

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia
Programa de Maestría en Producción Animal

ENGORDA DE CORDEROS PASTOREANDO PRADERAS DE OVILLO CON
DIFERENTE DENSIDAD DE TRÉBOL BLANCO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:

JUAN FELIPE CUICA ALVAREZ



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Marzo 2003
Chapingo, Estado de México

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

Bib. 986 25

**ENGORDA DE CORDEROS PASTOREANDO PRADERAS DE OVILLO CON
DIFERENTE DENSIDAD DE TRÉBOL BLANCO**

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

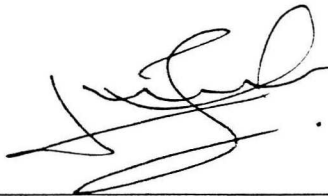
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR:



DR. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. MAXIMINO HUERTA BRAVO

ASESOR:



DR. JOSÉ ARTEMIO CADENA MENESES

A. 40793

DEDICATORIA

A mis padres Juana Alvarez Pineda y Felipe Cuica Toribio por su paciencia y apoyo incondicional en todo momento para lograr mi superación personal y formación profesional y por darme un ejemplo de honestidad y trabajo.

A mi hermana Amaranta Viridiana Cuica Alvarez, por su amistad, confianza y cariño para con mi persona.

A mi hermano y su familia, especialmente a mis sobrinos Sebastián y Michelle Cuica Correa por ser la alegría de esta familia.

A Fabiola Chew Salazar por su ayuda en la realización de este trabajo, por compartir su alegría y por acercarme a Dios en los momentos difíciles del camino.

A Dios por otorgarme una maravillosa familia, por poner en mi camino a una increíble compañera y por permitirme disfrutar de ellos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Postgrado en Producción Animal, por permitirme realizar mis estudios de maestría en esta noble institución.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento brindado para la realización de mis estudios de postgrado.

Especialmente al Ph D. Pedro Arturo Martínez Hernández, por la dirección del trabajo, por el gran apoyo brindado y por compartir sus conocimientos base importante de mi formación personal.

Al Ph D. Maximino Huerta Bravo y al Dr. José Artemio Cadena Meneses, por sus valiosas observaciones y recomendaciones para mejorar el presente trabajo.

Al Ing. Juan Miguel Pérez Bello por compartir la realización de este trabajo.
A la familia Pérez López por su amistad y compartir su alegría de vivir.

A mis compañeros y profesores del Postgrado en Producción Animal por su amistad y por compartir sin egoísmo parte de sus conocimientos y experiencias

RESUMEN

Engorda de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad

de trébol blanco

El objetivo del estudio fue evaluar el cambio de peso vivo de corderos pastoreando praderas de ovillo (*Dactylis glomerata*) con diferente densidad de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (TB) a la siembra. Las densidades de TB fueron 0, 25, 50 y 75%; en 0% TB hubo dos tratamientos: uno con ($50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ pastoreo}^{-1}$) y otro sin N. El diseño experimental fue completamente al azar, con dos y tres repeticiones. Se realizaron dos periodos de pastoreo independientes, uno en otoño y otro en primavera. En ambos periodos el pastoreo fue en franjas con asignación del 8 % PV día⁻¹. En otoño, la masa de forraje ofrecida total (MFO) mostró efecto ($P \leq 0.05$) de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo, como del ciclo, sin variación ($P > 0.05$) por el tratamiento; en primavera, la MFO vario ($P \leq 0.05$) por el tratamiento. En otoño, tanto el forraje residual (FR) como el desaparecido (FD) tuvieron efecto ($P \leq 0.05$) de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo, sin variación ($P > 0.05$) por tratamientos ni por ciclo de pastoreo. En primavera, el FR mostró ($P \leq 0.05$) efecto del tratamiento como de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo, sin variación ($P > 0.05$) por ciclo de pastoreo; el FD presentó efecto ($P \leq 0.05$) de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo. En otoño y primavera, el tipo de pradera determinó ($P \leq 0.05$) el peso vivo de los corderos al final del periodo, presentando el mayor peso vivo (36.2 y 37.9 kg cordero⁻¹, respectivamente) los corderos en pradera 75% TB y el mínimo peso vivo (34.6 y 32.3 kg cordero⁻¹, respectivamente) en ovillo sin N. El peso vivo de corderos en pastoreo, puede incrementarse al incluir 25 a 75% de TB en praderas de ovillo, el efecto positivo se hace más evidente luego de alrededor de 10 meses de la siembra.

Palabras claves: Ovillo, trébol blanco, corderos, peso vivo.

Summary

Fattening of lambs grazing orchardgrass pastures with different density of white clover

The objective of the study was to evaluate live-weight change in lambs grazing orchardgrass (*Dactylis glomerata*) pastures with different density of white clover (*Trifolium repens* L.). White clover densities were: 0, 25, 50 and 75%; at 0% white clover there were two treatments added: one with (50 kg N ha⁻¹grazing⁻¹) and other without N. Experimental design was a completely random with two and three replications. Two grazing periods were done, one in fall the other in spring. In both seasons, strip grazing with 8% daily herbage allowance was followed. In fall, total herbage mass on-offer showed effect ($P < 0.05$) of the interaction treatmentXgrazing cycle and of grazing cycle, with no effect ($P > 0.05$) of treatment; in spring, only treatment effect ($P < 0.05$) was found. In fall, both residual and disappeared herbage masses showed effect ($P < 0.05$) of the interaction treatmentXgrazing cycle, only. In spring, residual herbage mass showed effect ($P < 0.05$) of treatment and of the interaction treatmentXgrazing cycle; while herbage disappearance varied ($P < 0.05$) due to the interaction treatmentXgrazing cycle. In fall and spring the pasture determined ($P < 0.05$) live-weight of lambs at the end of the grazing period, the highest live-weights in both seasons were found in lambs grazing 75% white clover-pasture (36.2 and 37.9 kg lamb⁻¹, respectively), and the lowest live-weights in the lambs grazing orchardgrass pasture with no N (34.6 and 32.3 kg lamb⁻¹, respectively). Live-weight of lambs increases if 25 to 75 % white clover is included in orchardgrass pastures, the positive effect of white clover requires some time after the seeding (up to 10 months).

Key words: orchardgrass, white clover, lambs, live-weight.

TABLA DE CONTENIDO

	Página.
INDICE DE CUADROS	V
 I . INTRODUCCIÓN	 1
 II . OBJETIVOS	 3
2.1. General	3
2.2. Particulares	3
 III REVISIÓN DE LITERATURA	 4
3.1. Componentes del consumo por rumiantes en pastoreo	4
3.1.1. Componentes del comportamiento ingestivo	4
3.1.2. Factores no nutricionales del forraje	6
3.1.2.1.Estructura de la pradera	6
3.1.2.2. Masa de forraje	7
3.1.2.3. Composición botánica y morfológica de la pradera	8
3.1.3. Factores del animal que afectan el consumo en pastoreo	10
3.1.3.1. Selectividad	10
3.1.3.2. Especie	10

3.1.3.3. Raza	11
3.1.3.4. Edad	11
3.1.3.5. Sexo	12
3.1.3.6. Estado fisiológico	12
3.2. Limitantes a la producción de rumiantes en pastoreo	12
3.2.1. Valor nutritivo de los forrajes	14
3.2.1.1. Sustancias depresoras de la calidad del forraje	17
3.2.1.1.1. Ácidos orgánicos	17
3.2.1.1.2. Nitratos	18
3.2.1.1.3. Glucósidos	19
3.2.1.1.4. Alcaloides	19
3.2.1.1.5. Saponinas	20
3.2.2. Suplementación estratégica para el animal en pastoreo	21
3.2.2.1. Suplementación mineral	25
3.3. Factores ambientales que afectan la producción de forraje	27
3.3.1. Factores climáticos	27
3.3.1.1. Radiación	28
3.3.1.2. Temperatura	28
3.3.1.3. Humedad	29
3.3.2. Factores edáficos	30
3.4. Características de la cosecha por pastoreo	31

3.5. Reportes nacionales de ganancia de peso en ovinos para carne en praderas templadas y tropicales	37
3.6. Características generales de trébol blanco – ovilla	41
IV. MATERIALES Y MÉTODO	44
4.1. Localización	44
4.2. Clima	44
4.3. Tratamientos y diseño experimental	44
4.4. Manejo de los potreros experimentales	46
4.5. Manejo de los animales	48
4.6. Manejo del Pastoreo	49
4.7. Variables medidas	50
4.7.1. Mediciones en los potreros	51
4.7.1.1. Masa de forraje	51
4.7.1.2. Forraje ofrecido y residual	51
4.7.2. Mediciones en los corderos	53
4.8. Manejo y análisis estadístico de los datos	54
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
5.1. Atributos de la producción de forraje	58
5.2. Cantidad de forraje ofrecido, residual y desaparecido	63
5.3. Concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido, residual y desaparecido	68

5.4. Atributos del comportamiento animal	72
5.5. Comportamiento ingestivo de corderos en pastoreo	79
 VI. CONCLUSIONES	 85
 VII. LITERATURA CITADA	 86

ÍNDICE DE CUADROS

	Página.
Cuadro 1. Composición botánica y morfológica (%) del forraje ofrecido en una pradera rye grass – trébol blanco	32
Cuadro 2. Composición botánica (%) de la dieta seleccionada por ovinos fistulados pastoreando una pradera de rye grass – trébol blanco	33
Cuadro 3. Composición morfológica (%) del forraje de una pradera de pasto ovillo en diferente ciclo de pastoreo por ovinos	34
Cuadro 4. Atributos de producción animal por ovinos en pastoreo de praderas templadas. Promedios de 20 estudios nacionales	38
Cuadro 5. Ganancia diaria de peso en ovinos pastoreando estrella a diferente carga animal	40
Cuadro 6. Reportes de producción de forraje en México de praderas asociadas trébol blanco – ovillo	43
Cuadro 7. Descripción de los tratamientos y número de repeticiones	45
Cuadro 8. Densidades de siembra (Kg SPV ha^{-1}) de trébol blanco y ovillo para mantener una misma densidad de individuos* por superficie, pero con diferente aporte de trébol blanco	47
Cuadro 9. Masa de forraje (kg ha^{-1}) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco durante el pastoreo de otoño	58
Cuadro 10. Masa de forraje (kg ha^{-1}) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco durante el pastoreo de primavera	61

Cuadro 11. Cantidad de forraje ofrecido, residual y desaparecido (kg ha^{-1}) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol pastoreadas por corderos en otoño	64
Cuadro 12. Cantidad de forraje ofrecido, residual y desaparecido (kg ha^{-1}) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol pastoreadas por corderos en primavera	66
Cuadro 13. Concentración de nitrógeno (%) del forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol pastoreadas por corderos en otoño	69
Cuadro 14. Concentración de nitrógeno (%) del forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol pastoreadas por corderos en primavera	70
Cuadro 15. Atributos de peso vivo (kg cordero^{-1}) de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco en otoño	73
Cuadro 16. Atributos de peso vivo (kg cordero^{-1}) de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco en primavera.....	74
Cuadro 17. Tiempo dedicado al pastoreo ($\text{minutos } 8\text{h}^{-1}$) por corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol durante otoño y primavera a diferentes días de estar en pastoreo	80
Cuadro 18. Distribución en el día del tiempo dedicado al pastoreo ($\text{minutos } 8\text{h}^{-1}$) por corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol en otoño y primavera durante el tiempo de exposición al área de pastoreo	83

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción animal en pastoreo tienen como característica principal un bajo costo de producción, además de poder establecerse en áreas marginales que no podrían utilizarse para otro tipo de producción agrícola. En México, la importancia de los sistemas de producción animal en pastoreo también radica en el potencial productivo de las praderas, la existencia de productores dedicados a la producción animal en pastoreo, y en que 62 % de la superficie del territorio nacional es susceptible de ser explotada mediante este sistema.

La investigación y desarrollo de sistemas de pastoreo que optimicen la producción de energía y proteína por superficie de terreno disponible, manteniendo reducidos los costos de producción, conducirán a la competitividad de la empresa pecuaria (Angeles, 1998). En este contexto, es importante buscar alternativas agronómicas que mejoren la producción y rentabilidad de la empresa ganadera en pastoreo.

En condiciones templadas de México, praderas asociadas gramínea – leguminosa, donde el componente leguminosa sea trébol blanco pueden ser una alternativa para mejorar la producción animal de sistemas de pastoreo, ya que el trébol blanco puede ser la vía para una alta incorporación de nitrógeno al sistema así como para ofrecer una dieta de mayor calidad al animal en pastoreo por ser una especie de alta digestibilidad y contenido de proteína cruda.

La magnitud del impacto positivo (incorporación de nitrógeno al sistema y mejorar la dieta del animal en pastoreo) del trébol blanco en una pradera asociada puede ser dependiente de la densidad de población que presenta dicha especie. Por lo tanto, es de interés investigar la relación entre la densidad de población de trébol blanco en una asociación gramínea – leguminosa con el nivel de producción animal por unidad de superficie de pradera y por animal, ambos como atributos que sintetizan las mejoras en la producción y calidad del forraje de una pradera.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Determinar la producción animal medida como peso vivo de corderos pastoreando praderas de ovillo (*Dactylis glomerata*) con diferente densidad poblacional de trébol blanco (*Trifolium repens*) a la siembra.

2.2. Particulares

- a) Determinar la cantidad y calidad del forraje presente en praderas de ovillo con diferente densidad poblacional de trébol blanco.
- b) Determinar los cambios de peso vivo de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad poblacional de trébol blanco.
- c) Determinar atributos del comportamiento ingestivo de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad poblacional de trébol blanco.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. COMPONENTES DEL CONSUMO POR RUMIANTES EN PASTOREO

La productividad de las empresas pecuarias basadas en el pastoreo, es un fenómeno relativamente sencillo de evaluar desde el punto de vista económico, sin embargo, la serie de eventos biológicos para lograr dicha productividad resulta complicada de entender debido a que depende de un gran número de factores. Entre ellos, el nivel de consumo de forraje por los animales en pastoreo es uno de los factores fundamentales que determinan el nivel de producción que de ellos se puede esperar y con ello la posibilidad económica del sistema de pastoreo (López, 1995).

Para entender el consumo de los animales en pastoreo es necesario conocer los factores determinantes del nivel de consumo, estos pueden agruparse en tres: Componentes del comportamiento ingestivo, factores no nutricionales del forraje y factores del animal.

3.1.1. Componentes del comportamiento ingestivo

Poppi *et al.*, (1987) indican que el nivel de consumo de forraje por animales en pastoreo es el producto de los componentes del comportamiento ingestivo que son: tamaño de bocado, la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo.

Tamaño de bocado se refiere a la cantidad de forraje que el animal cosecha en una mordida y se expresa como gramos bocado⁻¹. Tasa de bocados (o tasa de ingestión) se

refiere a la cantidad de bocados que realiza el animal por unidad de tiempo y se expresa como número de bocados minuto^{-1} u hora^{-1} . Tiempo de pastoreo se refiere al tiempo que dedica el animal a cosechar forraje dentro del tiempo total que permanece en la pradera y se expresa como horas día^{-1} .

Dentro de ciertos límites estos tres componentes muestran relaciones mutuas de compensación, de forma tal que el animal pueda mantener el nivel de consumo de forraje en un amplio intervalo de condiciones.

Hodgson *et al.* (1994) concluyen que si el tamaño de bocado siempre se mantiene al máximo, el nivel de consumo es también máximo, con un mínimo tanto en la tasa de bocados como en el tiempo de pastoreo, si ocurre una disminución en el tamaño de bocado, el animal incrementa tanto la tasa de bocados como el tiempo de pastoreo intentando compensar el menor tamaño de bocado y así mantener el consumo de forraje al máximo posible. Sin embargo, si el tamaño de bocado es mínimo, el animal por fatiga no puede mantener una alta tasa de bocados ni tampoco mantener la actividad de pastoreo por la mayor parte del día, por lo tanto el animal suspende el pastoreo, disminuye la tasa de bocados y con ello el nivel de consumo cae drásticamente.

Chacón y Stobbs (1976) propusieron que para una vaca un tamaño de bocado de 0.25 g o superior aseguraba que este componente del comportamiento ingestivo no fuera limitante para alcanzar el máximo consumo. Hodgson *et al.* (1994) encontraron que en vacas, el máximo consumo de forraje se alcanzó cuando el tamaño de bocado fue el mayor, y este tamaño lo registró cuando la cantidad de forraje en oferta no era menor a

2000 kg de forraje en base seca ha^{-1} , pero cuando la cantidad de forraje en oferta fue de 600 kg en base seca ha^{-1} , el tamaño de bocado se redujo 30 % con respecto al máximo y las vacas intentaron compensar el menor tamaño de bocado incrementando hasta en 8% la tasa de bocados y aumentando el tiempo de pastoreo, en un intento de mantener el consumo de forraje. Sin embargo, cuando el tamaño de bocado fue de 0.075 g originado por ofrecer menos de 600 kg de forraje en base seca ha^{-1} el consumo disminuyó 26 % en relación al máximo, ya que por fatiga junto con la reducción en el tamaño de bocado se dio una reducción en la tasa de bocados y tiempo de pastoreo.

3.1.2. Factores no nutricionales del forraje

El nivel de consumo de forraje depende de los componentes del comportamiento ingestivo y estos a su vez están determinados por factores no nutricionales, estos son los relacionados a la accesibilidad física del forraje para ser cosechado. Estos factores incluyen la estructura de la pradera, masa de forraje y composición botánica y morfológica de la pradera (Muslera y Ratera, 1984).

3.1.2.1. Estructura de la pradera

La estructura de la pradera se define como la distribución vertical y el arreglo de los constituyentes y partes de una planta (Hodgson, 1979). Las principales variables que describen la estructura de la pradera son la altura (distribución vertical) y densidad (distribución horizontal) del forraje, éstas están íntimamente relacionadas entre sí y

existe una correlación negativa entre la altura del horizonte sobre el nivel del suelo y densidad del forraje (cantidad de biomasa por cm^3) dentro del dosel (Hodgson, 1981).

