



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

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

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE PRADERAS DE OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) CON DIFERENTE DENSIDAD DE TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

JUAN MIGUEL PÉREZ BELLO



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Marzo del 2003
Chapingo, Estado de México

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

Bib. 98558

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE PRADERAS DE OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) CON DIFERENTE DENSIDAD DE TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Tesis realizada por Juan Miguel Pérez Bello 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:



M.C. ENRIQUE CORTÉS DÍAZ

ASESOR:



DR. JOSÉ ARTEMIO CADENA MENESES

A.- 40803

DEDICATORIA

A mi esposa:

Maria Ernestina, por que siempre estas conmigo, apoyándome en todo momento, con todo mi amor.

A mis hijos:

Gabriela Ireary, Juan Miguel, Juan Carlos y Leticia Astrid, que son mi razón para seguir adelante y como ejemplo del camino a seguir.

A mis padres:

Miguel Pérez Preza y Guillermina Bello López, como una muestra de agradecimiento y amor por todo lo que he recibido de ustedes.

A mis hermanos:

Leticia, Etelberto, Miguel Angel y Flor Maria, que en todo momento han apoyado y son mis mejores amigos.

A mi suegra:

Ernestina Monsalvo Cruces, gracias por su apoyo y cariño.

A mis cuñadas y cuñados:

Patricia, Semey, Leonor, Sonia, Juan, Ivan, y Miguel Angel, por su amistad incondicional.

A mi compañero:

Felipe, que con trabajo y dedicación compartió conmigo la experiencia de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Producción Animal de la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme la oportunidad de ingresar a su programa de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo brindado en la realización de mis estudios de maestría.

Al Dr. Pedro Arturo Martínez Hernández, por sus valiosas enseñanzas, su dedicación, su ejemplo, su amistad y por la acertada dirección de este trabajo.

Al M.C. Enrique Cortés Díaz, por sus acertados comentarios sobre este trabajo.

Al Dr. José Artemio Cadena Meneses, por sus acertados comentarios sobre este trabajo.

Al Dr. Ricardo Daniel Amándola Massiotti, por las facilidades prestadas para la realización del trabajo de campo en el modulo de producción de leche en pastoreo.

Gracias.

DATOS BIOGRÁFICOS

I. Datos personales

Nombre: Pérez Bello Juan Miguel
Fecha de nacimiento: 24 de junio de 1965
Lugar de nacimiento: Tlapacoyan, Veracruz
Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

II. Datos académicos

1971 - 1977 Escuela Primaria Federal Manuel Avila Castillo
1977 - 1980 Escuela Secundaria Federal Antonio Audirac
1980 - 1984 Preparatoria Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo
1984 - 1988 Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo
2000 - 2002 Maestría en producción Animal en el Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo

III. Experiencia profesional

1988 - 1989 Técnico de campo y supervisor de personal Vevema-Sar, Villa Guerrero, Edo. México
1989 - 1995 Administrador e instructor del rancho escuela Posta Zootécnica en Banderilla, Veracruz
1995 - 1999 Asesoría independiente a productores lecheros en Xalapa, Veracruz

RESUMEN

Características agronómicas de praderas de ovinillo (*Dactylis glomerata* L.) con diferente densidad de trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

El objetivo fue determinar en el primer año de explotación la magnitud de atributos en praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco (TB) a la siembra. Las densidades de TB fueron: 0, 25, 50 y 75% del total de individuos; a 0% de TB hubo dos tratamientos: uno con adición de 50 kg N ha⁻¹ después de cada pastoreo y otro sin N. El diseño fue completamente al azar con dos y tres repeticiones, la unidad experimental fue un potrero de 752.5 m². El periodo experimental comprendió una estación de pastoreo en otoño y otra en primavera. En otoño, la masa ofrecida (MO) de TB incrementó ($P<0.05$) hasta 2.7 veces al final del pastoreo de otoño y la de ovinillo en 1.4 veces con respecto al inicio de la estación. En primavera, la MO, residual (MR) totales y concentración de N en el forraje fueron mayores ($P<0.05$) en pradera 75% TB (2824 y 1324 kg MS ha⁻¹, y 2.9%, respectivamente); y menores en ovinillo sin N (1366 y 642 kg MS ha⁻¹, y 2.5%, respectivamente). La MO de ovinillo fue máxima ($P<0.05$) (2140 kg MS ha⁻¹) cuando se adicionó N, en promedio 2.8 veces más que los demás tratamientos. El aporte de TB a la dieta seleccionada por los corderos pastoreadores varió ($P<0.05$) entre tratamientos, manteniéndose entre 30 y 40 % de la dieta. No hubo diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos en contenido de N en orina y heces de los corderos pastoreadores. La concentración de N en raíces fue mayor ($P<0.05$) en las praderas con TB (1.3 % de N). La inclusión de TB a una densidad no menor del 50% mejoró atributos agronómicos como MO y concentración de nitrógeno en el forraje, evidenciándose a finales del pastoreo de primavera.

Palabras clave: Densidad de siembra, trébol blanco, ovinillo, nitrógeno, pastoreo.

SUMMARY

Agronomic attributes of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) pastures with different seeding density of white clover (*Trifolium repens* L.)

The objective was to determine in the seeding year the magnitude of agronomic attributes of orchardgrass pastures with different seeding density of white clover (WC). Seeding densities of WC were: 0, 25, 50 and 75%; at 0% WC two treatments were added: orchardgrass with 50 kg N ha⁻¹ after each grazing and without N. Experimental design was completely random with two and three replications, experimental unit was a pasture of 752.5 m². Two grazing periods (fall and spring) were done. In fall grazing, herbage on-offer of WC increased ($P<0.05$) up to 2.7 times at the end of the period and of the orchardgrass in 1.4 times with respect of the initial value at the beginning of the period. In spring grazing, herbage on-offer and residual and N concentration in the forage were higher ($P<0.05$) in the 75% WC pasture (2824, 1324 kg DM ha⁻¹, and 2.9%, respectively); and lower in orchardgrass without N (1366, 642 kg DM ha⁻¹ and 2.5%, respectively). Orchardgrass on-offer peaked ($P<0.05$) (2140 kg DM ha⁻¹) when N was added, on the average 2.8 times than the other treatments. WC in the diet selected by lambs varied ($P<0.05$) among treatments with values between 30 to 40% of the diet. There was no difference ($P>0.05$) among treatments in N in urine and faeces of lambs. N concentration in roots was higher ($P<0.05$) in pastures with WC (1.3% N). Inclusion of white clover not below 50% improved agronomic traits as herbage on-offer and N concentration in forage, specially at the end of the spring grazing.

