EVALUACIÓN DE DOS ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN EN GANADO CAPRINO: VIGORIZACIÓN ENERGÉTICA ("FLUSHING") EN HEMBRAS REPRODUCTORAS Y USO DE *Calliandra calothyrsus* EN CABROS DESTETADOS

Por

Ruth Amanda Acero Camelo

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS

en el

Departamento de Industria Pecuaria

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2007

Aprobado por:

_____	_____
Melvin Pagán Morales, Ph.D. Miembro del Comité Graduado.	Fecha
_____	_____
Abner Rodríguez Carías, Ph.D. Miembro del Comité Graduado.	Fecha
_____	_____
Paul F. Randel Folling, Ph.D. Miembro del Comité Graduado.	Fecha
_____	_____
Elide Valencia Chin, PhD. Presidente del Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Rafael Ramos Santana, M.S. Representante de Estudios Graduados	Fecha
_____	_____
José R. Latorre Acevedo, PhD. Director Departamento Industria Pecuaria	Fecha

Dedicatoria

A mis padres Jorge y Aura, mis hermanos, Diana y Andrés, mis sobrinos adorados Felipe y Camila, mis tíos José y Eduvina, mi primo Michael y mi abuelita, mi gran **familia.**

A mi abuelito Pedro quien con su ejemplo me enseñó el significado de amor al trabajo y responsabilidad.

A Álvaro A., por los maravillosos momentos compartidos.

"El hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir"
(Anónimo)

Agradecimientos

- A Dios por permitirme alcanzar esta nueva meta y por cada piedra que pone en mi camino, porque al superarla adquiero fortaleza y conocimiento.

- A mi familia porque desde la distancia me ha brindado su apoyo incondicional y su amor.

- A Álvaro Alfonso Bernal por su gran ayuda, apoyo, por escucharme y brindarme su compañía, amistad y amor.

- Al Dr. Elide Valencia por su colaboración para ingresar a la maestría en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, por darme la oportunidad de trabajar en su proyecto y por su colaboración en la realización de este trabajo.

- Al Dr. Abner Rodríguez por su asesoría y colaboración en la realización de este trabajo y por su participación como miembro del Comité Graduado.

- Al Dr. Paul Randel Folling por su asesoría en la realización de este trabajo como miembro del comité graduado.

- Al Dr. Melvin Pagán por su colaboración en la realización de este trabajo como miembro del comité graduado.

- Al Dr. Rafael Ramos por aceptar ser el representante de Estudios Graduados.

- A José Ariel Muñoz, técnico proyecto de pequeños rumiantes, por toda la ayuda prestada en el desarrollo de los experimentos, por compartir conmigo sus conocimientos y por brindarme su amistad.

- A mis compañeros Bismarck Sandoval, Ricardo Prieto, Alexander Recamán, Margota Garcia, Karla Hernández, Suzika Pagán, Rebeka Sanabria, Maritere Crespo, Jonael Bosques, Luis Cruz y Francisco Rivera, por su colaboración y por permitirme conocer un poquito de sus respectivas culturas.

- A Víctor Ramírez y Gloria Molina por su amistad y apoyo.

- A mis amigos que desde Colombia me han apoyado en este reto.

Tabla de Contenido

Dedicatoria ii
Agradecimientos iii
Lista de Cuadros vii
Lista de Figuras viii
Lista de Apéndices x
Resumen 1
Abstract 3
1 Introducción 5
2 Objetivo General 7
3 Revisión de literatura 8
3.1 La energía de la dieta en la reproducción caprina 8
3.1.1 Requerimientos energéticos de las cabras para carne 8
3.1.2 Evaluación de la condición corporal 9
3.1.3 Efecto de los niveles de energía de la dieta sobre las características reproductivas en pequeños rumiantes 10
3.1.4 Vigorización energética “Flushing” como estrategia nutricional 12
3. 2 Leguminosas arbustivas en dietas para pequeños rumiantes 13
3.2.1 Uso de leguminosas arbustivas en general 13
3.2.2 Descripción de *Calliandra calothyrsus* 14
3.2.3 Uso de *Calliandra calothyrsus* en dietas para rumiantes 15
3.2.4 Taninos y su presencia en las especies forrajeras 17
3.2.5 Taninos como mecanismo de control de parásitos internos 19
3.3 Biología de los nemátodos gastrointestinales en pequeños rumiantes 21
3.4 Método FAMACHA© 23

4 Experimento 1: Vigorización energética “Flushing” en hembras reproductoras 25
4.1 Introducción 25
4.2 Objetivos 25
4.3 Materiales y Métodos 26
4.4 Análisis estadístico 32
4.5 Resultados 33
4.5.1 Desempeño de las cabras reproductoras 33
4.5.2 Desempeño de las crías nacidas 35
4.6 Discusión 37
5 Experimento 2. Efecto de la suplementación de la dieta de cabros destetados con la leguminosa *Calliandra calothyrsus* sobre el peso vivo y la incidencia de nemátodos gastrointestinales. 41
5.1 Introducción 41
5.2 Objetivo 42
5.3 Materiales y Métodos 42
5.4 Análisis estadístico 48
5. 5 Resultados 49
5.5.1 Peso vivo y tasa de ganancia 49
5.5.2 Hematocrito e índice FAMACHA© 50
5.5.3 Recuento fecal de huevos de NGI 52
5.6 Discusión 54
6. Validación del método FAMACHA© como herramienta para detectar anemia en cabras bajo las condiciones de este experimento 57
6.1 Introducción 57
6.2 Objetivo 57
6.3 Materiales y métodos 58

6.4 Resultados 59

6.5 Discusión 62

7. Conclusiones Generales 65

8. Implicaciones 66

Bibliografía 67

Apéndices 74

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Requerimientos energéticos de cabras en pastoreo.....8
Cuadro 2. Composición química de la dieta basal y del concentrado suplementario. ...29
Cuadro 3. Desempeño reproductivo de cabras suplementadas usando dos niveles de concentrado (Alto 600g/día; Bajo 300g/día). 35
Cuadro 4. Composición química de los forrajes en oferta, a base seca. 43
Cuadro 5. Contenido de taninos condensados en calliandra a los 49 días de corte 43
Cuadro 6. Ganancia en peso vivo y frecuencia de uso de antiparasitarios en cabros destetados suplementados con HG (heno de gramínea) y CF (hojas de calliandra fresca). 53
Cuadro 7. Frecuencias del índice FAMACHA© y los promedios de hematocrito correspondientes. 60
Cuadro 8. Frecuencias del índice FAMACHA© respecto al hematocrito, considerando animales anémicos con Hc <19% y no anémicos con Hc ≥19%. 62

Lista de Figuras

Figura 1. Ciclo de vida de *Haemonchus contortus* 22
Figura 2. Tarjeta FAMACHA© 23
Figura 3. Suplementación con concentrado 28
Figura 4. Comederos individuales 28
Figura 5. Esquema del experimento 29
Figura 6. Escala de condición corporal para cabras de carne 30
Figura 7. Reproductor con las hembras en la época de empadronamiento 31
Figura 8. Evaluación de la condición corporal 31
Figura 9. Condición corporal (CC) de las cabras reproductoras durante el "flushing" (-21 a 42 días), la gestación y el parto, usando dos niveles de concentrado 33
Figura 10. Peso vivo de las cabras reproductoras durante el "flushing" (-21 a 42 días) y la gestación usando dos niveles de concentrado 34
Figura 11. Peso vivo de las crías desde el nacimiento hasta el destete (45 días) de madres que recibieron dos niveles de suplementación con concentrado. ... 35
Figura 12. Peso al nacimiento y peso al destete de las crías de las madres que recibieron dos niveles de suplementación con concentrado. 36
Figura 13. Esquema del experimento 44
Figura 14. *Calliandra calothyrsus* 45
Figura 15. Hojas de *Calliandra calothyrsus* 45
Figura 16. Corte de las hojas de calliandra 46
Figura 17. Suplementación individual con calliandra y heno de gramínea 46
Figura 18. Toma de muestras de sangre 47
Figura 19. Toma de muestras de heces 47
Figura 20. Índice FAMACHA © 47
Figura 21. Comportamiento del peso vivo de los cabros suplementados con hojas de calliandra fresca y heno de gramínea 50

Figura 22. Comportamiento del hematocrito medio de los cabros suplementados con hojas de calliandra fresca y heno de gramínea 51
Figura 23. Comportamiento del índice FAMACHA© medio en cabros suplementados con hojas de calliandra fresca y heno de gramínea 52
Figura 24. Comportamiento de la excreción de huevos de nemátodos en las heces fecales con suplementación de calliandra fresca y heno de gramínea.. 53
Figura 25. Hematocrito en los índices 3 y 4 de FAMACHA© observados en cabros en pastoreo suplementando con CF (Calliandra Fresca) y HG (Heno de Gramínea). 61

Lista de Apéndices

Apéndice 1. Información inicial de los animales en el experimento 1 74
Apéndice 2. Peso inicial de los animales en el experimento 2 75
Apéndice 3. Mapa de los predios de la Finca Alzamora pastoreados por los caprinos en los experimentos 76

Resumen

Considerando algunas de las principales limitantes que presenta la producción caprina en Puerto Rico y en general en el trópico, como son la baja eficiencia reproductiva, baja calidad nutricional de los forrajes y la alta incidencia de nemátodos gastrointestinales, se planteó el presente trabajo. Se realizaron dos experimentos, el primero consistió en evaluar la vigorización energética "flushing" con dos niveles de concentrado sobre el peso vivo (PV), la condición corporal (CC) y el número de crías en hembras reproductoras, así como el efecto sobre el peso al nacimiento (PN), el peso al destete (PD) y la ganancia de peso (GP) de las crías. Los tratamientos fueron: alta suplementación (600g/día de concentrado; 1.8Mcal EM) y baja suplementación (300g/día de concentrado; 0.9 Mcal EM), en un diseño completamente al azar. Las cabras se mantuvieron pastoreando gramíneas naturalizadas. El flushing se inició 21 días antes de la entrada del reproductor hasta 42 días después, luego todas las cabras recibieron la suplementación baja. Se pesaron las reproductoras al inicio del "flushing", 9 y 96 días después de la entrada del reproductor. La CC se estimó mensualmente. Las crías fueron pesadas al nacimiento y semanalmente hasta el destete a los 45 días. En este experimento no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en las variables medidas en las cabras reproductoras, sin embargo, se observó una tendencia a mayor PV, mayor CC y mayor número de crías por cabra, en el grupo que recibió la suplementación alta en energía. El PN fue significativamente mayor ($p<0.05$) en las crías del grupo de baja suplementación energética (3.3 vs. 2.5 kg), debido al mayor número de partos gemelares en el grupo de alta suplementación. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en PD, ni en GP. En conclusión la suplementación con 600g/día de concentrado (1.8Mcal EM) no mejoró de manera significativa el desempeño reproductivo en cabras de carne. Sin embargo, estudios con hembras en condición corporal inicial menor a la de este experimento y mayor número de animales por tratamiento podrían talvez encontrar efectos con niveles de suplementación mayores a 300g/día de concentrado (0.9 Mcal EM).

El segundo experimento consistió en la evaluación del efecto de la suplementación con *Calliandra calothyrsus*, en la dieta de cabros destetados sobre la

ganancia de peso y la incidencia de nemátodos gastrointestinales (NGI). Se distribuyeron ocho cabros en dos grupos y a cada uno se le asignó aleatoriamente un tratamiento, suplementación con hojas de calliandra fresca (CF) o suplementación con heno de la gramínea guinea (HG; *Panicum maximum* Jacq). La suplementación fue del 20% sobre el consumo diario de materia seca calculado a partir del peso vivo (3%). Cada 15 días se pesaron los animales, se evaluó el índice FAMACHA© y se tomaron muestras de heces para el recuento de huevos de NGI. Cada 21 días se tomaron muestras de sangre para determinar el hematocrito. No se encontró efecto de la suplementación con calliandra sobre el peso vivo (12.6 y 12.4kg con CF y HG, respectivamente), el hematocrito (25.8% y 26.6% con CF y HG respectivamente), ni el índice FAMACHA© (3.4 valor común). La excreción de huevos de NGI en las heces fue significativamente menor ($p<0.05$) en el grupo que recibió la suplementación con calliandra (638.16 vs. 982.13 huevos/g). Este efecto de la calliandra sobre la excreción de huevos puede contribuir a la disminución en la carga parasitaria de las praderas.

Con parte de los datos del segundo experimento se realizó una validación del método FAMACHA© como herramienta para predecir anemia en caprinos bajo las condiciones de este experimento. El método mostró tener una alta sensibilidad (100%) y especificidad (73.5%). El valor predictivo de un negativo fue del 100% y de un valor positivo fue de 62.5%. Hubo 22.5% de falsos positivos, 15% de verdaderos positivos y no hubo ningún falso negativo, lo cual indica que todos los animales anémicos fueron tratados con antihelmíntico. Adicionalmente se realizó un análisis de correlación con el coeficiente de Pearson, entre el índice FAMACHA© y el hematocrito y entre el recuento fecal de huevos de NGI y el hematocrito. Se encontró que las correlaciones fueron significativas ($p<0.05$) y los coeficientes fueron -0.46 y -0.39 respectivamente. En conclusión el método mostró ser una herramienta adecuada para detectar anemia en caprinos en pastoreo.

Abstract

In Puerto Rico and the tropics in general, the major limitations affecting goat production are low reproductive efficiency, low nutritional value of forages and high incidence of gastrointestinal nematodes. For these reasons, field experimentation was conducted. The objective of the first experiment was to evaluate the effects of energy flushing using two concentrate levels (CL) on body condition score (BCS), and body weight (BW) of breeding goats, number of kids, birth and weaning weights, and rate of weight gain of the offspring. Treatments were a high CL (600g/d of grain mixture; 1.8 Mcal ME) and a low CL (300g/d; 0.9Mcal ME) in a completely randomized design. The goats grazed native grass pastures. Flushing started 21-d prior to introduction of the buck and continued for 42-d. Thereafter, all nannies were fed a low CL until parturition. Nannies were weighed at the start of flushing, and at 9 and 96 days after introduction of the buck. BCS was estimated monthly. The kids were weighed at birth and weekly until weaning (45 days). There were no significant effects of CL ($P>0.05$) on BW, BCS, and kid numbers, but a tendency for higher numerical values of these variables with high CL was observed. Kid birth weight was lower with the high compared to the low CL (2.5 vs. 3.3kg). This was a result of more twinning with the high CL. There was also no effect ($p>0.05$) of CL on weaning weight (8.2 vs. 7.8 kg) and weekly rate of weight gain (860 vs. 727g) with the high and low CF, respectively. In conclusion, CL greater than 300g/d prior to and during the mating season did not significantly improve reproductive performance in meat goats. However, similar studies conducted in nannies with lower initial BCS than those of the present experiment or with more animals per treatment might show a benefit of the higher supplementation level.

The second experiment determined *Calliandra calothyrsus* supplementation effects on live weight (LW) and efficacy against gastrointestinal nematodes (GIN) in weanling goats. Eight boer goats (12.4 kg) were randomly assigned to two treatments: supplementation with guineagrass hay (GH; *Panicum maximum* Jacq.) or with leaves and fine steams of freshly cut Calliandra (FC). Supplementation was at 20% of the expected dry matter intake (3% of LW daily). Bi-weekly the animals were weighed, feces samples were collected to determine fecal egg counts (FEC) and FAMACHA©

index scores were assigned. Blood samples were taken every 21 days from individual animals to determine packed cell volume (PCV). Data were analyzed using repeated measures analysis. Supplementation with FC had no significant effect on live weight (12.6 vs. 12.4kg), FAMACHA© index (3.4 common value) and PCV (25.8% vs. 26.6%) for FC and GH, respectively. FEC was significantly lower ($p<0.05$) in the group supplemented with Calliandra than in that fed with GH (638.16 vs. 982.13 eggs/g). The decrease in fecal excretion of GIN eggs could have the benefit of reducing pasture GIN contamination.

The objective of this last study (using data available from the second experiment), was to validate the FAMACHA© system for detecting anemia in goats under Puerto Rican conditions. The criteria used to diagnose anemia were: eye score values of 4 and 5 and PCV value ≤ 19. Sensitivity was found to be 100% and specificity 73.5%. Although there were 22.5% of false positive results and 15% of true positives, there was no false negative. This indicates that all anemic animals received antiparasitic treatment. Predictive value of a negative was 100% and of a positive was 62.5%. Significant correlations were found between PCV and FAMACHA© score ($p<0.05$) and between PCV and FEC ($p<0.05$), the respective correlation coefficients being -0.46 and -0.39. It is concluded that the FAMACHA© system is a useful tool to determine anemia in goats under local conditions.

1 Introducción

La producción de caprinos para carne es una alternativa agropecuaria para Puerto Rico que podría ser complementaria a la producción de carne bovina debido a que requieren menos área de superficie para su crianza, son de fácil manejo y se adaptan a las condiciones ambientales del trópico. Esta industria se encuentra apoyada por la Ley 238 de ordenamiento de las Industrias Agropecuarias de Puerto Rico, desde el 18 de Septiembre de 1996. Con esta ley se establece la Oficina para la Reglamentación y Promoción de la Industria de Pequeños Rumiantes y el fondo para el fomento de dicha industria.

Desde el punto de vista económico la producción de leche y carne de caprinos presenta buenas perspectivas. En Estados Unidos el sacrificio y las importaciones de carne de cabra han aumentado considerablemente en los últimos años (Gypson, 2000). Durante los primeros 3 meses de 2007, Australia exportó a Estados Unidos 3,180 toneladas métricas de carne de cabra, las cuales correspondieron a un incremento del 8.1% respecto a lo exportado el año anterior en este mismo período de tiempo (USDA, 2007).

En Puerto Rico a partir del año 2001 el consumo de carne de cabro y cordero ha aumentado significativamente, sin embargo, esta demanda se ha visto cubierta principalmente por las importaciones ya que la producción local se ha mantenido estable. De acuerdo a las estadísticas en el año 2001 la producción local de carne de cabro y cordero alcanzó sólo el 13 % del total consumido. Un aspecto positivo de este aumento en el consumo fue el incremento en el precio a nivel de finca del 44%, el cual favorece y estimula a los productores locales (Casas y Cianzio, 2005).

La resistencia que presentan las cabras a las condiciones de alta temperatura y humedad del trópico representa una ventaja para su producción, sin embargo, existen algunas limitantes que deben ser superadas para obtener buenos resultados productivos. La baja eficiencia reproductiva de los animales, la baja calidad de los pastos tropicales (Obispo, 2005) y la alta incidencia de parásitos gastrointestinales

(Paolini *et al.*, 2005), son al presente tres áreas que necesitan estudio para promover la producción caprina en Puerto Rico y el trópico.

La baja eficiencia reproductiva tiene entre otras causas el mal manejo nutricional de los animales. La hembra caprina para su buen comportamiento reproductivo requiere un adecuado balance energético antes, durante y después de la época del apareamiento, durante el parto y la lactancia. Dicho balance está reflejado por su condición corporal. La baja eficiencia incluye poca frecuencia de crías múltiples, bajos pesos al nacimiento, crías débiles y bajos pesos al destete (Luginbuhl, 1998).

Así mismo, el bajo potencial alimenticio de los forrajes tropicales, especialmente en épocas cuando su calidad y cantidad disminuyen, determina la necesidad de ofrecer a los animales una suplementación nutricional de elementos energéticos, proteicos y minerales. El uso de leguminosas arbustivas representa una alternativa viable para aumentar los niveles de proteína en la dieta y a la vez contribuir al control de parásitos gastrointestinales, debido a su contenido de taninos (Otero e Hidalgo, 2004; Paolini *et al*., 2003a; Sánchez y García, 1998).