Las variaciones en la estructura de la pradera ejercen una influencia importante en el comportamiento alimenticio de los animales en pastoreo y por lo tanto en la ingestión y utilización de los pastos. En ovinos, el tamaño de bocado se modifica casi linealmente con los cambios en la altura del forraje, el valor más bajo ($0.025\text{g MS bocado}^{-1}$) se obtuvo con forraje de 3.7 cm de alto y el valor más alto ($0.42\text{g MS bocado}^{-1}$) se obtuvo cuando la altura del forraje fue 36.7 cm (Allden y Whittaker, 1970).

La tendencia general es a facilitar un consumo máximo cuando la densidad de forraje es mayor, a través de permitir que el tamaño de bocado sea mayor. Mitchell *et al.*, (1991) mantuvieron la altura del forraje entre 18 y 21 cm y variaron la densidad de 0.19 a 0.75 mg de MS cm^3 , encontraron que el tamaño de bocado para ovinos se incrementó al incrementar la densidad con valores de 80 y 175 mg de MS para la mínima y máxima densidad evaluadas. Estos autores sugieren que a mayor densidad de forraje en la pradera, el tamaño de bocado es mayor lo que aumenta el consumo de forraje de animales en pastoreo.

3.1.2.2. Masa de forraje

Hodgson (1979) define la masa de forraje como la medida instantánea de la cantidad del forraje expresada en kg de materia seca por unidad de área y de preferencia cortado a nivel del suelo. La masa de forraje es dividida en tres tipos: masa de forraje ofrecida,

residual y desaparecida, las dos primeras provienen de determinaciones directas antes y después de un pastoreo o cosecha mecánica y la última es la diferencia de la ofrecida menos la residual.

Allden y Witteraker (1970) encontraron que existe una estrecha relación entre la tasa de bocados y la masa de forraje, en la que a más de 3 000 kg de forraje en base seca por hectárea, tanto la tasa de bocados como el tiempo de pastoreo por borregos fueron relativamente constantes, pero cuando la cantidad de materia seca disminuyó de 3 000 a 500 kg por hectárea, se redujo en cuatro veces la tasa de bocados y se duplicó el tiempo de pastoreo. Concluyeron que la reducción en la masa de forraje ofrecida limitó la tasa de bocados pero esto fue compensado por aumento en el tiempo de pastoreo; sin embargo, si la masa de forraje ofrecida continúa disminuyéndose aunque el animal extienda el tiempo de pastoreo al máximo posible, la compensación en el consumo de forraje resulta incompleta y el consumo total cae drásticamente.

Una masa de forraje ofrecida en gramíneas templadas no menor a los 1 100 kg de forraje en base seca por hectárea ha sido considerada como no limitativa al consumo de forraje por bovinos y ovinos (Muslera y Ratera, 1984).

3.1.2.3. Composición botánica y morfológica de la pradera

Por composición botánica de una pradera se entiende la proporción relativa de las especies vegetales que incurren en ella, tanto del cultivo como de malezas y tiene efecto marcado sobre el valor nutritivo del forraje, la selectividad del consumo, la distribución

estacional de la producción de forraje y sobre la fertilidad del suelo (Jiménez y Martínez, 1985).

La composición botánica afecta el grado de defoliación de la pradera ya que el animal prefiere algunas especies y partes de planta, por lo que realiza un pastoreo desigual de las mismas (Hernández *et al.*, 1988).

La composición morfológica está basada en la cantidad de material verde y material muerto en la pradera, así como de la relación hoja - tallo. Los animales en pastoreo seleccionan forraje verde en contra de forraje muerto y hoja en contra de tallo. Bajo condiciones de pastoreo, el consumo de hojas puede ser 46 % mayor que el consumo de tallo debido a la selectividad del animal hacia partes específicas de la planta (Minson, 1981).

Chacon y Stobbs (1976) ofrecieron alrededor de una tonelada de hoja en base seca a animales en pastoreo, reportan que el tiempo de pastoreo fue mayor. Al disminuir la cantidad de hoja ofrecida, el tiempo de pastoreo también disminuyó y como consecuencia el consumo fue menor, pero el porcentaje de tallo y material muerto en la dieta aumentó. Los autores señalan que los animales tienden a seleccionar forraje verde sobre el muerto, pero al agotarse éste puede incrementarse el contenido de material muerto en la dieta. También encontraron que el aporte de material muerto a la dieta del animal en pastoreo puede variar con la época del año ya que durante el otoño la proporción de material muerto en la dieta fue de 8% mientras que en primavera, fue nulo debido a la gran oferta de forraje verde.

3.1.3. Factores del animal que afectan el consumo en pastoreo

En los sistemas de pastoreo se considera a los animales como sujetos capaces de imponer efectos adicionales sobre la pradera a través del comportamiento ingestivo, principalmente por su capacidad de selección de la dieta; sin embargo, cuando se estudia el desempeño animal, las condiciones inherentes al animal tienen un papel preponderante (Aguilar, 1997).

3.1.3.1. Selectividad

La selectividad es la oportunidad que tiene el animal para escoger su alimento, consumiendo de la pradera solamente las plantas de ciertas características (Jiménez y Martínez, 1985). Los tres sentidos más importantes en la selección de la dieta por parte del animal son el olfato, el gusto y el tacto, los cuales son estimulados por las características físicas y estructurales de la vegetación que además intervienen en la facilidad y nivel de consumo (Hodgson *et al.*, 1994).

3.1.3.2. Especie

Los hábitos alimenticios, horizonte de pastoreo y características anatómicas (principalmente de la boca) entre las diferentes especies animales, ocasionan cambios en el tiempo de pastoreo, selectividad, tamaño de bocados y consumo de forraje. Forbes y Hodgson (1985) encontraron en bovinos y ovinos diferente tasa de bocados (61 y 50

bocados min^{-1} respectivamente), observándose en bovinos un menor tiempo de pastoreo ($11.5 \text{ horas día}^{-1}$) con respecto a los ovinos ($12.5 \text{ horas día}^{-1}$) presumiblemente esto se debe a la obtención de un bocado más grande por bovinos que por ovinos.

3.1.3.3. Raza

En estudios realizados con ovinos de la raza Rambouillet y Pelibuey alimentados con diferentes niveles de rastrojo de maíz, los ovinos Rambouillet presentaron mayor consumo de alimento ($1.23 \text{ vs } 1.16 \text{ kg MS día}^{-1}$), mayor ganancia diaria de peso ($292.5 \text{ vs } 185 \text{ g día}^{-1}$) y un menor periodo de engorda ($40 \text{ vs } 117 \text{ días}$) para alcanzar el peso a mercado que los ovinos Pelibuey (Sánchez, 1997).

Bajo condiciones de pastoreo donde el forraje es escaso y la pendiente del terreno es elevada, las razas pequeñas son más eficientes ya que el animal grande requiere más energía para trasladarse y no puede expresar su potencial de consumo (López, 1997).

3.1.3.4. Edad

Allden y Whittaker (1970) trabajando con borregos de un año y corderos de cinco meses de edad puestos a pastorear en una pradera con macollos altos (90cm) observaron que el consumo de forraje de los borregos de un año fue mayor que para los corderos de cinco meses ($8\text{g vs } 4\text{g MS min.}^{-1}$); sin embargo, cuando la altura del macollo fue menor, los corderos consumen mayor cantidad de forraje que los borregos de un año ($1.8\text{g vs } 0.9\text{g MS min.}^{-1}$). Esto indica que existe diferencia en la percepción de las características de la

pradera por la edad de los animales o por el tamaño las distintas especies de rumiantes, así como su horizonte de pastoreo y a sus características anatómicas.

3.1.3.5. Sexo

Falcón *et al.*, (1995) engordaron en corral corderos machos y hembras con una dieta que contenía 14% de proteína cruda, los machos tuvieron una ganancia de peso de 243 g día⁻¹ y las hembras de 185 g día⁻¹, lo cual representó 31% mejor ganancia de peso en machos.

3.1.3.6. Estado fisiológico

La capacidad física del tracto gastrointestinal del animal se ve afectada por el estado fisiológico, particularmente durante el último tercio de la gestación; por esta razón se observan variaciones en el consumo por alteración de los requerimientos del animal en sus diferentes estados fisiológicos (INIFAP, 2000). Los animales lactando tienen mayores necesidades de alimento e ingieren alrededor de 30% más en relación a animales secos (Minson, 1990).

3.2. LIMITANTES A LA PRODUCCIÓN DE RUMIANTES EN PASTOREO

La producción con animales en pastoreo está encaminada a alcanzar altos niveles de producción de forraje, de razonable calidad y a lograr una máxima cosecha de ese

forraje, con la finalidad de obtener la mayor ganancia en productos animales (carne, leche, lana) por unidad de superficie (Améndola, 1996).

Los sistemas de producción animal en pastoreo se enfrentan al problema de satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales (que son continuos) basándose en el aporte de nutrientes de la biomasa presente (que es discontinuo). La disponibilidad de biomasa (producción de forraje) exhibe variaciones estacionales que pueden ser más o menos pronunciadas dependiendo de las condiciones climáticas de la zona. Además de las variaciones cuantitativas, la biomasa presente experimenta cambios en composición química a través del año (variaciones cualitativas) lo cual afecta la disponibilidad de nutrientes específicos. Aunque son muchos los factores que afectan el crecimiento de las especies forrajeras, la disponibilidad de agua parece ser el factor más limitante (Riquelme, 1999).

En pastoreo, la cantidad de forraje que es necesario ofrecer para lograr el máximo consumo representa de tres a cuatro veces la cantidad de forraje efectivamente consumida. Con la finalidad de lograr un balance entre consumo y magnitud de cosecha del forraje, así como entre la producción por animal y por unidad de superficie, se ha sugerido que se debe ofrecer forraje entre 75 y 100% por arriba de lo que el animal efectivamente consume (Huerta, 2001).

3.2.1. Valor nutritivo de los forrajes

El valor nutritivo de los forrajes se define como el producto del consumo, digestibilidad y eficiencia de utilización de los nutrimentos por el animal, sin olvidar que pueden existir sustancias depresoras de la calidad del forraje que influyen en la utilización de los nutrimentos (Huerta, 1997). La medida más indicativa del valor nutritivo de un forraje son los kilogramos de producto animal que se pueden obtener a partir del consumo de dicho forraje (Améndola, 1996).

La composición química del forraje es uno de los componentes fundamentales que determinan el valor nutritivo del mismo, esta composición química es el resultado de una serie de relaciones causa efecto que existe entre el ambiente, la respuesta de la planta y su valor nutritivo (Van Soest, 1983).

La digestibilidad es el factor más importante de entre los que conforman el valor nutritivo de los forrajes, la digestión representa el primer paso en la partición de energía de un alimento, y de esta manera, el consumo se incrementa conforme aumentan los requerimientos de energía, por lo que se considera a la digestibilidad como un factor determinante en el consumo de alimento (Burns, 1994)

Al disminuir la digestibilidad de un forraje, éste permanece más tiempo en el rumen, disminuyendo la velocidad de paso y disminuyendo el consumo por efecto de la distensión física del rumen (Holmes, 1989).

La principal causa de variación en digestibilidad de los forrajes es la cantidad de lignina presente, puesto que un incremento de una unidad en el contenido de lignina puede dar como resultado un decremento en 3 ó 4 unidades en la digestibilidad de un forraje (Bula, *et al.*, 1977).

Dos componentes que influyen sobre la composición química del forraje y por lo tanto la digestibilidad son la edad fenológica de la planta y la relación hoja - tallo. La mayoría de los forrajes declinan su calidad nutritiva con la edad. A medida que las plantas maduran, la proporción de paredes celulares aumenta y la fracción del contenido celular disminuye (Holmes, 1989). A medida que la planta forrajera madura, los cambios físicos y químicos que experimenta provocan disminución de la digestibilidad de la energía que contiene; la digestibilidad puede variar de 30 a 85%. El efecto es más agudo en gramíneas que en leguminosas (McClymont, 1974). Hodgson (1990) menciona que la digestibilidad del forraje varía con la edad de la planta, siendo de 80-90% en hojas jóvenes, de 70% en hojas maduras y de 40-50% en hojas muertas.

El menor consumo de forraje maduro se debe a la menor facilidad de aprehensión y remoción de la planta por parte del animal, Flores *et al.*, (1989) trabajando con ovinos midieron el tamaño de bocado (0.10 vs 0.29g) y el consumo total de materia seca (3.3 vs 4.2g min⁻¹), para animales pastoreando forraje tierno y forraje maduro, respectivamente.

Una alta proporción de hoja verde en la dieta puede deberse a la mayor facilidad de aprehensión de este componente de los forrajes, así como a su mayor contenido de proteína y menor resistencia estructural a la rotura que los tallos. Aun a similar

digestibilidad entre las hojas y los tallos, las hojas son consumidas en mayor cantidad que los tallos, esto se explica por un menor tiempo de retención ruminal de éstas en comparación a los tallos (Escobedo *et al.*, 1997).

Cuando la pradera está madura la proporción de hoja verde tiende a disminuir y los animales son forzados a consumir altas proporciones de tallo y de material muerto, lo que se traduce en menor digestibilidad de la dieta (Chacón y Stobbs, 1976).

Las leguminosas tienen una mayor proporción de proteína cruda, ácidos orgánicos, elementos minerales y una menor proporción de carbohidratos solubles; pero la presencia de amilopectina en las leguminosas resulta en niveles similares de carbohidratos no estructurales a los que se presentan en las gramíneas (Holmes, 1989).

En promedio, las gramíneas tropicales son 13 % menos digestibles que las gramíneas templadas, presentan un alto nivel de fibra indigestible lo que conduce a un menor consumo diario de forraje por parte del animal y como consecuencia última a una menor productividad animal (Stobbs, 1975). Huerta (1997) menciona que el valor promedio de proteína cruda para leguminosas y gramíneas de zona templada es de 17.5 y 12.9 % y menciona que en general, las leguminosas tienen mejor valor nutritivo que las gramíneas.

3.2.1.1. Sustancias depresoras de la calidad del forraje

El valor nutritivo del forraje se puede afectar por la presencia de sustancias tóxicas o sustancias que deprimen la digestibilidad e interfieren con la absorción de nutrimentos causando efectos nocivos al estado de salud del animal que los consume. Algunas de las sustancias importantes son: ácidos orgánicos (oxálico, tánico), nitratos, glucósidos cianogénicos, alcaloides y saponinas (Crowder y Chheda, 1982).

3.2.1.1.1. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos se encuentran en muchas plantas y a veces en combinación con otros tóxicos. Ejercen su efecto por irritación y a veces por coagulación de las proteínas del estómago y de las paredes intestinales. Pueden incorporarse al torrente sanguíneo causando daño en cualquier parte del organismo, y pueden ser excretados en el sudor, saliva, leche y orina. Los ácidos orgánicos incluyen principalmente el oxálico y el tánico (o taninos) (Humphreys, 1990).

El ácido oxálico se combina con el calcio sanguíneo para formar un complejo insoluble conocido como oxalato de calcio; al ser insolubles, los oxalatos de calcio no son aprovechables en el cuerpo del animal produciendo disminución en la disponibilidad del calcio en la sangre, originando una condición metabólica anormal conocida como hipocalcemia por lo que éstos presentan una marcada deficiencia de calcio (Sumano y Ocampo, 1996).

Los taninos del grano de sorgo generan efectos adversos tanto en la palatabilidad como en la digestibilidad de la proteína y de la materia seca del forraje (Nelson y Moser, 1994). En rumiantes, no existe evidencia clara de que los taninos del sorgo sean nocivos. La asociación de las proteínas con los taninos reduce la degradación ruminal de proteína, favoreciendo la formación de proteína de sobrepaso de alta calidad. El complejo tanino-proteína es muy estable en el rumen a pH alrededor de 6.5 y es disociado en el intestino delgado, liberando las proteínas. Así mismo, con la disociación del complejo existe la posibilidad que los taninos liberados causen algún daño en el intestino (Forsyth, 1968).

3.2.1.1.2. Nitratos

Niveles altos de nitratos contenidos en plantas de pastizales nativos y cultivados provocan envenenamiento, principalmente en rumiantes. Las plantas que contienen más de 1.5% de nitratos son peligrosas (Forsyth, 1968). Cuando el animal consume una cantidad de nitratos alrededor del 0.05% de su peso corporal puede presentarse intoxicación y probablemente la muerte. Las pérdidas asociadas a nitratos generalmente ocurren en época de sequía, después de la aplicación de fertilizantes a base de nitratos o en suelos que característicamente poseen una alta concentración de nitrógeno (Muslera y Ratera, 1984).

Peña *et al.*, (2001) evaluaron el contenido de taninos, oxalatos y nitratos en vainas de huizache, cardón y mezquite utilizados para la alimentación de ovinos durante 28 días; concluyeron que las vainas maduras del huizache recolectadas durante el invierno presentaron los valores más altos de taninos y oxalatos (0.33 y 0.06 %, respectivamente),

luego el cardón (0.05 y 0.02 %) y por último el mezquite (0.18 y 0.008 %), aunque alto en nitratos (0.06 %), La mayor ganancia de peso se obtuvo en los animales alimentados con cardón (1.5 kg) y la menor ganancia de peso la obtuvieron en los animales alimentados con huizache (0.5 kg) y lo atribuyeron al efecto negativo que sobre la proteína, el consumo y la digestibilidad tienen los taninos.

3.2.1.1.3. Glucósidos

Los glucósidos tóxicos incluyen varios compuestos entre los que figuran los glucósidos cianogénicos que liberan ácido cianhídrico (prúsico) al ser hidrolizados, aceites irritantes como el de la mostaza, glucósidos cumarínicos y glucósidos esteroides (cardiacos o saponificantes). Los glucósidos cianogénicos se encuentran en altas concentraciones en plantas jóvenes, principalmente en el sorgo y trébol dulce de flor blanca silvestre (Nelson y Moser, 1994).