Key words: Seeding density, white clover, orchardgrass, nitrogen, grazing.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. La fijación simbiótica del N ₂ por leguminosas forrajeras	3
2.2. Dinámica del nitrógeno en una pradera con cosecha por pastoreo	8
2.3. Nitrógeno industrial contra N biológico	11
2.4. El trébol blanco	14
2.5. La asociación gramínea- trébol blanco	18
2.5.1. Proporciones de gramínea y trébol blanco al establecimiento	20
2.5.2. Competencia de la gramínea con el trébol blanco	22
2.5.3. Efecto del pastoreo sobre la asociación gramínea-trébol blanco	23
2.6. La asociación ovillo- trébol blanco	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Localización del experimento	26
3.2. Suelo del área	26
3.3. Duración del experimento, tratamientos y diseño experimental	27
3.4. Prácticas culturales	28
3.5. Tipo de animales	29
3.6. Manejo del pastoreo	30
3.7. Variables medidas y calculadas	32

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Masa de forraje ofrecido	39
4.2. Masa de forraje residual	47
4.3. Masa de forraje desaparecido	51
4.4. Composición botánica de la dieta seleccionada	55
4.5. Contenido de nitrógeno en forraje	60
4.6. Contenido de nitrógeno en orina	65
4.7. Contenido de nitrógeno en heces	69
4.8. Contenido de nitrógeno en suelo	71
4.9. Contenido de nitrógeno en raíces	73
5. CONCLUSIONES	75
6. LITERATURA CITADA	76

LISTA DE CUADROS

	Página
1. Número de Rhizobia por semilla esperado y observado en tres niveles de inoculación.	5
2. Producción de forraje, y acumulación de N en la gramínea de una asociación gramínea-trébol blanco y en gramínea sola en pastoreo con vacas lecheras y en corte.	10
3. Rendimiento ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$) de forraje de una asociación gramínea-leguminosa con fertilización nitrogenada.	14
4. Rendimiento de forraje de trébol blanco en diferentes condiciones en México y otros países.	17
5. Rendimiento de forraje de trébol blanco bajo diferentes condiciones en praderas asociadas.	19
6. Rendimiento de forraje de la asociación ovillo- trébol blanco en diferentes condiciones y densidades a la siembra.	25
7. Densidades de siembra ($kg\ SPV\ ha^{-1}$) de trébol blanco y ovillo para obtener las proporciones evaluadas de estas dos especies y manteniendo una misma densidad de individuos.	28
8. Masas de forraje ofrecido total y por componentes ($kg\ MS\ ha^{-1}$) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.	40
9. Masas de forraje ofrecido total y por componentes ($kg\ MS\ ha^{-1}$) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.	43
10. Masas de forraje residual total y por componentes ($kg\ MS\ ha^{-1}$) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.	48
11. Masas de forraje residual total y por componentes ($kg\ MS\ ha^{-1}$) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.	49
12. Masas de forraje desaparecido total y por componentes ($kg\ MS\ ha^{-1}$) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.	52
13. Masas de forraje desaparecido total y por componentes ($kg\ MS\ ha^{-1}$) en	

praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.	54
14. Composición botánica de la dieta (%) seleccionada por corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.	56
15. Composición botánica de la dieta (%) seleccionada por corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.	58
16. Concentración de nitrógeno (%) en la masa de forraje ofrecido y residual en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.	61
17. Contenido de nitrógeno (kg N ha^{-1}) presente en la masa de forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.	62
18. Concentración de nitrógeno (%) en la masa de forraje ofrecido y residual en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.	63
19. Contenido de nitrógeno (kg N ha^{-1}) presente en la masa de forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.	65
20. Concentración y cantidad de nitrógeno en la orina de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en otoño.	66
21. Concentración y cantidad de nitrógeno en la orina de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en primavera.	67
22. Concentración y cantidad de nitrógeno en heces de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en otoño.	69
23. Concentración y cantidad de nitrógeno en heces de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en primavera.	70
24. Contenido de nitrógeno orgánico e inorgánico (mg N kg^{-1} suelo) en suelo de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en tres fechas distintas.	72
25. Concentración y cantidad de nitrógeno en raíces de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos momentos de medición.	73

1. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es un elemento fundamental para alcanzar altos rendimientos de forraje de las praderas, obtener altos rendimientos de forraje a su vez es un componente importante de la rentabilidad de la empresa ganadera.

El aporte de nitrógeno al sistema pradera puede ser por vía industrial o biológica, dentro de la biológica la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico al suelo ha sido indicada como una alternativa de mayor factibilidad ecológica por su bajo impacto ambiental, además de ser una alternativa barata comparada con el aporte industrial, en donde se recurre al empleo de fertilizantes químicos. Las plantas leguminosas pueden desarrollar la fijación de nitrógeno atmosférico al entrar en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Por lo que en praderas, incluir leguminosas forrajeras en asociación con alguna gramínea es una forma de incorporar y usar nitrógeno en el sistema pradera con bajo impacto ambiental y costo.

El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) es una leguminosa templada que ha demostrado su gran habilidad de aportar nitrógeno; es particularmente importante porque crece bien en asociación con gramíneas y es tolerante al pastoreo; prospera en un amplio tipo de condiciones climáticas y el forraje que produce es de alta calidad nutricional para el ganado. Por producir estolones, el trébol blanco tiene la capacidad de colonizar nuevas áreas en la pradera y puede ser muy persistente al tener los puntos de crecimiento por debajo de la altura de pastoreo.

El trébol blanco como forraje ha sido ampliamente estudiado, pero poco como incorporador de nitrógeno al sistema. Entre las variables agronómicas, que podrían influir la magnitud de incorporación de nitrógeno al sistema pradera por parte del trébol blanco y de la que no se cuenta con amplia y extensa información nacional publicada, está la densidad de siembra del trébol blanco en pradera asociada y sometida a cosecha por pastoreo. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue determinar dentro del primer año de explotación la magnitud de algunos atributos, asociados con cambios en el balance de nitrógeno, en praderas de ovinillo (*Dactylis glomerata* L.) con diferente densidad de trébol blanco a la siembra.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La fijación simbiótica del N₂ por leguminosas forrajeras

El aire contiene 78 % de nitrógeno en forma molecular (N₂) y la incorporación de este nitrógeno elemental al sistema biológico es una facultad reservada a unos cuantos géneros de bacterias. Ningún organismo superior ha desarrollado esta capacidad, sólo hay algunos que participan indirectamente a través del establecimiento de relaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno (Broughton, 1981). Cerca de la cuarta parte de la producción total de nitrógeno fijado, es amoníaco sintetizado mediante el procedimiento industrial de Haber-Bosch, conocido como fertilizante inorgánico. Las bacterias producen el resto, que se estima en 150 millones de toneladas métricas por año (Brill, 1977).