Esta investigación, que consta de dos experimentos, se diseñó con el objetivo de evaluar dos alternativas alimenticias encaminadas a obtener mejores resultados productivos en la ganadería caprina. En el primer experimento se probó el efecto de la vigorización energética “flushing” sobre el comportamiento reproductivo de cabras de cría y el desempeño de las crías hasta el destete. En el segundo experimento se evaluó la ganancia de peso y la resistencia a parásitos gastrointestinales en caprinos destetados suplementados con una leguminosa arbustiva (*Calliandra calothyrsus*). Adicionalmente, se realizó una validación del sistema FAMACHA© como herramienta para determinar anemia en caprinos, utilizando parte de la información del segundo experimento.

2 Objetivo General

Evaluar dos estrategias alimenticias, vigorización energética “flushing” y suplementación con calliandra en ganado caprino para carne, bajo las condiciones de los sistemas de producción del trópico y su efecto sobre características reproductivas y productivas.

3 Revisión de literatura

3.1 La energía de la dieta en la reproducción caprina

3.1.1 Requerimientos energéticos de las cabras para carne

Los requerimientos energéticos de la cabra, al igual que las demás especies, están afectados por la edad, el tamaño corporal, el estado fisiológico (crecimiento, preñez, lactancia) y la relación con los nutrientes dietéticos. Factores ambientales como la temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del viento hacen que los requerimientos de energía cambien de una región geográfica a otra, factores que se deben considerar al formular las raciones (Luginbuhl y Poore, 1998).

Los requerimientos de energía influyen marcadamente sobre la productividad caprina. El uso eficiente de los nutrientes de la dieta depende del suministro de adecuados niveles de energía. Deficiencias de energía retardan el crecimiento de los recién nacidos, retrasan la pubertad, reducen la fertilidad y disminuyen la producción de leche (Luginbuhl y Poore, 1998).

En el cuadro 1 se muestra el efecto de la edad y el nivel de producción sobre los requerimientos energéticos de las hembras caprinas reproductoras.

Cuadro 1. Requerimientos energéticos de cabras en pastoreo

Peso Vivo (Kg)	NDT (g/día)	ED (Mcal/día)	EM (Mcal/día)	EN (Mcal/día)
Mantenimiento más actividad media (terrenos semiáridos, pasturas de baja calidad e inicio de la preñez				
30	543	2.38	1.95	1.10
40	672	2.97	2.42	1.36
50	795	3.51	2.86	1.62
Requerimientos adicionales para el final de la preñez				
TODOS LOS TAMAÑOS	397	1.74	1.42	0.80
Requerimientos adicionales para producción de leche (por Kg a diferentes % de grasa)				
3.0%	337	1.49	1.21	0.68
3.5%	342	1.51	1.23	0.69
4.0%	346	1.53	1.25	0.70
4.5%	351	1.55	1.26	0.71

[Adaptado de Nutrient Requirements of goats: Angora, dairy and meats goats in temperate and tropical countries. National Research Council (NRC), 1981]

Una limitante que existe al trabajar con requerimientos nutricionales en cabras, especialmente en áreas tropicales, es la falta de estudios recientes. Gran parte de la información encontrada en la literatura proviene de resultados experimentales obtenidos con ovinos y bovinos, muchos de los cuales han sido realizados en laboratorio bajo condiciones que no corresponden a las que experimenta un animal en pastoreo (Lachica y Aguilera, 2005). Lu y Potchoiba (1990) encontraron requerimientos de energía metabolizable para cabras en crecimiento 33% más bajos que los reportados por NRC.

Mediante estudios recientes en la Universidad de Langston (Luo *et al*., 2004; Nsahlai *et al*., 2004; Sahlu *et al*., 2004) se han logrado desarrollar algunas ecuaciones para la predicción de los requerimientos nutricionales de las cabras, teniendo en consideración aspectos como confinamiento, aclimatación y pastoreo. Estos estudios sugieren que se deben usar con cautela los requerimientos de energía para mantenimiento publicados por la NRC, ya que se ven afectados por diferentes factores, como ocurre durante la preñez cuando la eficiencia en el uso de la energía para mantenimiento se afecta marcadamente.

3.1.2 Evaluación de la condición corporal

La evaluación de la condición corporal de las cabras consiste en estimar externamente el nivel de grasa de reserva en su cuerpo. Para su determinación existe una escala de 1 a 5 en la cual se categorizan los animales de acuerdo a la observación visual y palpación de áreas estratégicas para la adiposidad: la espina dorsal, las vértebras lumbares, el esternón, los flancos y la espalda (Villaquirán *et al*., 2004).

En la escala, el nivel 1 representa los animales extremadamente flacos sin reservas de energía y el nivel 5 los animales obesos. Un animal saludable se encuentra dentro de los límites de 2.5 a 4, siendo recomendable para la época de apareamiento que las hembras estén en un nivel de 3.0 a 3.5 (Spahr, 2004; Villaquirán *et al*., 2004).

La deposición de lípidos y los ciclos de su movilización influyen en la reproducción, el desempeño en la lactancia y la adaptación ecológica. Cissé *et al*.

(1992) encontraron en cabras Sahel que la tasa de concepción se correlacionó positivamente con la condición corporal (r=0.3). También observaron que en épocas de menor cantidad y calidad de forraje las cabras preñadas perdían mayor condición corporal y respondían menos a la suplementación con concentrado que las vacías. Los autores atribuyen este comportamiento a los mayores requerimientos de energía para crecimiento fetal, lo que implica mayor movilización de tejido adiposo.

De la Isla *et al*. (2005) evaluaron el efecto de la condición corporal sobre el ciclo estral y la actividad ovárica en ovejas de pelo, concluyendo que la condición corporal afectó la duración del ciclo estral, la fase lútea y la tasa ovulatoria, pero no la duración del estro. Por otro lado, Dapoza *et al.* (1995) evaluaron el efecto de la condición corporal en ovejas de la raza Aragonesa al momento del destete sobre el inicio de la actividad estral, encontrando que el tiempo para el inicio de la misma no se vio afectado, pero el porcentaje de hembras que presentaron estro fue menor en el grupo de menor condición corporal (≤ 2.5).

Mellado *et al*. (2004) en un estudio sobre los factores de riesgo involucrados en la concepción, el aborto y la tasa de partos múltiples en cabras bajo condiciones extensivas, encontraron que la condición corporal fue un factor de riesgo significativo asociado con el aborto, especialmente en aquellas hembras que se encontraban en niveles de condición corporal menores de 1.5 (escala de 1 a 5). Igualmente concluyeron que existe una relación significativa entre la condición corporal y la tasa de partos múltiples. Estos resultados enfatizan la importancia de la energía de reserva corporal para un adecuado comportamiento reproductivo de las hembras.

3.1.3 Efecto de los niveles de energía de la dieta sobre las características reproductivas en pequeños rumiantes

Investigaciones han demostrado que el nivel de energía suministrado en la dieta de pequeños rumiantes antes de la época de empadronamiento y en la gestación afecta la eficiencia reproductiva. Dietas bajas en energía disponible pueden disminuir la tasa reproductiva al producir un descenso en la tasa de ovulación, mientras que dietas

con alto contenido energético que aumenten excesivamente las reservas corporales de grasa, disminuyen la tasa de fertilización (Martínez *et al*., 1986).

Kusina *et al*. (2001) evaluaron tres niveles de energía dietética: 0.064 (bajo), 0.127(medio), 0.253 (alto) Mcal EM Kg $^{-1}$ w $^{0.75}$, sobre el comportamiento reproductivo de cabras Mashona. Encontraron que el nivel alto resultó en mayor proporción de hembras que exhibieron celo después de la sincronización, mayor tasa de concepción y mayor número de crías dobles respecto a los otros dos niveles.

Sahlu *et al*. (1995) evaluaron el efecto de diferentes niveles de energía y proteína en la dieta preparto de cabras alpinas sobre la ganancia de peso, el número de crías, la producción y la composición de la leche. Utilizaron tres niveles de proteína cruda (8.5, 11.5 y 14.5%) y tres niveles de energía (1.80, 2.16 y 2.53 Mcal EM/Kg de MS). La ganancia de peso de las hembras tuvo una relación cuadrática con el porcentaje de proteína pero no fue afectada por el nivel de energía. La tasa de partos múltiples, el peso de las crías y la longitud de la gestación no fueron afectados por los niveles proteicos ni energéticos. Sin embargo, encontraron que la producción de leche y su contenido de grasa aumentaron linealmente respecto al aumento en la concentración de energía metabolizable preparto.

Mani *et al.* (1992) realizaron un estudio con cabras Saanen y Toggenburg con una condición corporal de 2, privando a los animales de los requerimientos nutricionales de manera drástica, al suplir solo el 25% de la energía necesaria para mantenimiento. Este régimen se mantuvo desde el día 19 antes del apareamiento hasta el día 60 post-apareamiento. La restricción de energía no tuvo un efecto sobre la presencia del estro, sin embargo, aumentó el tiempo en presentarse el estro después de la inducción con $PGF_2\alpha$. La tasa de ovulación, la incidencia de ovulaciones múltiples y la tasa de concepción a los 60 días, también fueron afectadas negativamente por la restricción.

3.1.4 Vigorización energética “Flushing” como estrategia nutricional

El “flushing” consiste en aumentar los niveles de energía o proteína en la dieta de las hembras antes y durante la época de apareamiento (21 a 30 días) con el fin de influenciar positivamente el peso corporal, la condición corporal, la tasa de ovulación y el número de crías por parto. Alternativamente, es posible mantener esta práctica nutricional 30 ó 40 días después de retirar el macho, con miras a contribuir a la adecuada implantación de los embriones en el útero (Luginbuhl y Poore, 1998). Con el “flushing” se producen dos tipos de respuesta en el animal, una estática y una dinámica. La primera está caracterizada por un incremento en el porcentaje de parición y relacionada con el mejor balance de nutrientes, mientras que la respuesta dinámica está caracterizada por una elevación de la tasa de ovulación y es mediada por un mayor peso y condición corporal y el almacenamiento de adiposidad corporal, especialmente en aquellas hembras de mediana a baja condición corporal inicial (Acurero, 2000; Smith y Stewart, 1990 citado en: Walkden-Brown y Bocquier, 2000).

Un posible método para implementar el “flushing” como estrategia nutricional es el suministro de 230g/día de un suplemento de alto valor energético o energético - proteico. Además, el “flushing” puede ir acompañado de un traslado de las cabras de pasturas de baja a otras de alta calidad tres semanas antes de la entrada del macho (Luginbuhl y Poore, 1998).

Martínez *et al*. (1986) y Acurero (2000) evaluaron el efecto de diferentes relaciones energía:proteína en la dieta preservicio de ovejas sobre la tasa de concepción, concluyendo que la suplementación energética es de mayor importancia que la proteica en esta etapa. Martínez *et al*. (1986) evaluaron cuatro tratamientos: 1) suplemento bajo en proteínas (9.09%) y alto en energía (2.34 Mcal EM/kg), 2) suplemento alto en proteína (20.65%) y en energía (2.53 Mcal EM/kg), 3) suplemento alto en proteína (20.36%) y bajo en energía (1.70 Mcal EM/kg) y 4) control sin suplemento. La alimentación con los suplementos de altos niveles energéticos, sin importar el nivel proteico, promovió un mayor número de corderos por parto, un mayor porcentaje de partos múltiples y mayor peso promedio total de las corderas al parto. El

estudio de Acuero (2000) incluyó cuatro tratamientos basados en suplementos: 1) bajo en energía y en proteína, 2) alto en energía y bajo en proteína, 3) bajo en energía y alto en proteína y 4) alto en energía y en proteína, obteniendo mayor porcentaje de partos, mayor número de corderos nacidos por oveja y por parto y mayor porcentaje de partos múltiples con los suplementos altamente energéticos.

Actualmente en la Universidad de Langston se está evaluando el efecto del flushing en cabras de carne con fuentes proteicas de baja degradabilidad ruminal y ricas en aminoácidos de cadena ramificada y arginina, sobre el desempeño reproductivo. Sin embargo, aún no se encuentran resultados publicados.

3. 2 Leguminosas arbustivas en dietas para pequeños rumiantes

3.2.1 Uso de leguminosas arbustivas en general

Las gramíneas constituyen la alimentación básica para los pequeños rumiantes en áreas tropicales, a pesar de que en muchos casos son deficientes en proteína y tienden a ser de bajo consumo voluntario. La suplementación proteica a base de leguminosas tropicales contribuye al mejoramiento del comportamiento productivo en pequeños rumiantes alimentados con gramíneas como ración basal. Esta práctica se recomienda especialmente en los períodos en que se incrementan los requerimientos de los animales, como son la preñez avanzada, el inicio de la lactancia y durante el crecimiento (Sánchez y García, 1998).

Estudios de suplementación en dietas de ovinos y caprinos con diferentes leguminosas arbustivas han mostrado incrementos en la ganancia de peso, (Anbarasu *et al*., 2003; Sánchez y García, 1998). Sin embargo, la respuesta a este tipo de suplementación es variable, de acuerdo al contenido de taninos y la presencia de otros factores antinutricionales. Estos compuestos químicos son producto del metabolismo secundario de las plantas y tienen funciones de almacenamiento, defensa o reproducción; dentro de ellos se encuentran polifenoles, aminoácidos no proteicos, cianógenos, alcaloides, saponinas y esteroides (Rosales, 1998).

Combellas *et al*. (1999) realizaron dos experimentos suplementando con leguminosas arbustivas la dieta de ovinos en crecimiento. En el primer caso la dieta basal estaba constituida por pasto de corte (*Pennisetum purpureum*) a voluntad y suplementación con *Leucaena leucocephala* fresca o con 130 g/día de harina de ajonjolí (control). En el segundo experimento la dieta basal fue pasto de corte (*Cynodon nlemfuensis*) y se suplementó con 130 g/día de harina de pescado, forraje de gliricidia (*Gliricidia sepium*) o ambos suplementos. En el primer experimento la ganancia de peso fue mayor en los animales que recibieron la suplementación con leucaena (87 vs. 53 g/día). En el segundo experimento la mayor ganancia de peso correspondió al grupo suplementado con harina de pescado y gliricidia, seguido por el suplementado con harina de pescado y por último el que recibió únicamente gliricidia (98, 83 y 66 g/día, respectivamente). Los resultados de estos estudios muestran que las leguminosas gliricidia y leucaena tienen potencial como suplementos proteicos para la dieta de ovinos en crecimiento.

Patra *et al*. (2002) evaluaron en cabras la sustitución del 50% de harina de soya por harina de hojas secas de *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* y *Azadirachta indica,* como fuente de proteína, en una dieta basada en paja de trigo. Dicha sustitución no afectó el consumo de materia seca, la digestibilidad de los nutrientes, ni el peso final de los animales. Este estudio muestra la utilidad de la harina de hojas de leguminosas arbustivas en dietas de pequeños rumiantes en virtud de su capacidad para sustituir fuentes proteicas tradicionales como la soya.

3.2.2 Descripción de *Calliandra calothyrsus*

Calliandra calothyrsus (calliandra) es un arbusto o árbol perennifolio o caducifolio que puede alcanzar una altura de 3 m en el primer año y posteriormente llegar a una altura de 12 a 15 m (Chamberlain, 2001). Presenta una copa densa y hojas de 18 a 25 cm de largo, con 9 a 15 pares de pinnas y 25 a 60 pares de foliolos (Palmer *et al*., 1998). La inflorescencia es en panículas densas y angostas, de 15 a 20 cm de largo, el cáliz tiene forma de copa ancha y la corola es verde o bañada de rosa (Palmer *et al*., 1998).

Esta planta se adapta bien a una amplia gama de suelos, desde volcánicos a suelos metamórficos más ácidos. Tiene buena adaptación a suelos infértiles, pero no tolera condiciones de encharcamiento y no crece bien en suelos calcáreos pobremente drenados. Se encuentra creciendo en tierras de altitud desde los 0 a los 1800m.s.n.m., y con temperatura promedio de 22 a 28^{o}C (Chamberlain, 2001).

El establecimiento de esta especie puede hacerse por medio de semilla escarificada o por plántulas, las cuales se siembran al inicio de la estación lluviosa. Se trasplantan a los 4 ó 6 meses a un espacio de 1m x 1m ó 2m x 2m. Esta planta se destaca por soportar la defoliación regular gracias a su rápido rebrote (Palmer *et al*., 1998).

La calliandra presenta como uno de sus usos potenciales la reforestación, gracias a su rápido crecimiento y gran capacidad para repoblar. Además, tiene un alto interés agroforestal y sirve para conservación del suelo, ya que contribuye al control de la erosión y a mejorar la fertilidad en virtud de su capacidad para fijar nitrógeno (Palmer et al., 1998).

La producción anual de materia seca forrajera se encuentra generalmente entre los límites de 3 a 14Ton/ha dependiendo del clima y la fertilidad del suelo (Cook *et al*., 2005).

3.2.3 Uso de *Calliandra calothyrsus* en dietas para rumiantes

Se acostumbra utilizar calliandra suministrándola en forma cortada más que por pastoreo directo. Se usa principalmente como un suplemento en dietas de baja calidad o para sustituir parcialmente el concentrado (Cook *et al*., 2005). Los estudios realizados sobre su valor nutricional muestran grandes variaciones. Los análisis de digestibilidad *in vitro* de hojas secas provenientes de 19 sitios mostraron una variación de 24 a 47%. Otros estudios sobre el contenido de Taninos condensados (TC) también muestran límites muy amplios, de 1.5 a 19.4% (Cook *et al*., 2005).

En general la calliandra presenta buena aceptabilidad, aunque en México y Centro América se han reportado algunos problemas de palatabilidad. La palatabilidad

se ve afectada cuando se usan altos niveles de suplementación con hojas secas de calliandra. Por lo tanto, para no comprometer el consumo, lo recomendado es suplementar con hojas secas entre 20% y 40% de la ración total (Cook *et al*., 2005).

Los resultados obtenidos en la alimentación de pequeños rumiantes con calliandra han sido muy variados, debido principalmente a las diferencias en los niveles de TC presentes en el forraje entre una región y otra. En Kenia, la calliandra es muy usada en la alimentación de ganado vacuno de leche y de cabras. Sin embargo, en Colombia existe gran resistencia por parte de los productores para utilizarla. Evidentemente esta diferencia se debe a que el follaje de *C. calothyrsus* var *Patulul* cultivado en Kenia tiene un mayor valor nutricional que el follaje de la misma variedad cultivada en Colombia, lo cual se debe principalmente a la menor concentración de TC en el forraje producido en Kenia (20% vs. 38% en base seca) (Noto *et. al*., 2004).

Se concluye de los estudios en Colombia que para las condiciones climáticas y edáficas de este país, niveles dietéticos de calliandra mayores al 13% afectan la degradabilidad *in vitro* de la proteína. Igualmente, estudios con la técnica de simulación ruminal, RUSITEC, han mostrado que la inclusión progresiva de calliandra en la dieta disminuye las emisiones de gases (Stürm *et al*., 2004).