3.2.1.1.4. Alcaloides

Los alcaloides son compuestos orgánicos complejos nitrogenados que por lo general son insolubles en agua. Son alcalinos al reaccionar con otros compuestos y forman sales al reaccionar con ácidos. Los alcaloides son sustancias, producto del metabolismo de algunas especies vegetales, de las que no se comprende a la perfección el papel que juegan. Son relativamente muy pocas las plantas que producen estas sustancias aunque en algunas se encuentra más de un alcaloide (Humphreys, 1990).

Los alcaloides se encuentran en algunas gramíneas tales como festuca y lolium y han sido asociados con numerosos casos de intoxicación en el ganado como pododermatitis (fescue foot), hipertermia, necrosis de la grasa, reducción de la ganancia de peso y disminución en la producción de leche (Schmidit y Osborn, 1993).

El contenido de alcaloides en la planta usualmente no se ve afectado por los factores ambientales como las variaciones en la época, estadio de crecimiento, cambios climáticos, o cantidad de agua disponible para las plantas. Generalmente cualquier porción del vegetal que se ingiera resulta tóxico, ya que los alcaloides se distribuyen por todo el vegetal (Forsyth, 1968).

3.2.1.1.5. Saponinas

El timpanismo es reconocido como un desorden del ganado desde los inicios de la agricultura. La formación de espuma estable dentro del rumen ha sido relacionada con la cantidad de proteína degradable en el rumen contenida en los forrajes, principalmente en las hojas de leguminosas inmaduras que son rápidamente destruidas en el rumen y el contenido celular que contiene la proteína soluble es liberado (Nelson y Moser, 1994).

El contenido de saponinas contenidas en la alfalfa son influenciadas por factores medioambientales y por la temporada, encontrándose valores más altos en verano y menores concentraciones en primavera. Las saponinas de la raíz son transferidas hacia el follaje en respuesta a la floración y a factores del medio ambiente que favorezcan la maduración y floración de la planta (Forsyth, 1968).

3.2.2. Suplementación estratégica para el animal en pastoreo

La mayor parte de los nutrimentos utilizados por ovinos dedicados a la producción de carne, principalmente en países en vías de desarrollo, proviene del pastoreo directo de praderas nativas y cultivadas, bajo condiciones de temperatura y precipitación variables a lo largo del año por lo que la producción de biomasa presenta una gran variación estacional. Por estas razones, en muchas ocasiones se recurre a la suplementación de los animales como una parte integral del sistema de producción, dando énfasis a los aspectos biológicos (respuesta animal) y económicos (productividad del sistema) (Riquelme, 1987).

La suplementación alimenticia (energética y proteica) en sistemas de producción de carne en pastoreo debe ser estratégica y se justifica para incrementar la producción de carne por hectárea (Livas, 2000). La razón principal para proveer alimento suplementario a animales en pastoreo es mejorar (o aumentar) el consumo de nutrimentos. La mayoría de los sistemas de producción animal en pastoreo se caracterizan por mantener una carga animal fija y, por ende una presión de pastoreo variable; en la mayoría de los casos la administración de alimento suplementario se inicia cuando la declinación en la producción animal es notoria y se debe principalmente a un desequilibrio momentáneo o temporal entre la carga animal efectiva y la capacidad de carga de la pradera (Riquelme, 1990).

Existen otras razones que justifican el uso de alimento suplementario a pesar de que sus efectos no son palpables a corto plazo, tales como aumentar la capacidad de carga de las praderas (o disminuir la presión de pastoreo), alargar el periodo de pastoreo, proveer un medio para proporcionar aditivos o simplemente mejorar el manejo general de los animales (Riquelme, 1987). Karnezos *et al.*, (1994) en una pradera de alfalfa con acumulación de materia seca de 13.2 toneladas por hectárea⁻¹, aumentaron la carga animal de 60 a 70 corderos hectárea⁻¹ al utilizar una suplementación de 247 gramos de maíz quebrado cordero⁻¹ día⁻¹ obteniendo el mismo grado de cosecha, pero con mayor ganancia en producción de peso vivo de cordero por hectárea⁻¹ con el uso de la suplementación (964 vs 716 kg).

La utilización de alimentos suplementarios basados en nitrógeno (proteínico o no protéinico) se ha sugerido como una de las mejores formas de incrementar la productividad en rumiantes en pastoreo. Un efecto notable de proveer nitrógeno suplementario es un aumento en el consumo de forraje. Aparentemente, cantidades limitadas de alimento protéinico suplementario, con altas concentraciones de este nutriente, promueven el consumo de forrajes de bajo contenido de proteína al eliminar el nitrógeno como el factor limitante para el crecimiento y la actividad microbiana ruminal (Riquelme, 1999). Camping *et al.*, (1962) obtuvieron un aumento del 26 y 40 % en el consumo de paja suministrada a vacas cuando se introdujeron 25 y 75 gramos de urea directamente en el rumen. El máximo incremento en el consumo se obtuvo 8 días después de iniciada la suplementación con urea, lo cual indica que se requiere de un periodo para la adaptación de los microorganismos ruminales para el aprovechamiento de la urea.

En los rumiantes, el consumo de forraje se deprime cuando el contenido de proteína del mismo es inferior a 7-8 %. El consumo de forraje deficiente en proteína se puede incrementar al suplementar a los animales con fuentes de proteína o urea. Minson (1999) reporta que utilizando urea y proteína como fuente de nitrógeno cuando la proteína cruda del forraje es deficiente (3.7 y 4.5 %) se logra un incremento del consumo debido al nitrógeno suplementario de 34 y 40 % con fuentes de urea y proteína, respectivamente. En este caso, la proteína suplementaria debe aportar nitrógeno a los microorganismos del rumen, los cuáles requieren una proporción de 75 % de nitrógeno amoniacal y 25 % de nitrógeno en forma de péptido y/o aminoácidos. Por lo anterior, se presentan mejores resultados con proteína que con urea en términos de digestibilidad, consumo voluntario y producción. El aporte de nitrógeno a los microorganismos del rumen permite que la tasa y grado de digestión sean mayores cuando en el forraje es deficiente. Esta mayor tasa de desaparición de la materia seca del tracto digestivo permite mayor consumo de alimento (Huerta, 2001).

A diferencia de lo que sucede con la provisión de alimento suplementario alto en nitrógeno, la provisión de alimento suplementario con alto contenido de energía tiende a reducir el consumo de forraje y la magnitud de esta reducción depende principalmente de la cantidad de suplemento proporcionado y de las características fermentativas de los ingredientes que los componen (Riquelme, 1999). La suplementación en animales con la finalidad de estimular la producción de leche y el crecimiento puede producir resultados poco satisfactorios, esta pobre respuesta a la suplementación se debe a la sustitución del consumo de forraje por suplemento. Una oveja lactando que recibe suplementación

disminuye su actividad de pastoreo, ocasionando sustitución del forraje por suplemento, este grado de sustitución puede llegar a ser del 70 % (Minson, 1990). En forma general, se estima que un suplemento de buena calidad para ovinos en pastoreo debería producir un incremento de peso superior a 300 g kg^{-1} si el suplemento se consume en forma adicional al forraje. Si existe 100 % de sustitución, la respuesta esperada será de un incremento adicional de peso de alrededor de 100 g kg^{-1} (Huerta, 1997).

La suplementación energética no siempre causa una disminución en el consumo de forraje, Martínez (2001) indica que cuando vacas lecheras en pastoreo fueron suplementadas con 2 kg de concentrado $\text{vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ no ocurrió sustitución y el consumo de forraje y comportamiento ingestivo se mantuvieron constantes. En cambio, cuando las vacas fueron suplementadas con 4 ó 6 kg de concentrado $\text{vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ la producción individual fue mayor, pero la respuesta individual en leche extra por kg de concentrado consumido obtenidos con el ofrecimiento de 2 , 4 y 6 kg de concentrado $\text{vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ fue de 0.9 , 0.83 y 0.57 kg de leche respectivamente, el autor señala que la respuesta en leche disminuyó gradualmente conforme el aporte de concentrado fue mayor, debido al incremento en la tasa de sustitución de forraje por concentrado.

Datos de suplementación a base de maíz a borregos pastoreando alfalfa indican que la ganancia diaria de peso (154 y 169 g día^{-1}) fue mayor en animales que recibieron suplementación (123 y 247 g de maíz por día^{-1} , respectivamente) que la ganancia de los animales del grupo testigo que no recibieron suplementación alguna y su ganancia de peso fue de $141 \text{ gramos por día}$ (Karnezos *et al.*, 1994).

Los efectos generalmente negativos de la provisión de alimento suplementario sobre el consumo y utilización de los forrajes se ha atribuido a cambios en el pH ruminal, a una disminución de la celulolisis y en la velocidad de vaciado del rumen y a desbalances nitrógeno-carbono en el contenido ruminal. Aunque todos estos factores tienen un efecto individual considerable, lo más probable es que el efecto observado se deba a una interacción entre ellos y que, bajo cualquier situación de tipo práctico, otros factores como la frecuencia de suplementación, tamaño de partículas o el procesamiento de los ingredientes tengan más impacto que la cantidad de almidón presente en el suplemento proporcionado (Riquelme, 1999).

3.2.2.1. Suplementación mineral

Los requerimientos minerales de los animales son más difíciles de definir que los nutrientes orgánicos, ya que muchos factores determinan su aprovechamiento. Por ejemplo, la interrelación entre los minerales, o su relación con las fracciones orgánicas, puede incrementar o reducir la utilización de éstos. Debido a las múltiples interacciones entre minerales, casi todos – esenciales o no – influyen directa e indirectamente en el aprovechamiento de cualquier otro mineral (Maynard *et al.*, 1989).

Las deficiencias minerales más comunes en nuestro país incluyen sodio, fósforo, cobre y selenio, por lo que estos minerales deben proporcionarse en los suplementos minerales. La deficiencia de selenio es común en la región centro de México, el principal problema asociado a la deficiencia de selenio es la alta mortalidad (hasta 60%) que se puede

presentar en corderos. La deficiencia de sodio es otro problema importante debido a que el suministro de sal común es escaso o nulo (Huerta, 1997).

Castro *et al.*, (2000) incluyeron dos niveles de magnesio (0.22 y 0.38% en base seca) en el suplemento mineral de bovinos de engorda en etapa de crecimiento en praderas de rye grass, para evaluar el efecto del magnesio sobre la eficiencia alimenticia. Encontraron diferencia en la ganancia diaria de peso (1.30 vs 1.47 kg día⁻¹) y el peso vivo final (266.6 vs 275.3 kg), concluyeron que la adición de magnesio a la ración de suplemento mejoró 3% el peso final y 13% la ganancia diaria de peso de los animales.

Cuando existen deficiencias minerales en los forrajes, una alternativa para corregirla consiste en fertilizar el suelo aumentando la disponibilidad de minerales para la planta que posteriormente será consumida por el animal. Para la mayoría de los animales, la fertilización puede ocasionar beneficios por la mayor producción de forraje (Huerta, 2001). En praderas de rye grass con ovejas en pastoreo con parto anual, se logró aumentar la producción de 35 a 48 kg de cordero de 100 días de edad, al fertilizar con 150 kg de superfosfato de cal ha⁻¹, este grado de fertilización aumentó la masa de forraje en oferta en 500 kg ha⁻¹ (López, 1997).

3.3. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE

Los factores climáticos son generalmente los más importantes que afectan la producción de forraje. La radiación, temperatura y humedad tienen una influencia tanto sobre la producción forrajera estacional como anual, además determinan la distribución de las especies, su rendimiento y la calidad de la pradera (Mott, 1977).

Los factores edáficos preponderantes son de carácter químico como el pH, la capacidad de fijación de fósforo, la fertilidad natural; o de carácter físico como la capacidad de almacenamiento de humedad, condiciones para el crecimiento de raíces. A su vez, estos factores claramente relacionados con el crecimiento de las plantas se vinculan a características físicas del suelo como textura, estructura y profundidad (Améndola, 1996).

3.3.1. Factores climáticos

El clima es el conjunto de variaciones de la atmósfera que ejercen una poderosa influencia en el desarrollo de las plantas, limitando o favoreciendo el cultivo de determinadas especies (Juscafresa, 1983).

3.3.1.1. Radiación

El efecto más importante de la intensidad de la luz sobre las plantas está en relación con la tasa fotosintética, existiendo una diferencia importante entre especies, de acuerdo a su capacidad de aprovechar la luz, dependiendo de sus hábitos de crecimiento (Langer, 1981).

La cantidad de radiación recibida en determinado sitio depende de la duración del fotoperiodo y de la densidad de flujo de radiación. Esto está relacionado con la altitud del sitio, la estación del año y los niveles de nubosidad (Améndola, 1996). La tasa de aparición de hojas disminuye en forma considerable a medida que se disminuye la intensidad de luz, tendiendo a disminuir también el valor nutritivo de los forrajes y de la relación parte aérea-raíz (Van Soest, 1983).

3.3.1.2. Temperatura

La temperatura influye gradualmente en la maduración, crecimiento, relación hoja-tallo y su contenido de materia seca, las altas temperaturas estimulan la elongación del tallo, ocasionando una disminución en el porcentaje de hojas y una elevada lignificación de la pared celular, lo que trae como consecuencia un descenso de la digestibilidad de especies forrajeras tanto tropicales como templadas (Blaser, 1984).

La calidad del forraje disminuye con la edad tisular y cuando las relaciones hoja-tallo y verde-muerto se reducen; estos cambios morfológicos resultan principalmente por variaciones en la temperatura y fotoperiodo (Blazer, 1977). Puente y Peña (1984) mencionan que por cada grado Celsius de incremento en la temperatura, la digestibilidad decrece 0.5% en los pastos al comparar forrajes que crecen en ambientes diferentes.

Para el pasto ovilla, la temperatura óptima de crecimiento medida con base en el incremento en la acumulación de materia seca se encuentra entre los 20 y 25° C y el porcentaje de crecimiento disminuye marcadamente cuando la temperatura se encuentra por debajo de los 10° C (Cooper y Taiton, 1968); por otro lado, Holmes (1989) menciona que pastos como el rye grass y el ovilla presentan crecimiento más rápido en una temperatura de entre 13 y 18 ° C.

3.3.1.3. Humedad

La precipitación es el principal factor que controla la humedad disponible para el crecimiento vegetal. Para la mayor parte del territorio mexicano, la precipitación es el factor que define las especies posibles y la estacionalidad de su producción (Améndola, 1996).

La irrigación aumenta notablemente la acumulación de materia seca. En praderas asociadas se ha obtenido hasta 40% de incremento promedio en la producción de forraje al incorporar el riego en comparación con praderas cuya única fuente de humedad fue la precipitación del lugar (Garwood, 1969).

Un estrés hídrico prolongado produce una pérdida de la turgencia de la hoja y un cierre progresivo de los estomas lo que causa una disminución en la tasa de captación de CO₂, reduciéndose con esto la tasa fotosintética que, junto con la posterior disminución del área foliar y muerte del tejido foliar existente, va a reducir la tasa de crecimiento de la pradera (Whiteman, 1980).

3.3.2. Factores edáficos

El suelo actúa como fuente de nutrimentos y como medio para el crecimiento de las plantas. Un suelo fértil es aquel que contiene cantidades suficientes y balanceadas de todos los nutrimentos que la planta obtiene de la fracción mineral y orgánica del suelo. Debe estar razonablemente libre de sustancias tóxicas que limiten el crecimiento y tener propiedades físicas satisfactorias (Ortiz, 1977).

Aunque diferentes suelos pueden ser naturalmente ricos o pobres en nutrimentos, su fertilidad depende también de la textura, es decir, su porosidad, estructura, agregación y el contenido de materia orgánica y de humus. Las propiedades físicas del suelo determinan las condiciones de resistencia para el crecimiento de las raíces, la difusión de gases que permitirá la respiración y la capacidad de almacenamiento de humedad y la disponibilidad de nutrimentos para la planta (Worden *et al.*, 1977)

El efecto más importante de la fertilidad natural del suelo reside en la determinación del rendimiento de materia seca, es decir, a mayor cantidad de nutrimentos en el suelo

corresponde a una mayor posibilidad de que el forraje contenga cantidades adecuadas de éstos y de que sus rendimientos sean altos (Jiménez y Martínez, 1985).

Normalmente, el abonado mineral ejerce un efecto positivo sobre la producción de forraje y en algunas ocasiones mejora la composición química de las plantas. Cuando se utilizaron diferentes niveles de fertilización nitrogenada (0, 100 y 200 kg N ha⁻¹ año⁻¹) en praderas asociadas de pasto pangola (*Digitaria decumbens*) y estrella (*Cynodon plectostachyum*), el análisis de calidad demostró diferencia en el contenido de proteína del pasto abonado con 200 kg N ha⁻¹ (11.8 %) en comparación al testigo (7.3 %) y al abonado con 100 kg N ha⁻¹ (7.4 %). El ensayo demostró que el empleo de 200 kg N ha⁻¹ aumenta notablemente el contenido proteínico de la planta, mientras que el nivel de 100 kg N ha⁻¹ únicamente favoreció un mayor rendimiento de forraje por hectárea (García *et al.*, 1999).

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LA COSECHA POR PASTOREO

Para hacer de un sistema de producción animal bajo pastoreo una empresa rentable es de gran importancia incluir todas aquellas relaciones que existen entre los animales, vegetación, suelo y otros factores del ambiente, que son importantes en la elaboración de programas de manejo de los potreros; así mismo, es de gran relevancia precisar el estado nutricional del animal, conocer el tipo, calidad, cantidad y estacionalidad de la oferta de alimento por la pradera (Angeles, 1998).

Pastoreo es el proceso de remoción completa o parcial, de los componentes aéreos de la planta vivos o muertos, por el animal mismo que los usa como alimento (Hodgson, 1979).

El animal es el factor más dinámico de un sistema de producción en pastoreo, las actividades que éste realiza durante el pastoreo pueden afectar, a corto o largo plazo, las características de la pradera, estos cambios se deben al consumo selectivo de algunas especies, al tránsito del animal por la pradera y a la producción y distribución de excretas principalmente. Los efectos pueden ser negativos o positivos (Jiménez y Martínez, 1985).