La relación simbiótica mejor conocida es la que se da entre las plantas leguminosas y varias bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium*, y que es de especial importancia por cubrir las necesidades de nitrógeno de la planta (Coyne, 2000) e incrementa la producción de biomasa vegetal de la leguminosa (Sumasegaran y Hoben, 1985).

La cantidad de nitrógeno fijado varía ampliamente, Coyne (2000) compila valores de hasta 600 kg de N fijado ha⁻¹ año⁻¹ en leguminosas forrajeras en bosques tropicales, de 125 a 335 kg de N fijado ha⁻¹ año⁻¹ por alfalfa y de 85 a 190 kg de N fijado ha⁻¹ año⁻¹ por tréboles. Beuselinck *et al.*, (1994) indican que la fijación simbiótica puede incorporar más de 270 kg de N ha⁻¹, y que las leguminosas para grano fijan menos nitrógeno que las leguminosas

forrajeras, ya que las primeras tienen un ciclo de crecimiento más corto y menor masa radical para la formación de nódulos.

Las bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium* son de vida libre, Gram negativas, aeróbicas y anaeróbicas facultativas, móviles y quimioheterótrofas. Subsisten en el suelo como heterótrofos saprófitos cuando no están infectando a su huésped. Del género *Azorhizobium* se conoce una sola especie (*A. caulinodans*) en simbiosis con sesbania (*Sesbania rostrata*); de *Bradyrhizobium* se conocen dos especies (*B. elkanii* y *B. japonicum*) específicas de la soja (*Glicine soja*); del *Rhizobium* se conocen ocho especies y cuatro variedades con huésped específico, de las que destacan las de leguminosas forrajeras como: alfalfa (*R. meliloti*), trébol (*R. trifolii*) y leucaena (*R. tropici*) (Coyne, 2000).

En los suelos de México existen cepas nativas de *Rhizobium* pero a menudo fallan en producir una nodulación efectiva, ya sea por su escaso número o porque no pueden establecer una simbiosis efectiva con la leguminosa. En estos casos se debe recurrir a la inoculación de la semilla para asegurar que los *Rhizobium* específicos estén presentes en el lugar y en las cantidades adecuadas (Zapata *et al.*, 1991; citados por Marín, 1997). Dutto *et al.* (1999) en un estudio inoculando 50 g de semilla de trébol blanco con tres niveles de inoculante comercial (Cuadro 1) encontraron menor cantidad de *Rhizobium* de la esperada, concluyeron que si estas cantidades se obtienen en condiciones de laboratorio (protegidas del sol y la desecación) en campo es de esperarse que esta cantidad de *Rhizobium* sea mucho menor.

Cuadro 1. Número de Rhizobia por semilla esperado y observado en tres niveles de inoculación.

Nivel de inoculación	Inoculante (g *)	Número de individuos	
		Esperado	Observado
Bajo	0.05	1100	40
Medio**	0.5	11000	1300
Alto	1.0	94000	3000

* g de inoculante por 50 g de semilla

** Dosis comercial recomendada

Fuente: Dutto *et al.* (1999)

Dependiendo de la estación, el historial de cultivo y prácticas de tratamiento agrícola, pueden existir entre 10 y 10⁶ *Rhizobium* por gramo de suelo. Si se ha cultivado en algún momento leguminosas, lo más probable es que el número de *Rhizobium* sea elevado (Whitehead, 1995). Dutto *et al.* (1999) encontraron 2200 bacterias de *Rhizobium* g⁻¹ de suelo, en forma natural antes de establecer un ensayo con trébol blanco, esta cantidad la consideraron aceptable para el establecimiento del trébol blanco.

El primer paso en la relación simbiótica es la formación de nódulos, cuando los Rhizobia del suelo reconocen la presencia del huésped adecuado, la planta libera compuestos llamados flavones que atraen, estimulan o envían señales a cepas específicas de Rhizobia (Coyne, 2000). Estos flavones contienen aminoácidos que rápidamente son convertidos por el *Rhizobium* en la hormona vegetal ácido indol-acético, que tiene un papel importante en el proceso de infección, ya que estimula la formación y elongación de los pelos radicales que se enroscan y forman una estructura llamada “cayado” (Broughton, 1981). Los Rhizobia penetran en la raíz de la leguminosa a través de un pelo radical, éste se invagina y constituye un tubo de infección que contiene un enjambre de células de Rhizobia

proliferantes, de las cuales muchas abortan, pero algunas avanzan hacia la base del pelo radical (Brill, 1977).

Las condiciones demandadas por el *Rhizobium* para la fijación del N_2 son cubiertas por la leguminosa, ya que suministra carbono y regula el oxígeno (Broughton, 1981). El oxígeno es atrapado, antes de que alcance a las bacterias, por una proteína que se enlaza con él, la leg-hemoglobina, que se sintetiza en el tejido vegetal de los nódulos radicales. A consecuencia de esto, el *Rhizobium* puede adoptar un metabolismo aeróbico eficaz, mientras protege a la nitrogenasa del oxígeno (Brill, 1977). Coyne (2000) menciona que la leg-hemoglobina se acumula entre los Rhizobia y la membrana peribacteroide donde captura eficazmente el oxígeno, brindando un ambiente que contiene menos de 20 % de oxígeno (micro ambiente) que permite mayor fijación de N_2 .

Para la fijación del N_2 atmosférico el *Rhizobium* cuenta con el sistema enzimático nitrogenasa, el cual requiere de condiciones anaeróbicas para funcionar, ya que es una enzima óxido-lábil (Brill, 1977). El sistema enzimático nitrogenasa producido por el *Rhizobium* consiste de dos enzimas, una con peso molecular de 220 000 y la otra de 55 000. La enzima más pesada contiene Fe y Mo y es la encargada de la fijación del N_2 ; la enzima más liviana también contiene Fe y provee de los electrones necesarios para el proceso de fijación. Para romper el triple enlace de la molécula de N_2 , se invierte gran cantidad de energía que es provista por ATP's de la respiración de la mitocondria bacterial, en trébol rojo, por ejemplo, el costo respiratorio por la fijación de N_2 fue de 4 mg C por mg N_2 fijado (Whitehead, 1995).