Por otro lado la presencia de TC en calliandra puede tener efectos positivos sobre el metabolismo del nitrógeno en los rumiantes. Pérez y Norton (1996), encontraron que dietas que incluyeron calliandra con niveles bajos de TC (2.3%) protegieron la proteína dietaria contra la degradación en el rumen, sin tener un efecto negativo sobre la digestión del nitrógeno en cabros y carneros. Nhereraa *et al*., (1998) realizaron un estudio con caprinos, suplementando la dieta basal (hojas y tallos de maíz) con *Leucaena esculenta, L. diversifolia, L. pallida y C. calothyrsus*. Los resultados mostraron mayor ganancia de peso en los grupos que recibieron la suplementación con las leguminosas y en los últimos 35 días del experimento la mejor ganancia de peso fue obtenida con calliandra. Los autores atribuyen esto a un uso más eficiente del nitrógeno.

Cortés *et al*. (2005) encontraron por técnicas in vitro que la suplementación con leguminosas ricas en taninos disminuía la degradación ruminal de proteína. Después determinaron la digestibilidad en ácido y pepsina de la proteína no degradable en el rumen, con el fin de conocer su digestión post-ruminal. Evaluaron trece leguminosas, entre ellas calliandra, cratylia y leucaena. Los resultados mostraron que la inclusión de calliandra reemplazando parcialmente forraje de baja calidad, disminuyó la degradación de proteína bruta ruminal aparente en un 65% y aumentó al menos 4 veces la proporción de proteína digerida por actividad de ácido y pepsina. Esto sugiere que las proteínas ligadas a TC pasan intactas por el rumen, se hidrolizan en el abomaso y quedan disponibles para su absorción a nivel intestinal.

Pamo *et al*. (2005) evaluaron la suplementación simultánea con calliandra y leucaena contra un tratamiento testigo en cabras africanas con peso promedio de 16.7kg y 2 años de edad. Los animales suplementados recibieron 400g diarios de hojas frescas de cada leguminosa. Se estimó la producción semanal de leche y se pesaron semanalmente las cabras y sus respectivas crías. La producción de leche en el grupo suplementado fue significativamente mayor (361 ± 93.0 vs. 185 ± 48.3g/d). La ganancia de peso diaria de las crías del grupo suplementado también fue significativamente mayor respecto al control (54.7 ± 31.3 vs. 29.0 ± 14.8 g).

3.2.4 Taninos y su presencia en las especies forrajeras

Los taninos son polímeros polifenólicos de alto peso molecular, los cuales tienen la habilidad de formar complejos con proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos y saponinas. Se clasifican en dos grupos: taninos hidrolizables (TH), que son polímeros de ácidos fenólicos (gálico, desahidroxifénico) y están presentes en bajas cantidades en las plantas y taninos condensados (TC) que son polímeros de flavan 3-oles y se encuentran en mayor concentración en las plantas. La diferencia en comportamiento entre los dos tipos de taninos radica en la capacidad que tienen los TC para interactuar con la proteína, lo cual no ocurre con los TH, ya que éstos son degradados rápidamente a moléculas más pequeñas, incapaces de reaccionar con las proteínas del medio (Hagerman *et al*., 1992).

Los TC o proantocianidinas se encuentran presentes en los tallos, hojas e inflorescencias de diversas especies forrajeras (*Desmodium ovalifolium, Cratylia argentea, Morus alba, Lespedeza cuneata, Calliandra calothyrsus*). Este grupo interactúa con las proteínas formando complejos, mostrando mayor afinidad por aquellas de cadena más larga y con alto contenido de prolina. Después de esta interacción las proteínas se vuelven precipitables a un pH cercano a su punto isoeléctrico, lo cual le concede los efectos nutricionales y toxicológicos a los TC. La proteína bajo esta forma no puede ser degradada en el rumen pero queda disponible para la digestión en el abomaso o en el intestino, cuando es sometida a pH ácido. En las leguminosas tropicales los TC se encuentran presentes en tres formas: extractables (reactivos con proteína), ligados a proteína y ligados a fibra. La distribución de los TC en estas tres formas varía entre especies y partes de la planta (Otero e Hidalgo, 2004).

Los efectos de los taninos en la alimentación animal, pueden ser positivos o negativos dependiendo de su concentración en los forrajes. Se consideran altos los contenidos de taninos de 6 a 10% en BS. A éstos se les atribuye disminución de la palatabilidad y consumo voluntario del forraje, reducción de la digestibilidad de MS, materia orgánica (MO), fibra, proteína y carbohidratos. Como consecuencia de esto el desempeño productivo de los animales es bajo (Reed *et al*., 1990). La formación de un complejo químico entre las proteínas salivales y los taninos genera una sensación de astringencia que disminuye la palatabilidad del forraje y puede afectar el consumo voluntario. Adicional a este efecto, al parecer los taninos reducen la tasa de fermentación provocando largos tiempos de retención del contenido ruminal y efectos de llenado en el rumen. En algunos casos se llega a situaciones severas en las que se reduce la digestión de la fibra y del nitrógeno (Reed, 1995). También los taninos pueden reducir la digestibilidad de las paredes celulares por unirse a enzimas bacterianas o por formar complejos indigestibles con carbohidratos estructurales (Otero e Hidalgo, 2004).

Concentraciones de taninos de 2 a 4% de la MS se consideran medianas y tienen posibles efectos benéficos, ya que ayudan a prevenir enfermedades y aumentan el flujo de nitrógeno no amónico al intestino y la absorción de aminoácidos esenciales

(McNabb *et al*., 1993). Los taninos hacen precipitar parte de las proteínas contenidas en la ingesta y así aumentan su pasaje al intestino delgado donde tienen posibilidades de ser digeridas y absorbidas. En un estudio con *Lotus corniculatus* (trébol pata de pájaro) con concentración de 2.2% de TC, la absorción de aminoácidos esenciales aumentó en un 60%, disminuyendo la de los no esenciales en un 10% (Otero e Hidalgo, 2004). De acuerdo con Barry y McNabb (1999) la concentración ideal de TC en leguminosas forrajeras está entre 2 a 4%. Valores superiores pueden tener efectos negativos. Barahona *et al.* (1997) estudiaron los efectos de *Desmodium ovalifolium* y *Flemingia macrophylla* en ovinos, encontrando que al reducir la concentración de TC extractables con polietilenglicol (PEG) de 9 a 5%, aumentó el consumo de materia orgánica y las digestibilidades ruminales y las del tracto total de FDN y FDA, mientras disminuyó el flujo de nitrógeno al duodeno.

3.2.5 Taninos como mecanismo de control de parásitos internos

La alta incidencia de nemátodos gastrointestinales en pequeños rumiantes, especialmente *Haemonchus contortus* y en menor escala otros, como *Cooperia spp*., *Trichostrongylus colubriformis, Oesophagostomum spp*. y *Strongyloides papillosus* y la resistencia que los mismos han generado a gran parte de los fármacos antiparasitarios hacen necesaria la búsqueda de nuevas soluciones a este problema (Álvarez *et al*., 2004). En el Hospital Veterinario de la Universidad de Auburn en el estado de Alabama, se encontró que el 70% del ganado ovino y el 90% del ganado caprino que fue examinado y tratado en los últimos siete años, presentó problemas de parasitismo (Pugh y Navarrete, 2001 citado por Kaplan *et al*., 2002). El nemátodo más patógeno de las regiones tropicales y subtropicales es *Haemonchus contortus,* el cual además de ser endémico de estas regiones geográficas, se ve favorecido por las lluvias continuas que permiten la presencia de estados larvarios en las pasturas durante casi todo el año. Así puede causar la muerte a ovejas y cabras de todas las edades en cualquier época (Waller, 2002).

Existe evidencia que los taninos presentes en las leguminosas en niveles medianos contribuyen al control de parásitos gastrointestinales en pequeños rumiantes,

lo cual se traduce en un mejor desempeño productivo. Paolini *et al*. (2003a), suministraron a cabras una suspensión de extracto de quebracho (*Schinopsis sp*), para observar el efecto de sus taninos sobre el recuento fecal de huevos de *Haemonchus contortus*, el número de gusanos presentes en el cuerpo y los cambios en la densidad de la mucosa del abomaso. Hubo disminución en la cantidad de huevos en las heces fecales, pero no en los otros dos indicadores estudiados. Los resultados sugieren que los taninos tienen un efecto sobre la fecundidad de las hembras de *Haemonchus contortus*, reduciéndose así la excreción de huevos.

Molan *et al*. (2000) evaluaron el efecto de extractos de taninos de diferentes leguminosas sobre la migración larval de *Trichostrongylus colubriformis*. Encontraron un efecto positivo de los taninos extractados de todas las especies estudiadas sobre la inhibición de la migración larval, la cual fue mayor con una concentración de 1000ug/ml que con 100ug/ml. La respuesta en la migración larval fue mayor después de 7 meses de exposición que después de solo un mes. Estas observaciones sobre la importancia del tiempo de exposición de los parásitos a los taninos para el resultante efecto sobre la población de gusanos en el abomaso coinciden con lo encontrado por Pomroy y Adlington (2006). Estos últimos evaluaron el efecto de la suplementación con sulla (*Hedysarum coronarium*) con niveles de taninos de 2.6% por un período de 10 días. Después de este tiempo sacrificaron los animales y contaron los gusanos de nemátodos, pero no encontraron diferencias respecto al tratamiento testigo, lo cual sugiere que se necesitan mayores períodos de exposición a los taninos para facilitar su efectividad.

Lange *et al*. (2006) evaluaron el efecto de los TC presentes en el heno de *Lespedeza cuneata* sobre el parasitismo de *H. contortus* en corderos. Utilizaron un grupo de animales infectados naturalmente y otro de corderos infectados experimentalmente. Las dietas basales de heno de *L. cuneata* y heno de pasto bermuda (grupo control) fueron suplidas por 49 días. Posteriormente alimentaron ambos grupos con heno de pasto bermuda como dieta única durante 14 días adicionales. El conteo fecal de huevos se redujo entre un 67 y 98% en los animales mientras recibieron el heno de *L. cuneata,* pero se incrementó nuevamente al

suspender su uso, lo cual indica un efecto de los TC sobre la fecundidad de las hembras de *H. contortus.* Estos resultados sugieren que el heno de *L. cuneata* puede ser utilizado para disminuir la carga parasitaria en las pasturas por su efecto sobre la excreción de huevos al medio.

3.3 Biología de los nemátodos gastrointestinales en pequeños rumiantes

Los huevos de nemátodos gastrointestinales son expulsados del organismo del animal parasitado en las heces y liberados sobre las praderas (Mehlhorn, 2004). En este momento se encuentran en estado de embriogénesis, salvo los de *Strongyloides papillosus* que ya contienen larvas (L1) formadas. En condiciones adecuadas de humedad y temperatura, en 1 ó 2 días se desarrolla el embrión dentro del huevo y eclosiona una larva de primer estado (L 1) (Niec, 1968).

La estructura de la L1 es muy simple, posee cavidad bucal y esófago bulboso (rabditiforme) provisto de un aparato valvular característico en forma de Y al que sigue un intestino simple que termina en el ano (Mehlhorn, 2004). Esta larva de primer estado se alimenta con las sustancias contenidas en las heces fecales y con bacterias, esporas de hongos y agua. Pasado un tiempo, y después de algunas horas de inmovilidad, la larva sufre una primera muda y cambia su envoltura, transformándose en larva de segundo estado (L2). Su morfología es muy semejante a la larva primera, solamente que es mucho más grande y su esófago es menos rabditiforme, pero con aparato valvular bien visible. Se alimenta en forma similar a la L1 (Niec, 1968).

Después de 2-3 días, las larvas de segundo estado sufren una nueva muda convirtiéndose en larvas de tercer estado o larvas infectantes (L3) (Mehlhorn, 2004). Estas conservan la envoltura de la L2, la que le sirve de protección contra los factores externos. La L3 no se alimenta del mundo externo, consumiendo en cambio reservas contenidas en las células intestinales. Las larvas infectantes son muy activas y pueden subir por los tallos y llegar a las hojas de pasto. Las larvas infectantes constituyen la última etapa del ciclo biológico fuera del huésped definitivo. Ingeridas con el forraje penetran en la mucosa del abomaso o del intestino, donde sufren dos mudas más, convirtiéndose en larvas de cuarto y quinto estado y finalmente en los nemátodos

maduros, formas sexuales. El ciclo biológico completo varía según la especie desde más o menos 17 días (*Cooperia spp*.) hasta 25-45 días (*Nematodirus spp*) (Niec, 1968).

El *Haemonchus contortus* es uno de los principales nemátodos que afecta a ovinos y caprinos (Burke, 2005). Su ciclo de vida (Figura 1) es de tres semanas aproximadamente. La larva infectiva es consumida por los animales con el forraje y una vez en el rumen, ésta continua su desarrollo, viaja hasta el abomaso y allí llega a su estado adulto. Una hembra adulta de nemátodo puede producir miles de huevos y consumir cerca de 200ul de sangre diariamente. La gran capacidad de excretar huevos de las hembras es la principal causa de las epidemias que se generan al inicio de las épocas lluviosas cuando las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de las larvas (Burke, 2005).

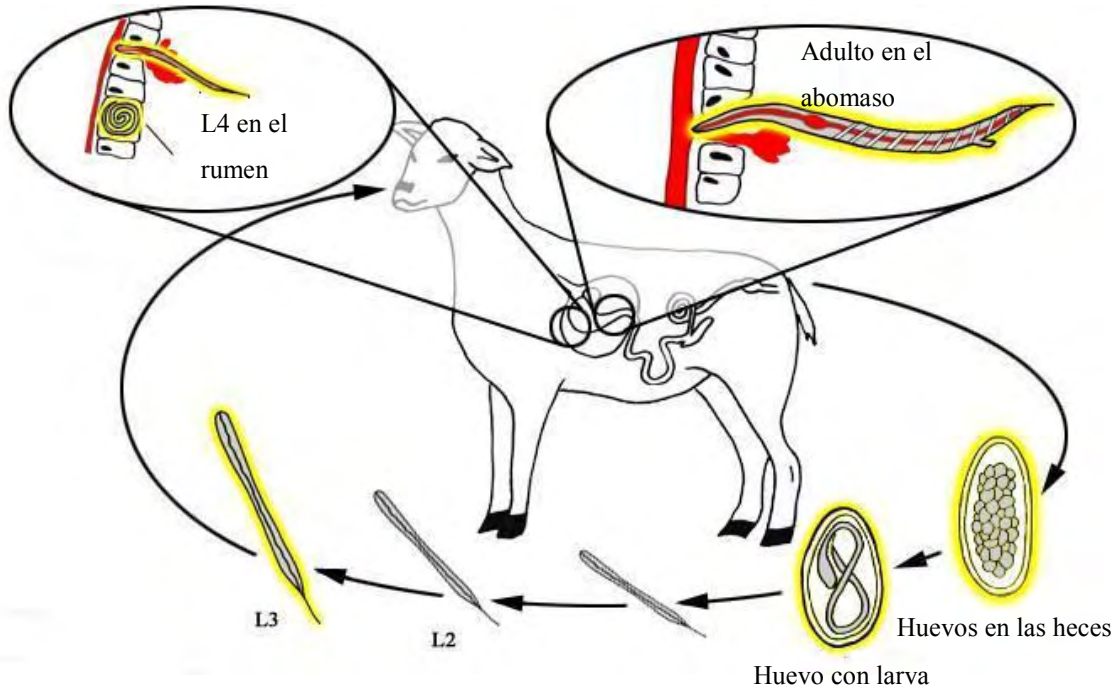


Figura 1. Ciclo de vida de *Haemonchus contortus*
Adapatado de **www.ext.vt.edu/pubs/sheep/410-027/410-027.html**

3.4 Método FAMACHA©

Se trata de un sistema desarrollado en el sur de África para identificar ovejas con anemia a causa de *H. contortus* (Bath y Van Wyk, 2001). Consiste en comparar las membranas de la mucosa ocular de las ovejas con una tarjeta (Figura 2) que clasifica los estados de anemia en cinco categorías de acuerdo al color. En el índice 1 se encuentra el rojo normal, en los índices 2, 3 y 4 hay diferentes tonos de rosado, llegando en el índice 5 al color blanco; los animales en índices 1 y 2 se consideran normales, los animales en nivel 3 en riesgo, en nivel 4 anémicos y en el nivel 5 se ubican animales con anemia severa. El sistema recomienda tratar a los caprinos que se encuentren en los índices 3, 4 y 5 y a los ovinos en índice 4 y 5, dejando a la discreción del examinador si trata los ovinos que se encuentren en índice 3. (Kaplan *et al*., 2004).

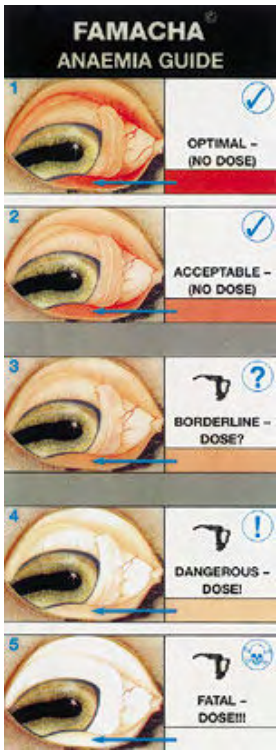


Figura 2. Tarjeta FAMACHA©
Adaptada de www.ansc.purdue.edu/meatgoat/famacha.htm

El sistema FAMACHA© ha sido ampliamente validado en el sur de África con buenos resultados. Muestra mayor efectividad en ovejas que en cabras, sin embargo,

sigue siendo una herramienta útil en esta última especie. En los Estados Unidos se validó el sistema con datos obtenidos de 39 fincas productoras de ovinos y caprinos, ubicadas en los estados sureños de Arkansas, Georgia, Louisiana y Florida, y en las Islas Vírgenes estadounidenses, utilizando 847 ovejas y 537 cabras de diferentes edades y razas. Se obtuvieron correlaciones significativas entre hematocrito y FAMACHA© y entre el recuento fecal de huevos de nemátodos y FAMACHA©, lo cual indica que es un método útil para identificar anemia en ovejas y cabras en esta región geográfica (Kaplan *et al*., 2004).

Según Van Wyk (2001) los programas de control de nemátodos gastrointestinales deben estar orientados a incrementar la llamada población refugio, que es aquella que no ha sido expuesta al medicamento terapéutico y que posee un conjunto de genes que la hace sensible al antihelmíntico. Así se disminuye la frecuencia de alelos resistentes en la población y por consiguiente se evitan los problemas de resistencia presentes actualmente. El sistema FAMACHA© contribuye a detectar aquellos animales que requieren tratamiento farmacológico de acuerdo al estado anémico y permite dejar otros animales que no lo necesitan sin tratamiento, contribuyendo así a aumentar la población refugio (Kaplan *et al*., 2004).

4 Experimento 1: Vigorización energética "Flushing" en hembras reproductoras

4.1 Introducción

El desempeño productivo de las cabras de carne depende en gran parte de la alimentación, requiriendo un adecuado balance de nutrientes para alcanzar su máximo potencial (Luginbuhl y Poore, 1998). Para lograr el uso eficiente de todos los nutrientes los caprinos necesitan una adecuada suplementación energética (NRC, 1981).

En la dieta de los pequeños rumiantes, la energía es uno de los principales limitantes nutricionales, especialmente en estados fisiológicos como la preñez y la lactancia y en la época de apareamiento. Esta situación se hace más difícil cuando los animales se encuentran en pastoreo (Lachica y Aguilera, 2005). Con el incremento de los niveles de energía en la dieta antes del apareamiento y al inicio de éste, práctica conocida como "flushing", se logra preparar al animal para que cuente con las reservas corporales de energía necesarias en este período crítico.