Del Pozo *et al.*, (1996) reportan la variación en la composición botánica y morfológica del forraje producido por una pradera asociada de trébol blanco con rye grass en tres ciclos de pastoreo (Cuadro 1), así mismo se determinó la composición botánica de la dieta utilizando borregos con fistula esofágica (Cuadro 2).

Cuadro 1. Composición botánica y morfológica (%) del forraje ofrecido en una pradera rye grass – trébol blanco.

Ciclo de pastoreo	Rye grass	Mat .Mto. Rye grass	Trébol	Mat. Mto. Trébol
1	61.6	20.1	16.8	.9
2	63.3	20.0	15.4	.5
3	73.1	12.9	12.5	.4

Fuente: Del Pozo *et al.*, (1996).

La composición botánica de la pradera se modifica paulatinamente conforme existen más ciclos de pastoreo, el comportamiento selectivo del animal hacia el consumo de la especie más palatable tiende a eliminar gradualmente el contenido de leguminosa de la pradera ocasionando una sustitución de ésta por la gramínea.

Cuadro 2. Composición botánica (%) de la dieta seleccionada por ovinos fistulados pastoreando una pradera de rye grass – trébol blanco.

Ciclo de pastoreo	Rye grass	Mat .Mto. Rye grass	Trébol	Mat. Mto. Trébol
2	72.0	7.6	18.5	0.8
3	56.7	1.9	39.8	0.6

Fuente: Del Pozo *et al.*, (1996).

La composición botánica de la dieta seleccionada por ovinos fistulados no correspondió a los aportes proporcionales de las especies forrajeras en la pradera. Conforme avanzaron los ciclos de pastoreo, el mayor consumo de trébol blanco por parte de los animales en comparación con rye grass modificó la composición botánica y morfológica de la pradera debido al consumo selectivo que ejercieron los animales hacia el trébol.

Aguilar (1997) reporta el cambio en la composición morfológica de una pradera de pasto ovillo, menciona que el porcentaje de hoja y tallo de pasto ovillo presentaron un comportamiento decreciente a medida que avanzó el ciclo de pastoreo, por el contrario, la proporción de material muerto aumentó su proporción en la pradera (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición morfológica (%) del forraje de una pradera de pasto ovillo en diferente ciclo de pastoreo por ovinos.

Ciclo de pastoreo	Hoja	Tallo	Mat Muerto	Otras especies	t ha ⁻¹
1	64.3	18.1	5.1	12.5	2.65
2	55.3	14.6	12.9	17.2	2.5
3	53.0	6.9	21.1	19.0	1.6

Fuente: Aguilar (1997).

El autor señala que la disminución en la proporción de hoja estuvo relacionada con el grado de selección de los animales por la misma y que la desaparición de tallo y el aumento en la proporción de material muerto estuvieron influidos por la menor asignación de forraje durante los ciclos de pastoreo.

El tránsito de los animales puede causar una compactación gradual del suelo, particularmente en suelos de alta plasticidad. El pisoteo puede romper la estructura del suelo, ocasionando pérdidas de sedimento, disminución en el agua disponible y circulación de oxígeno por una reducción en el tamaño de poros en el suelo lo cual disminuye seriamente el rendimiento de forraje de la pradera. El efecto del pisoteo depende de la carga animal, el tipo de suelo y la precipitación (Holmes, 1989; Blaser, 1984).

En Nueva Zelanda se cuantificaron los efectos del pisoteo por bovinos lecheros a diferente altura del forraje (6, 40 y 47 mm). El mayor daño por pisoteo se presentó cuando había menor altura de forraje (6mm) y el menor daño cuando la altura del dosel de las especies forrajeras en los pastizales era de por lo menos 20 mm por lo que el incremento en la altura del forraje resultó en menores proporciones de suelo desnudo y pérdidas de sedimento. Por lo que manteniendo una altura mayor de 20 mm del dosel vegetal, se pueden minimizar a corto plazo los efectos del pisoteo (Russell *et al.*, 2001).

Quinn y Hervey (1970) evaluaron las pérdidas en la producción de forraje ocurridas por pisoteo, así como la distancia recorrida por novillos de tres años a dos intensidades de pastoreo. Encontraron que las pérdidas por pisoteo se incrementaron con la intensidad de pastoreo, obteniendo pérdidas de 1 y 5 % de la producción de forraje en la menor y mayor intensidad de pastoreo comparados con la cosecha mecánica; también reportaron que los animales en la menor intensidad de pastoreo recorrieron menor distancia como resultado de una mayor disponibilidad de forraje.

Los animales en pastoreo son agentes muy efectivos para conservar los nutrientes dentro del sistema, ya que la retención de éstos en los animales en pastoreo representa solamente una pequeña fracción del total consumido; la mayor parte de los nutrientes vegetales consumidos son reincorporados a la pradera en forma de heces y orina (Blaser, 1984).

Frame y Hunt (1971) encontraron que en una pradera de rye grass sometida a pastoreo, la cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 36 a 45 % y que el contenido de

proteína en el forraje se incrementó de 14 a 16 % en comparación cuando la pradera fue sometida a cosecha mecánica, atribuyéndose esta diferencia al retorno de nutrimentos en la explotación a pastoreo.

Las excretas pueden tener grandes efectos locales sobre la producción, calidad, palatabilidad y composición botánica de la pradera; los nutrimentos en la orina son fácilmente disponibles para las plantas y contribuyen inmediatamente al crecimiento del forraje y no causan rechazo en los animales como las heces. El estiércol y la orina contienen muchos elementos, de los cuales el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio y calcio son los más importantes, además están presentes también algunos micronutrientes. Cerca de 60 a 70% del nitrógeno y de 80 a 90% del potasio son retornados vía orina y son fácilmente aprovechables por la planta; el resto es retornado vía estiércol y es más lentamente aprovechable (Snaydon, 1981).

La cantidad promedio de nutrimentos retornados a la pradera por medio de las excretas varía de 100 a 150 kg de nitrógeno, de 75 a 125 kg de potasio y de 10 a 20 kg de fósforo por hectárea, dependiendo lo anterior de la carga animal, del tamaño y edad de los animales y de la composición química del forraje (Snaydon, 1981).

Además de la aplicación de fertilizantes y la fijación de nitrógeno, la suplementación de alimentos para el ganado en pastoreo puede ser otra vía para la incorporación de nutrimentos al sistema pradera. Esta suplementación de alimentos proteico-energéticos en pastoreo, genera excretas del animal que incorporan nutrimentos a la pradera, originalmente no presentes en ella. Estos nutrimentos son fácilmente disponibles, lo que

trae como consecuencia que la producción de forraje y la carga animal puedan incrementarse (Ruiz, 1990). El retorno de heces y orina de borregos hacia la pradera incrementó el rendimiento de materia seca con respecto de la cosecha mecánica en 20 a 40% y el mayor efecto fue atribuido a la orina (Holmes 1989).

Las praderas nativas ocupan una amplia extensión de la superficie de la tierra pero, desgraciadamente, su producción de biomasa es generalmente baja y se ve limitada por factores ecológicos (baja fertilidad de los suelos, regímenes pluviométricos erráticos o ambos). Aun así, en estas praderas llegan a establecerse sistemas pecuarios extensivos que pueden ser muy rentables en el largo plazo. Las praderas establecidas por el hombre generalmente presentan una mayor producción de biomasa pero difícilmente pueden considerarse como permanentes ya que, en su mayoría, forman parte de un sistema de rotación de cultivos o han sido establecidas en áreas que también se prestan para otro tipo de cultivos agrícolas y su permanencia depende principalmente de consideraciones económicas (Riquelme, 1999).

3.5. REPORTES NACIONALES DE GANANCIA DE PESO EN OVINOS PARA CARNE EN PRADERAS TEMPLADAS Y TROPICALES

Normalmente los forrajes no tienen la concentración necesaria de nutrimentos para que los animales expresen su potencial genético. Además, la engorda de ovinos en pastoreo que tenga como mayor prioridad maximizar la ganancia de peso por unidad de superficie, comúnmente implica limitar la producción individual (Huerta, 1997).

La engorda de ovinos con uso de pastoreo puede ser una actividad atractiva para el productor rural al ser México un país con un alto consumo regional de carne de ovino, pero sin la capacidad, en años recientes, para satisfacer esta demanda. La disponibilidad de carne de ovino en el año 2000 fue de 33.3 y 36.0 t hasta el mes de junio del 2001. Sin embargo, no fue suficiente por lo que se dieron fuertes importaciones de Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos (SAGARPA, 2001; Cruz, 1997).

A partir de 20 experimentos con ovinos en pastoreo, sobre praderas de ballico anual, ballico perenne, trébol blanco, alfalfa y ovilla, se obtuvo un promedio de ganancia diaria de 129 g cabeza⁻¹ a una carga animal de 49.6 borregos ha⁻¹ en periodos no superiores a 96 días de pastoreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Atributos de producción animal por ovinos en pastoreo de praderas templadas. Promedios de 20 estudios nacionales

Carga animal		Ganancia de peso		Peso final
Cab ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g día ⁻¹ cordero ⁻¹	kg ha ⁻¹ día ⁻¹	kg cordero ⁻¹
49.6	1265	129	6.3	38.9

Fuente: Huerta (1997).

Los animales estudiados tenían un peso inicial promedio de 26.6 kg y los periodos de engorda duraron al rededor de 96 días. El autor señala que la producción de peso vivo de los animales por unidad de superficie es buena y estima que podría ser equivalente a 2150 kg ha⁻¹ año⁻¹.

Aguilar (1997) trabajando en praderas de pasto ovillo con ovinos en pastoreo a diferente carga animal (30, 45 y 60 animales ha^{-1}), reporta que la ganancia de peso promedio de éstos fue diferente entre los distintos niveles de carga animal probados, obteniendo ganancias de 114.5, 70.43 y 63.89 g día^{-1} respectivamente. Los resultados indican que a menor carga animal los animales tuvieron la facilidad de seleccionar una dieta con mejor contenido de nutrimentos y la menor ganancia diaria de peso en la carga alta respondió a la menor disponibilidad de forraje por animal. En contraste, la ganancia de peso por hectárea fue mayor (3.843 $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) para la carga más alta en comparación con la menor carga animal (3.435 $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$).

Peralta y Valdemar (1997) encontraron que la ganancia de peso de corderos pastoreando ovillo podría mejorarse mediante el ofrecimiento de suplemento a cantidad moderada (60 $\text{g cordero}^{-1} \text{ día}^{-1}$) manteniendo una misma carga animal. Los corderos que no recibían suplemento ganaron 71 g día^{-1} mientras que fue de 138 g día^{-1} cuando se les suplementó con 60 $\text{g día}^{-1} \text{ animal}^{-1}$, sin efecto en reducción de la actividad de pastoreo por parte de los corderos con suplemento, durante los 72 días que duró el estudio.

En regiones tropicales, el potencial de los ovinos en pastoreo para ganar peso puede no alcanzarse debido a que puede presentarse aún cuando por periodos cortos una cantidad de forraje en exceso a la capacidad de los ovinos para cosecharlo, lo que lleva a una posible alta acumulación de biomasa no cosechada que envejece y con ello reduce la calidad nutritiva de la misma (Alvarez, 1985).

La reducción en tres veces la carga animal en estrella, de 72 a 24 corderos ha^{-1} en 172 días, mejoró en 1.9 veces la ganancia diaria de peso de 35 a 68 g cordero^{-1} , pero una reducción en la carga animal de 1.5 veces (72 a 48 corderos ha^{-1}) implicó una mejora en la ganancia de peso muy similar a la anterior de 35 a 65 g cordero^{-1} (Cuadro 5). El autor propone que en gramíneas tropicales de alto rendimiento la estrategia de implementar bajas cargas animal para mejorar la producción individual por mayor posibilidad de selección de forraje a cosechar tiene su límite al permitirse la maduración excesiva del forraje no cosechado.

Cuadro 5. Ganancia diaria de peso en ovinos pastoreando estrella a diferente carga animal.

Atributo	Carga animal (corderos ha^{-1} 167 d^{-1})		
	24	48	72
Peso inicial (kg cordero^{-1})	15.7	15.0	16.0
Peso final (kg cordero^{-1})	27.2	26.9	22.0
Ganancia diaria (g cordero^{-1})	68	65	35
Ganancia diaria por superficie (kg ha^{-1})	1.6	3.1	2.5
Tiempo para llegar a 30 kg de peso vivo (días)	215	216	392

Fuente: Cruz (1997)

Cruz (1997) estima que en estrella la máxima ganancia de peso por hectárea se obtenía con 62 corderos ha^{-1} a una ganancia diaria por cordero de 55 g. Así, de iniciarse con

corderos de 15 kg de peso, se necesitan 272 días de pastoreo para hacerlos llegar a 30 kg de peso vivo.

3.6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE TRÉBOL BLANCO - OVILLO

Las forrajeras de zona templada son reconocidas por dar un forraje de mayor calidad en comparación con forrajes tropicales, dentro de las especies forrajeras templadas el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y el pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) han mostrado ser de alta calidad y buenos rendimientos de forraje (Hughes, 1970).

El trébol blanco juega un importante papel en el ecosistema pradera por su contribución junto con el *Rhizobium* a la fijación simbiótica de nitrógeno. El trébol blanco es un forraje de gran valor ya que tiene un alto contenido de proteína cruda y alta digestibilidad; su crecimiento es más activo en temperaturas calurosas que es cuando los forrajes de estación fría son menos productivos (Karsten, 1999).

El trébol blanco tiene una gran capacidad de producción de biomasa; en Nueva Zelanda se reportan rendimientos de 4 a 14 t de forraje en base seca ha⁻¹ y en España existen registros de 9 a 12 t de forraje en base seca ha⁻¹ en la zona templada (Marín, 1997).

El pasto ovillo es una gramínea de rápido desarrollo y larga vida, no es resistente a sequías prolongadas y crece mejor en verano, responde bien a suelos con alto grado de fertilidad y particularmente a las aplicaciones de nitrógeno. Es una planta que tiene gran utilidad en praderas mixtas de corte y pastoreo, asociado con otras gramíneas y

leguminosas (Muslera y Ratera, 1984). Langer (1981) menciona que en una pradera de pasto ovillo bajo pastoreo continuo se produjo un total de 7.06 t forraje $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$.

En México, Avendaño (1978) reporta una producción de forraje de pasto ovillo de 11 t $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$. Jiménez, (1989) obtuvo una producción de 10.9 y 15 t $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ con una frecuencia de corte de 6 y 8 semanas, respectivamente. Aguilar (1997) reporta que durante tres ciclos de pastoreo logró una producción de 6.88 t forraje $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$.

El pasto ovillo para forraje se produce casi exclusivamente para pastoreo y en asociación con una o varias leguminosas, en Uruguay se estudió la acumulación de materia seca en una pradera de trébol blanco – pasto ovillo durante tres años, se produjeron 15.08, 12.89 y 15.21 t de forraje en base seca $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (Delgadillo *et al.*, 1987).

En México, Jiménez (1989) reporta una producción total de 10.7 kg de forraje ha^{-1} en praderas asociadas de trébol blanco y pasto ovillo. Herrera y Larios (1991) tuvieron un rendimiento de pasto ovillo de 3198 kg de forraje ha^{-1} en base seca en 188 días con intervalos de pastoreo de 58 días, ya sea asociado con trébol blanco o rojo. Marín (1997) en el municipio de Texcoco, reporta una producción total de forraje en base seca de 11.8 t $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (Cuadro 6).

Cuadro 6. Reportes de producción de forraje en México de praderas asociadas trébol blanco – ovinillo.

		t MS ha ⁻¹ año ⁻¹	Referencia
		15.7	Jiménez (1989)
		10.5	Herrera y Larios (1991)
Primavera	4.8		Marín (1997)
Verano	3.4		
Otoño	1.7		
Invierno	1.7		
Total		11.6	

La principal ventaja agronómica de usar una pradera asociada trébol blanco – ovinillo es incrementar la producción de forraje en comparación con la monoespecífica de ovinillo y con ello poder mejorar el valor nutritivo del forraje producido y el nivel de producción animal (Carámbula, 1977).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Localización

El estudio se realizó en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México, a 19° 53' Norte, 98° 53' Oeste y 2240 msnm (García, 1988).

4.2. Clima

La fórmula climática del área es: C (w₀) (w) b (i')g, que corresponde a un clima templado, con verano fresco con una temperatura media anual entre 12° y 18° C, la del mes más frío entre -3° y 18° C y la del mes más cálido entre 6.5° y 22° C; con un cociente de precipitación/temperatura menor a 43.2 por lo que constituye el subtipo más seco de los climas templados, precipitación del mes más seco menor a 40mm y menos del 5% de precipitación total en la época invernal, con poca oscilación térmica (menor a 7° C) y marcha de la temperatura tipo ganges. La precipitación anual es de 644.8mm.

4.3. Tratamientos y diseño experimental

En el estudio se compararon un total de cinco tratamientos, tres de ellos consistentes en asociar ovinillo con trébol blanco a tres densidades de siembra del trébol blanco: 25, 50 y 75 %; y dos, en tener ovinillo sin trébol blanco asociado, uno con y otro sin fertilización nitrogenada. Las densidades de trébol blanco consistieron en la proporción de individuos

de esta especie del total de individuos al momento de la siembra, tomando como base una densidad de 2017 semillas puras viables / m², esta densidad fue constante para los cinco tratamientos. Para el tratamiento de ovinillo sin trébol blanco y con fertilización nitrogenada se aplicó una dosis de 50 kg N ha⁻¹ después de cada cosecha por pastoreo. En el Cuadro 7 se describen los tratamientos y número de repeticiones correspondientes.

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos y número de repeticiones.

Tratamiento	Descripción	Repeticiones
1	100 % ovinillo sin fertilización N	2
2	100 % ovinillo con fertilización N*	3
3	25 % trébol blanco; 75 % pasto ovinillo	3
4	50 % trébol blanco; 50 % pasto ovinillo	3
5	75 % trébol blanco; 25 % pasto ovinillo	2

* La dosis de fertilización nitrogenada fue aplicar 50 kg N ha⁻¹ después de cada cosecha por pastoreo.