El producto de la reacción de fijación de N_2 , por el sistema enzimático nitrogenasa, es amonio (NH_3) que es liberado fuera del nódulo en forma de ion hacia el citoplasma de la célula infectada, donde es asimilado vía Glutamato-Sintetasa y utilizado en la síntesis de N orgánico para su transporte (Date, 1991). El amoniaco se transforma en asparagina y glutamina en leguminosas de zonas templadas, y en alantoína y ácido alantoico en leguminosas tropicales (Coyne, 2000). En el trébol blanco hay una transferencia de N de glutamina a asparagina, este último aminoácido es transportado por el xilema (Whitehead, 1995).

Coyne (2000) menciona que son necesarios 22 moles de glucosa por un mol de nitrógeno fijado, por lo que la leguminosa destina 7 a 12 % de la producción fotosintética a los nódulos. A pesar de este gasto de energía, no hay evidencia directa de que la fijación de N_2 restrinja el crecimiento de la leguminosa (Whitehead, 1995).

La fijación simbiótica de N_2 esta íntimamente ligada a la fotosíntesis de la leguminosa, por tanto, la defoliación de la leguminosa ocasiona desvío de energía y nutrientes metabólicos hacia la zona de rebrote, a expensas de la planta madre. Por consecuencia, reduce el peso de la raíz, afectando la absorción de agua y nutrientes del suelo. La fijación biológica de N_2 se reduce, siendo cercana a cero cuando la defoliación fue muy severa y permanece baja por mas de dos semanas hasta que se recupera lentamente (Beuselinck *et al.*, 1994).

2.2. Dinámica del nitrógeno en una pradera con cosecha por pastoreo

El mayor problema en el manejo de asociaciones gramínea-leguminosa es la persistencia del componente leguminosa, ya que raramente dominan en los ecosistemas naturales; por lo que su manejo “puede ser visto como un intento de sostener una condición en constante desequilibrio” (Beuselinck *et al.*, 1994).

Las leguminosas, en praderas cosechadas por pastoreo, asociadas con gramíneas brindan un aporte importante en la mejora de la calidad del forraje consumido por el animal pastoreador. En Palmerston North, Nueva Zelanda, McIlroy (1984), en un estudio de 5 años de duración, encontró que las gramíneas sin fertilizante ni estiércol, produjeron anualmente cerca de 2250 Kg MS ha⁻¹, la incorporación de trébol blanco y rojo a las praderas incrementó el rendimiento anual a 3210 Kg MS ha⁻¹.

En una asociación gramínea-leguminosa, se espera que parte del N₂ fijado por la leguminosa esté disponible a la gramínea. Para que esto suceda se necesita que el N₂ que fijó la leguminosa en sus tejidos pase a la solución del suelo, a través de la descomposición del material muerto de ésta, para que pueda ser absorbido por la gramínea (Whitehead, 1995). Esta transferencia es poca en los primeros meses después de la siembra, porque el trébol blanco usa todo el N fijado y hay poco material muerto. Hogh- Jensen y Schjoerring (1997), en un estudio, encontraron que sólo el 3 % del N fijado por trébol blanco fue transferido a la gramínea en el primer año y llegó a 22 % en el tercer año. La transferencia de N se incrementa después del primer año de establecimiento y puede seguir aumentando

progresivamente hasta los 4 ó 5 años luego de la siembra de la leguminosa (Mallarino *et al.*, 1990).

La proporción de N recuperado en la gramínea del N transferido al sistema pradera por parte del trébol es mayor cuando la proporción de gramínea es menor que la proporción de leguminosa en la asociación. La gramínea incrementa el crecimiento debido a la transferencia de N del trébol y ocurre a pesar de que la gramínea en la pradera asociada esté dominada por el trébol. La proporción de N fijado por el trébol que es transferido a la gramínea varía de 0 a 75%, dependiendo del tiempo transcurrido después de la siembra del trébol blanco (Whitehead, 1995). El N transferido por el trébol al sistema pradera puede proporcionar hasta 80% del N total presente en la gramínea (Boller y Nosberger, 1987). Ledgard (1991) encontró que las concentraciones de N en el componente gramínea de una asociación gramínea-trébol blanco fueron de 15 a 50 % mayores a las encontradas en la gramínea cuando ésta creció en cultivo monoespecífico y estimó que la transferencia de N del trébol blanco a la gramínea fue de $70 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Esta transferencia es mayor a la reportada por Boller y Nosberger (1987) de $52 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

La cantidad de N que puede ser transferido al sistema pradera gramínea-trébol blanco está influida por la severidad y frecuencia de defoliación, presencia de animales pastoreando y factores del ambiente físico como la intensidad de luz, que gobierna el balance entre fijación de N y fotosíntesis (Curll y Wilkins, 1982). Whitehead (1995) menciona que durante la primavera hay mayor transferencia al sistema pradera del N fijado, debido a la acumulación de material vegetal muerto durante el invierno previo. Ledgard (1991) registró

que en el verano la transferencia de N del trébol blanco a la gramínea fue 4.1 kg N ha^{-1} , mientras que en el otoño fue 0.6 kg N ha^{-1} .

Cuando una pradera es pastoreada, mucho del N en el forraje consumido por el animal retorna al sistema pradera en las deyecciones y parte de ese N es posteriormente absorbido por la gramínea (Whitehead, 1995). Ledgard (1991) en un estudio en Nueva Zelanda (Cuadro 2), encontró que cuando la pradera se conformaba únicamente de gramínea el rendimiento anual de forraje fue 20 % menor al obtenido cuando esta gramínea fue crecida en asociación con trébol blanco, en ambos casos la cosecha fue por pastoreo, cuando la cosecha fue por corte, la pradera conformada únicamente por gramínea, mostró un rendimiento anual de forraje 44 y 56 % menor al de la gramínea y gramínea-trébol blanco cosechadas por pastoreo, respectivamente. Estimó, además, que el trébol blanco transfirió a la gramínea, a través de los animales pastoreadores, $60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Cuadro 2. Producción de forraje, y acumulación de N en la gramínea de una asociación gramínea-trébol blanco y en gramínea sola en pastoreo con vacas lecheras y en corte.