El "flushing", tiende a mejorar la eficiencia reproductiva en términos de mayores tasas de ovulación, concepción y natalidad y mayor número de crías múltiples (Kusina *et al.,* 2001; Luginbuhl y Poore, 1998). El peso de las crías al nacimiento y la ganancia de peso hasta el destete son aspectos que no han sido muy estudiados en caprinos pero que también pueden verse influenciados por el "flushing". Sahlu *et al.* (1995) encontraron que existe una correlación lineal entre los niveles de energía metabolizable en la dieta preparto y la producción de leche y el contenido de grasa en la leche.

4.2 Objetivos

- Determinar el efecto del "flushing" energético con dos niveles de concentrado, 300 y 600g/día (0.9 y 1.8 Mcal EM), sobre la condición corporal, el peso vivo y el número de crías de cabras reproductoras.

- Evaluar el efecto de dichos tratamientos sobre el peso al nacimiento, la ganancia de peso y el peso al destete de las crías.

4.3 Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Finca Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tuvo una duración de 8 meses, comprendiendo los meses de Mayo a Diciembre de 2005. De acuerdo a la información del Centro de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez, la temperatura atmosférica promedio de Mayo a Septiembre fue de 26.7^{o}C, la humedad atmosférica relativa de 82.81% y la precipitación promedio mensual de 197.56mm. Para los meses de Octubre a Diciembre las cifras respectivas fueron 24.9^{o}C, 83.66% y 147.15mm.

Se utilizaron doce cabras multíparas, entre 1.5 y 3 años de edad, con peso promedio de 38.5kg (Apéndice 1). Los animales se distribuyeron en dos grupos de tal manera que los promedios de peso inicial y edad fueran homogéneos; a cada grupo se le asignó un tratamiento de manera aleatoria. Previo al experimento las cabras del experimento se encontraban en pastoreo y no recibían ningún tipo de suplementación.

La dieta basal de las cabras estuvo constituida por pastoreo (Apéndice 3) en gramíneas tropicales (*Dichanthium annulatum, Heteropogun contortus, Cynodon dactylon*), con sal mineralizada y agua disponible *ad libitum*. Se suplementó al grupo del tratamiento 1 (Bajo) con 300g/día de concentrado y al grupo del tratamiento 2 (Alto) con 600g/día de concentrado (Figuras 3 y 4).

La composición química de la dieta basal y del concentrado suplementario fue analizada en dos laboratorios externos (Cuadro 2). Para ello se recorrieron los predios en que pastorearon las cabras (Apéndice 3) en zig-zag, tomando muestras de forraje cada 20 pasos. Las muestras de cada predio se mezclaron en un recipiente y se obtuvo una sola muestra de 500g aproximadamente a la cual se le determinó el contenido de materia seca. Las muestras del concentrado fueron tomadas al azar de dos de los sacos de alimento utilizados durante el experimento.

Para estimar la energía metabolizable (EM) del forraje se tuvo en cuenta un valor de digestibilidad de 55%, que corresponde a los datos resumidos de Vicente-

Chandler *et al*. (1974) para gramíneas bien manejadas en Pueto Rico. Se supusieron pérdidas típicas en orina del 4% y en gases combustibles del 7% de acuerdo con Van Soest (1994). A partir de esta información se estimó la energia metabolizable del forraje como el 44% de la EB. Para el concentrado, teniendo en cuenta su alta digestibilidad (Macedo et al., 2002) y las menores pérdidas energéticas por producción de metano (Van Soest, 1994), se calculó la EM como el %75 de la EB.

Cuadro 2. Composición química de la dieta basal y del concentrado suplementario.

Nutriente	Forraje	Concentrado
[1]MS (%)	25.2	89.4
[1]PB (%)	7.98	15.8
[1]FDN (%)	70.2	27.6
[1]FDA (%)	42.94	11.4
[1]Ca (%)	0.31	1.15
[1]P (%)	0.19	0.83
[2]EB (Mcal/kg MS)	3.99	3.94
EM[e] (Mcal/kg MS)	1.8	3.0

[1] Laboratorio de forrajes Dairy One
[2] Laboratorio de Termodinámica, Universidad Nacional de Colombia.
[e] Estimada para concentrado (EB*0.75) y para el forraje (EB*0.44) (Vicente-Chandler et al., 1974; Van Soest, 1994)

Se suplementó con los dos niveles de concentrado por un período de 42 días, 21 días antes de la entrada del reproductor y 21 días después (Figura 5). Posteriormente todas las cabras consumieron 300g de concentrado hasta el momento del destete de las crías (45 días). El reproductor permaneció con las cabras por un período de 65 días (época de apareamiento) (Figura 7).

Las cabras fueron pesadas 21 días antes de la entrada del reproductor (inicio del "flushing") y a los 9 y 96 (gestación) días después. Se determinó la condición corporal (Figura 8) por observación y palpación de la acumulación de tejido mensualmente, de acuerdo a una escala para cabras de carne que abarca valores de 1 a 5 (Spahr, 2004). En la Figura 6 se muestran las características de la espina dorsal, las costillas y el grado de acumulación de grasa sobre el músculo longissimus dorsi (ojo del lomo) correspondientes a cada uno de los niveles de la escala en cuestión.

Figura 3. Suplementación con concentrado

Figura 4. Comederos individuales

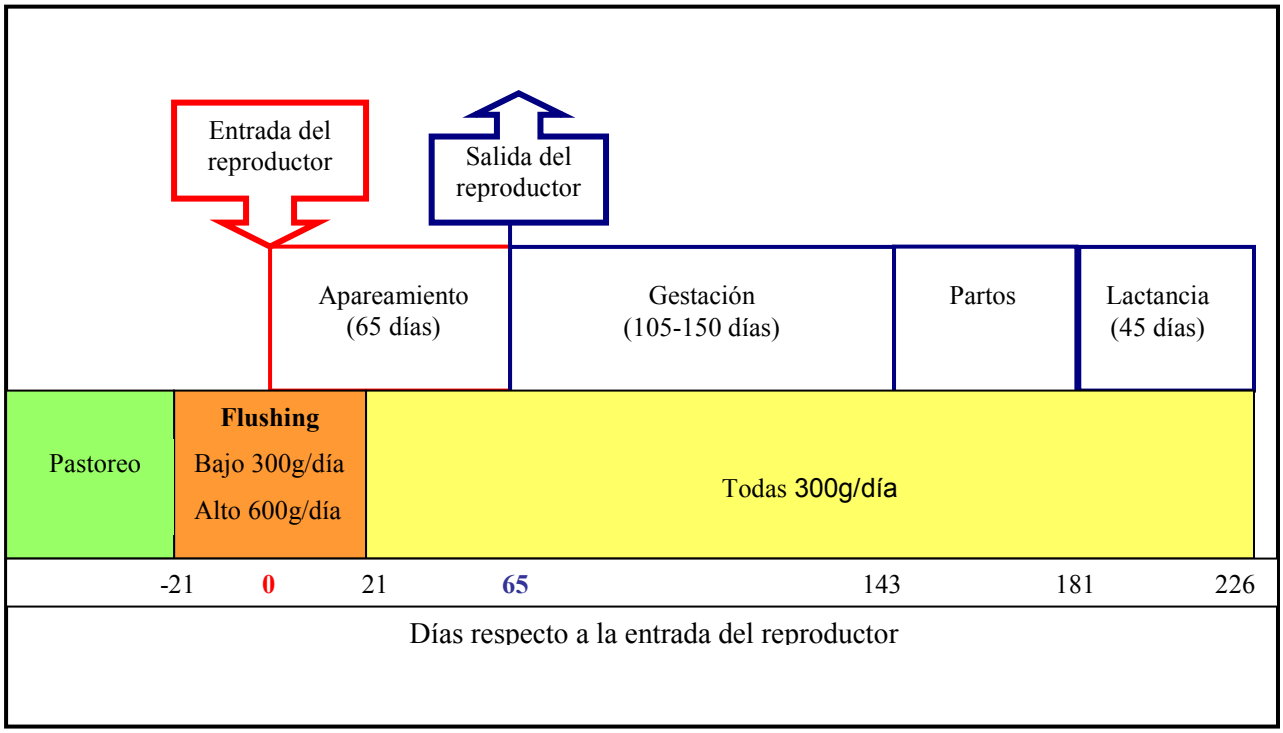


Figura 5. Esquema del experimento

Como indicador indirecto de la influencia de los niveles de concentrado sobre la estimulación de la actividad ovárica se analizó el número de crías por cabra. Las crías fueron pesadas al nacimiento y cada 7 días hasta el destete, que se realizó a los 45 días de edad. Se calculó la ganancia semanal de peso vivo de las crías.

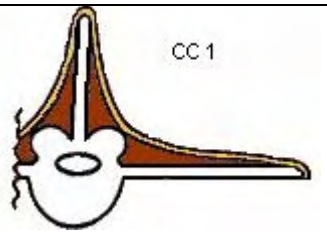
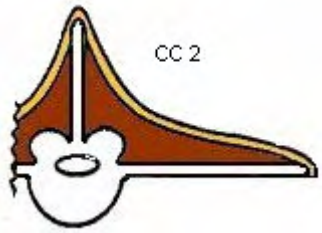
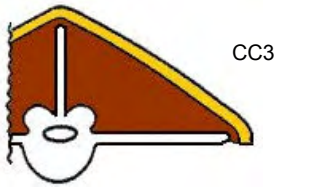
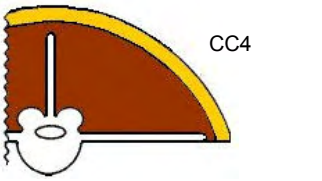
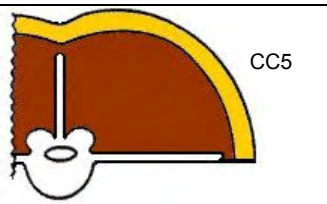
Condición Corporal	Espina Dorsal	Costillas	Ojo del Lomo (Longisssimus dorsi)
	Se ve y se siente fácilmente, aguda.	Se ven fácilmente, apariencia hundida.	No esta cubierta de grasa
	Fácil de sentir pero más suave.	Bordes suaves y redondeados, se debe presionar levemente para sentirlas.	Suave y cubierta de grasa.
	Suave y redondeada.	Se siente suave y uniforme.	Suave y cubierta de grasa.
	Se puede sentir presionando firmemente.	No se pueden sentir las costillas individualmente, pero si los espacios entre ellas.	Cubierta de grasa.
	Suave, no se pueden sentir las vértebras de manera individual.	No se pueden sentir las costillas individualmente ni los espacios entre ellas.	Completamente cubierta de grasa.

Figura 6. Escala de condición corporal para cabras de carne
Adaptada de Spahr (2004), imágenes Sunny Larsen http://kinne.net/bcs.htm.

Figura 7. Reproductor con las hembras en la época de empadronamiento

Figura 8. Evaluación de la condición corporal

4.4 Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico de los datos se realizó la verificación de los supuestos de homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene y de distribución normal de los errores por la prueba de Shapiro Wilk (Lymon y Longnecker, 2001), usando el procedimiento GLM del programa estadístico SAS/STAT 9.1 (SAS Institute Inc. 2004). Las variables dependientes evaluadas fueron peso vivo, condición corporal y número de crías de las cabras reproductoras y peso al nacimiento, peso al destete y ganancia de peso de las crías.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente aleatorizado con el siguiente modelo:

$Yij = \mu + \alpha j + Eij$

Donde:

Yij = Variable dependiente (peso vivo, condición corporal, número de crías, peso al nacimiento, peso al destete y ganancia de peso de las crías)

μ = Media total

αj= Efecto del tratamiento (Bajo, Alto)

Eij= Error experimental al medir la respuesta de la i-ésima unidad que recibió el j-ésimo tratamiento, con los supuestos Eij $\sim$ NI (O, σ^2) (Lymon y Longnecker, 2001).

Hipótesis probada:

Ho: α1 = α 2=0

Ha: El efecto de los tratamientos es diferente.

Para todas las variables dependientes se utilizó un nivel de significancia de p=0.05. El análisis de los datos se realizó utilizando el procedimiento ANOVA del programa estadístico SAS/STAT 9.1 (SAS Institute Inc. 2004).

4.5 Resultados

4.5.1 Desempeño de las cabras reproductoras

En los dos grupos de cabras evaluadas la condición corporal mejoró al ser suplementadas con el alimento concentrado, obteniendo valores promedio de 2.97 y 3.02 para el tratamiento bajo y alto, respectivamente (Figura 9). Sin embargo, no alcanzó significación esta diferencia (p>0.05). Con el "flushing" se logró que la mayoría de las cabras tuviera condición corporal superior a 3 al inicio de la gestación. Después del parto, como es de esperarse, la condición corporal decreció en los dos grupos pero el descenso fue mayor en el grupo suplementado con 300g/día (0.9 Mcal EM) de concentrado.

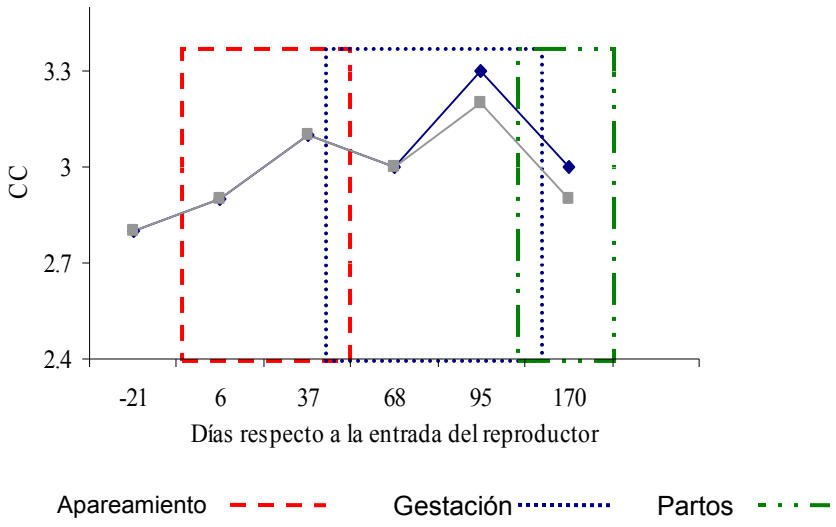


Figura 9. Condición corporal (CC) de las cabras reproductoras durante el "flushing" (-21 a 42 días), la gestación y el parto, usando dos niveles de concentrado (Alto ♦ 600g/día; Bajo ■ 300g/día).

Aunque no se encontraron diferencias significativas (p>0.05), el peso vivo de las cabras suplementadas con 600g/día de concentrado fue numéricamente mayor que el de las suplementadas con 300g/día (42.90 y 40.78kg), sin que ese mayor peso se reflejara mucho en una mejor condición corporal. La Figura 10 muestra como el peso vivo en las cabras reproductoras aumentó durante el "flushing" y, como es lógico, durante la gestación.

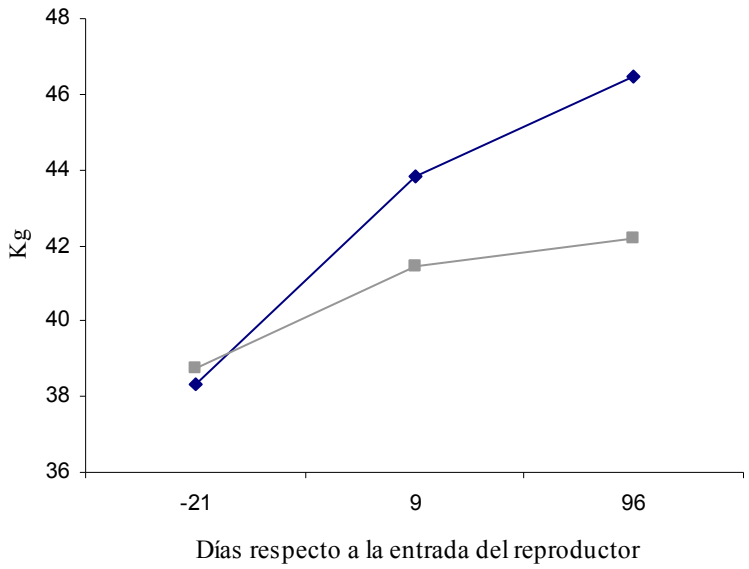


Figura 10. Peso vivo de las cabras reproductoras durante el "flushing" (-21 a 42 días) y la gestación usando dos niveles de concentrado (Alto ♦ 600g/día; Bajo ■ 300g/día).

El número de crías por parto tampoco fue significativamente diferente entre tratamientos (p>0.05), pero fue numéricamente mayor en el grupo de alta suplementación (1.6 vs. 1.3) (Cuadro 3). Estos valores corresponden a una tasa de partos gemelares de 60% (3/5 hembras) para el tratamiento alto y 33.3% (2/6 hembras) para el bajo.

Cuadro 3. Desempeño reproductivo de cabras suplementadas usando dos niveles de concentrado (Alto 600g/día; Bajo 300g/día).

Variable	Bajo	Alto
Número de cabras paridas	6	5
Número de crías nacidas	8	8
Número de crías destetadas	8	6
Crías nacidas por cabra	1.3	1.6
Peso vivo al nacer (kg)	3.3	2.5
Peso vivo al destetarse (kg)	7.8	8.2
Número de machos nacidos	4	5
Número de hembras nacidas	4	3
Tasa de partos gemelares (%)	33.3	60

4.5.2 Desempeño de las crías nacidas

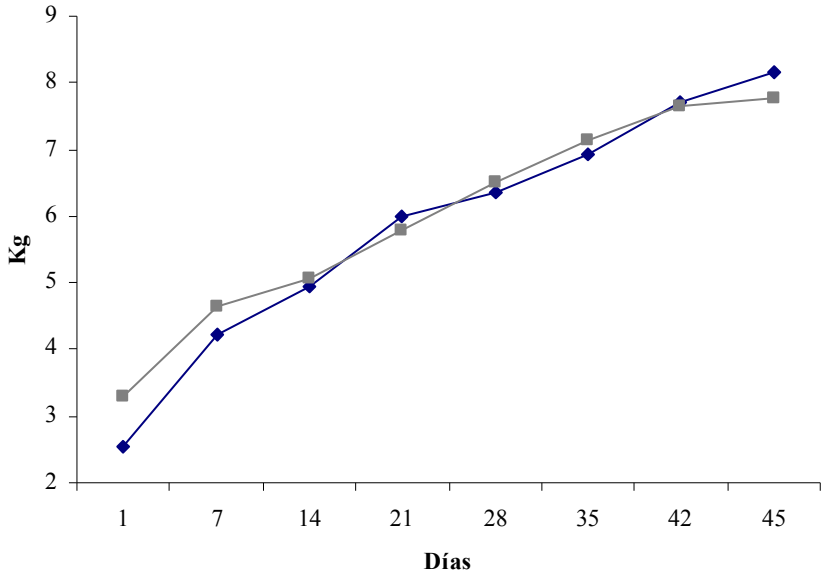


Figura 11. Peso vivo de las crías desde el nacimiento hasta el destete (45 días) de madres que recibieron dos niveles de suplementación con concentrado (Alto ♦ 600g/día; Bajo ■ 300g/día).