El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones para los tratamientos de 25 y 50% de trébol y ovinillo con fertilización y dos repeticiones para los tratamientos de 75% trébol y ovinillo sin fertilización. La unidad experimental fue un potrero de 752.5 m² con tres corderos.

4.4. Manejo de los potreros experimentales

En una superficie total de 9,782.5 m² se ubicaron 13 potreros de 752.5 m² cada uno, a cada potrero se le asignó al azar el tratamiento respectivo. Una vez identificado el tratamiento que recibiría cada potrero se procedió a la siembra de las especies correspondientes.

La siembra fue el 19 de mayo del 2001, se sembró al voleo con una sembradora manual. Primero se sembró oville por ser de semilla más grande que trébol, posteriormente se sembró el trébol, cuya semilla se mezcló con tierra para facilitar una mejor distribución de la semilla en el campo, al final se procedió a cubrir la semilla con una rastra de ramas. Para calcular la cantidad de semilla pura viable (SPV) según el tratamiento se determinó el peso de cinco grupos de 100 semillas de cada especie y se determinó el número de semillas en un kilogramo: 917,114 semillas de oville Kg⁻¹ y 1'693,132 semillas de trébol blanco kg⁻¹. Después de determinar el número de semillas por kilogramo se determinó el porcentaje de germinación que fue del 80% para cada una de las especies. Con esta información y manteniendo siempre la densidad de 2017 SPV por m² se definió la cantidad de SPV a usar para cada tratamiento al momento de la siembra (Cuadro 8).

Todos los potreros, independientemente del tratamiento se fertilizaron con la fórmula 30-80-00 a la siembra, las fuentes fueron fosfato di-amonio y nitrato de amonio. Al día siguiente de la siembra se aplicó un primer riego para germinación y posteriormente dos riegos de emergencia a los 8 y 16 días del primero. Posterior al tercer riego, la

frecuencia de riego fue cada 21 días, con una lámina de riego de 75 mm en cada momento. Durante el periodo experimental el riego se aplicaba a toda el área una vez que los corderos estaban en encierro (ver manejo de los animales).

Cuadro 8. Densidades de siembra (Kg SPV ha⁻¹) de trébol blanco y ovinillo para mantener una misma densidad de individuos* por superficie, pero con diferente aporte de trébol blanco.

Tratamiento	Densidad de siembra para	
	Ovinillo	Trébol blanco
100 % ovinillo con o sin fertilización N	22.0	--
25 % trébol blanco; 75 % ovinillo	16.4	2.9
50 % trébol blanco; 50 % ovinillo	10.9	5.8
75 % trébol blanco; 25 % ovinillo	5.5	8.9

*La densidad de individuos fue de 2017 m².

La fertilización de las praderas de ovinillo sin trébol blanco se realizó cuando los corderos salían de la franja de pastoreo, por lo que fue después del primer pastoreo por los corderos que se dio la primer aplicación de nitrógeno. La fertilización se hizo en forma manual al voleo usando urea como fuente.

Antes de iniciar el pastoreo experimental se realizaron dos cortes de formación, el primero el 26 de julio del 2001; y el segundo el 16 de agosto del 2001. Para lo cual se utilizó una cosechadora-picadora con remolque, así todo el forraje cosechado fue removido de la pradera en forma simultánea al corte.

4.5. Manejo de los animales

Para realizar el pastoreo experimental se uso un total de 78 corderos machos enteros Rambouillet X Suffolk, divididos en dos grupos de 39 corderos cada uno, un grupo con peso promedio de 27.5 kg se usó en el pastoreo de otoño y el otro de 27.1 kg para el pastoreo de primavera. Al inicio del estudio los corderos fueron identificados individualmente y desparasitados con Ivermectina (0.5 ml/ 25 kg de peso), vitaminados con A, D₃ y E a dosis de 3 ml por animal e inmunizados con la vacuna triple bovina a dosis de 2 ml por animal que los protege contra enterotoxemia (*Clostridium perfringens* tipos C y D) y pasteurelosis (*Pasteurella multocida*).

Para cada periodo de pastoreo se formaron 13 grupos de 3 corderos cada uno manteniendo la mayor homogeneidad de peso por grupo y asignados al azar a cada uno de los potreros. En ambos periodos de pastoreo, los corderos tuvieron un tiempo de adaptación al pastoreo y al cerco eléctrico de dos semanas antes del comienzo del pastoreo experimental. Se suministró agua a los corderos en los potreros a libre acceso en tinas de plástico con capacidad para 20 litros, también se suministraron sales minerales a libre acceso en recipientes de plástico. Adicionalmente, se ofreció maíz quebrado a razón de 240 g cordero⁻¹ día⁻¹ en base seca en el pastoreo de otoño, y 80 g cordero⁻¹ día⁻¹ en base seca en el pastoreo de primavera, el maíz fue suministrado en el área de pastoreo al momento de llegar los corderos a la franja asignada.

Durante el pastoreo de otoño, por inclemencia del clima, se tuvo que suspender el pastoreo y mantener a los corderos confinados en el corral alimentándose con heno de alfalfa y agua a libre acceso, la suplementación con maíz continuó durante este lapso. El periodo de estabulación tuvo una duración de 14 días (del 18 de noviembre al 1 de diciembre del 2001).

Los corderos tenían acceso al pastoreo por ocho horas al día, el resto del tiempo se encerraban en corrales para cada grupo de tres. Los corrales eran de tierra con posibilidad de agua. Los corderos fueron pesados individualmente cada siete días a las 7:30 de la mañana, justo antes de ser trasladados al área de pastoreo.

4.6. Manejo del pastoreo

La fase de campo consistió en la realización de dos periodos de pastoreo independientes entre sí y con dos grupos diferentes de corderos. El primer periodo de pastoreo se efectuó en otoño, del 14 de octubre al 22 de diciembre del 2001 y el segundo en primavera del 28 de febrero al 7 de mayo de 2002 teniendo una duración de 70 y 69 días, respectivamente.

El pastoreo fue rotativo en franjas con un tiempo de ocupación de un día y el de desocupación varió de 21 a 28 días en el pastoreo de otoño y de 28 a 35 días en el pastoreo de primavera. La superficie de las franjas fue variable para asegurar que los corderos iniciaran el periodo de ocupación con una asignación diaria de forraje del 8%. La determinación de la superficie de la franja a ofrecer en cada momento en cada

potrero, se determinó tomando cuatro muestras de forraje cortado a ras de suelo, usando un cuadro de 0.25 X 0.25 metros, las muestras de forraje fueron secadas a 100° C por 8 horas y pesadas posteriormente para determinar la cantidad de forraje en base seca. Este muestreo se realizó cada siete días, de forma que los datos se utilizaban para determinar la superficie de las franjas para siete días consecutivos.

El tiempo de estancia diaria de los corderos en la franja de pastoreo fue de 8 horas, de 8:00 a 16:00 h. El cerco perimetral y de cada potrero fue eléctrico fijo y dentro de cada potrero se utilizó cerco eléctrico móvil para delimitar la franja de pastoreo.

Un ciclo de pastoreo fue el intervalo de tiempo que utilizaron los corderos para pastorear toda la superficie del potrero y regresar a la primera franja. En el pastoreo de otoño, el primer ciclo de pastoreo no implicó ningún efecto previo del pastoreo por los corderos, y se realizaron tres ciclos de pastoreo en todos los potreros. En el pastoreo de primavera, por la mayor cantidad de forraje se efectuaron dos ciclos de pastoreo en todos los potreros, excepto en los potreros que tenían ovillo sin fertilización nitrogenada, en los que se efectuaron tres ciclos de pastoreo.

4.7. Variables medidas

Se realizaron mediciones tanto en los potreros como en los corderos.

4.7.1. Mediciones en los potreros

En los potreros se determinó la masa de forraje, el forraje ofrecido y residual, así como la concentración de nitrógeno en estos dos últimos.

4.7.1.1. Masa de forraje

Hodgson (1979) define la masa de forraje como la cantidad del forraje expresada en kg de materia seca por unidad de área y de preferencia cortado a nivel del suelo. La masa de forraje se determinó en cinco ocasiones por ciclo de pastoreo en ambos periodos de pastoreo. En cada ocasión se determinó con base al total de forraje cosechado a partir de cuatro cuadros de $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$ ubicados en forma equidistante entre sí a lo largo del potrero experimental, el forraje que quedaba dentro del cuadro fue cosechado a ras de suelo y se juntó todo el proveniente de un mismo potrero en bolsas de polietileno previamente identificadas. Las muestras de forraje obtenidas se secaron a 55° C durante 72 horas en una estufa con circulación forzada de aire y los datos de forraje en base seca se utilizaron para la estimación de masa de forraje por ciclo de pastoreo.

4.7.1.2. Forraje ofrecido y residual

Forraje ofrecido fue el existente previo a la entrada de los corderos a pastoreo, y forraje residual fue el existente una vez que los corderos fueron movidos a una nueva franja. La masa de forraje ofrecido y residual se determinó en dos ocasiones durante los dos primeros ciclos de pastoreo, para cada periodo de pastoreo.

Los corderos en cualquiera de los tratamientos siempre recibieron una cantidad fija de forraje ofrecido por día, equivalente al 8% del peso vivo de los mismos. Así la oferta de forraje para el animal relativa al peso del mismo fue una constante en todos los tratamientos y no fue una variable sujeta a análisis. Sin embargo, este dato de forraje ofrecido fue usado para ser restado del forraje residual y obtener forraje desaparecido como una estimación de consumo, y donde ambos (forraje residual y desaparecido) pudieron ser influidos por el tratamiento y por ello fueron sujetos a análisis.

La determinación del forraje ofrecido para un periodo de ocupación de un día, se realizó un día antes de la entrada de los corderos a la franja de pastoreo. Se colocó un cuadro de $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$ en dos lugares previamente establecidos dentro de la franja de pastoreo, ubicados en forma equidistante entre sí. El forraje que quedaba dentro del cuadro fue cosechado a ras de suelo y se juntó todo el proveniente de una misma franja de pastoreo en bolsas de polietileno previamente identificadas. La metodología para determinar la cantidad de forraje residual fue similar, ubicando el cuadro al lado del muestreo de forraje ofrecido el mismo día que los corderos salían de la franja de pastoreo.

Las muestras de forraje obtenidas se secaron a 55°C durante 72 horas en una estufa con circulación forzada de aire. Con los pesos de forraje ofrecido y residual de una misma franja se calculó la masa de forraje desaparecido ($\text{MFD} = \text{MFO} - \text{MFR}$).

Posteriormente, las muestras fueron molidas con una criba de 1mm y guardadas en bolsas de plástico para determinar la concentración de nitrógeno del forraje. Para la

determinación de la concentración de nitrógeno del forraje ofrecido y residual se empleó el método microkejdahl para la cuantificación de nitrógeno total, expresado en porcentaje en 40 muestras. Con la concentración de nitrógeno obtenida en laboratorio y los espectros de estas mismas muestras se calibró el equipo de espectroscopía del infrarrojo cercano NIR (FOSS NIRSystem, Infrasoft Internacional, LLC), y al resto de las muestras (108) se les determinó la concentración de nitrógeno con este equipo ya calibrado.

4.7.2. Mediciones en los corderos

Los corderos fueron pesados al comienzo del experimento y posteriormente cada semana para determinar la variación del peso vivo durante el periodo de engorda; el pesaje de los corderos se realizó a las 7:30 de la mañana, justo antes de salir a pastoreo.

Para determinar la conducta de los animales en el área de pastoreo se registró el tiempo que dedicaban los animales a la actividad de pastoreo. Los datos fueron obtenidos por la metodología descrita por Jamieson y Hodgson (1979), que consiste en observación directa cada 10 minutos de todos los corderos en el área de pastoreo, bajo el supuesto de que la actividad registrada se mantuvo durante los 10 minutos previos. La actividad en el área de pastoreo se determinó en tres ocasiones por periodo de pastoreo. Cada ocasión de medición es el promedio de toma de datos de dos días consecutivos.

4.8. Manejo y análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico se realizó por medio del modelo lineal general (GLM) del paquete estadístico SAS (1998).

Para el análisis de varianza, los datos de masa de forraje, forraje residual, forraje desaparecido, concentración de nitrógeno del forraje ofrecido, concentración de nitrógeno del forraje residual y tiempo diario dedicado al pastoreo fueron analizados en forma independiente para cada periodo de pastoreo empleando el modelo correspondiente al diseño completamente al azar, con tres variantes:

$$Y_{ijk} = M + T_i + (\text{Rep} * \text{Trat})_{ik} + C_j + (T * C)_{ij} + E_{ijk} \quad (\text{Modelo I}).$$

El modelo I comprendió:

Y_{ijk} = Valor de masa de forraje, forraje residual, forraje desaparecido, concentración de nitrógeno del forraje ofrecido y residual correspondiente al tratamiento i en el ciclo j y repetición k .

M = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$ y 5).

$(\text{Rep} * \text{Trat})_{ik}$ = Error asociado a la variación de unidades experimentales (Potreros) bajo el mismo tratamiento. Se utilizó para determinar el efecto de tratamiento.

C_j = Efecto del j-ésimo ciclo; $j = 1, 2$ y 3 para masa de forraje en el pastoreo de otoño; $j = 1$ y 2 para masa de forraje en el pastoreo de primavera y para el resto de las variables.

$(T * C)_{ij}$ = Interacción tratamiento por ciclo de pastoreo.

E_{ijk} = Error experimental.

Para el análisis estadístico del tiempo diario dedicado al pastoreo, se utilizó el total de tiempo dedicado a esta actividad en el día de medición en cada uno de los periodos de pastoreo.

$$Y_{ijk} = M + T_i + (\text{Rep} * \text{Trat})_{ik} + D_j + (T * D)_{ij} + E_{ijk} \quad (\text{Modelo II}).$$

El modelo II comprendió:

Y_{ijk} = Valor de la variable tiempo diario dedicado al pastoreo por los corderos en el tratamiento i en el ciclo j y repetición k .

M = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$ y 5).

$(\text{Rep} * \text{Trat})_{ik}$ = Error asociado a la variación de unidades experimentales (Cordero) bajo el mismo tratamiento. Se utilizó para determinar el efecto de tratamiento.

D_j = Efecto del j -ésimo día en pastoreo ($j = 1, 2$ y 3).

$(T * D)_{ij}$ = Interacción tratamiento por día en pastoreo.

E_{ijk} = Error experimental.

Para determinar el patrón de distribución del tiempo dedicado al pastoreo durante el periodo de ocupación de la franja en pastoreo, se dividió este tiempo en cuatro intervalos de dos horas cada uno: 8:00 a 10:00, 10:00 a 12:00, 12:00 a 14:00 y 14:00 a 16:00 h.

Para determinar el tiempo dedicado al pastoreo dentro de cada uno de estos intervalos se calculó el promedio de los tres días de medición dentro de cada periodo de pastoreo.

$$Y_{ijk} = M + T_i + (\text{Rep} * \text{Trat})_{ik} + H_j + (T * H)_{ij} + E_{ijk} \quad (\text{Modelo III}).$$

El modelo III comprendió:

Y_{ijk} = Valor de la variable tiempo dedicado al pastoreo por corderos en el tratamiento i periodo del día j y repetición k..

M = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$ y 5).

$(\text{Rep} * \text{Trat})_{ik}$ = Error asociado a la variación de unidades experimentales (Corderos) bajo el mismo tratamiento. Se utilizó para determinar el efecto de tratamiento.

H_j = Efecto del j-ésimo periodo del día ($j = 1, 2, 3$ y 4).

$(T * H)_{ij}$ = Interacción tratamiento por periodo del día.

E_{ijk} = Error experimental.

Para el análisis de varianza del peso vivo de los animales se empleó el modelo correspondiente al diseño completamente al azar con peso inicial como covariable:

$$Y_{ij} = M + T_i + \beta X_{ij} + E_{ij} \text{ (Modelo IV).}$$

El modelo IV comprendió:

Y_{ij} = Valor de la variable peso por cordero en el tratamiento i y repetición j .

M = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$ y 5).

βX_{ij} = Efecto de la covariable peso inicial.

E_{ij} = Error experimental.

En el pastoreo de otoño se hizo el análisis de peso vivo a los 35 días de pastoreo y luego a los 70 días de pastoreo, esto debido a que entre el día 18 de noviembre y el día 1 de diciembre del 2001, los corderos se mantuvieron fuera del pastoreo. En ambos análisis, se utilizó el peso inicial como covariable.

Si el efecto era significativo ($P \leq 0.05$), se empleó el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie, 1988), con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para la comparación múltiple de medias.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Atributos de la producción de forraje

La masa de forraje mostró efecto ($P \leq 0.05$) de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo, como del ciclo, sin variación ($P > 0.05$) por tratamiento (Cuadro 9). La tendencia general fue a menor masa de forraje conforme se pasó del primero al tercer ciclo de pastoreo. La reducción relativa fue contrastante, del primer al segundo ciclo la reducción promedio en masa de forraje fue de 42 %, y de 20 % del segundo al tercer ciclo.

Cuadro 9. Masa de forraje (kg ha^{-1}) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco durante el pastoreo de otoño.

Ciclo	DENSIDAD DE TRÉBOL (%)					Promedio
			0	25	50	75
	Sin N [†]	Con N [†]				
1	2516 c**	2479 c	2906 b	2849 c	3094 a	2768 A*
2	1734 d	1772 d	1706 d	1484 e	1534 de	1612 B
3	800 f	1604 d	1208 f	1212 f	1420 e	1282 C
Promedio	1683 [△]	1951	1940	1848	2016	

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada; Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo; 50 kg N ha^{-1} acumulado al segundo ciclo y 100 kg N ha^{-1} para el tercer ciclo.

* Medias dentro de columna con al menos una literal mayúscula en común son diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$; Tukey).

** Medias con al menos una literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$; Tukey).

[△] Sin efecto ($P > 0.05$) de tratamiento.