	Gramínea en corte	Gramínea en pastoreo	Gramínea-trébol en pastoreo	DMS* (5%)
	-----Producción (kg MS ha ⁻¹)-----			
Final de otoño 1987	520	1410	1590	320
Invierno 1987	410	240	1800	320
Primavera 1987	2810	4070	6250	620
Verano 1987-88	1980	3490	3520	520
Principio otoño 1988	780	1400	1510	330
Total (kg MS ha ⁻¹ año ⁻¹)	6500	11610	14670	470
Gramínea (kg MS ha ⁻¹ año ⁻¹)	6500	11600	7220	1420
N en gramínea (%)	2.31	2.86	3.55	0.42
N en gramínea (kg N ha ⁻¹ año ⁻¹)	150	332	256	53

* DMS= Diferencia Mínima Significativa, comparación entre tratamientos pastoreados
Fuente: Ledgard (1991)

Usualmente más N es excretado en orina, alrededor del 70 %, que en heces fecales y se incrementa en la proporción misma que se incrementa la concentración de N en la dieta (Whitehead, 1995). Sin embargo, estas deyecciones de orina se localizan en pequeñas áreas con muy alta concentración de N, las cuales sufren lixiviación y volatilización (Ledgard, 1991).

2.3. Nitrógeno industrial contra N biológico

El nitrógeno industrial es el obtenido vía los fertilizantes químicos sintetizados artificialmente. Entre los fertilizantes químicos aportadores de nitrógeno estan: sulfato de amonio con 20.5 % N, nitrato de amonio con 33.9 % N, nitrato chileno con 16 % N, urea con 42.0 a 45.0 % N y amoníaco anhidro con 82 % N (FIRA, 1986). De estos los más comunes en México son urea, sulfato y nitrato de amonio.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados a gramíneas forrajeras incrementa el contenido de proteína de la gramínea. Dorantes (1997) obtuvo mayor contenido de proteína en la asociación avena-ballico anual con fertilización nitrogenada que en mezclas de esta asociación con leguminosas. Este autor refiere que el aumento en la concentración de proteína cruda encontrada en las gramíneas también ha sido reportado por otros autores, pero la fertilización nitrogenada no mostró una tendencia definida, lo cual es también coincidente con otros estudios, concluye por tanto que el efecto de la fertilización nitrogenada en gramíneas de clima templado puede ser positivo, nulo o negativo.

Si el contenido de proteína en la gramínea es inferior a 8 % la fertilización nitrogenada permitirá mejoras importantes en la digestibilidad. Sin embargo, si el contenido de los otros nutrientes es bajo, como fósforo, potasio, calcio y magnesio, la fertilización nitrogenada provocará depresiones de la concentración de éstos, afectando la respuesta en valor nutritivo (Durán, 1994).

La fertilización nitrogenada puede elevar la concentración de proteína cruda en las gramíneas, pero a costa de reducir la concentración de carbohidratos no estructurales. En ballico perenne, la fertilización con N aumentó el contenido de N total en 2 %, pero a costa de la disminución en 1 % en carbohidratos solubles y aumento del 4 % de celulosa (Marschner, 1997). Esto implica una mayor competencia por fotosintatos entre varias vías metabólicas como la formación de fitohormonas, amidas y aminoácidos.

La fertilización con N promueve una mayor masa de forraje, debido a que el N absorbido se destina a la formación de compuestos nitrogenados necesarios para la formación y crecimiento de hojas (Marschner, 1997). Soto *et al.* (1980) en kikuyo, encontraron que al incrementar la fertilización nitrogenada de 0 a 100 kg N ha⁻¹ año⁻¹ el rendimiento de forraje aumentó de 1.43 a 2.86 t MS ha⁻¹, y el consumo voluntario de 52.3 a 70.6 g kg PV^{-0.75} día⁻¹, el incremento en consumo lo explicaron los autores como una consecuencia de que la fertilización nitrogenada aumentó tanto la disponibilidad de forraje, como la proporción de hoja en el forraje producido.

Sapek (1997) luego de un estudio de nueve años de duración, encontró que la capacidad de algunas gramíneas de absorber el N aplicado como nitrato de amonio al suelo puede ser

superada y con ello el N no absorbido queda sujeto a lixiviación, reduciendo con ello la eficiencia de uso del N y aumentando el riesgo de contaminación. En particular, a dosis mayores de $120 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ encontró que este problema se incrementaba y que aun con esta dosis de N, solamente se alcanzó a recuperar 10 % del N en el forraje cosechado. Deinum y Sibma (1980) mencionan que en condiciones de gramíneas templadas, niveles de lixiviación de N de alto riesgo ambiental sólo se alcanzan cuando se aplican $400 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ o mas, y la severidad y frecuencia de defoliación pueden amortiguar o incrementar el riesgo de lixiviación del N.

Praderas asociadas de gramínea-leguminosa tienen rendimientos mayores que praderas de gramíneas fertilizadas con $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (Whitehead,1995). Beuselinck *et al.* (1994) luego de revisar el resultado de 24 experimentos, concluyeron que al incorporar una leguminosa al dosel de gramínea se incrementaba la ganancia de peso en 0.145 y $0.151 \text{ kg día}^{-1}$ en novillos y vaquillas respectivamente, en comparación a la gramínea con fertilización nitrogenada.

Carambula (1977) indica que el aporte del componente leguminosa en una asociación gramínea-leguminosa es muy sensible a la aplicación de N inorgánico, ya que a medida que incrementó la fertilización nitrogenada, la leguminosa disminuyó su aporte al rendimiento de la asociación, por el contrario la gramínea mostró un comportamiento lineal ascendente, ya que conforme incrementó la fertilización nitrogenada la gramínea aumentó su aporte al rendimiento total (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$) de forraje de una asociación gramínea-leguminosa con fertilización nitrogenada.

Nivel de fertilización (Kg N $ha^{-1}\ año^{-1}$)	Gramínea	Leguminosa	Total
0	3.7	2.4	6.1
35	4.5	2.1	6.6
105	5.9	1.2	7.1
210	7.7	0.8	8.5

Fuente: Carambula (1977)

2.4. El trébol blanco

El trébol blanco (*Trifolium repens* L.) es nativo de Europa, de los países del este del Mediterráneo o del oeste de Asia Menor. Se tiene registrada su producción en Inglaterra desde 1707 (Hughes *et al.*, 1981).

El trébol blanco en Inglaterra es un componente normal e importante de las pasturas en los suelos más fértiles desde las épocas medievales. Aunque estaba incluido en las mezclas de pasturas sembradas desde hace más de 50 años, fue a principios del siglo XX cuando se comprobó su valor esencial en las pasturas (Cooper y Morris, 1986).

Baker y Williams (1989), citan que las variedades de trébol blanco caen dentro de las categorías de “agresivos” (ladino) y “no agresivos” (S 100, Virginia y Lousiana), pero no caen en la categoría de “muy agresivos” como el trébol rojo. También encontraron que el trébol blanco Ladino y Virginia tenían mayor crecimiento en otoño que en primavera.