El peso individual de las crías al nacimiento fue significativamente menor (p=0.031) en las cabras que recibieron la alta suplementación comparado con aquellas de suplementación baja, siendo las medias obtenidas 2.5 y 3.3kg. A pesar de esto, la ganancia de peso de las crías no fue afectada por el nivel de suplementación en las

madres. Los promedios de ganancia de peso semanal fueron 727 y 860g para los tratamientos con alta y baja suplementación, respectivamente. La Figura 11 muestra la similitud del comportamiento del peso vivo de las crías en los dos tratamientos desde el nacimiento hasta el destete a los 45 días.

En peso de las crías al destete tampoco se verificaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$). Aunque las crías de las cabras de alta suplementación nacieron con menos peso, llegaron al destete con el mismo peso que las crías de las cabras de baja suplementación, siendo las medias correspondientes de 8.2 y 7.8kg (Figura 12).

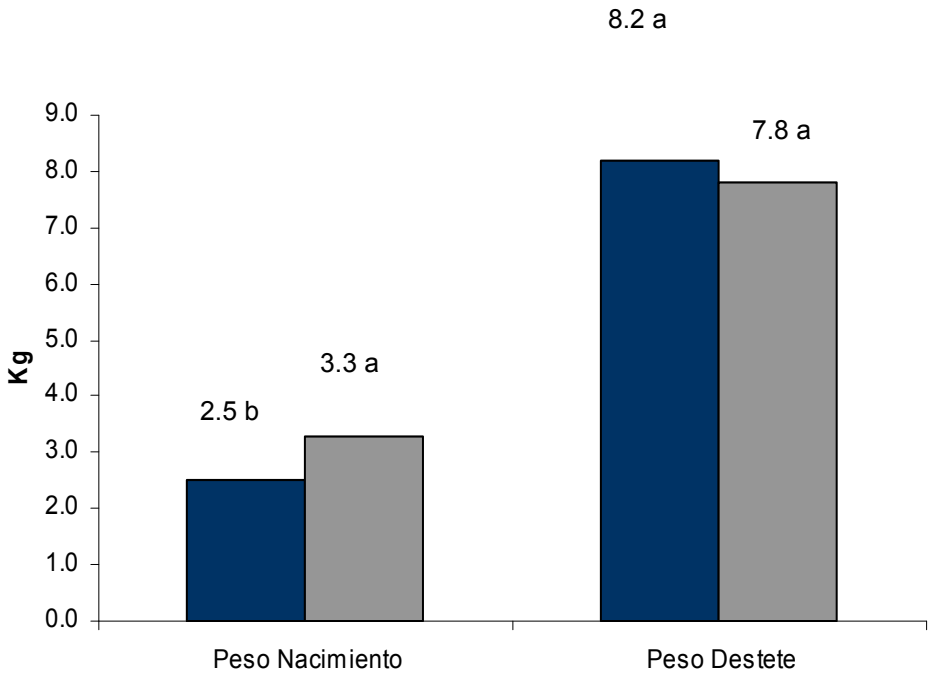


Figura 12. Peso al nacimiento y peso al destete de las crías de las madres que recibieron dos niveles de suplementación con concentrado (Alto ■ 600g/día; Bajo ■ 300g/día).

4.6 Discusión

La condición corporal de todas las cabras mejoró con el "flushing", sin diferenciación significativa entre los dos niveles de suplementación (0.9 y 1.8Mcal EM/día). A partir de una condición corporal inicial promedio de 2.8 se alcanzaron valores promedio superiores a 3 en los dos tratamientos en la época de apareamiento y la gestación. De acuerdo con Luginbuhl y Poore (1998) cabras en buena condición corporal no responden al "flushing" y se considera una condición de 3 a 3.5 adecuada para la época de empadronamiento (Spahr, 2004; Villaquirán *et al*., 2004). Por otro lado, Dapoza *et al*. (1995) luego de realizar un estudio en ovejas para evaluar el efecto de la condición corporal sobre la actividad ovárica, recomiendan el "flushing" para hembras reproductoras con condición corporal inferior a 2.5.

El peso vivo de las cabras siguió un patrón similar a los cambios en la condición corporal durante el transcurso del experimento, al aumentar con el "flushing", pero sin diferencias significativas entre los niveles de suplementación. Sin embargo, la Figura 10 permite observar como el peso vivo fue numéricamente mayor en el grupo de alta suplementación (600g; 1.8 Mcal EM/día) durante el experimento, siendo esta diferencia en promedio de 2.1 Kg.

Los resultados obtenidos en peso vivo como respuesta a la suplementación energética por diferentes investigadores son contradictorios. Sahlu *et al*. (1995), evaluaron tres niveles de energía metabolizable (1.80, 2.16 y 2.53 Mcal/kg de MS) en la dieta de cabras preparto, después del día 90 de gestación, sin encontrar diferencias en ganancia de peso vivo materno preparto. Lu y Potchoiba (1990) evaluaron concentraciones de tres niveles de energía (2.46, 2.77 y 3.05 Mcal EM/kg) en cabras y no encontraron diferencias significativas en ganancia de peso en un período de 16 semanas, atribuyendo este resultado a la relación inversa que existe entre el consumo de materia seca y la concentración energética de la dieta en rumiantes. Sin embargo, Mahgoub *et al*. (2005) encontraron un efecto positivo sobre el peso vivo en cabras Omani Batina y Dhofari al incrementar la suplementación energética, comparando los tres niveles de energía metabolizable de 2.1, 2.38 y 2.68 Mcal/kg MS.

No se verificó una diferencia estadísticamente significativa en el número de crías por parto entre los dos niveles de suplementación, sin embargo, la diferencia numérica en este caso es relevante desde el punto de vista biológico. En el tratamiento con baja suplementación dos de seis cabras parieron gemelos mientras que con alta suplementación tres de cinco cabras parieron gemelos. Estos datos muestran una tendencia a mayor número de crías por parto con la suplementación de 600g/día de concentrado (1.8 Mcal EM /día). Esto a la vez afectó el peso al nacimiento de las crías, el cual fue significativamente menor en el grupo de cabras que recibió alta suplementación. Lógicamente las crías de partos gemelares tuvieron menor peso individual al nacimiento que las nacidas únicas. A pesar de su menor peso al nacimiento, las crías de madres sometidas a alta suplementación, no se atrasaron significativamente en la ganancia de peso diaria hasta el destete, ni en el peso vivo al destete. En peso vivo al destete se alcanzó una diferencia numérica de 400g a favor del grupo de alta suplementación.

Kusina *et al*. (2001), evaluaron tres niveles de aportación de energía (0.064, 0.127, 0.253 McalEMKg $^{-1}$ w $^{0.75}$) en un grupo de 45 cabras Mashona, desde el día 60 antes de la sincronización del celo. Ellos encontraron mayor tasa de partos gemelares en cabras que recibieron las dos aportaciones más altas de energía y recomiendan el nivel intermedio como el óptimo para obtener excelentes resultados reproductivos en términos de expresión del estro, tasa de concepción, fecundidad y partos gemelares.

Tanto la tendencia observada en este trabajo como el efecto positivo obtenido por Kusina *et al*. (2001) en el número de crías por parto aportan evidencia de que la vigorizacion energética “flushing” previa a la época de apareamiento promueve la tasa de ovulación. Landau *et al*. (1997) argumentan que el “flushing” por períodos largos (>3 semanas) puede estimular la tasa de ovulación por medio del mejoramiento de la condición corporal, mientras el efecto de su uso por períodos cortos es mediado por el suministro de nutrientes específicos que modifican el ambiente hormonal. Esto puede ocurrir sin afectar la condición corporal como posiblemente sucedió en este experimento. Walkden-Brown y Bocquier (2000) sugieren que la sensibilidad del eje reproductivo a la adecuada nutrición y almacenamiento de reservas corporales es la

clave de la influencia de la disponibilidad de energía sobre el desempeño reproductivo. Argumentan que metabolitos presentes en la sangre relacionados con el balance energético, tales como glucosa, NEFA (ácidos grasos no esterificados) y betahidroxibutirato, además de leptinas, son factores limitantes que sirven como señales a nivel gonadal (ovario) y central (hipotálamo-pituitario) para la regulación de la reproducción.

El alimento concentrado utilizado en este estudio tuvo un contenido estimado de (EM) de 3.0 Mcal/Kg, lo cual corresponde a suplementaciones de 1.8 y 0.9 Mcal EM/día con los niveles alto y bajo de concentrado. Teniendo en cuenta el aporte energético estimado del forraje, de 1.8 Mcal EM, se calculó que la dieta aportaba unas 3.8 y 2.9 Mcal EM/día en los tratamientos con suplementación alta y baja, respectivamente. Comparando estos valores con los requerimientos nutricionales para cabras adultas de la talla en cuestión, (2.82 Mcal EM; NRC, 1981) se observa que la dieta con suplementación de 300g/día de concentrado cumple este requerimiento y que la dieta de alta suplementación lo excede en un 26%. Posiblemente con el uso de un nivel de energía inferior al requerimiento hubiese sido posible encontrar diferencias significativas respecto a la suplementación con 600g/día de concentrado.

Goonewardene *et al*. (1997) realizaron un estudio con 22 cabras Alpinas y 20 cabras Saanen, suministrando dos dietas antes del servicio. Las dietas aportaron 3.2 y 3.5 Mcal ED/día, lo que corresponde a 10% y 20% más de los requerimientos teóricos para mantenimiento según NRC (1981). A las cabras se les suministró una de las dos dietas por 8 semanas y luego todas recibieron la dieta con mayor aporte de energía. Una semana después se indujo el celo y se realizó la inseminación artificial. No se encontró un efecto del nivel de energía sobre la presencia de celo, ni sobre el porcentaje de concepción y parición. Estos resultados indican que con valores de energía superiores al requerimiento se hace más difícil encontrar diferencias significativas.

El reducido número de cabras por tratamiento pudo haber impedido que las tendencias observadas en el peso vivo de las cabras reproductoras, en número de

crías por parto e incluso en el peso al destete de las crías, llegaran a evidenciarse en diferencias significativas. Este tipo de trabajos se ve limitado por los recursos disponibles, sin embargo, es conveniente para futuras investigaciones, tratar de incluir un mayor número de repeticiones por tratamiento.

Aunque en los últimos años está tomando auge la investigación sobre los requerimientos nutricionales en caprinos y el efecto del sistema de alimentación en el desempeño reproductivo de esta especie, aún falta información adicional, ya que los datos disponibles son contradictorios y parte de la información que se pretende aplicar a caprinos proviene de estudios realizados en ovinos y bovinos. Es importante definir los niveles adecuados de energía a usar en el “flushing” acompañados de un análisis de rentabilidad, para así dar recomendaciones acertadas a los productores.

5 Experimento 2. Efecto de la suplementación de la dieta de cabros destetados con la leguminosa *Calliandra calothyrsus* sobre el peso vivo y la incidencia de nemátodos gastrointestinales.

5.1 Introducción

Las leguminosas arbustivas han sido consideradas como promisorias para la alimentación de rumiantes bajo las condiciones del trópico. Entre ellas la calliandra (*Calliandra calothyrsus*) se destaca por su alto contenido de PB y sus excelentes características agronómicas (Noto *et al*., 2004). Además, estudios como los de Pamo *et al*. (2005) y Nhereraa *et al*. (1998) muestran un efecto positivo de la suplementación con calliandra sobre la ganancia de peso de caprinos.

La calliandra posee además, TC que a niveles moderados pueden contribuir al control de nemátodos gastrointestinales (Lange *et al*., 2006; Paolini *et al*., 2003a; Molan *et al*., 2000) y al uso eficiente del nitrógeno (Nhereraa *et al*., 1998). Sin embargo, altos niveles de TC afectan adversamente el consumo voluntario y la digestibilidad (Barry y McNabb, 1999). Los niveles de TC varían de acuerdo a las condiciones edáficas y climáticas en que se cultive la planta (Noto *et al*., 2004), por lo cual es necesario realizar estudios antes de adoptar esta leguminosa en una determinada región geográfica.

El problema de resistencia a los antihelmínticos por parte de los nemátodos gastrointestinales en pequeños rumiantes y las tendencias del mercado hacia alimentos orgánicos para consumo humano hacen necesaria la búsqueda de alternativas sostenibles y efectivas para el control de parásitos internos, como son el adecuado manejo de las pasturas, el fomento de poblaciones refugio de parásitos en las praderas y la suplementación con leguminosas con contenidos moderados de taninos. Pagan *et al.* (2005) realizaron un estudio en seis hatos caprinos y ovinos en diferentes regiones de Puerto Rico, para evaluar la resistencia a Benzimidasole, Levamisole, combinación de estos dos productos, Ivermectina y Moxidectina. Los autores encontraron que en la región baja húmeda de Puerto Rico existe resistencia a Benzimidazole y Levamisole, y en las regiones seca alta y húmeda alta a la combinación de estos dos productos.

5.2 Objetivo

- Evaluar el efecto de la suplementación con la leguminosa arbustiva calliandra sobre la ganancia de peso, índice de anemia y la incidencia de nemátodos gastrointestinales en cabros destetados.

5.3 Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Finca Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Se utilizaron 8 cabros destetados con peso promedio de 11.3kg. El experimento tuvo una duración de 105 días (28 de Marzo a 12 de Julio de 2006), de los cuales 15 correspondieron al período de adaptación. De acuerdo a la información del Centro de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, la temperatura atmosférica promedio en estos meses fue de 25.6 ^{o}C, la humedad relativa de 81.99% y la precipitación mensual de 162.5 mm.

Los animales se distribuyeron en dos grupos de tal manera que los promedios de peso inicial y edad fueran homogéneos; a cada grupo se le asignó un tratamiento de manera aleatoria.

Los tratamientos fueron: el control, que consistió en suplementación con heno de la gramínea *Panicum maximum* Jacq. (HG) y otro que constó de suplementación con hojas de calliandra fresca (CF). Los animales de ambos grupos se mantuvieron pastoreando gramíneas naturalizadas (*Dichanthium annulatum, Heteropogun contortus, Cynodon dactylon*), con disponibilidad constante de agua. Se rotaron de predio cada 21 días durante el experimento, en dos predios con un área de 931.9 y 1334.4 m^2 (Apéndice 3).

En el Cuadro 4 se presenta la composición química de los forrajes usados. La MS se determinó colocando muestras de cada forraje en un horno de aire forzado por 24 horas a 60^{o}C. La determinación de la concentración de N siguió el procedimiento indicado por la AOAC (1984) y la PB se calculó como N*6.25. La concentración del FDN se determinó por el método de Van Soest *et al*. (1991).

Cuadro 4. Composición química de los forrajes en oferta, a base seca.

Nutriente	Forraje pastoreado	Heno de Gramínea	Follaje de calliandra
MS (%)	29.4	88.9	47.29
PC (%)	5.43	4.9	14.3
FDN (%)	77.4	71.8	64.8

La calliandra fue cortada manualmente de la colección de forrajes de la Finca Alzamora cada dos días (Figura 16) y se almacenó bajo refrigeración. Se pesó la cantidad correspondiente a cada animal en base fresca diariamente. El Cuadro 5 presenta los contenidos de TC extractables, TC ligados a proteína y TC ligados a fibra determinados en la Estación Experimental Agrícola de Texas a muestras de calliandra tomadas en la colección de forrajes de la Finca Alzamora a los 49 días de corte (Rivera, 2006). Esta edad corresponde aproximadamente a la de corte del material suministrado a los cabros en el experimento. El análisis se hizo utilizando dos tipos de estándar, calliandra y quebracho.

Cuadro 5. Contenido de taninos condensados en calliandra a los 49 días de corte

Tipo de TC	Estándar Calliandra (SC)	Estándar Quebracho (SQ)	Promedio SC-SQ
TC extractables (%)	19.00	49.7	34.35
TC ligados a proteína (%)	1.42	4.10	2.76
TC ligados a fibra (%)	0.50	0.17	0.34

Rivera, 2006

Diariamente y durante 105 días los animales se llevaron a corrales individuales (Figura 17) donde se les suministró la respectiva suplementación calculada a razón de un 20% del consumo total esperado (3% del peso vivo diariamente en base seca).

Los animales fueron pesados al iniciar el experimento y luego cada 15 días. Al inicio del experimento y cada 21 días se tomaron muestras de sangre de la vena yugular (Figura 18) usando tubos vacutainer provistos de anticoagulante. El

hematocrito se midió mediante el uso de la tecnología Stat Spin microhematocrit que comprende un lector de tubos capilares.

Se recolectaron muestras de heces fecales al inicio del experimento y en adelante cada 15 días (Figura 19) para realizar el recuento de huevos de nemátodos por el sistema modificado de McMaster (Kaplan, 2002). El método consiste en pesar 2g de heces, macerar la materia, adicionar 30ml de solución de nitrato de sodio al 40% y esperar 10 minutos hasta que los huevos floten. Se pasa la mezcla por un colador o capa de gasa y se toma una muestra del líquido con una pipeta desechable, se transfiere la misma a una cámara de conteo y se observa en el microscopio de luz con objetivo 10X. Finalmente se cuentan los huevos de los dos lados de la cámara y la cifra obtenida se multiplica por 50, lo que da un valor que corresponde a la cantidad de huevos por gramo de heces.

Los cabros se desparasitaron al inicio del experimento y cada 2 semanas se hizo revisión del nivel de anemia a través del índice FAMACHA© (Kaplan *et al*., 2004) (Figura 20), desparasitando nuevamente aquellos animales que se encontraron en los niveles 4 y 5. Para desparasitar se utilizaron fármacos comerciales cuyos ingredientes activos fueron levamisole hidrochloride y febendazole, los cuales se alternaron durante el experimento. Se resumen estas actividades en la Figura 13.

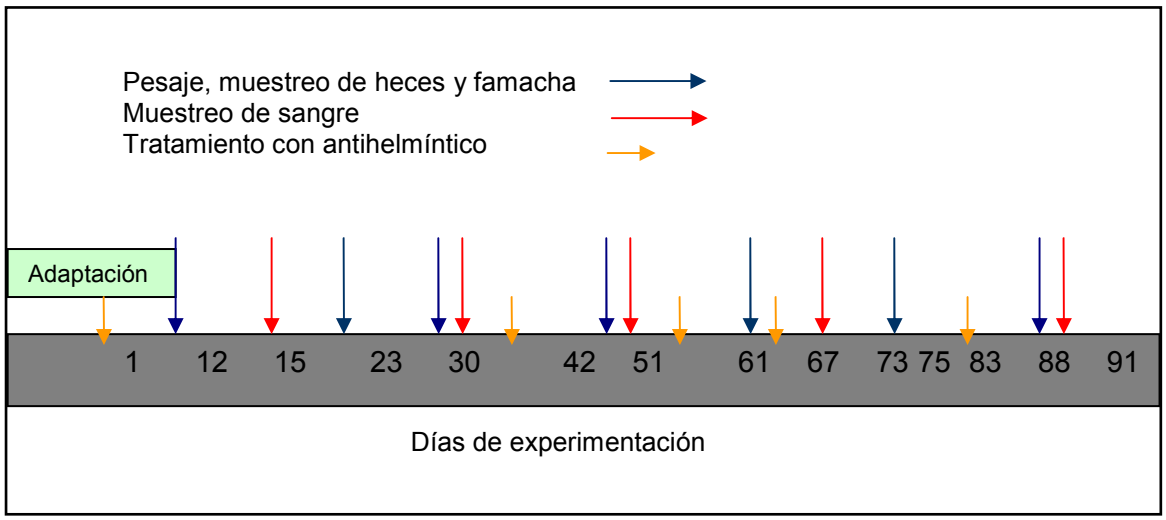


Figura 13. Esquema del experimento

Figura 14. *Calliandra calothyrsus*

Figura 15. Hojas de *Calliandra calothyrsus*

Figura 16. Corte de las hojas de calliandra

Figura 17. Suplementación individual con calliandra y heno de gramínea

Figura 18. Toma de muestras de sangre

Figura 19. Toma de muestras de heces

Figura 20. Índice FAMACHA ©

5.4 Análisis estadístico

Inicialmente se sometieron los datos a la verificación de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los errores por los métodos citados en el experimento anterior (página 32). Las variables peso vivo y hematocrito cumplieron los supuestos mencionados, pero las variables recuento fecal de huevos de NGI e índice FAMACHA© no cumplieron el supuesto de distribución normal. Por este motivo se transformó la variable recuento de huevos de NGI a raíz cuadrada, de acuerdo a lo recomendado por Lymon y Longnecker (2001). El índice FAMACHA© se analizó por medio de las pruebas Chi cuadrado de Pearson y Chi cuadrado MV-G2.