En general esta tendencia a menor masa de forraje conforme se avanzó en los ciclos de pastoreo puede explicarse por un ambiente menos favorable para la acumulación de forraje. Entre los factores climáticos que podrían fomentar la caída en masa de forraje están reducción en el fotoperiodo así como en la temperatura ambiental (Mott, 1977) ya que la aplicación del riego hizo que la humedad disponible no fuera tan restrictiva. El primer ciclo de pastoreo coincide con los meses de octubre y principios de noviembre, mientras que el segundo y tercer ciclos coincide con los meses de noviembre y diciembre. Así, los cambios en estos dos factores fueron mayores del primer al segundo ciclo y por ello la mayor caída relativa en la masa de forraje total. También el periodo de crecimiento al primer ciclo fue del segundo corte de formación (16 de agosto del 2001) al inicio del pastoreo experimental (14 de octubre del 2001), aproximadamente 60 días.

Sin embargo, la presencia de la interacción modificó este efecto general del ciclo de pastoreo. Si bien, la reducción en el forraje total se presentó en todas las praderas al pasar del primero al segundo ciclo de pastoreo, del segundo al tercer ciclo, las praderas de ovillo con fertilización y 75 % trébol blanco no mostraron una reducción significativa en la masa de forraje, mientras que en la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada, la reducción relativa en la masa de forraje fue casi 54 % al pasar del segundo al tercer ciclo de pastoreo. En las praderas con 25 y 50 % trébol blanco, la reducción en masa de forraje del segundo al tercer ciclo fue 29 y 18 %, respectivamente. La inclusión de trébol blanco a mayor densidad sirvió como amortiguador a la caída en masa de forraje hacia el final del periodo de pastoreo de otoño, este efecto amortiguador también se logró con la fertilización nitrogenada del ovillo. Otro de los aspectos asociados a la interacción es

que la similitud entre las praderas en masa de forraje no se mantuvo en todos los ciclos, resaltó en el primer ciclo la superioridad de la pradera 75 % trébol blanco en masa de forraje sobre las otras praderas. La pradera 75 % trébol blanco rindió 13 % más que el promedio de las cuatro praderas, esta superioridad de la pradera 75 % trébol blanco se repite en el tercer ciclo, aunque en este ciclo, solamente fue superior a la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada y a las de 25 y 50 % trébol blanco, ya que ovillo con fertilización llega a presentar una masa de forraje aún mayor que la de 75 % trébol blanco.

En el Cuadro 10 se presenta la masa de forraje en cada uno de los ciclos de pastoreo durante el pastoreo de primavera. Para completar 70 días de pastoreo, la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada tuvo que soportar tres ciclos de pastoreo, las otras praderas con solo dos ciclos de pastoreo dieron los 70 días de pastoreo. Esto indica que la pradera de ovillo sin trébol ni fertilización nitrogenada no pudo transformar los recursos ambientales disponibles en una acumulación de forraje al nivel que lo hicieron las otras praderas.

La masa de forraje solamente varió ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 10), este efecto se explica en que la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada mostró el valor mínimo (1999 kg ha^{-1}) de masa de forraje. Las otras praderas muestran una masa de forraje similar entre ellas y en promedio casi 50% mayor a la de ovillo sin fertilización nitrogenada.

Cuadro 10. Masa de forraje (kg ha^{-1}) en praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco durante el pastoreo de primavera.

Ciclo	DENSIDAD DE TRÉBOL (%)					Promedio
	0		25	50	75	
	Sin $N^{\dagger}$	Con $N^{\dagger}$				
4	1466 *	3453	3451	3382	3479	3046
5	2532	4847	3989	4218	4867	4090
6 Δ	2186	n/n	n/n	n n	n n	
Promedio	1999 B**	4150 A	3720 A	3800 A	4173 A	

† Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo; 150 kg N ha^{-1} acumulada al cuarto ciclo y 200 kg N ha^{-1} para el quinto ciclo.

* Sin efecto ($P > 0.05$) de ciclo ni de la interacción ciclo por tratamiento.

** Medias dentro de hileras con al menos una literal en común no son diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$; Tukey).

Δ Sexto ciclo solo en ovinillo sin fertilización, por lo que no se incluyó en el análisis, ni en el promedio para este tipo de pradera. n/n= No fue necesario.

Richards (1993) indica que los factores abióticos que limitan la recuperación de las plantas después de una defoliación son la disponibilidad de agua, luz y temperatura, por lo que la mayor producción de materia seca del pastoreo de primavera con respecto al pastoreo de otoño puede explicarse por el mejoramiento de los factores climáticos.

Durante el pastoreo de otoño, la fertilización nitrogenada de ovinillo fue equivalente en cantidad de masa de forraje, a la inclusión de trébol blanco entre 25 y 50 % de la densidad de población. La imposibilidad de detectar diferencia entre las densidades de trébol blanco puede ser indicativa de que el aporte de nitrógeno al sistema pradera por parte del trébol blanco fue muy similar a todas las densidades debido al estado juvenil de esta especie. Whitehead (1995) menciona que la transferencia de nitrógeno del trébol

blanco al suelo es mínima durante los primeros tres meses de la implantación de la pradera debido a la escasa acumulación de material muerto y a que el trébol blanco utiliza todo el nitrógeno fijado para su crecimiento. Otra causa de que no se detectara diferencia entre estas praderas puede ser que ovilla no estaba en condiciones de una alta respuesta a niveles crecientes de nitrógeno debido a estar en una fase juvenil con poca colonización.

La masa de forraje de trébol blanco durante el año en la misma zona presenta gran variación, datos reportados por Marín (1997) describen una acumulación de 4.8 toneladas de materia seca en primavera, por el contrario en otoño e invierno el rendimiento de materia seca disminuye hasta 1.7 toneladas por hectárea. Estas cantidades reportadas en praderas monoespecíficas, dan una idea del potencial de producción del trébol blanco. Estas cifras concuerdan en las dos estaciones del año con las encontradas en el presente estudio en condiciones de praderas asociadas, siendo en promedio de 4.0 t en primavera y 1.6 en otoño.

Allden y Wittaker (1970) indican que en praderas templadas, masas de forraje de 500 kg ha⁻¹ o menores, limitan el consumo de borregos en pastoreo; por otro lado, Muslera y Ratera (1984) señalan que en gramíneas templadas, una masa de forraje no menor a 1100 kg ha⁻¹ no es limitativa al consumo de forraje por bovinos y ovinos. En el presente estudio las masas de forraje fueron de 800 hasta 3094 y de 1466 hasta 4867 kg ha⁻¹ en otoño y primavera, respectivamente, siendo los valores más altos para las praderas que incluían 75 % trébol blanco. Con base a estos datos, podría esperarse que alguna de las praderas, sobre todo la de ovilla sin fertilización nitrogenada que presenta menos masa

de forraje, limitara el consumo de los corderos forzándolos a una actividad de cosecha más intensa para hacerse del forraje necesario para cubrir la demanda de materia seca.

5.2. Cantidad de forraje ofrecido, residual y desaparecido

Los corderos en cualquiera de las praderas y ciclos de pastoreo siempre recibieron una misma asignación de forraje por día, equivalente al 8% del peso vivo de los mismos. La cantidad total ofrecida de forraje para un periodo de ocupación de un día, por tanto no fue sujeta a análisis, ya que cualquier variación sólo refleja cambios en los pesos vivos de los corderos, y la variable peso vivo es presentada más adelante. Sin embargo, la cantidad ofrecida de forraje por periodo de ocupación de un día fue determinada ya que al restarle la cantidad de forraje residual se obtenía la cantidad de forraje desaparecido, donde estos dos últimos (forraje residual y desaparecido) pudieron ser influidos por el tipo de pradera al variar en accesibilidad física y química del forraje producido a la cosecha por pastoreo (Mitchell *et al.*, 1991; Van Soest, 1983).

En otoño, tanto la cantidad de forraje residual como desaparecido mostraron efecto ($P \leq 0.05$) de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo, sin variación ($P > 0.05$) por tratamiento ni por ciclo de pastoreo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cantidad de forraje ofrecido, residual y desaparecido (kg ha^{-1}) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol pastoreadas por corderos en otoño.

		DENSIDAD DE TRÉBOL (%)					
Tipo de							
Forraje	Ciclo						Promedio
		Sin $N^{\dagger}$	Con $N^{\dagger}$				
Ofrecido	1	2618	2083	2238	1371	2476	2157
	2	1708	2673	1635	1855	2480	2070
	Promedio	2163	2378	1936	1613	2478	
Residual	1	1180 a*	924 ab	1032 ab	717 ab	928 ab	956 [△]
	2	772 ab	499 b	851 ab	939 ab	838 ab	780
	Promedio	976	711	941	828	883	
Desaparecido	1	1440 ab	1159 b	1205 ab	653 b	1548 ab	1201
	2	936 b	2175 a	784 b	916 b	1642 ab	1291
	Promedio	1188	1667	995	784	1595	

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo; 50 kg N ha^{-1} acumulado al segundo ciclo.

* Medias dentro de tipo de forraje con al menos una literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey).

[△] En ninguno de los tipos de forraje se detectó efecto ($P>0.05$) de tratamiento ni de ciclo de pastoreo.

La tendencia general en la cantidad de forraje residual fue a no detectar diferencia entre las praderas y ciclos de pastoreo. Sin embargo la interacción registrada en esta variable se explica por la diferencia en forraje residual entre la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada en el primer ciclo de pastoreo ($1180 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada en el segundo ciclo de pastoreo ($499 \text{ kg MS ha}^{-1}$). Descontando

estos extremos, la cantidad de forraje residual se encontró en un intervalo de 717 a 1032 kg MS ha⁻¹, una diferencia absoluta de 315 kg MS ha⁻¹, que dada la variabilidad al determinar este atributo no fue suficiente para detectar efecto del tipo de pradera.

En forraje desaparecido se dio una mayor dispersión en los valores que en forraje residual. La tendencia general a no detectar diferencia en forraje residual entre las praderas, no se mantuvo en el segundo ciclo de pastoreo, cuando la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada promovió una cantidad de forraje residual 2.4 veces mayor al promedio de 879 kg MS ha⁻¹ registrado para las praderas de ovillo sin fertilización nitrogenada, 25 y 50 % trébol blanco, que no difirieron entre ellas en este atributo, mientras que la pradera de 75 % trébol blanco presentó un valor intermedio en forraje desaparecido (1642 kg MS ha⁻¹) y no diferente a los valores extremos. La pradera de ovillo con fertilización nitrogenada en el segundo ciclo de pastoreo coincidió en presentar la mínima cantidad de forraje residual, la máxima cantidad de forraje desaparecido así como la mayor masa de forraje (Cuadro 9), permitiendo suponer que en esta pradera y ciclo existía una masa de forraje con mayor accesibilidad a la cosecha. En forma paralela la pradera 75 % trébol blanco mostró estar en una posición de segundo lugar en forraje desaparecido como en masa de forraje durante el segundo ciclo de pastoreo. Allden y Whittaker (1970) han indicado la importancia de la masa de forraje en la magnitud de cosecha de forraje por parte del animal en pastoreo, argumentando que la estructura de la pradera (altura y densidad) ejerce una influencia importante en el comportamiento alimenticio de los animales en pastoreo y por lo tanto en la ingestión y utilización del forraje.

La cantidad de forraje residual en el pastoreo de primavera mostró efecto ($P \leq 0.05$) del tratamiento como de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo, sin variación ($P > 0.05$) por ciclo de pastoreo. El forraje desaparecido solamente presentó efecto ($P \leq 0.05$) de la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Cantidad de forraje ofrecido, residual y desaparecido (kg ha^{-1}) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol pastoreadas por corderos en primavera.

Tipo de Forraje	Ciclo	DENSIDAD DE TRÉBOL (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin $N^{\dagger}$	Con $N^{\dagger}$				
Ofrecido	4	1198	2228	2153	2107	2350	2007
	5	1534	2351	1765	2648	3298	2319
	Promedio	1366	2289	1959	2377	2824	
Residual	4	604 b*	1024 b	1003 b	1029 b	1118 ab	956
	5	680 b	1009 b	797 b	1260 ab	1530 a	1055
	Promedio	642 B ⁺⁺	1016 AB	900 AB	1144 A	1324 A	
Desaparecido	4	594 b	1204 ab	1151 ab	1077 ab	1232 ab	1051
	5	854 b	1341 ab	968 ab	1388 ab	1768 a	1263
	Promedio	724	1272	1059	1232	1500	

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo; 150 kg N ha^{-1} acumulado al cuarto ciclo y 200 kg N ha^{-1} para el quinto ciclo.

* Medias dentro de tipo de forraje con al menos una literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$; Tukey).

++ Medias dentro de hileras con al menos una literal mayúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$; Tukey).

La tendencia general del efecto del tratamiento fue a que las praderas 50 y 75 % trébol blanco mostraran un valor de forraje residual mayor al encontrado en la pradera de ovillejo sin fertilización nitrogenada, y los otros dos tipos de pradera (ovillo con fertilización y 25 % trébol blanco) mostraron valores intermedios y no diferentes a las praderas con valores extremos en forraje residual. Sin embargo, esta tendencia general no se mantuvo totalmente en los dos ciclos, en el cuarto ciclo todas las praderas mostraron similar cantidad de forraje residual y es en el quinto ciclo donde las praderas 50 y 75 % trébol blanco muestran mayor forraje residual que en las otras praderas, muy especialmente en la pradera 75 % trébol blanco que queda muy por arriba en forraje residual a las praderas de ovillejo con y sin fertilización nitrogenada y a la pradera 25 % trébol blanco.

La interacción en forraje desaparecido se explica en que la tendencia general de que todas las praderas promovieron similar cantidad de forraje desaparecido no se mantuvo en el quinto ciclo de pastoreo, cuando la pradera 75 % trébol blanco mostró dos veces más forraje residual que la pradera de ovillejo sin fertilización nitrogenada que presentó 854 kg MS ha⁻¹ de forraje desaparecido. Además, la dispersión en forraje desaparecido fue menor a la encontrada en forraje residual contrastando con el pastoreo de otoño, primero en que la mayor dispersión se dio en el forraje desaparecido y segundo en que la pradera que mostró la máxima cantidad de forraje residual también mostró la máxima cantidad de forraje desaparecido y la pradera con la menor cantidad de forraje residual también fue la pradera con la menor cantidad de forraje desaparecido en el quinto ciclo de pastoreo. Sin embargo, lo que se mantiene constante en ambos periodos de pastoreo (otoño y primavera) es que la pradera con mayor masa de forraje (para el caso de

primavera fue la pradera 75 % trébol blanco; Cuadro 10) favoreció la mayor cantidad de forraje desaparecido, y la de menor masa de forraje (para el caso de primavera fue la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada; Cuadro 10) promovió la menor cantidad de forraje desaparecido. De nueva cuenta esto refuerza lo propuesto por Mitchell *et al.*, (1991) que aún a asignaciones de forraje constantes (como fue en el presente estudio) la masa de forraje determina la extensión de forraje cosechado que pueden llegar a manifestar los animales en pastoreo.

5.3. Concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido y residual

La concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido y residual no varió ($P > 0.05$) por efecto de tratamiento, ciclo de pastoreo ni por la interacción entre estos dos factores en el pastoreo de otoño (Cuadro 13). En promedio, el forraje ofrecido mantuvo una concentración de 2.78 % de nitrógeno. En el forraje residual, la concentración promedio de nitrógeno fue de 2.55 %.

En el pastoreo de otoño ni la inclusión creciente de trébol blanco ni la fertilización nitrogenada de ovinillo fueron suficientes para promover una mayor concentración de nitrógeno en el forraje presente. Quizá el intervalo de tiempo de la siembra a la toma de muestras fue demasiado corto como para permitir que el trébol blanco estableciera tanto un vigoroso proceso de fijación simbiótica de nitrógeno como de transferencia de este nitrógeno al sistema pradera.

Cuadro 13. Concentración de nitrógeno (%) del forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol pastoreadas por corderos en otoño.

		DENSIDAD DE TRÉBOL (%)					
Masa de		0		25	50	75	
Forraje	Ciclo	Sin N [†]	Con N [†]				Promedio
Ofrecido	1	2.5 *	2.9	2.5	3.0	3.0	2.7
	2	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.7
	Promedio	2.6	2.8	2.6	2.9	2.9	
Residual	1	2.4	2.6	2.7	3.1	2.5	2.6
	2	2.3	2.3	2.5	2.9	2.7	2.5
	Promedio	2.3	2.4	2.6	3.0	2.6	

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo; 50 kg de N ha⁻¹ acumulado al segundo ciclo.

* No hubo efecto ($P>0.05$) de tratamiento, ciclo de pastoreo ni de la interacción.

Los datos de concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido y residual para el pastoreo de primavera se presentan en el Cuadro 14. A diferencia del pastoreo de otoño, en este pastoreo de primavera, la concentración de nitrógeno en el forraje si fue influido por los factores en estudio. En el forraje ofrecido, la concentración de nitrógeno fue influida ($P\leq 0.05$) por la interacción tratamiento por ciclo de pastoreo además del propio ciclo de pastoreo, pero sin efecto ($P> 0.05$) del tratamiento. En el forraje residual solamente fue posible detectar efecto ($P\leq 0.05$) del tratamiento, pero no ($P> 0.05$) del ciclo de pastoreo ni de la interacción entre estos dos factores.

Cuadro 14. Concentración de nitrógeno (%) del forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco pastoreadas por corderos en primavera

Masa de forraje	Ciclo	DENSIDAD DE TRÉBOL (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Ofrecido	4	2.9 ab*	2.9 ab	2.4 c	2.9 ab	3.0 a	2.8 A
	5	2.1 d	2.2 cd	2.7 b	2.6 bc	2.8 ab	2.5 B
	Promedio	2.5	2.5	2.6	2.7	2.9	
Residual	4	2.0	2.8	2.6	2.7	2.7	2.6
	5	2.0	2.6	2.9	2.3	3.0	2.5
	Promedio	2.0 B ⁺⁺	2.7 A	2.7 A	2.5 AB	2.9 A	

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo; 150 kg N ha⁻¹ acumulado al cuarto ciclo y 200 kg N ha⁻¹ para el quinto ciclo.

* Medias dentro de tipo de forraje sin letras o seguida con al menos una letra minúscula en común no son diferentes ($\alpha=0.05$; Tukey).