El trébol blanco debe sembrarse en la estación lluviosa ya que se obtiene mejor rendimiento. Cuando se va a sembrar trébol blanco por primera vez es conveniente inocular la semilla. El trébol blanco puede sembrarse como pradera monoespecífica, pero para reducir el riesgo de timpanismo es siempre recomendable sembrarlo en asociación con una o varias gramíneas, además el componente gramínea puede hacer uso del N incorporado al sistema pradera por parte del trébol blanco (Flores, 1994).

Carambula (1977) comenta que es una planta utilizada en aquellas zonas donde las temperaturas del verano son moderadas y donde la falta de humedad del suelo no es limitante, de lo contrario, sufre enormemente la falta de agua y muchas plantas pueden morir durante el periodo seco. Langer (1981) precisa que no es confiable el cultivo de trébol blanco en zonas con menos de 630 mm de precipitación anual, sobre todo si existen vientos secos en primavera y verano que reducen la efectividad de las lluvias.

Las producciones estacionales del trébol blanco varían en cada área geográfica en función de la temperatura y condiciones de humedad (Muslera y Ratera, 1991). Debido a su hábito estolonífero, el crecimiento vertical de esta planta (el aprovechable por el animal), está dado fundamentalmente por hojas y pedúnculos florales, por lo que las defoliaciones no afectan sus puntos de crecimiento (meristemo apical) y la calidad del forraje es muy alta a lo largo de la estación de crecimiento (Carambula, 1977).

El trébol blanco llegó a México desde Estados Unidos y se adaptó bien en el Valle de México, en el Valle de Toluca y el Bajío (Flores, 1994). El trébol blanco crece en suelos desde arcillosos y limosos, hasta arenosos, en las regiones húmedas, cuando se aplican

fertilizantes minerales y cal (Hollowell, 1984). Prefiere suelos neutros, ligeramente ácidos, con pH de 6.0 a 7.0 (Ramírez, 1973), soporta suelos muy pobres si son húmedos y con suficiente fósforo (Carambula, 1977). El trébol blanco puede producirse asociado con gramíneas, como festuca alta, ovillo y raigras (Jiménez, 1983) y frecuentemente con otras leguminosas (Jiménez y Avendaño, 1988).

Ramírez (1973) recomienda que se debe preparar bien la cama donde se sembrará, y con mejor época de siembra el otoño en tierras de riego o de buen temporal; si se siembra solo propone que sea a razón de 5 kg de SPV ha⁻¹ y si es en asociación con otras gramíneas o leguminosas 3 kg SPV ha⁻¹, inoculando la semilla preferentemente y colocándola a una profundidad de 1 cm.

La fertilización debe efectuarse poco antes o durante la siembra. No requiere una fertilización nitrogenada debido a los nódulos de las bacterias de sus raíces, requiriendo mayormente fósforo y potasio, aunque en forma moderada el primero para no disminuir la cantidad de magnesio en el forraje y anualmente de 300 a 600 kg de superfosfato y de 100 a 200 kg de potasio (Juscafresa, 1983).

El rendimiento del trébol blanco varia según las condiciones ambientales en que se cultive, puede ir de 3.9 a 24 t ha⁻¹ año⁻¹, en Nueva Zelanda; mientras que en Colombia va de 1 t en cuatro meses a 12 t ha⁻¹ año⁻¹. En México el intervalo de rendimiento no es tan amplio como lo encontrado en los dos países anteriores, y va de 8 a 16 t ha⁻¹ año⁻¹ (Cuadro 4), Román y Zúñiga (1996) además concluyen que a partir de los reportes de estudios en México, la moda en el rendimiento fue de 9 t ha⁻¹ año⁻¹. El menor intervalo de rendimiento

en México es reflejo de la adaptación del trébol blanco a las condiciones climáticas y agronómicas locales.

Cuadro 4. Rendimiento de forraje de trébol blanco en diferentes condiciones en México y otros países.

Lugar y condiciones	Rendimiento Kg de MS ha ⁻¹ año ⁻¹
NUEVA ZELANDA	
Clima templado	4000 a 14000
Siembras no irrigadas	3900 a 8650
Corte y baja precipitación	5000 a 5800
Riego y corte mensual	8700
630 mm de precipitación	4500 a 5600
Siembra pura	10000
COLOMBIA	
Cuatro meses	1000
Buenas condiciones de clima y suelo	10000 a 12000
ESPAÑA	
Corte	9000 a 12000
MÉXICO	
Riego y corte	8030 a 9050
Riego y corte	9420 a 10550
6 a 10 cortes	12000 a 16000

Fuente: Tomado de Román y Zúñiga (1996)

Debido a que lo cosechado o consumido del trébol blanco son principalmente las hojas, el valor nutritivo es alto (Hollowell, 1984). Rico en proteína (19.4 %) y minerales (9.8 %); aunque muy pobre en fibra cruda (20.7 %) (Flores, 1994; Langer, 1981). La energía metabolizable es de 2.67 Mcal kg⁻¹ y la digestibilidad de 70 %, por lo que se considera una excelente forrajera (FIRA, 1986).

2.5. La asociación gramínea- trébol blanco

El objetivo principal del trébol blanco es utilizarse bajo pastoreo y por ello se siembra con gramíneas asociadas y a veces también con otras leguminosas (Langer, 1981). De acuerdo con Muslera y Ratera (1991) cuando se siembra trébol blanco en asociación con raigras perenne, su contribución a la mezcla raramente supera del 25 al 35 % de la producción total de materia seca de la pradera.

McIlroy (1984) encontró que las gramíneas en las praderas sin fertilizantes ni trébol contenían 2.31 % de nitrógeno, mientras que las asociadas con trébol contenían 3.49 % de nitrógeno. En las praderas de gramíneas con tréboles, el trébol blanco fijaba 560 Kg de N $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, aproximadamente.

El rendimiento máximo de trébol blanco se da alrededor del otoño; en asociación crece mejor cuando la gramínea crece menos; en cambio si se siembra puro su tasa máxima de crecimiento es a mediados de verano, ya que está relacionado con la máxima temperatura diurna (Langer, 1981).

El rendimiento mínimo encontrado del trébol asociado fue 8.5 t $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (Tahtacioglu *et al.*, 1999) y el máximo 19.2 t $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (Marín, 1997) (Cuadro 5), aparentemente, las condiciones de manejo en cosecha por pastoreo favorecen a que el rendimiento sea mayor que en cosecha mecánica, esto puede ser explicado por el aporte de nutrientes al suelo por orina y heces fecales de los animales en pastoreo.

Cuadro 5. Rendimiento de forraje de trébol blanco bajo diferentes condiciones en praderas asociadas.

