  | 158.60745 | 5.473 | 0.0209 |
| ERROR           | 126  | 3651.15973 | 28.97746  |       |        |
| TOTAL CORREGIDO | 127  | 3809.76719 |           |       |        |
| VARIABLE        | G.L. | ESTIMADO   | Pr > T    |       |        |
| INTERCEPTO      | 1    | 40.405994  | 0.0001    |       |        |
| SEMANA          | 1    | -0.112897  | 0.0209    |       |        |

ANDEVA DE LA REGRESION DEL PESO VIVO POR SEMANA  
EN EL PERIODO DE RESTRICCIÓN DEL NA 60

| FUENTE          | G.L. | S.C.       | C.M.     | F     | Pr > F |
|-----------------|------|------------|----------|-------|--------|
| MODELO          | 1    | 63.03309   | 63.03309 | 0.811 | 0.3696 |
| ERROR           | 126  | 9796.04691 | 77.74640 |       |        |
| TOTAL CORREGIDO | 127  | 9859.08000 |          |       |        |
| VARIABLE        | G.L. | ESTIMADO   | Pr > T   |       |        |
| INTERCEPTO      | 1    | 39.620812  | 0.0001   |       |        |
| SEMANA          | 1    | -0.071172  | 0.3696   |       |        |



ANDEVA DEL CAMBIO DE PESO  
DURANTE EL PERIODO DE RESTRICCIÓN

| FUENTE          | G.L. | S.C.      | C.M.     | F     | Pr > F |
|-----------------|------|-----------|----------|-------|--------|
| MODELO          | 1    | 63.03309  | 63.03309 | 0.811 | 0.3696 |
| ERROR           | 126  | 9796.0469 | 77.74640 |       |        |
| TOTAL CORREGIDO | 127  | 9859.0800 |          |       |        |

C.M.E.  
4.056374

ANDEVA DEL PESO VIVO  
DURANTE EL PERIODO DE RESTRICCIÓN

| FUENTE          | G.L. | S.C.        | C.M.     | F     | Pr > F |
|-----------------|------|-------------|----------|-------|--------|
| MODELO          | 110  | 18341.64297 | 166.7422 | 89.38 | 0.0001 |
| ERROR           | 297  | 554.03933   | 1.86545  |       |        |
| TOTAL CORREGIDO | 407  | 18895.68213 |          |       |        |

R - CUAD  
0.970679

C.V.  
3.366700

| FUENTE | G.L. | ERR T III  | C.M.       | F    | Pr > F |
|--------|------|------------|------------|------|--------|
| GRUPO  | 2    | 3133.43397 | 1566.71698 | 0.98 | 0.4118 |

## ANDEVA DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA

| FUENTE          | G.L. | Err. T III | C.M.       | F    | Pr > F |
|-----------------|------|------------|------------|------|--------|
| TRAT            | 2    | 0.05057172 | 0.02528586 | 0.81 | 0.4734 |
|                 | G.L. | S.C.       | C.M.       |      |        |
| ERROR           | 80   | 0.31540418 | 0.00394255 |      |        |
| TOTAL CORREGIDO | 119  | 0.86709712 |            |      |        |

## ANDEVA DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA CRUDA

| FUENTE          | G.L. | Err. T III | C.M.       | F    | Pr > F |
|-----------------|------|------------|------------|------|--------|
| TRAT            | 2    | 0.02619352 | 0.01309676 | 0.56 | 0.4734 |
|                 | G.L. | S.C.       | C.M.       |      |        |
| ERROR           | 80   | 0.24478804 | 0.00305985 |      |        |
| TOTAL CORREGIDO | 119  | 0.84001818 |            |      |        |

## ANDEVA DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA DETERGENTE NEUTRO

| FUENTE          | G.L. | Err. T III | C.M.       | F    | Pr > F |
|-----------------|------|------------|------------|------|--------|
| TRAT            | 2    | 0.04338723 | 0.02169361 | 0.47 | 0.6376 |
|                 | G.L. | S.C.       | C.M.       |      |        |
| ERROR           | 80   | 0.52171997 | 0.00652150 |      |        |
| TOTAL CORREGIDO | 119  | 1.48133273 |            |      |        |