++ Medias dentro de columna o hilera con al menos una literal mayúscula en común no son diferentes ($\alpha=0.05$; Tukey).

El efecto general del ciclo de pastoreo sobre la concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido fue a disminuir del cuarto al quinto ciclo (de 2.8 a 2.5 %); sin embargo, el efecto de la interacción permite evidenciar que esta reducción sólo ocurrió en las praderas de ovillo y 25 % trébol blanco, mientras que en las praderas 50 y 75 % trébol blanco no se detectó tal reducción. También la tendencia general a no encontrar diferencia en la concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido entre las praderas no se mantiene totalmente, en el cuarto ciclo de pastoreo la pradera 25 % trébol blanco mostró una concentración de nitrógeno menor a las otras praderas; posteriormente, en el quinto

ciclo de pastoreo, las praderas de ovillo sin y con fertilización nitrogenada reducen en 23 % la concentración de nitrógeno en comparación a la pradera 75 % trébol blanco.

La tendencia a encontrar diferencia en la concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido en el quinto ciclo de pastoreo, se afianza al analizar el forraje residual, donde se hacen evidentes dos extremos, uno es la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada que presenta la mínima concentración de nitrógeno (2 %), y el otro es la pradera 75 % trébol blanco con la máxima concentración (2.9 %), de la máxima a la mínima concentración se tuvo una reducción de 31 %, un tanto mayor a la reducción de 23 % registrada en la concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido en el quinto ciclo de pastoreo.

El no haber podido detectar diferencias en la concentración de nitrógeno en los forrajes ofrecido y residual durante el pastoreo de otoño, pero sí en el pastoreo de primavera, permite reforzar la propuesta de que el efecto positivo de la inclusión de trébol blanco requiere de un intervalo de tiempo luego de la siembra para que esta especie pueda convertirse en vía de entrada y transferencia de nitrógeno al sistema pradera. Por otro lado, que la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada haya mantenido un perfil de respuesta similar en concentración de nitrógeno al de las praderas con algún nivel de trébol blanco es indicativo de que el efecto positivo de trébol blanco es a través de la incorporación al sistema pradera del nitrógeno atmosférico, tanto en el propio forraje producido por el trébol blanco, como el transferido al componente gramínea. En el presente estudio no se determinó cuál de estas dos vías fue de mayor impacto sobre la concentración de nitrógeno tanto en el forraje ofrecido como en el residual.

El contraste en el patrón de respuesta en la concentración de nitrógeno de los tratamientos del pastoreo de otoño al de primavera, es paralelo al encontrado en masa de forraje. A saber, en el pastoreo de otoño no se pudo detectar diferencia en masa de forraje ni en concentración de nitrógeno entre las praderas, pero para el pastoreo de primavera la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada mostró menor masa de forraje así como menor concentración de nitrógeno en el forraje.

5.4. Atributos del comportamiento animal

En ambos periodos de pastoreo la covariable peso inicial fue significativa ($P \leq 0.05$) por lo que las medias presentadas están ajustadas por esta covariable. En otoño, el tipo de pradera determinó ($P \leq 0.05$) el peso vivo de los corderos (Cuadro 15).

En otoño, las praderas de ovinillo con fertilización nitrogenada y 75 % trébol blanco fomentaron el mayor peso vivo en los corderos. Al suspender el pastoreo a 35 días de iniciado, las praderas de ovinillo promovieron un peso vivo inferior al de los corderos en las praderas con inclusión de trébol blanco. Al final del periodo de pastoreo de otoño los corderos en la pradera de ovinillo con fertilización nitrogenada llegaron a igualar en peso vivo a los corderos en las praderas 50 y 75 % trébol blanco.

Cuadro 15. Atributos de peso vivo (kg cordero^{-1}) de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco en otoño.

Atributo	DENSIDAD DE TRÉBOL (%)				
	0	25	50	75	
	Sin $N^{\dagger}$	Con $N^{\dagger}$			
Peso inicial (kg cordero^{-1})	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
Peso final (kg cordero^{-1})	34.6 b*	36.0 a	34.6 b	35.2 ab	36.2 a
0 – 35 Días [△]					
Ganancia acumulada (kg cordero^{-1})	2.0 b	2.4 b	3.1 ab	3.5 a	4.4 a
Ganancia diaria (g cordero^{-1})	57 b	68 b	88 ab	100 a	125 a
50 – 70 Días					
Ganancia acumulada (kg cordero^{-1})	7.1 b	8.5 a	7.1 b	7.7 ab	8.7 a
Ganancia diaria (g cordero^{-1})	101 b	121 a	101 b	110 ab	124 a

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo; 100 kg N ha^{-1} acumulado al final del pastoreo de otoño y 200 kg N ha^{-1} acumulado al final del pastoreo de primavera.

[△] Inicio del periodo de estabilización en el pastoreo de otoño.

*Medias dentro de hileras con diferente literal son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey).

El que los corderos en la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada hacia la mitad del periodo de pastoreo presentaran un peso vivo inferior, pero al final del periodo de pastoreo similar, al peso vivo de los corderos en praderas con trébol blanco, puede considerarse como una consecuencia de la estrategia de aplicación de nitrógeno, esto es, la aplicación de nitrógeno a la pradera se inició luego del primer ciclo de pastoreo.

En el pastoreo de primavera, el tipo de pradera determinó ($P \leq 0.05$) el peso vivo de los corderos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Atributos de peso vivo (kg cordero^{-1}) de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco en primavera.

Atributo	DENSIDAD DE TRÉBOL (%)				
	0	25	50	75	
	Sin N [†]	Con N [†]			
Peso inicial (kg cordero^{-1})	27.1	27.1	27.1	27.1	27.1
Peso final (kg cordero^{-1})	32.3 b*	34.4 ab	35.5 a	34.5 a	37.9 a
Ganancia acumulada (kg cordero^{-1})	5.2 b	7.3 ab	8.4 a	7.4 a	10.8 a
Ganancia diaria (g cordero^{-1})	75 b	105 ab	121 a	107 a	156 a

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo; 100 kg N ha^{-1} acumulado al final del pastoreo de otoño y 200 kg N ha^{-1} acumulado al final del pastoreo de primavera.

*Medias dentro de hileras con diferente literal son diferentes entre sí ($\alpha = 0.05$; Tukey).

Al final del periodo de pastoreo de primavera las praderas con inclusión de trébol blanco promovieron el mayor peso vivo de los corderos, por el contrario, la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada fomentó en los corderos un peso vivo inferior al de los corderos en las praderas con inclusión de trébol blanco, mientras que los corderos de la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada presentaron un valor de peso vivo intermedio entre los dos valores extremos. El que los corderos en la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada presentaran un peso vivo similar, al peso vivo de los

corderos en praderas con trébol blanco, al igual que en el pastoreo de otoño, puede considerarse como una consecuencia de la estrategia de aplicación de nitrógeno.

Con base en los pesos vivos de los corderos al final de los periodos de pastoreo, se encontró que la pradera 75 % trébol blanco favoreció los máximos pesos vivos de los corderos tanto en otoño ($36.2 \text{ kg cordero}^{-1}$) como en primavera ($37.9 \text{ kg cordero}^{-1}$), y la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada presentó los menores pesos vivos de los corderos en ambos periodos de pastoreo (34.6 y $32.3 \text{ kg cordero}^{-1}$, respectivamente).

Esta similitud en el patrón comparativo de respuesta en otoño y primavera en peso vivo entre la pradera 75 % de trébol blanco y la de ovinillo sin fertilización nitrogenada, no se mantuvo para las otras praderas. En otoño, los corderos de la pradera 25 % trébol blanco presentaron un peso vivo inferior al de los corderos en la pradera de ovinillo con fertilización nitrogenada y no distinto al de los corderos en la pradera de ovinillo sin fertilizar. Al pasar a la primavera, la pradera 25 % trébol blanco promovió un peso vivo similar al de los corderos en la pradera de ovinillo con fertilización nitrogenada y superior al registrado en los corderos de la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada.

En el pastoreo de otoño, la pradera 50 % trébol blanco presentó un valor de peso vivo de los corderos intermedio y no diferente a los valores extremos, pero en el pastoreo de primavera, fomentó un peso vivo mayor al de los corderos en la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada y similar al peso vivo de los corderos pastoreando las otras praderas con trébol blanco.

En otoño las praderas de trébol blanco (25 a 75 %) muestran dispersión en los pesos vivos de sus corderos, pero para primavera estos tres tipos de pradera formaron un bloque con similitud en los pesos vivos de sus corderos. Entre las dos praderas de ovinillo se mostró una tendencia similar, esto es, en el otoño la pradera de ovinillo con fertilización nitrogenada superó en peso vivo de sus corderos a los corderos de la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada, pero para el pastoreo de primavera, no se pudo registrar diferencia en el peso vivo de los corderos entre uno y otro tipo de pradera de ovinillo.

Es interesante resaltar que en el otoño la diferencia absoluta entre el máximo peso vivo ($36.2 \text{ kg cordero}^{-1}$) y el mínimo peso ($34.6 \text{ kg cordero}^{-1}$) fue 1.6 kg, lo cual corresponde a 4.6 % mayor peso vivo. Al final del pastoreo de primavera, las praderas con trébol blanco (25 a 75 %) presentaron corderos con un peso vivo mayor en 2.2 a 5.6 kilos por cordero en comparación al peso vivo de los corderos en la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada.

La mayor producción animal por cordero en las praderas que contenían trébol blanco en comparación a las praderas de ovinillo sin fertilización nitrogenada puede explicarse porque la inclusión del trébol, sobre todo en el pastoreo de primavera, promovió una mayor masa de forraje, mayor cantidad de forraje desaparecido sobre todo en la última semana del quinto ciclo de pastoreo y mayor concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido que la pradera de ovinillo sin fertilización. Mientras que la aplicación adicional de nitrógeno, permite que el ovinillo pudiera superar estas limitantes y así diera pesos vivos con similitud a los de los corderos en las praderas con algún nivel de trébol blanco. Maraschin *et al.*, (1981) indican que el efecto benéfico de la inclusión de una

leguminosa a la pradera es fomentar un consumo por el animal de energía digestible y proteína mayor a los obtenidos en una pradera monoespecífica de gramínea.

Otro factor que pudo influir en el mayor peso vivo de los corderos pastoreando praderas con trébol blanco puede ser la accesibilidad del forraje en estos tipos de pradera ya que la masa de forraje fue mayor en estas praderas en comparación con la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada (Cuadros 9 y 10).

Para las praderas de ovillo, aun cuando la diferencia absoluta en peso vivo de los corderos fue un poco menor en otoño ($1.4 \text{ kg cordero}^{-1}$) que en primavera ($2.1 \text{ kg cordero}^{-1}$) fue al final del pastoreo de otoño cuando se pudo detectar diferencia entre estos dos tipos de pradera y no en primavera. Quizá el mayor nivel de suplementación con maíz quebrado realizado en otoño permitió una menor variabilidad en el peso vivo entre corderos bajo el mismo tratamiento que en primavera donde el nivel de suplementación fue menor y con ello se presentó mayor variabilidad que impidió el poder detectar diferencia en esta variable de peso vivo.

También es poco esperado que en otoño se halla podido detectar diferencia en el peso vivo entre corderos en las praderas de ovillo con y sin fertilización nitrogenada y no en primavera, cuando la cantidad acumulada de nitrógeno agregada a la pradera de ovillo con fertilización era de 100 y 150 kg de nitrógeno ha^{-1} al inicio y parte media del periodo de pastoreo de primavera, y que a su vez implicó una mayor masa de forraje. En este sentido, la inclusión de trébol blanco a la pradera fue más efectivo para promover

un mayor peso vivo en los corderos que la adición de nitrógeno, todo en comparación a la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada.

La cantidad de forraje desaparecido muestra diferencia entre tratamientos en etapas muy adelantadas del periodo experimental así como en la concentración de nitrógeno. La similitud entre praderas en algunos de los atributos medidos y posterior dispersión fue suficiente para detectar diferencia en el peso vivo de los corderos.

De acuerdo con Hammond (1992) una alta concentración de nitrógeno en el forraje (≥ 30 g de N kg^{-1} de materia seca) resulta en una producción de amoníaco ruminal excesiva que es absorbida en la sangre y excretada como nitrógeno urinario representando una pérdida potencial de proteína disponible para la síntesis de aminoácidos y el crecimiento animal.

Dellow *et al.* (1988) demostraron que la infusión intrarruminal de carbohidratos fermentables incrementan la eficiencia de utilización de la proteína de alfalfa en borregos y sugiere que los granos pueden ser utilizados para incrementar la utilización de la urea del rumen y la síntesis de proteína. Karnezos *et al.* (1994) encontraron que la ganancia de peso de los corderos se mejoró conforme la cantidad de grano de maíz quebrado se aumentó a 247.5 g cordero $^{-1}$ día $^{-1}$, atribuyendo esta mejora a una mejor disponibilidad de carbohidratos solubles en el rumen que a su vez facilitó el mejor uso del nitrógeno del forraje de alfalfa cosechado por pastoreo. Por tanto, en el presente estudio el mayor peso vivo de los corderos tanto en el ovinillo con fertilización como en las praderas con trébol blanco, no sólo se puede explicar con base a masa de forraje, sino

a que contaron con una fuente de carbohidratos solubles que les proporcionó la capacidad de usar el nitrógeno del forraje cosechado.

5.5. Comportamiento ingestivo de corderos en pastoreo

El tiempo que dedicaron los corderos al pastoreo fue influido ($P \leq 0.05$) en ambos periodos de pastoreo (otoño y primavera) por el tratamiento como por la interacción tratamiento y días en pastoreo al momento de tomar la medición. El día de la medición presentó efecto ($P \leq 0.05$) sobre el tiempo dedicado al pastoreo únicamente en el pastoreo de otoño (Cuadro 17).

La tendencia general del efecto del tratamiento en los dos periodos de pastoreo fue a mayor tiempo de pastoreo de los corderos que estuvieron en la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada, y a un menor tiempo de pastoreo por parte de los corderos en la pradera 75 % trébol blanco, los corderos en las otras praderas mostraron tiempos intermedios y no diferentes a los extremos; sin embargo, la interacción entre los factores se debe a que esta tendencia no fue constante en todos los días en que se realizó la medición.

Cuadro 17. Tiempo dedicado al pastoreo ($\text{minutos}^{-1} \ 8 \text{ h}^{-1}$) por corderos pastoreando praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol durante otoño y primavera a diferentes días de estar en pastoreo.

DENSIDAD DE TRÉBOL (%)						
Día en pastoreo						Promedio
	0		25	50	75	
	Sin $N^{\dagger}$	Con $N^{\dagger}$				
Pastoreo de otoño						
20	450ab*	417b	410b	447ab	408b	426 B ⁺⁺
33	459ab	435b	435b	472a	455ab	451 A
48	413b	392b	361c	367c	343c	375 C
Promedio	440A	414AB	402B	428AB	402B	
Pastoreo de primavera						
9	378b	380b	385b	380bc	366c	377
30	378b	381bc	391b	385b	380b	383
58	413a	392b	361c	368c	343d	376
Promedio	390A	384A	379AB	377AB	364B	

[†] Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo; 100 kg N ha⁻¹ acumulado en otoño y 200 kg N ha⁻¹ al final del pastoreo de primavera.

* Dentro de periodos de pastoreo, medias seguidas por al menos una misma literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey).

++ Dentro de periodos de pastoreo, medias en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal mayúscula en común o sin literal no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey).

Para el pastoreo de otoño, solamente en uno de los tres días en que se determinó el tiempo de pastoreo se detectó que los corderos en la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada dedicaron mayor tiempo al pastoreo que los corderos en la pradera 75 %

trébol blanco. En el pastoreo de primavera en dos de los tres días de medición se detectó que los corderos en la pradera de ovilla sin fertilización nitrogenada dedicaron mayor tiempo al pastoreo que los corderos en la pradera 75 % trébol blanco.

En otoño, el efecto del día de medición fue a menor tiempo de pastoreo en el último de los tres días de medición; sin embargo, esto sólo fue cierto para los corderos en las praderas 25 a 75 % de trébol blanco.

Del tiempo diario de exposición al área de pastoreo que fue de 480 minutos, el tiempo dedicado al pastoreo en otoño representó 88.3, 93.8 y 78.1 % para los 20, 33 y 48 días respectivamente. La tendencia a mayor tiempo de pastoreo en el día 33 coincide con una disminución en la masa de forraje en el segundo ciclo del pastoreo de otoño, por lo que el mayor tiempo de pastoreo fue originado por la menor masa de forraje existente en la pradera (Cuadro 9).

Hodgson (1994) indica que los ovinos en pastoreo requieren de 4 a 6 h (240 a 360 minutos) por día para consumir alimento, y de 8 h de rumia realizando de 15 a 20 mil masticaciones en total. El tiempo diario de exposición al área de pastoreo que fue de 480 minutos, el tiempo dedicado al pastoreo durante el pastoreo de primavera representó 78.5, 79.7 y 78.3 % para los 9, 30 y 58 días respectivamente, estos resultados pueden ser comparados a los obtenidos por Aguilar (1997) que indica que el pastoreo es la actividad más importante que realizan los animales a lo largo del periodo de pastoreo de ocho horas por día, ya que este representa 81.1, 80.9 y 76.9% de todas las actividades para las cargas 30, 45 y 60 corderos ha⁻¹ respectivamente, debido a que los animales priorizan la

actividad de consumo de alimento sobre otras, con el fin de satisfacer sus necesidades de mantenimiento.

Los resultados obtenidos caen dentro de los valores encontrados por Peralta y Valdemar (1997) que registraron tiempos de pastoreo de 360 a 369 minutos por día en corderos con diferente nivel de suplementación y Mendiola (2002) reporta un tiempo de pastoreo por borregas de 403 minutos en un periodo de ocho horas.

La distribución diaria del tiempo dedicado al pastoreo por parte de los corderos al pastoreo fue influida ($P \leq 0.05$) en ambos periodos de pastoreo (otoño y primavera) por el tratamiento, hora del día, así como por la interacción tratamiento y hora del día (Cuadro 18).