Condiciones	Rendimiento t de MS ha ⁻¹ año ⁻¹	Referencia
Pastoreo		
Asociado con festuca	12.9	García y Juárez (1994)
Asociado con raigras	13.6	
Asociado con lotus-ovillo	15.3	
Asociado con lotus-festuca	15.2	
Asociado con lotus-ovillo	14.9	
Corte		
Asociado con raigras perenne	10.8-19.2	Marín (1997)
Asociado con raigras perenne	8.8-10.9	Frame y Paterson (1987)
Asociado con raigras	8.5	Tahtacioglu <i>et al.</i> (1999)
Asociado con bromus	9.6	
Asociado con raigras-ovillo	8.6	Jiménez (1983)
Asociado con raigras-bromus	8.6	
Asociado con bromus-ovillo	9.1	
Asociado con raigras	11.9	
Asociado con raigras italiano	11.7	
Asociado con festuca	12.5	Swift <i>et al.</i> (1992)
Asociado con raigras	9.7	
Asociado con raigras	2.8 a 5.6	Langer (1981)
(Rendimiento del trébol)		
Asociado en riego y fertilizado	24.0	Muslera y Ratera (1991)
Asociado con festuca	10.0 a 15.0	
u ovillo (70% trébol)		
Asociado con otras	12.0 a 17.0	
(50% trébol)		
Asociado con festuca	14.1	Badoux (1993)
Asociado con festuca-ovillo	13.0	
Asociado con festuca-ovillo- raigras	14.5	

Marín (1997) evaluó el rendimiento de ocho variedades de trébol blanco asociadas con raigras perenne en Chapingo, México, y encontró que el rendimiento varió de 12783 a 19191 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹. Para el mismo lugar Améndola *et al.* (1999) registraron un máximo de 22000 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹ con la asociación alfalfa-ovillo. Marín (1997) encontró, además, que el trébol blanco var. Ladino asociado con raigras perenne presentó

los mayores rendimientos, con 5742 y 3492 kg MS ha⁻¹ en verano y otoño, respectivamente, comparado con las otras variedades de trébol blanco. Esto es explicable porque Ladino es una variedad de porte grande, desarrollada para rendimiento superior y con producción estacional primavera-verano (Muslera y Ratera, 1991; Carambula, 1977).

La competencia del componente gramínea hacia el componente trébol blanco puede ser reducida mediante la frecuencia de cosecha. Esto quedó de manifiesto en un estudio con una asociación raigras-trébol blanco, donde la cantidad de N fijado fue equivalente a 168 kg de N ha⁻¹ cuando la pradera fue cortada tres veces por año, 202 kg cuando se cortó de seis a ocho veces y 275 kg cuando se cortó 2 veces por semana durante la estación (Cowling, 1966; citado por Whitehead, 1995). Esto siempre y cuando los cortes se realicen por arriba de puntos de crecimiento, aproximadamente a 6 cm de altura (Frame y Paterson, 1987).

2.5.1. Proporciones de gramínea y trébol blanco al establecimiento

La proporción o el porcentaje de cada especie al establecimiento, en una asociación gramínea-leguminosa, ayuda a determinar los valores nutritivos de la dieta que se proporciona a los animales. Carambula (1977) menciona que el porcentaje de leguminosa presente en determinado momento en la pradera determina el porcentaje de proteína que se tiene, recomendando que en una asociación se tenga al menos 30 % de leguminosa.

Al utilizar densidades altas de gramíneas perennes, en asociación con gramíneas anuales o leguminosas, se aumenta la competencia intra-específica e inter-específica de los

componentes, por lo que tiende a desaparecer el de menor agresividad (Badoux, 1993). Baker y Williams (1989) encontraron que al variar la densidad de siembra del raigras perenne de 0 a 67 Kg SPV ha⁻¹ y manteniendo constante las densidades de trébol rojo y trébol blanco a 4.5 y 3.4 Kg SPV ha⁻¹, respectivamente, las producciones para los primeros seis meses, luego de la siembra en otoño, tenían una tendencia lineal descendente similar para ambos tréboles conforme aumentaba la cantidad de raigras sembrado, la producción de trébol blanco pasó de un máximo de 246 a un mínimo de 67 Kg MS ha⁻¹, este último valor cuando el raigras estaba a la máxima densidad de siembra (67 Kg SPV ha⁻¹).

El comportamiento de trébol blanco en asociación con raigras fue sensible a la densidad de siembra del primero al mantener constante la densidad del segundo. Al incrementar la densidad de 1.1 a 3.3 kg de SPV ha⁻¹, el porcentaje de trébol blanco aumentó 25 % su aporte a la masa total de forraje. La tendencia en la respuesta de trébol blanco no fue influida al aplicar hasta 60 kg de N ha⁻¹ (Herriot *et al.*, 1960; citados por Baker y Williams, 1989).

En la etapa de establecimiento de una pradera asociada gramínea-trébol blanco, el crecimiento de la gramínea reduce los niveles de nitrógeno en el suelo, estimulando la fijación de N₂ y el crecimiento del trébol blanco. Una vez que el nitrógeno del suelo alcanza niveles altos, por propagación del trébol blanco, el *Rhizobium* disminuye su actividad. La gramínea es estimulada por los altos niveles de N en suelo y el ciclo se repite (Beuselinck *et al.*, 1994).

2.5.2. Competencia de la gramínea con el trébol blanco

Las especies y variedades de gramíneas difieren en la extensión en la cual ellas compiten con el trébol y por lo tanto las proporciones de gramínea y trébol que se desarrollan en la pradera gramínea-trébol. Por ejemplo, el trébol rojo fue más compatible con festuca roja que con raigras perenne (Frame, 1990). Pero cuando el trébol rojo se asocia con tres gramíneas y trébol blanco, el aporte del trébol rojo al rendimiento de forraje es poco en el primer año y tiende a desaparecer en el segundo año, con un fuerte dominio del raigras perenne sobre los otros componentes (Badoux, 1993). El trébol blanco sigue un patrón de crecimiento ascendente cuando se asocia con gramíneas perennes, en el año de establecimiento y aporta más al rendimiento total (36%) cuando se asocia con raigras perenne (Tahtacioglu *et al.*, 1999; Badoux, 1993).