Los datos de peso vivo, hematocrito y recuento de huevos de NGI transformados a raíz cuadrada fueron analizados en un diseño de medidas repetidas en el tiempo para ver el efecto del tratamiento, del tiempo (número de muestreo) y la interacción tratamiento * número de muestreo. El modelo utilizado fue el siguiente (Lymon y Longnecker, 2001):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{k(i)} + \tau_j + \alpha\tau_{ij} + E_{(k)ij}$$

Donde:

$Y_{ijk=}$ Variable dependiente (peso vivo, hematocrito y recuento de huevos de NGI)
μ= Media total

i= Efecto del tratamiento (HG, CF)

j= Efecto del número de muestreo

$\alpha\tau_{ij}$ = Efecto de la interacción tratamiento * muestreo.

$E_{(k)ij =}$ Error experimental

Por medio del método REML se determinó el mejor patrón de covarianza teniendo en cuenta el menor valor BIC, resultando más adecuada la estructura de simetría compuesta para todas las variables.

Las hipótesis a probar fueron:

1) Ho: $\alpha 1 = \alpha 2 = 0$

Ha: El efecto de uno de los tratamientos es diferente.

2) Ho: $\tau 1 = \tau 2 = \tau 3 = \tau 4 = \tau 5 = \tau 6 = \tau 7 = 0$

Ha: El efecto de por lo menos uno de los muestreos es diferente.

3) Ho: $\alpha\tau_{ij} = 0$

Ha: No hay efecto de la interacción tratamiento * muestreo

Para todas las variables dependientes se utilizó un nivel de significancia de p=0.05. El análisis de medidas repetidas en el tiempo se realizó utilizando el procedimiento MIXED del programa estadístico SAS/STAT 9.1 (SAS Institute Inc. 2004).

5. 5 Resultados

5.5.1 Peso vivo y tasa de ganancia

Después del período de adaptación de 15 días los animales consumieron la totalidad del suplemento ofrecido diariamente (calliandra fresca o heno de gramíneas). No se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) en peso vivo entre los grupos que recibieron los dos tipos de suplementación. Los promedios de peso vivo ajustados fueron 12.6kg para CF y 12.4kg para HG. La Figura 21 muestra el comportamiento del peso vivo con los dos tratamientos durante el experimento y permite observar la diferencia numérica existente en los días 73, 88 y 105 de experimentación, la cual fue de 682, 228 y 453 g, respectivamente. El efecto del muestreo sobre el peso fue significativo, lo cual corresponde al incremento normal esperado debido al crecimiento

de los animales. Las ganancias de peso diarias promedio para los dos respectivos grupos fueron de 20.52 y 15.14g (Cuadro 6).

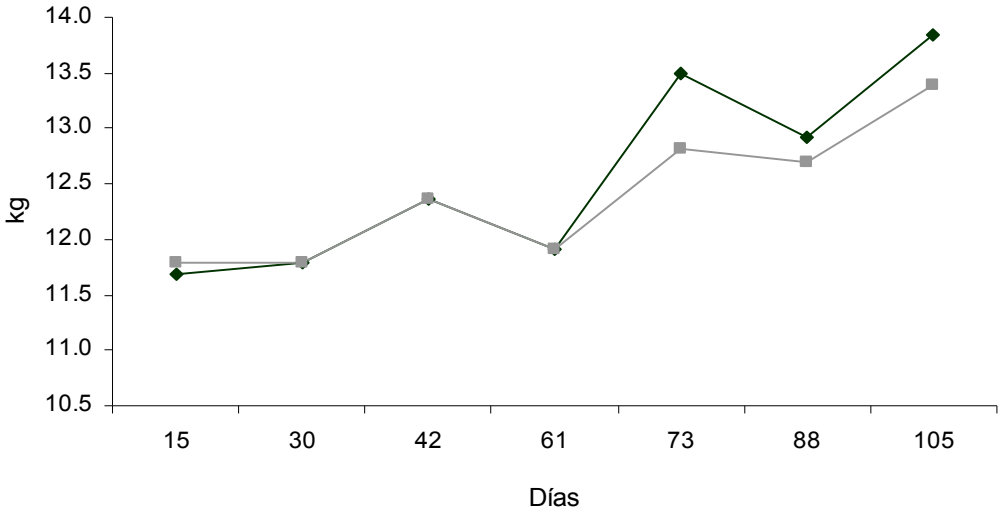


Figura 21. Comportamiento del peso vivo de los cabros suplementados con hojas de calliandra fresca (♦ CF) y heno de gramínea (■ HG).

5.5.2 Hematocrito e índice FAMACHA©

Contrario a la hipótesis que motivó este trabajo, el hematocrito no fue afectado ($p>0.05$) por la suplementación con calliandra, siendo las medias ajustadas 25.8% y 26.6% para HG y CF, respectivamente (Figura 22). Los valores promedio en todos los muestreos para ambos tratamientos estuvieron por encima de19%, que es el valor crítico por debajo del cual se diagnostica anemia en caprinos (Vatta *et al*., 2001). Durante el experimento se encontraron 4 valores individuales por debajo de 19% y la dispersión total abarcó entre 14% y 38%. Hubo un efecto significativo del tiempo ($p<0.05$) al decrecer las medias de hematocrito en ambos tratamientos en los dos últimos muestreos. Esto se debió a que algunos animales bajaron su hematocrito a

dicha etapa, pero no llegaron a niveles críticos, sino se mantuvieron en nivel 3 de FAMACHA© y así quedaron sin ser desparasitados por períodos de más de 30 días.

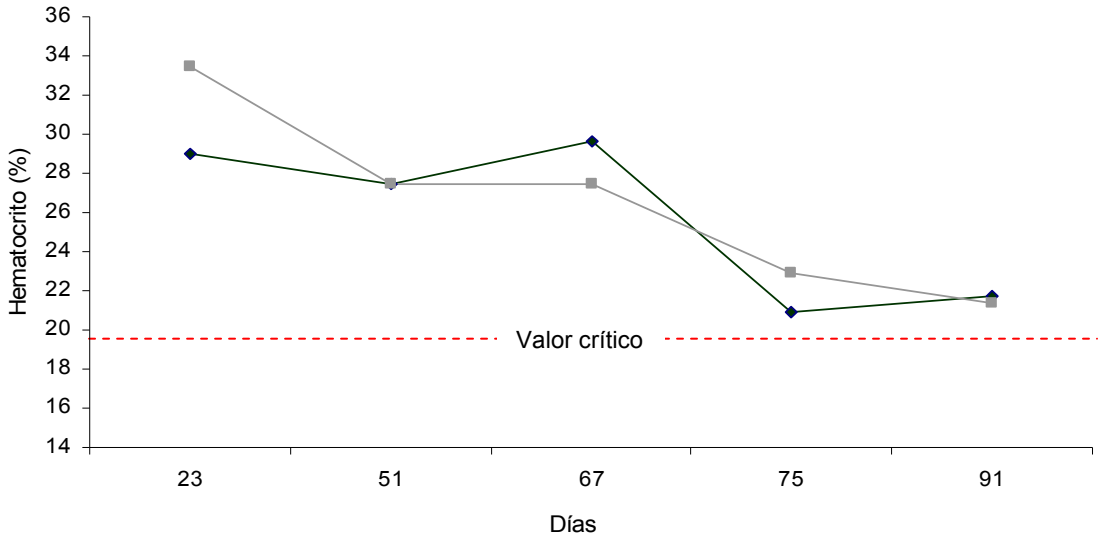


Figura 22. Comportamiento del hematocrito medio de los cabros suplementados con hojas de calliandra fresca (♦ CF) y heno de gramínea (■ HG).

La prueba de Chi cuadrado de Pearson y Chi cuadrado MV-G2 mostraron que durante el experimento el índice FAMACHA© no fue dependiente ($p>0.05$) del tipo de suplementación. Se obtuvieron valores individuales de 2, 3 y 4, siendo 3 la moda. En la Figura 23 se muestra el comportamiento de los promedios de los índices de cada tratamiento en los sucesivos muestreos efectuados.

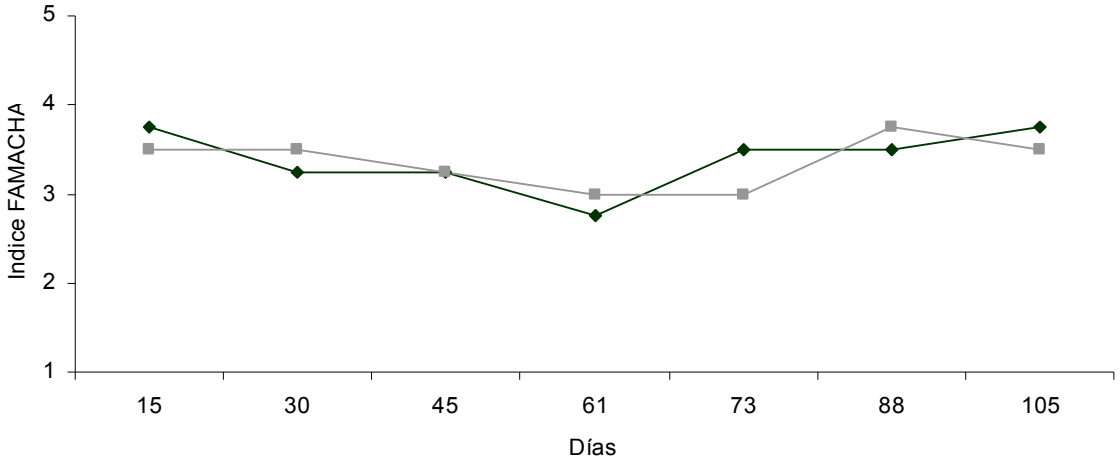


Figura 23. Comportamiento del índice FAMACHA© medio en cabros suplementados con hojas de calliandra fresca (♦ CF) y heno de gramínea (■ HG).

5.5.3 Recuento fecal de huevos de NGI

El recuento de huevos de NGI en las heces fecales fue significativamente ($p=0.0014$) menor en el grupo de animales que recibió la suplementación con calliandra. Las medias ajustadas y retransformadas a las unidades originales fueron 982.13 huevos/g para HG y 638.16 huevos/g para CF. En la Figura 24 se observa que durante los primeros 73 días se desparasitaron menos animales de CF y que el recuento de huevos fue más estable durante el experimento en este grupo. En el día 88 el grupo HG tuvo un marcado incremento en la excreción de huevos de nemátodos y 3 animales tuvieron valores de FAMACHA© de 4, lo cual llevó a desparasitar todos los animales y por consiguiente a obtener valores de recuento de huevos muy cercanos entre los dos grupos para el día 105. Hubo un efecto significativo del tiempo ($p<0.05$) debido a las variaciones en la excreción de huevos durante los diferentes muestreos.

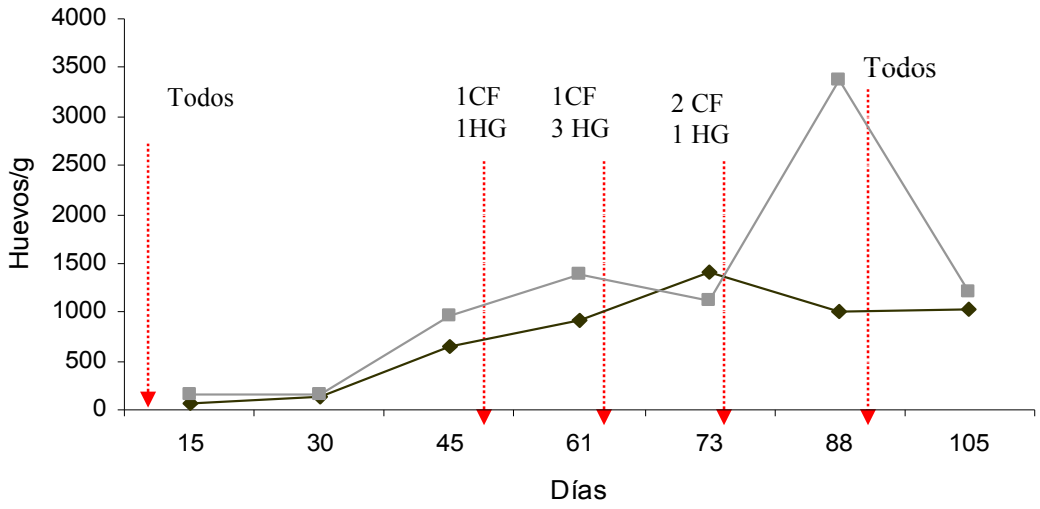


Figura 24. Comportamiento de la excreción de huevos de nemátodos en las heces fecales con suplementación de calliandra fresca (♦ CF) y heno de gramíneas (■ HG). Animales desparasitados de cada tratamiento (---→).

Cuadro 6. Ganancia en peso vivo y frecuencia de uso de antiparasitarios en cabros destetados suplementados con HG (heno de gramínea) y CF (hojas de calliandra fresca).

Variable	Medias[a]		E.S.
	CF	HG	
Peso inicial (Kg)	11.7	11.8	0.883
Peso final (g)	13.8	13.4	0.883
Ganancia de peso total (g)	2155	1590	-
Ganancia diaria de peso (g)	20.5	15.1	1.59
Veces que se desparasitó cada animal	3	3.3	-
Intervalo promedio entre desparasitadas sucesivas (días)	47.3	37.2	-

5.6 Discusión

Los resultados obtenidos indican que la suplementación con CF a razón del 20% del consumo esperado de 3% del peso vivo, no fue suficiente para estimular una mayor ganancia de peso de manera significativa respecto a la suplementación con HG. Esto no coincide con los resultados de Ebong (1996), quien comparó seis dietas basadas en pasto elefante *ad libitum* y suplementación con 1) nada (testigo) *2)* harina de soya, 3) 25% harina de hojas de calliandra (HHC) y 75% harina de soya, 4) 50% HHC y 50% harina de soya, 5) 75% HHC y 25% harina de soya y 6) 100% de HHC. Las respectivas ganancias diarias obtenidas fueron 27.1, 44.9, 83.9, 103.3, 67.0 y 58.6g.

Al comparar la ganancia de peso diaria obtenida con la citada dieta 3, que incluyó suplementación con 25% de calliandra (83.9g/día), con la ganancia obtenida en el presente estudio en que la suplementación con calliandra fue en menor cuantía (20.52g/día), se observa un diferencia de 63.4 g/día. Esto puede ser explicado en gran parte por el aporte proteico de la harina de soya (47%PC), el cual no es comparable con el bajo aporte proteico (5.43%PC) de las gramíneas naturalizadas pastoreadas en el presente estudio. Otro factor contribuyente a esta diferencia fue el mayor consumo de calliandra en la dieta 3 del estudio de Ebong (1996) que en el caso presente (93.2 vs. 74.6g MS).

Nherera *et al.* (1998) también obtuvieron ganancias de peso en caprinos mayores a las del presente estudio (42g/día). Usaron una dieta basal constituida por hojas y tallos de maíz y un suplemento de hojas y tallos secos de calliandra, lo cual aportó más N total relativo al presente trabajo. El maíz aportó 6.1 g de N/kg MS y la calliandra 34g de N/kg MS. En el presente caso el forraje aportó 8.7g de N/kg MS y las hojas de calliandra sólo 22.9 g de N/kg MS.

Pamo *et al.* (2002) ofrecieron 380g diarios de hojas frescas de calliandra, lo que correspondía a 6g diarios de N, como suplemento de una dieta basal constituida por una mezcla de gramíneas y obtuvieron una ganancia de peso de 13.8g/día. Estos resultados están cercanos a los del presente experimento, en el cual la calliandra aportaba 5g diarios de N en promedio.

Ni el hematocrito, ni el índice FAMACHA© acusaron efectos de la suplementación con calliandra, en cambio el recuento fecal de huevos de NGI fue significativamente menor en los animales del tratamiento CF. Este hallazgo está de acuerdo con las observaciones de Paolini *et al.* (2003a) en su evaluación del efecto del suministro de 150ml de extracto de quebracho en suspensión acuosa como fuente de taninos. Los autores reportaron una reducción de 64% en la excreción de huevos de nemátodos, pero no hubo efecto sobre el hematocrito en cabras Saanen infectadas experimentalmente con larvas de *H. contortus.*

Pomroy y Adlington (2005) alimentaron ovejas con sulla (*Hedysarum coronarium*), con un contenido de TC libres de 2.6%, por un período de 10 días y no encontraron diferencias en el número de nemátodos en el tracto digestivo relativo al control. En el estudio de Lange *et al*. (2006), explicado en la pagina 18 de este documento, en el cual se evaluó el efecto de la suplementación con heno de *L. cuneata,* los autores reportaron una disminución significativa en el número de huevos excretados por los grupos que recibieron esta suplementación durante 49 días, pero no reportaron diferencias en el número de larvas en el abomaso.

Paolini *et al*. (2003b) informaron un efecto de los TC asociado al estado parasítico de los nemátodos. Realizaron dos experimentos, en el primer caso infectaron cabros con L3 (larvas en estado infectivo) de *Trychostrongylus colubriformis* y *Telodorsagia circumcincta,* después de 7 semanas suministraron extracto de quebracho a un grupo de animales, dejando otro como control y sacrificaron los animales 11 semanas después. En este experimento hubo una disminución en la excreción de huevos y en la fecundidad de las hembras parasíticas con el suministro del extracto de quebracho, pero no hubo efecto en el número de nemátodos presentes. En el segundo experimento infectaron nuevamente a un grupo de cabros con L3 de *T. colubriformis* y *T. circumcincta,* pero trataron inmediatamente a uno de los grupos con el extracto de taninos. Esta vez hubo una disminución en la población de nemátodos, pero no hubo efecto sobre la fecundidad.

Los resultados citados aportan evidencia confirmativa de la hipótesis de Lange *et al*., (2006) que indica que el efecto de los taninos es sobre la fecundidad de las hembras adultas de NGI y no sobre su viabilidad, lo cual se ve reflejado en una disminución en la excreción de huevos. Sin embargo, el trabajo de *Paolini et al.* (2003b) muestra también un efecto de los TC en el establecimiento de las larvas (L3). Adicionalmente Butter *et al.* (2001) estudió en ratas el efecto de extracto de TC de quebracho sobre nemátodos que viven en el lumen del intestino y nemátodos que viven adheridos a la mucosa, sugiriendo sus observaciones que es necesario el contacto directo entre los taninos y los gusanos para que se manifieste el efecto tóxico. Posiblemente hay disminución en las larvas que aún están en proceso de migración y no en los gusanos ya adheridos a la mucosa abomasal, siendo por consiguiente muy lento el efecto sobre el grado de anemia de los animales. Hay muchos interrogantes y se requieren más estudios sobre el efecto de los taninos de acuerdo al estado parasítico y el mecanismo de acción de los mismos.