La tendencia general del efecto del tratamiento en el pastoreo de otoño como en el de primavera fue a mayor tiempo de pastoreo por los corderos en la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada, comparado con el tiempo de pastoreo por parte de los corderos en la pradera 75 % trébol blanco. Esta tendencia fue similar a lo mencionado anteriormente pero ahora esta tendencia no se mantiene durante todo el tiempo de exposición de los corderos al área de pastoreo. En otoño, solamente en el intervalo de 10:00 a 12:00 horas es donde se registró la superioridad en tiempo dedicado al pastoreo por los corderos en ovillo sin fertilización en comparación a los corderos en la pradera 75 % trébol blanco; mientras que para primavera es en los intervalos de 8:00 a 10:00 y de 10:00 a 12:00 horas donde se registró esta diferencia.

Cuadro 18. Distribución en el día del tiempo dedicado al pastoreo ($\text{minutos}^{-1} \ 8 \text{ h}^{-1}$) por corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol en otoño y primavera durante el tiempo de exposición al área de pastoreo.

Hora	DENSIDAD DE TRÉBOL (%)					Promedio
			0	25	50	75
	Sin $N^{\dagger}$	Con $N^{\dagger}$				
Pastoreo otoño						
8:00 a 10:00	111ab*	108ab	104bc	104bc	101bc	106 A
10:00 a 12:00	114a	107b	104bc	108ab	95c	106 A
12:00 a 14:00	103bc	98c	93c	108ab	101bc	101 B
14:00 a 16:00	111ab	99c	99c	107ab	103bc	103 AB
Promedio	110A++	103AB	100B	107AB	100B	
Pastoreo primavera						
8:00 a 10:00	96bc	97bc	94cd	94c	87d	94.2 BC
10:00 a 12:00	103a	98b	99ab	98b	91cd	98.5 A
12:00 a 14:00	95bc	96bc	95bc	93cd	95bc	95.2 B
14:00 a 16:00	93cd	91cd	90d	91cd	88d	91.1 C
Promedio	97A	95A	94AB	94AB	90B	

† Sin N= Sin fertilización nitrogenada. Con N= Con fertilización nitrogenada a dosis de 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo; 100 kg N ha^{-1} acumulado en otoño y 200 kg N ha^{-1} al final.

* Dentro de periodos de pastoreo, medias seguidas por al menos una misma literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey).

++Dentro de periodos de pastoreo, medias en igual columna o hileras seguidas por al menos una literal mayúscula en común o sin literal no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey).

El efecto de la hora del día fue hacia un mínimo de tiempo de tiempo en pastoreo de las 12:00 a 14:00 horas en ambos periodos de pastoreo. Sin embargo, no en todas las

praderas se cumplió en que fuera en este intervalo de tiempo cuando se presentara el menor tiempo de pastoreo. Lo que si puede reforzar a un menor tiempo de pastoreo en el intervalo de 12:00 a 14:00 horas es que a esta hora del día la temperatura fue mayor y que los corderos ya llevaban cuatro horas previas de exposición al pastoreo.

En clima templado el ganado vacuno y lanar tienen normalmente en el día periodos alternos de pastoreo, rumia y descanso ocurriendo la mayor parte del pastoreo durante el tiempo con luz solar, aunque también hay periodos cortos de consumo nocturno. La mayor actividad de pastoreo ocurre durante las horas luz, normalmente presentando una actividad de rumia después de cada pastoreo, sin embargo, la rumia básicamente se realiza durante la noche (Hodgson, 1994).

VI. CONCLUSIONES

El comportamiento de los corderos, medido como peso vivo, luego de setenta días de pastoreo a una igual asignación de forraje, tendió a ser mejor si la pradera de ovinillo incluía de 25 a 75 % trébol blanco.

El mejor comportamiento de los corderos en las praderas con inclusión de trébol blanco se asoció con una masa de forraje y concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido mayores, y a menor tiempo dedicado al pastoreo por los corderos en comparación a la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada ni presencia de trébol blanco.

La adición de nitrógeno a la pradera de ovinillo sin presencia de trébol blanco, anuló la superioridad en atributos agronómicos y de producción animal de la inclusión de trébol blanco.

El efecto positivo de trébol blanco en atributos agronómicos y de producción animal se hace más evidente luego de alrededor de 10 meses después de la siembra.

Ni el tiempo dedicado al pastoreo ni el nivel de producción animal fueron elementos que permitieran distinguir alguna diferencia entre las praderas con inclusión de trébol blanco a la siembra.

VII. LITERATURA CITADA

1. Aguilar M N. 1997. Comportamiento de una pradera de zacate ovillo (*Dactylis glomerata*) y de ovinos en pastoreo a tres cargas animal. Tesis (Ing. Agr. Esp. en Zootecnia) UACH. Departamento de Zootecnia Chapingo, México.
2. Allden, W G, Whittaker, I A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: The relationship of factors influencing herbage intake and availability. Aust. J. Agric. Research 21 (5): 755-766.
3. Alvarez, J A. 1985. Sistemas de producción ovina en el área de influencia del CEIEGT. Memorias del curso de actualización sobre producción de ovinos en zonas tropicales. Tlapacoyan, Veracruz, México. pp 2-21. Fac. de Med. Vet. Y Zoot. UNAM, México, D.F.
4. Améndola, M R. 1996. Notas básicas de los cursos "Producción de forrajes y manejo de praderas". Chapingo, México: Depto. Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
5. Angeles, B M. 1998. Balanceo: Sistema computacional de apoyo a las decisiones para optimizar raciones y objetivos productivos de bovinos productores de carne bajo pastoreo por medio de programación lineal (Tesis de licenciatura). México: UNAM.
6. Avendaño, M J. 1978. Determinación de la curva de producción de gramíneas perennes en siembras puras. En: Producción de forrajes. Chapingo, México: Depto. Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

7. Blaser, R E. 1984. Efecto del animal sobre la pastura. In: Paladines, O, Editor. Empleo de animales sobre las investigaciones sobre pasturas. Uruguay: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.
8. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Ed. Hemisferio Sur, Uruguay.
9. Castro, C H, Sánchez, J F, Vázquez, M, Zinn, R A. 2000. Memorias del XXIV Congreso Nacional de Buiatría; junio 15-17; Guadalajara (Jalisco) México. Pp 329-332.
10. Chacón, E, Stobbs, T H, 1976. Influence of progressive defoliation of a grass swards on the eating behaviour of cattle. Aust. J. Of Agric. Res. 27 (5) 709-727.
11. Cooper, J P, Taiton, M M. 1968. Light temperature requeriments for the growht of the tropical and temperate grasses. Herbage abstracts. 38 (3): 167-176.
12. Crowder, L V, Chedda, H R. 1982. Tropical grassland husbandry. Londres: Longham.
13. Cruz, L C. 1997. Engorda de ovinos en pastoreo en trópico húmedo. Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina; 1997 junio 2-4; Querétaro (Qro.) México, 1997: 25-31.
14. Delgadillo, J, Escobar, A. 1987. Corte y pastoreo en trébol blanco asociado con pasto ovillo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Montevideo.

15. Dellow, D W, Obara, Y, Kelly, K E, Sinclair, B R. 1988. Improving the efficiency of utilization of pasture protein by sheep. Proc N. Z. Soc. Anim. Prod. 48: 253-264.
16. Del Pozo, M, Wright, I, Whyte, T, Colgrove, P. 1996. Effects of grazing by sheep on sward composition in rye grass/white clover pasture. Grass and Forage Sci. 51, 142-154.
17. Escobedo, S J, Hernández, C A. 1997. Digestibilidad y contenido de proteína de la dieta de novillos pastoreando praderas de alfalfa y pasto ovinillo. Tesis profesional. Depto. Zootecnia. UACh, Chapingo, México.
18. Falcón, M J, Mendoza, P, Domínguez, V A, Gómez, G A. 1995. Efecto de un prebiótico (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre el comportamiento productivo de corderos en finalización. En: VIII Congreso Nacional de Producción Ovina. pp 60-63. Chapingo, México.
19. Flores, E R, Provenza, F D, Balph, D F. 1989. Relationship between plant maturity and foraging experience of lambs grazing hycrest crested wheatgrass. Applied Behaviour Science, 23 (1989) 279-284.
20. Forbes, T D, Hodgson, J. 1985. Comparative studies of the influence of swards conditions on the digestive behaviour of cows and sheeps. Grass and Forage Sci. 40 (1): 69-77.
21. Forsyth, A A, 1968. Introducción a la toxicología vegetal. Ed. Acribia, España.
22. Frame, J, Hunt, I V. 1971. The effects of cutting and grazing systems on herbage production for grass swards. J. of British Grassland Soc. 26: 163-170.

23. García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, México, D.F. 217 pp.
24. García M I, Bodisco V, Capó B E. 1999. Abonamiento con nitrógeno versus suplementación proteica en ovinos a pastoreo. *Agronomía Tropical*, 26(3): 253-259.
25. Garwood, E A. 1969. Seasonal tiller population of grass/clover swards with and without irrigation. *J. British Grassland Soc.* 24 (2): 333-344.
26. Hammond, A C. 1992. Used of blood urea nitrogen concentration to guide protein supplementation in cattle. En: *Proc. 3rd annual ruminant nutrition symp.* Enero 23-24. pp 9-18. University of Florida, E.U.
27. Hernández, M J, López, C J E, Morgado, M J A, 1988. Efecto de la asignación de forraje sobre la utilización y estructura de una pradera asociada gramínea (*Dactylis glomerata*) y laguminosa (*Medicago sativa* var. Valenciana). Tesis profesional. Depto. Zootecnia. UACH, Chapingo, México.
28. Herrera, B E, Larios, R R, 1991. Frecuencia de pastoreo en dos praderas asociadas. Tesis profesional. Depto. Zootecnia. UACH, Chapingo, México.
29. Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definition in grazing studies. *Grass and Forage Science* 34:11-18.
30. Hodgson, J. 1981. Variations in the surface characteristics of the sward and the short – term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Science* 36: 49-57.

31. Hodgson, J. 1990. Grazing Management, Science in to Practice. Hong Kong: Longham Scientific & Technical.
32. Hodgson, J. 1994. Grazing management. Science in to practice 1st Ed. Longham Group, UK. London.
33. Holmes, W. 1989. Grass, its production and utilization. 2^a ed. Inglaterra: Blackwell Scientific Publication.
34. Huerta, B M. 1997. Engorda de ovinos en pastoreo en la zona templada. Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina; junio 2-4; Querétaro (Qro.) México, pp 33-39.
35. Huerta, B M. 2001. Apuntes del curso de nutrición básica de rumiantes. México: Depto. Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
36. Hughes, H. 1970. Forrajes, La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. Ed. Continental, México.
37. Humphreys, D J, 1990. Toxicología Veterinaria. Ed. Interamericana, México.
38. INIFAP. 2000. Consumo voluntario de forraje por vacas lecheras en pastoreo. Nayarit (México).
39. Jamieson, W S, Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. Grass and Forage Sci. 34: 273-282.
40. Jiménez, M A, Martínez H P A. 1985. Utilización de praderas. México: Depto. Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

41. Jiménez M A, 1989. La producción de forraje en México. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. Zootecnia. Chapingo, México.
42. Juscafresca, S B. 1983. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2º ed. Ed. Aedos, España.
43. Karnezos, T P, Matches, A G, Preston, R L, Brown, C P. 1994. Corn supplementation of lambs grazing alfalfa. J. Anim. Sci. 1994. 72: 783-789.
44. Karsten, H. D, Fick, G. W. 1999. White clover growth patterns during the grazing season in a rotationally grazed dairy pasture in New York. Grass and Forage Science, 54, 174-183.
45. Langer, R H, 1981. Las pasturas y sus plantas. Ed. Hemisferio Sur, Montevideo.
46. Livas, C F. 2000. Engorda de ganado bovino en condiciones tropicales. Memorias del XXIV Congreso Nacional de Buiatría; junio 15-17; Guadalajara (Jalisco) México.
47. López G I. 1995. Efecto del periodo de descanso sobre el rendimiento, estructura y utilización de una pradera de zacate ovinillo (*Dactylis glomerata*) var. Potomac, asociado con alfalfa (*Medicago sativa*) var. Valenciana : cuarta fase. Tesis (M.C. en Producción Animal) UACH. Departamento de Zootecnia Chapingo, Méx
48. López, G F. 1997. Resultados de investigaciones en sistemas de producción extensivas de ovinos (carne – queso) en el suroeste español. Propuestas de transferencia tecnológica. Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina; 1997 junio 2-4; Querétaro (Qro.) México. pp 25-31.

49. Maraschin, G. E., Mella, S. C., Irulegui, G. S. 1981. Performance and subtropical legume grass pasture under different grazing management systemp. Proc 14th International Grassland Congress. 459-461.
50. Marín, S. O. 1997. Evaluación de variedades neozelandesas de ballico perenne (*Lolium perenne* L) y Trébol blanco (*Trifolium repens* L) en Chapingo, México. Depto. Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
51. Martínez, V. F. 2001. Productividad de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con diferente nivel de concentrado. Tesis de Maestría. Depto. Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
52. Maynard, L. A., Loosli, J. K., Hintz, H. F., Warner, R. G. 1989. Nutrición animal. Ed. McGraw-Hill, México, D.F.
53. Mendiola, G. A. 2002. Comportamiento productivo de alfalfa – ovillo, becerras y borregas en pastoreo mixto y monoespecífico. Tesis de Maestría. Depto. Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
54. McClimont, G. L. 1974. Valor nutritivo del forraje y factores que afectan su ingestión por los animales. In: B. J. James, editor. Pasturas. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. pp. 71-77.
55. Minson, D. J. 1981. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. In: Morley F. H., editor. Grazing animals. Holanda: Elsevier Scientific Publishing: 36-51.
56. Minson D. J., 1990. Forage in ruminant nutrition, Ed. Academic Press Inc., San Diego, California. 483 pp.

57. Mott, G O. 1977. Técnicas de investigación en praderas. Escuela Nacional de Agricultura. Departamento de Zootecnia, Chapingo, México.
58. Muslera, T, Ratera G C. 1984. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. España: Mundi Prensa.
59. Nelson, C S, Moser, L E, 1994. Factores de la planta que afectan la calidad del forraje. En: Forage Quality, evaluation, and utilization. Fahey, G. Ed. Nebraska, E.U.
60. Ortiz, V B. 1977. Fertilidad de suelos. México: Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
61. Peña, B S, Bolaños, L D, Dorantes, O V, Arias, S A. 2001. Valoración del mezquite (*Prosopius juliflora*), huizache (*Acacia farnesiana*), huaje (*Leucaena leucocephala*) y cardón (*Opuntia imbricata*) como recursos forrajeros en ovinos y caprinos. En: Memorias del XXV Congreso Nacional de Buiatría; agosto 16-18; Veracruz, México. pp 250.
62. Peralta, M J, Valdemar A R. 1996. Cambios de peso en borregos pastoreando ovinillo (*Dactylis glomerata* L.) y expuestos a diferentes niveles de suplementación. Chapingo, México.
63. Picazo, G F, Aguirre, A V. 1996. Comportamiento inicial del pasto ovinillo (*Dactylis glomerata*) y veza lechosa (*Astragalus cicer*) sembrados a diferente densidad de siembra. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México.
64. Poppi, O P, Hughes, T P, Huillier, D J. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. En: Feeding livestock on Pasture. Nicol, M A. Editor. New Zeland Soc. Animal Production. Publicación ocasional, 10: 55-63.

65. Puente, M G, Peña, R. 1984. Curvas de calidad de 20 asociaciones gramíneas – leguminosas forrajeras de clima templado durante su segundo cultivo. Tesis profesional. Depto. Zootecnia. UACH, Chapingo, México.
66. Riquelme, V E. 1987. Suplementación energética para bovinos en pastoreo. Memorias Seminario Internacional Sobre Producción de Carne y Leche. Chapingo (Estado de México) México: Colegio de Postgraduados.
67. Riquelme, V E. 1990. Economics of Supplemental Energy/Protein on Reproduction. In: Warren, W M, editor. World Animal Production, Vol. 2. Texas:Lang Printing, Inc.
68. Riquelme, V E. 1999. Suplementación Energética-Proteínica a Bovinos en Pastoreo. Memorias del II Seminario Internacional: Estrategias de Suplementación a Bovinos en Pastoreo; 1999 octubre 28-29; Chapingo (Estado de México) México. Universidad Autónoma Chapingo: Programa de Maestría en Producción Animal, pp 90-107.
69. Russell, J R, Betteridge, K, Costall, D A. MacKay, A D. 2001. Cattle treading effects on sediment loss and water infiltration. J. Range Management 54: 184-190.
70. SAGARPA, 2001. Sistema de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP).
71. Sánchez R C. 1997. Engorda de corderos en corral. Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina; 1997 junio 2-4; Querétaro (Qro.) México. pp 77-95.

72. S.A.S. 1998. Statical analysis system for windows. University of Minnesota, E. U.
73. Schmidit, S P, Osborn, T G. 1993. Effects of endophyte – infested tall fescue on animal performance. *Agric. Ecosystems Environ.* 44: 233-262.
74. Snaydon, R W. 1981. The ecology of grazed pasture. In: Morley F H, editor. *Grazing animals*. Holanda: Elsevier Scientific Publishing, pp 13-31.
75. Steel, DGR y Torrie, JH. 1998. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2° ed. México: McGraw-Hill.
76. Sumano, H, 1996. *Farmacología clínica en bovinos*. Ed. Trillas, México.
77. Van Soest, P J. 1983. *Nutrition Ecology of the Rumiant*. Oregon: O & B Books, Inc.
78. Whitehead, D. C. 1995. *Grassland nitrógen*. CAB International. Ed. Biddles, Inglaterra.
79. Whiteman, P C. 1980. *Tropical Pasture science*. Inglaterra: Oxford University Press.
80. Worden, A N, Sellers, K C, Tribe, D E. 1977. *Salud animal. Producción y pasturas*. Prensa Universitaria, Argentina..