El efecto significativo observado de los taninos presentes en la calliandra de disminución en la excreción de huevos de NGI, hace que la suplementación con esta leguminosa sea una alternativa para contribuir al control de estos parásitos en caprinos bajo las condiciones del trópico y para combatir los problemas de resistencia generada a los antiparasitarios. Al disminuir la excreción de huevos por hembras expuestas a los antihelmínticos se reduce la presencia de éstos en las praderas y por consiguiente la reingestión de larvas con genes de resistencia.

6. Validación del método FAMACHA© como herramienta para detectar anemia en cabras bajo las condiciones de este experimento

6.1 Introducción

Un mecanismo importante para disminuir la resistencia a los antihelmínticos por parte de los nemátodos gastrointestinales en pequeños rumiantes es el mantenimiento de la población refugio, que es aquella que no ha sido expuesta a los antihelmínticos y por lo tanto no tiene información genética de resistencia (Van Wyk, 2001). Esto es posible si se desparasita sólo a los animales que lo requieren y se dejan sin tratar a los más resistentes que no presentan signos de anemia. En este sentido el método FAMACHA© resulta una herramienta útil, sencilla y económica para clasificar en las fincas estos grupos de animales.

Este método fue creado en África para diagnósticos en ovejas y allí se ha validado para uso en ovejas y cabras. Recientemente también ha sido validado en el sureste de Estados Unidos y las Islas Vírgenes (Kaplan *et al*., 2004). En Puerto Rico se realizó un estudio de validación (Burke *et al,* 2006) en el cual los propios productores evaluaron a sus animales previo entrenamiento. Los resultados indicaron que el método FAMACHA© sirvió para identificar los animales que debían ser tratados, disminuyendo de esta manera la cantidad de animales expuestos a los antihelmínticos.

Teniendo en cuenta que los datos verificantes obtenidos en Puerto Rico son pocos y que se han encontrado correlaciones entre el hematocrito y el índice FAMACHA© menores en cabras que en ovejas, se decidió validar este método para las presentes condiciones experimentales, utilizando los datos procedentes del experimento del capitulo anterior.

6.2 Objetivo

- Determinar la utilidad del método FAMACHA© para detectar anemia en caprinos bajo las condiciones de esta experimentación.

6.3 Materiales y métodos

Puesto que los muestreos para determinar el índice FAMACHA©, recuento fecal de huevos de nemátodos y hematocrito no se hicieron simultáneamente en el experimento anterior, se seleccionaron cinco períodos en que las fechas de los muestreos coincidieron o estuvieron muy cercanas para realizar la validación. En total se obtuvieron 40 mediciones o diagnósticos de los ocho animales.

Se realizó una tabla de frecuencias para estimar la sensibilidad y especificidad del sistema FAMACHA©, su capacidad para predecir un valor de anemia negativo y uno positivo para las condiciones del experimento, comparando los resultados de la evaluación con la tarjeta y los resultados del hematocrito (Vatta *et al.*, 2001). Para la validación se consideró anémico un animal con hematocrito inferior al 19%, un falso positivo aquel que estuvo en los índices 3 ó 4 con hematocrito superior a 19%, un falso negativo aquel que estuvo en índice 2 con hematocrito inferior a 19%, un verdadero positivo aquel que estuvo en 4 con hematocrito inferior a 19% y un verdadero negativo aquel que estuvo en los índices 2 y 3 con hematocrito superior a 19%. Se calcularon los criterios evaluativos mediante las fórmulas siguientes:

$$\text{Sensibilidad} = \left(\frac{TP}{TP + FN}\right) * 100$$

$$\text{Especificidad} = \left(\frac{TN}{FP + TN}\right) * 100$$

$$\text{Valor para predecir un negativo} = \left(\frac{TN}{FN + TN}\right) * 100$$

$$\text{Valor para predecir un positivo} = \left(\frac{TP}{TP + FP}\right) * 100$$

Donde:

$TP =$ Total positivos

TN = Total negativos

$FP =$ Falsos positivos

$FN =$ Falsos negativos

La sensibilidad es el criterio más importante a tener en cuenta (Kaplan *et al*., 2004). Este criterio está relacionado con la cantidad de animales anémicos diagnosticados erróneamente como sanos, que por consiguiente dejan de ser tratados con antihelmíntico. La especificidad está relacionada con la cantidad de animales diagnosticados erróneamente como anémicos, es decir aquellos tratados con antihelmíntico sin necesitarlo.

Se determinó el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre el hematocrito y las variables índice FAMACHA© y recuento de huevos de NGI usando el procedimiento PROC CORR del programa estadístico SAS/STAT 9.1 (SAS Institute Inc. 2004).

6.4 Resultados

En el Cuadro 7 se presentan los promedios de hematocrito obtenidos y los correspondientes índices de FAMACHA©. Se observa que los promedios se encuentran por encima de lo esperado para los índices 3 y 4. Para el índice 3 se esperarían valores de hematocrito cercanos al 19% y para el índice 4 valores inferiores al 19%. Esto podría deberse a la variación entre animales, algunos más susceptibles empiezan a mostrar signos de anemia con hematocrito aún un poco superior a 19%.

Cuadro 7. Frecuencias del índice FAMACHA© y los promedios de hematocrito correspondientes.

INDICE FAMACHA©	[b]n	HEMATOCRITO (%)	
		Media	[a]E.S.
1	0	-	-
2	1	29	-
3	24	28.1	0.8
4	15	22.7	1.63
5	0	-	-
Total	40	-	-

[a] E.S.= Error estándar [b] n=Número de diagnósticos en cada índice

Para los índices 1 y 5 no se tuvo diagnósticos y para el índice 2 sólo un valor, por lo cual no se pudo medir la eficacia del sistema FAMACHA© en su totalidad y sólo se hizo un estudio de validación parcial correspondiente a los índices 3 y 4. Sin embargo, es importante resaltar que son estos dos niveles, los que definen el estado de anemia de los animales.

En la Figura 25 se presenta la distribución de los datos correspondientes a hematocrito en los índices 3 y 4 de FAMACHA©. Esta figura muestra como varios animales fueron diagnosticados anémicos con hematocrito superior al 19% (falsos positivos) y que todos los animales diagnosticados como no anémicos en el índice 3 tuvieron hematocrito superior al 19% (Verdaderos negativos).

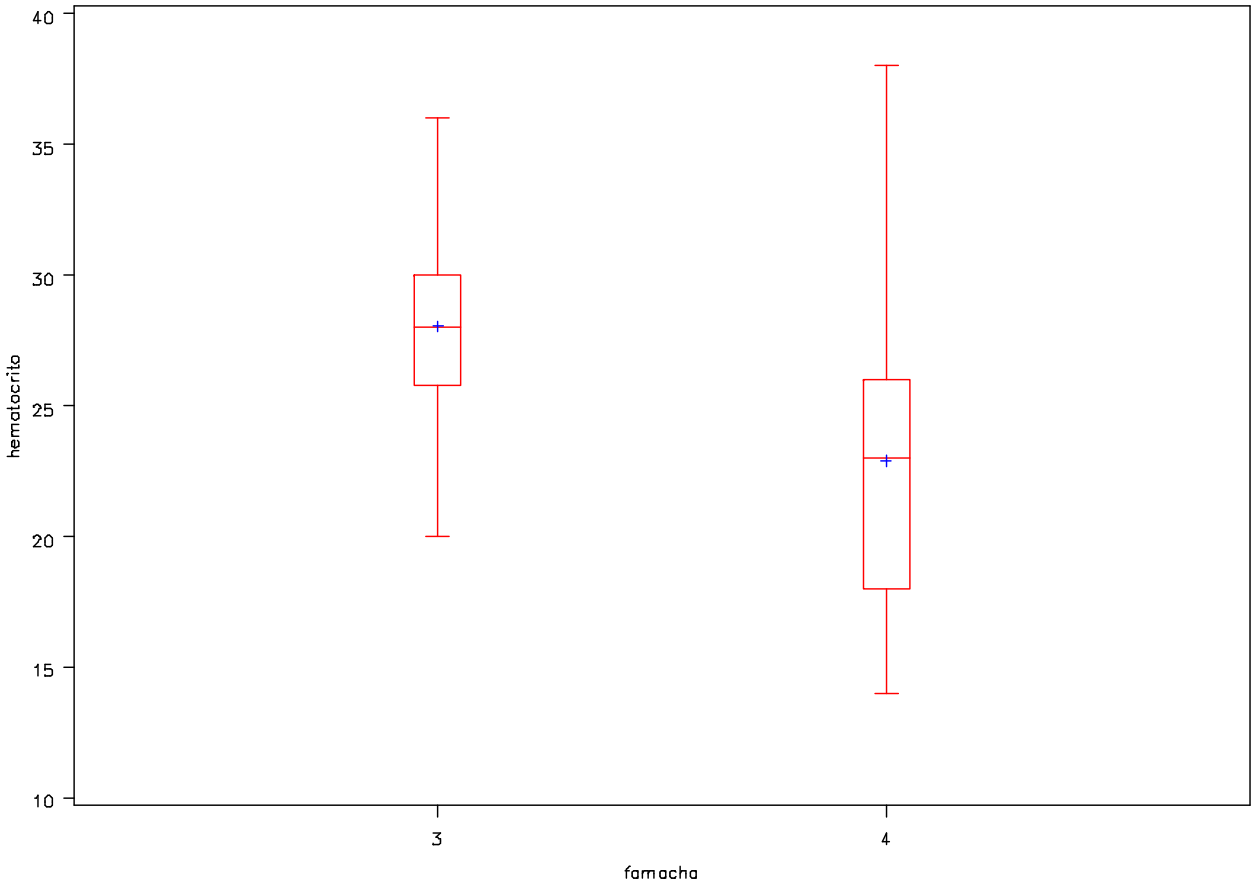


Figura 25. Hematocrito en los índices 3 y 4 de FAMACHA© observados en cabros en pastoreo suplementando con CF (Calliandra Fresca) y HG (Heno de Gramínea).

A partir de las frecuencias presentadas en el Cuadro 8 que comparan los resultados del índice FAMACHA© con el hematocrito, se calculó que para las condiciones del experimento (n=40), el método FAMACHA© tuvo 100% de sensibilidad y 73.5% de especificidad para predecir anemia en caprinos. Además, se obtuvo un valor predictivo de un negativo del 100% y un valor predictivo de un positivo de 62.5%.

Cuadro 8. Frecuencias del índice FAMACHA© respecto al hematocrito, considerando animales anémicos con Hc <19% y no anémicos con Hc ≥19%.

Índice FAMACHA©	Hematocrito <19%	Hematocrito ≥19%
Positivo (4,5)	VP= 6	FP= 9
Negativo (1,2,3)	FN= 0	VN= 25

VP= Verdadero positivo, FN= Falso negativo, FP= Falso positivo, VN= Verdadero negativo.
n =40 diagnósticos

El análisis de correlación lineal de Pearson mostró que en este conjunto de datos existe una relación lineal significativa entre el hematocrito y el índice FAMACHA© (p= 0.0028) y entre el hematocrito y el recuento de huevos de NGI (p=0.0128). La relación del hematocrito fue inversa respecto a las dos variables anteriores, siendo los respectivos coeficientes -0.46 y -0.39.

6.5 Discusión

Para las condiciones del presente experimento la validación parcial del método FAMACHA© mostró que éste es confiable para detectar anemia en caprinos. Los datos de sensibilidad (100%) y especificidad (73.5%) fueron mayores a los obtenidos por Kaplan *et al*. (2004) cuando validaron este método para uso en el sureste de los Estados Unidos y las Islas Vírgenes Norteamericanas. Ellos encontraron sensibilidad de 93.9% y especificidad de 35.5%, para los índices 3, 4 y 5 en caprinos. En el presente estudio el método presentó variación al arrojar algunos falsos positivos, es decir animales en nivel 4 con hematocrito superior a 19%. Sin embargo, lo más

importante es que no hubo ningún falso negativo. Es decir que, aunque se tratan algunos animales que posiblemente no lo estén requiriendo, no se corre el riesgo de dejar de tratar animales que lo necesiten. Por otro lado, Kaplan *et al*., 2004 han recomendado dejar de tratar sólo los caprinos que estén en índices 1 y 2 y tratar los demás. En este caso animales con valores de hematocrito superiores pero cercanos a 19% deben ser tratados.

Burke *et al*. (2006) realizaron un estudio en el que los productores entrenados por los investigadores determinaron el índice FAMACHA©. En esta oportunidad participaron productores de Puerto Rico. Se utilizaron dos valores críticos para diagnosticar anemia, el método conservador que toma como valor crítico el hematocrito en 19%; y otro menos conservador que fija el valor crítico en 15%. En este estudio no encontraron diferencias entre los dos valores críticos en la proporción de falsos negativos, siendo la proporción inferior al 10% con ambos valores. Adicionalmente compararon los resultados al considerar animales anémicos aquellos con índice FAMACHA© 4 y 5 ó con índices 3, 4 y 5, encontrando que la proporción de cabras correctamente diagnosticadas y tratadas fue mayor (87% vs. 65%) al considerar como positivos a anemia los índices 4 y 5. En el presente estudio no se obtuvieron falsos negativos al usar los criterios positivos a anemia los índices FAMACHA© 4 y 5 y el valor de hematocrito más conservador. El hematocrito promedio de los animales en índice 4 estuvo por encima de este valor (Cuadro 7), lo cual confirma la alta sensibilidad del sistema FAMACHA©.

Los presentes resultados del análisis de correlación también coincidieron con los obtenidos por Kaplan *et al*. (2004); ellos encontraron una correlación lineal inversa significativa entre el hematocrito y el índice FAMACHA© y entre el hematocrito y el recuento de huevos de NGI en las heces fecales. Los respectivos coeficientes de correlación que obtuvieron fueron -0.30 y -0.50. En el presente estudio se encontró una correlación más alta entre hematocrito y FAMACHA© (-0.46), pero más baja entre hematocrito y recuento de huevos de NGI (-0.39).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio se puede considerar el método FAMACHA© como una herramienta que permite seleccionar en las fincas los animales a tratar y separar aquellos que no lo requieren. Con esta práctica se espera lograr mantener la población refugio de nemátodos que diluya la resistencia de los parásitos a los antihelmínticos.

7. Conclusiones Generales

- No se obtuvo evidencia de que un mayor nivel de suplementación (300 vs. 600g de alimento concentrado) para la vigorización energética “flushing”, fuera efectiva para promover mayor peso vivo, condición corporal y número de crías por cabra en pastoreo.

- Tampoco se logró mediante el mayor nivel de suplementación beneficios significativos en el peso al nacimiento, la ganancia de peso y el peso al destete de las crías.

- La suplementación de pastoreo con hojas de calliandra fresca en comparación con heno de pasto guinea no afectó el peso vivo, el hematocrito, ni el índice FAMACHA©, en cabros destetados, pero disminuyó la excreción de huevos de nemátodos en las heces fecales.

- La suplementación con hojas de calliandra fresca puede recomendarse como una práctica nutricional que debería contribuir a la reducción de la carga parasitaria en las praderas, por medio un efecto acumulativo sobre la existencia de huevos de NGI.

- La disminución en el uso de antihelmínticos que se hace posible mediante la suplementación con calliandra y el uso adecuado del método FAMACHA©, con el consecuente mantenimiento de poblaciones refugio de nemátodos en las praderas, constituyen una estrategia sostenible y aplicable en campo para combatir la resistencia genética a los antiparasitarios.

8. Implicaciones

- La vigorización energética “flushing” se practica para mejorar el desempeño reproductivo de las cabras, pero es necesario realizar más estudios bajo condiciones tropicales para definir los niveles óptimos de energía a utilizar, desde el punto de vista nutricional y económico.

- Dada la disminución en la excreción de huevos de NGI obtenida mediante la suplementación con calliandra y la ausencia de efectos positivos sobre el estado de anemia de los animales, es importante continuar investigando sobre el mecanismo de acción antiparasítica (presumiblemente involucrando los TC) y considerando las diferentes etapas del desarrollo de los NGI dentro del huésped.

- La alimentación con plantas ricas en TC y el uso adecuado del método FAMACHA© son prácticas que deben seguir desarrollándose y ser socializadas con los productores, ya que lucen como alternativas viables, para dar inicio a la solución del grave problema de resistencia a los antihelmínticos.

.

Bibliografía

Acurero, M. 2000. Estrategias de suplementación en ovejas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado de Zulia. FONAIAP Divulga No. 66.

Álvarez, S. M., Pérez, G. J., Mainar, J. R. y Rojo, V. F. 2004. Consideraciones sobre el control de algunas enfermedades parasitarias de los ovinos. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de León. VET – UY (017). 7/12/04.

Anbarasu, C., Dutta, N., Sharma, K. and Rawat, M. 2003. Response of goats to partial replacement of dietary protein by a leaf meal mixture containing *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* and *Tectona grandis.* Small Rumin. Res. 51:47-56.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15 ed. Arlington, VA.

Barahona, R., Lascano, C., Cochran, R., Morrill, J. and Titgemeyer, E. 1997. Intake, digestion, and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. J. Anim. Sci. 75:1633-1640.

Barry, T. N., and McNabb, W.C. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. Br.J.Nutr. 81: 263-272.

Bath G. F. and Van Wyk, J. A. 2001. Using the FAMACHA© system on commercial sheep farms in South Africa. Proceeding of the 5th International Sheep Veterinary Congress, 22 –25 January 2001, Cape Town, South Africa.

Burke, J. M., Getz, W.R., Kaplan, R.M., Millar, J. E., Mobini, S., Terrill, T.H., Valencia, E., Williams, M.J. and Vatta, A. F. 2006. Validation of the FAMACHA© system for on-farm use by sheep and goat producers in the southeastern U.S. Vet. Parasitol., (Submitted).

Burke, J. 2005. Management of Barber Pole Worm in Sheep and Goats in the Southern U.S. Small Farms Research Center, SPA, ARS, USDA.

Butter, N. L., Dawson, J. M., Wakelin, D. and Buttery, P. J. 2001. Effect of dietary condensed tannins on gastrointestinal nematodes. J. Agric Sci. (Camb.), 137:461-469.

Casas, A y Cianzio, D. 2005. Informe de la empresa de producción de carne 2005. Departamento de Industria Pecuaria, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez.

Chamberlain, J. R. 2001. *Calliandra calothyrsus:* An agroforestry tree for the humid tropics. Oxford University Press, U. K. p. 348-352.

Cissé, M., M'Baye, I., Sane, I., Corréa, A. and N'Diaye, I. 1992. Seasonal changes in body condition of the Senegalese Sahel goat: relationship to reproductive performance. Proceedings of the Second Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network AICC, Arusha, Tanzania 7-11 December/1992.

Combellas, J., Rios, L., Osea, A. y Rojas, J. 1999. Efecto de la suplementación con follaje de leguminosas sobre la ganancia en peso de corderas recibiendo una dieta basal de pasto de corte. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16: 211-216.

Cook, B., Pengelly, B, Brown, S., Donnelly, J., Eagles, D., Franco, A., Hanson, J., Mullen, B., Partridge, I., Peters, M. and Shultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages: An Interactive Selection Tool. CSIRO Sustainable Ecosystems, Department of Primary Industries & Fisheries (Qld), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and the International Livestock Research Institute (ILRI). Disponible en: http://www.tropicalforages.info.

Cortés, J., Tiemann, T.T., Carulla, J., Pabón, M., Lascano, C. E., Kreuzer, M and Hess, D. 2005. In vitro assessment of ruminal protein degradability and protein release under conditions resembling acid-pepsin digestion in the abomasums. In: Tropical grasses and legumes: optimizing genetic diversity for multipurpose use. Annual report 2005 IP5 project. CIAT.

Dapoza, C., Zarazaga, L., Castrillo, C. and Forcada, F. 1995. The effect of body condition at weaning and its subsequent evolution on the resumption of oestrus activity of Raza Aragonesa ewes. En Purroy A. (ed.). Body condition of sheep and goats: Methodological aspects and applications. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ. p. 101-107.

De la Isla, G., Aké, R., Magaña, J. G., Cancino, G. y Centurión, F. 2005. Efecto de la condición corporal sobre el ciclo estral y la actividad ovárica en ovejas de pelo. XIX Reunión ALPA. Tampico, México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 13. Supl. 1.

Ebong, C. 1996. Calliandra leaf meal in goats rations: Effects on protein degradability in the rumen and growth in goats. Proceedings of the Third Biennial conference of the African small ruminant research network, UICC, Kampala, Uganda, 5-9 December 1994.

Goonewardene, L.A., Whitmore, S., Borcher, T., Okine, E., Ashmawy, O. and Emond, S. 1997. Effect of prebreeding maintance diet on subsequent reproduction by artificial insemination in Alpine and Saanen goats. Theriogenology. 48:151-159.

Gypson, A. T. 2000. Demand for Goat Meat: Implications for the Future of the Industry. Agricultural Research and Extension Programs. Langston University. Langston, OK.

Hagerman, A. Robbins, C.H.T., Weerasuriya, Y., Wilson, T. C. and McArthur C. 1992.Tannin chemistry in relation to digestion. Range Manag. 45 (1) 57-62.

Hutchens, T., Chappell, M., and Simon, M. 2004. Kentucky Cooperative Extension Service Evaluates FAMACHA©. Goat producer's Newsletter. Cooperative Extension Service. University of Kentucky. College of Agriculture. August-September 2004 – 01704.

Kaplan, R. M., Burke, J. M., Terrill, T. H., Miller, J. E., Getz, W. R., Mobini, S., Valencia, E., Williams, M. J., Williamson, L. H., Larsen, M. and Vatta, A. F. 2004. Validation of the FAMACHA© eye color chart for detecting clinical anemia in sheep and goats on farms in the southern United States. Vet. Parasitol. 123:105-120.

Kaplan, R. M. 2002. Modified McMaster egg counting for quantification of nematode eggs. University of Georgia, College of Veterinary Medicine. Athens, GA.

Kochapakdee, S., Pralomkan, W., Saithanoo, S., Lawpetchara, A. and Norton, B. W. 1994. Grazing management studies with Tait goats: Reproductive performance of different genotypes of does grazing improved pasture with or without concentrate supplementation. Asian- Aus. J. Anim. Sci. 7: 289-294.

Kusina, N. T., Chinuwo, T., Hamudikuwanda, H., Ndlovu, L. R. and Muzanenhamo, S. 2001. Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. Small Rumin. Res. 39 (3):283-288.

Lachica, M. and Aguilera, J. F. 2005. Energy needs of the free-ranging goat. Small Rumin. Res. 60:111-125.

Landau, S., Morand-Fehr, P., Bas, P., Schmidely, P. and Giger-Reverdin, S. 1997. Nutritional efficiency for conception, pregnancy and lactation in goats with an emphasis on glucose and nitrogen metabolism. En Morand-Fehr P. (ed.). Recent advances in goat research. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ. p. 59-70.

Lange K. C., Olcott, D. D., Miller, J. E., Mosjidis, J. A., Terrill, T. H., Burke, J. M. and Kearney, M. T. 2006. Effect of sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) fed as hay, on natural and experimental *Haemonchus contortus* infections in lambs. Vet. Parasitol. 3656 No of pages 6.

Lymon, R. and Longnecker, M. 2001. An introduction to statistical methods and data analysis. Fifth edition. Texas A & M University, Duxbury Thomson Learning.

Lu, D. and Potchoiba, M. 1990. Feed intake and weight gain of growing goats fed diets of various energy and protein levels. J. Anim. Sci. 68:1751-1759.

Luo, J., Goetsch, A. L., Nsahlai, I. V., Moore, J. E., Galyean, M. L., Johnson, Z. B., Sahlu, T., Ferrell, C. L. and Owens, F. N. 2004. Voluntary feed intake by lactating, Angora, growing and mature goats. Small Rumin. Res. 53:357-378.

Luginbuhl, J. M., and Poore, M. 1998. Nutrition of Meat Goats. Department of Animal Science, North Carolina State University. Raleigh, NC.

Luginbuhl, J. M.. 1998. Preparing meat goats for the breeding season. North Carolina State University College of Agriculture and Life Sciences. ANS 00-602MG. Raleigh, NC.

Macedo, V., Damasceno, J., Tadeu dos Santos, G., Martins, E., Macedo, F., Do canto, M. 2002. Efeito de estratégia de suplementação com concentrado no desempenho de cabras mestiças Saanen, em dois sistemas de produção. R. Bras. Zootec., 31(1): 460-466 (suplemento).

Mahgoub, O., Lu, C. D., Hameed, M. S., Rcichie, A., Al-Halhali, A. S. and Annanamalai, K. 2005. Performance of Omani goats fed diets containing various metabolizable energy densities. Small Rumin. Res. 58:175-180.

Mani, A. U., McKelvey, W. A. C., and Watson, E. D. 1992. The effects of low level of feeding on response to synchronization of estrus, ovulation rate and embryo loss in goats. Theriogenology, 38 (6):1013-1022.

Martínez de Acuero, M., Mazzarri, G., Rodríguez, J., Quintana, H. y Chicco, C.1986. Suplementación energética y proteica pre-servicio en ovejas west african. Zootecnia Tropical, 4 (1 y2):19-28.

McNabb, W. C, Waghorn, G. C, Barry, T. N. and Shelton, I. D. 1993. The effect of condensed tannins on Lotus pedunculatus on the digestion and metabolism of methionine, cystine and inorganic sulphur in sheep. Br. J. Nutr. 70:647-661.

Mehlhorn, H. 2000. Encyclopedic referente of parasitology. Second Edition. © Springer-Verlag Heidelberg. Online-Version: Informatik II, Universität Würzburg.

Mellado, M., Valdez, R., Lara, L. and García, J. 2004. Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. Small Rumin. Res. 55:191-198.

Molan, A. L., Waghorn, G. C. and McNabb, W. C. 2002. Effect of condensed tannins on eggs hatching and larval development of *Trychostrongylus colubriformis in vitro*. Vet. Rec. 150 (3), 65-69 (5).

National Research Council (NRC). 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meats goats in temperate and tropical countries. National Academy Press, Washington D.C.

Nhereraa, F., Ndlovua, L. R. and Dzowelab, B. H. 1998. Utilization of *Leucaena diversifolia, Leucaena esculenta, Leucaena pallida* and *Calliandra calothyrsus* as nitrogen supplements for growing goats fed maize stover. Anim. Feed Sci. Technol. 74:15-28.

Niec, R. 1968. Cultivo e identificación de larvas infectantes de nemátodes gastrointestinales del bovino y ovino. Red de helmintología para América Latina y el Caribe. Disponible en http://cnia.inta.gov.ar/helminto

Noto, F., Hess, H., Tiemann, T., Kreuzer, M., Franzel, S. and Lascano, C. E. 2004. Effect of the cultivation site (Kenya or Colombia) on ruminal fermentation characteristics of *Calliandra calothyrsus var. Pututul*. In: Tropical Grasses and Legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose use. Annual report 2004. Project IP-S. CIAT. Cali, Colombia.

Nsahlai, I. V., Goetsch, A. L., Luo, J., Johnson, Z. B., Moore, J. E., Sahlu, T., Ferrell, C. L, Galyean, M. L. and Owens F. N. 2004. Metabolizable energy requirements of lactating goats. Small Rumin. Res. 53:253-273

Obispo, N. E. 2005 El uso de fuentes de nitrógeno no proteico en los rumiantes. Revista Digital CENIAP HOY, número 8, Mayo – Agosto 2005. Maracay Venezuela. URL: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulo/n8/obispo n/obispo n.htm.

Otero M. J, e Hidalgo, L. G. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parásitos gastrointestinales (una revisión). Livestock Research for Rural Development 16 (2) art # 13.

Pagan, M, M., Quiñones, C., Valencia, E. y Rodríguez, A. 2005. Integración de DrenchRite© y Famacha© para el control de nemátodos en pequeños rumiantes. XIX Reunión ALPA. Tampico, Mexico.

Palmer, B., Macqeen, D. J. and Gutteridge, R. 1998. *Calliandra calothyrsus* a multipurpose tree legume En: Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Tropical Grassland Society of Australia, Inc. Queensland, Australia.

Pamo Tedonkeng, E., Boukila, B., Fonteh, F. A., Tendonkeng, F. and Kana, J. R. 2005. Chemical composition and effect of supplementation with the leaves of *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala* on the milk production and growth of kids of West African dwarf goats. Livestock Research for Rural Development 17(3) art # 30.

Paolini, V., Bergeaud, J. P., Grized, C., Prevot, F., Dorchies Ph. and Hoste, H. 2005. Effects of the repeated distribution on Sainfoin hay on the resistance and the resilience of goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. Vet. Parasitol. 127:277-283.

Paolini, V., Bergeaud, J. P., Grized, C., Prevot, F., Dorchies, Ph. and Hoste, H. 2003a. Effects of condensed tannins on goats experimentally infected with *Haemonchus contortus*. Vet. Parasitol. 113, 253-261.

Paolini, V., Frayssines, A., De la Farge, F., Dorchies, P., and Hoste, H. 2003b. Effects of condensed tannins on established populations and incoming larvae of *Trychostrongylus colubriformis* and *Teladorsagia circumcincta* in goats. Vet. Res. 34:331-339.

Patra, A., Sharma, K., Dutta, N. and Pattanaik, A. K. 2002. Effect of partial replacement of dietary protein by a leaf meal mixture containing *Leucaena leucocephala, Morus alba* and *Azadirachta indica* on performance of goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 15, (12):1732-1737.

Pérez, R. A. and Norton, B. W. 1996. The effects of condensed tannins from *Desmodiun intortum* and *Calliandra calothyrsus* on protein and carbohydrate digestion in sheep and goats. Br. J. Nutr. 76: 512-533.

Pomroy, W. E. and Adlington, B. A. 2006. Efficacy of short-term feeding of sulla *(Hedysarum coronarium)* to young goats against a mixed burden of gastrointestinal nematodes. Vet. Parasitol. 3405, No of pages 4.

Reed, J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. J. Anim. Sci. 73:1516-1528.

Reed, J. D, Soller, H and Woodward A. 1990. Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility, and the effects of phenolics on nitrogen utilization. Anim. Feed Sci. Technol. 30:39-50.

Rivera, M. F. 2006. Contenido de taninos condensados en *Calliandra calothyrsus*. Trabajo de investigación durante programa de intercambio. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez - Estación Experimental Agrícola de Texas. (Sin publicar).

Rosales, M. 1998. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales.Conferencia electrónica FAO-CIPAV sobre "Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica".

Sahlu, T., Hart, S. P., Le- Trong, T., Jia, Z., Dawson, L., Gibson, T., and Teh, T. H. 1995. Influence of prepartum protein and energy concentrations for dairy goats during pregnancy and early lactation. J. Dairy Sci. 78:378-387.

Sahlu, T., Goetsch, A. L., Luo, J., Nsahlai, I. V., Moore, J. E., Galyean, M. L., Owens, F. N., Ferrell, C. L. and Johnson. Z. B. 2004. Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. Small Rumin. Res. 53:191-219.

Salim, H. M., Shahjalal, M., Tareque, M. M. and Kabir, F. 2002. Effects of concentrate supplementation on growth and reproductive performance of female sheep and goats under grazing condition. Pakistan J. Nutr. 1(4): 191-193.

Sánchez C., y García, M. 1998. Suplementación de *Leucaena leucocephala* en caprinos criados bajos sistemas tradicionales de explotación. Zootecnia Tropical. 16 (1):113-126.

SAS Institute Inc. 2004. *SAS*/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute, Inc. Cary, NC.

Spahr, L. 2004. Body condition scoring in meat goats. Penn State College of Agricultural Sciences. Cooperative Extension in Bedford County. Available online at http://bedford.extension.psu.edu/Default.asp.

Sturm, C. D., Hess, H. D., Tiemann, T. T., Avila, P., Ramírez, G., Lascano, C. E. and Kreuzer, M. 2004. Assessment of in vitro fermentation dynamics of tanniniferous legumes using the gas transducer technique. In: Tropical Grasses and Legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose use. Annual report 2004. Project IP-S. CIAT. Cali, Colombia.

U.S. Department of Agriculture. 2007. International meat review. Livestock & Grain Market News Branch. Vol.11 No. 08. Disponible en línea en http://ams/usda.gov

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. p. 10, 413.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccarides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

Van Wyk, J.A., 2001. Refugia: overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. Onderstepoort J. Vet. Res. 68, 55–67.

Vatta, A.F., Letty, B. A., van der Linde, M. J., van Wijk, E. F., Hansen, J. W., Krecek, R.C. 2001. Testing for clinical anemia caused by *Haemonchus* spp. in goats farmed under resource-poor conditions in South Africa using an eye color chart developed for sheep. Vet. Parasitol. 99:1–14.

Villaquirán, M., Gipson, R., Merkel, R., Goetsch, A. and Sahlu, T. 2004. Body Condition Scores in Goats. Langston University, Agriculture Research and Cooperative Extension. Langston, OK.

Walkden-Brown, S. W. and Bocquier, F. 2000. Nutritional regulation of reproduction in goats. 7th International Conference on Goats, France, 15-21 May 200. Disponible en línea en http://www.iga-goatworld.org/conference/index.htm.

Waller, P. J. 2002. Global perspectives on nematode parasite control in ruminant livestock: the need to adopt alternatives to chemotherapy, with emphasis on biological control. Biological control of nematode parasites of small ruminants in Asia. Final Proceedings of FAO Technical Co-operation Project in Malaysia TCP/MAL/0065 (T).

Apéndices

Apéndice 1. Información inicial de los animales en el experimento 1

Grupo de cabras que recibió baja suplementación (300g/día)

N° cabra	**Peso (kg)**	**Edad (años)**	**N° de crías último parto**
4	47.3	3.5	1
120	37.7	2.5	1
108	35.5	2.5	2
106	40.9	1.5	2
117	35.2	2.5	2
119	36.4	2.5	2
Promedio	**38.8**	**2.5**	**1.7**

Grupo de cabras que recibió alta suplementación (600g/día)

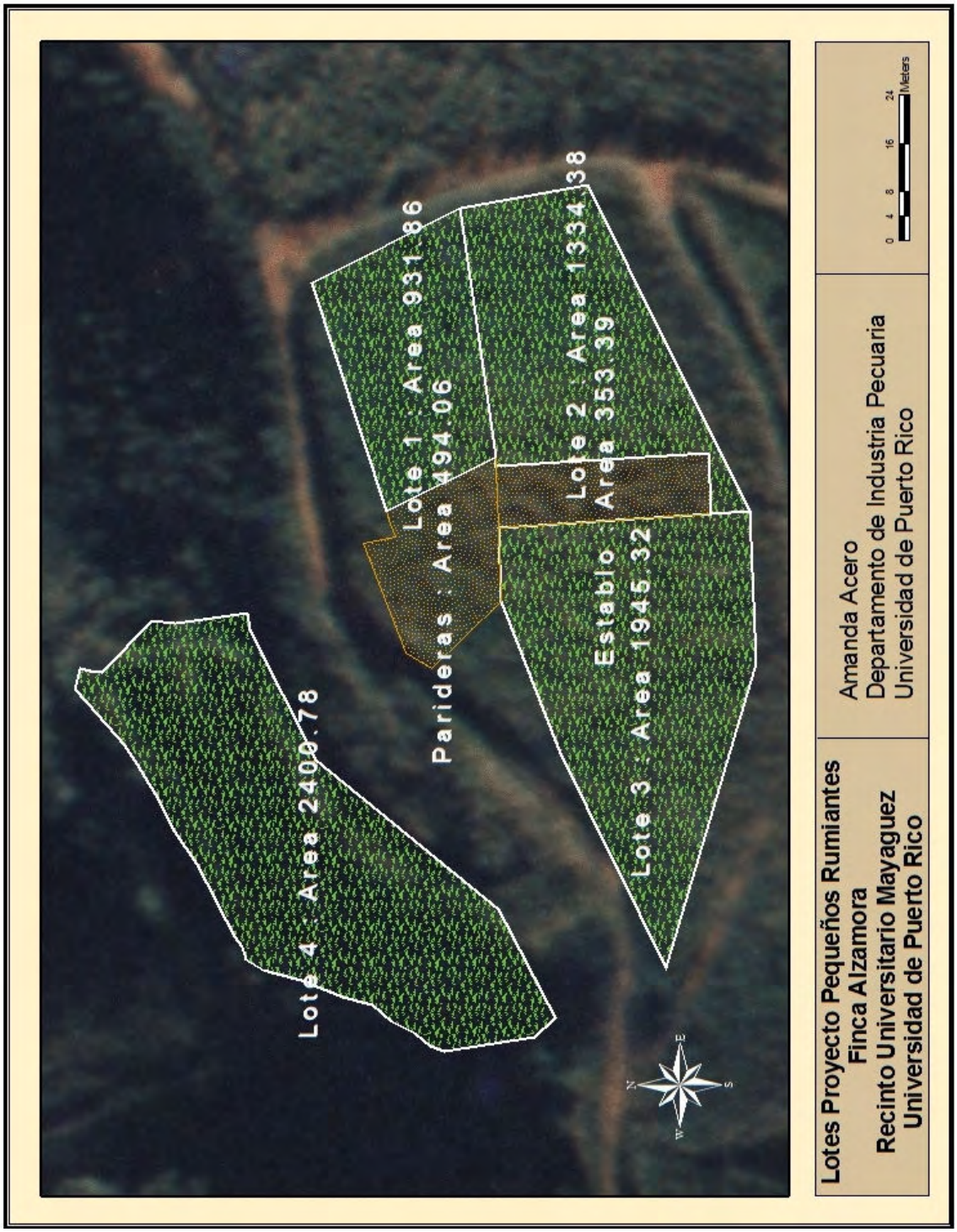
N° cabra	**Peso (kg)**	**Edad (años)**	**N° de crías último parto**
5	50.0	3.5	1
31	28.1	2.0	1
116	34.8	2.0	2
122	43.8	2.5	2
109	32.1	2.5	2
184	37.5	2.5	2
Promedio	**37.7**	**2.5**	**1.7**

Apéndice 2. Peso inicial de los animales en el experimento 2

Grupo suplementado con hojas de calliandra fresca

N° cabro	**Peso (kg)**
128	9.1
132	10.9
131	11.8
127	14.1
Promedio	**11.5**

Grupo suplementado con heno de gramínea

N° cabro	**Peso (kg)**
130	8.6
133	10.4
126	12.7
129	13.2
Promedio	**11.2**

Apéndice 3. Mapa de los predios de la Finca Alzamora pastoreados por los caprinos en los experimentos