Hernández (1986) encontró que a la siembra el trébol blanco fue superado por la gramínea acompañante, ya fuera ésta raigras anual, perenne u ovillo, la dominancia del componente gramínea se mantuvo también en primavera y verano, pero hacia el final del periodo de lluvias, el trébol blanco contrarresta la competitividad del componente gramínea. Mitchel (1975; citado por Hernández, 1986) menciona que en asociaciones de trébol blanco y gramíneas de clima templado resalta el dominio del trébol blanco en otoño, invierno y principios de primavera. Frame y Paterson (1987) mencionan que el porcentaje de trébol blanco en asociación con raigras se incrementó de 50 % en verano a 72 % en otoño. Esa misma tendencia encontró Marín (1997), pero con porcentajes de trébol blanco de 44.1 % en verano y 58.1 % en otoño.

2.5.3. Efecto del pastoreo sobre la asociación gramínea-trébol blanco

La influencia de animales en pastoreo sobre el crecimiento del trébol y la fijación de N_2 no está limitada a la defoliación pues incluye los efectos del pisoteo y la excreción de heces y orina. Un efecto de pisoteo es que algunos estolones son cubiertos por el suelo y esto provee algo de protección contra las heladas en invierno (Whitehead, 1995).

La orina suministra una gran cantidad de N soluble que es convertido en amonio y nitrato, que es absorbido por las raíces de trébol y por lo tanto suprime la fijación de N en la mancha de orina. Después de un tiempo la orina también causa muerte de los nódulos y reduce el largo y peso de los estolones. El efecto sustitutivo de la orina hacia la fijación simbiótica de N puede durar de 6 a 8 semanas, pero la disminución en el crecimiento del trébol puede persistir por más tiempo (Frame y Paterson, 1987).

Con las heces, particularmente de bovino, hay un efecto por cubrición física o tapado de ambas especies, gramínea y trébol blanco, pero este efecto algunas veces está seguido por una estimulación del crecimiento del trébol blanco, especialmente cuando el suelo es deficiente en fósforo (Whitehead, 1995).

2.6. La asociación ovillo- trébol blanco

Jiménez (1983) evaluando 27 asociaciones de gramíneas y leguminosas, encontró que la asociación ovillo-trébol blanco es una de las asociaciones que tiene mayor estacionalidad en su curva de producción. El rendimiento a finales del otoño y principios del invierno está

dato principalmente por el trébol blanco. Una vez establecida la asociación ovillo-trébol blanco tiene rendimientos que van de 8.3 a 15.7 t MS ha⁻¹ año⁻¹ (Cuadro 6). Teniendo mayor rendimiento en condiciones de pastoreo que en condiciones de corte, esto debido a la transferencia de N del trébol blanco hacia el ovillo vía excretas de animales (Mallarino *et al.*, 1990).

En Chapingo, México, Améndola *et al.* (1999) obtuvieron un rendimiento de forraje de 15, 673 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 6) con ocho pastoreos en un año, con una desaparición del forraje de 61.5 % con pastoreo de vaquillas y mencionan que este rendimiento es mayor a los obtenidos con asociaciones de raigras-trébol blanco (Cuadro 5).

Marín (1997) en un estudio en la misma zona de Chapingo, encontró que ovillo-trébol blanco presentó menor rendimiento que raigras-trébol blanco, explica que ésto se debió a que en el periodo inicial de establecimiento, el aporte de los componentes gramínea y leguminosa al rendimiento pudo verse reducida por invasión de malezas anuales, sobre todo en primavera, ya que el ovillo presentó un lento establecimiento inicial al igual que trébol blanco presenta poca agresividad inicial, pero que con el tiempo, este último se torna agresivo y competitivo ocasionando la posterior caída en el aporte de las malezas. Por otro lado, García y Juárez (1994) consideraron al ovillo en un grado intermedio de competitividad, comparado con raigras y festuca, cuando se asocia con leguminosas.

Cuadro 6. Rendimiento de forraje de la asociación ovinillo-trébol blanco en diferentes condiciones y densidades a la siembra.

Condiciones	Ovinillo kg SPV ha ⁻¹	Trébol blanco kg SPV ha ⁻¹	Rendimiento t MS ha ⁻¹ año ⁻¹	Referencia
Riego y pastoreo			15.7	Améndola <i>et al.</i> (1999).
Riego y corte	15.0	3.0	11.8	Marín (1997).
Riego y corte			10.5	Jiménez (1983).
Riego, corte y fertilización N	20.0	3.5	8.3	Tahtacioglu <i>et al.</i> (1999).
Temporal-corte			2.6*	Taylor <i>et al.</i>
Temporal-pastoreo			2.5*	(1960).
Riego y pastoreo	18.0	4.0	15.6	García y Juárez
			3.9*	(1994).

* Rendimiento de una cosecha

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El trabajo de campo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, localizado a 19° 29' N, 98° 54' O y 2250 msnm (García, 1988). El clima de la región corresponde a un tipo templado subhúmedo con lluvias en verano, con época seca durante el invierno, poca oscilación térmica, temperatura media anual de 15° C, siendo mayo el mes más cálido y enero el más frío. La fórmula climática es: C(w_o) (w)b (i)g.

3.2. Suelo del área

El suelo del área experimental pertenece a la familia franco fino, subgrupo vertic argiustoll; suborden ustoll; orden mollisol. Estos suelos se caracterizan por ser profundos de color negro, ligeramente pedregosos y texturas medias, a medida que se profundiza la textura cambia a gruesa, el color se torna pardo. Tienen una capacidad media de retención de humedad, varían de neutros a ligeramente alcalinos y medianamente ricos en materia orgánica, el horizonte A es franco de color negro, seguido del horizonte B de color pardo (Cachón *et al.*, 1976).

El tipo de suelo del espacio físico donde se realizó el presente trabajo experimental tiene una clasificación textural franco-arcilloso: con 41.08 % de arena, 29.28 % de limo, 29.64 % de arcilla; pH de 6.52, 1.75 % de materia orgánica, 28.20 mg kg⁻¹ de nitrógeno inorgánico,

43.84 mg kg⁻¹ de fósforo y 162 mg kg⁻¹ de potasio, según análisis realizado por el Laboratorio del Departamento de Suelos, de la UACh, en octubre del 2001.

3.3. Duración del experimento, tratamientos y diseño experimental

La fase de campo tuvo una duración total de 210 días entre el 14 de octubre del 2001 y el 15 de mayo del 2002.

El estudio consistió en la evaluación de tratamientos derivados de establecer praderas de ovillo (*Dactylis glomerata* L.) var. Potomac con diferente proporción de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) var. Ladino a la siembra. Las proporciones de trébol blanco fueron: 0, 25, 50 y 75 % del total de individuos a la siembra. En el nivel de 0 % de trébol blanco se desarrollaron dos tratamientos, uno fue ovillo con 50 kg N ha⁻¹ después de cada pastoreo y el otro sin adición de nitrógeno. En total, por tanto, el estudio comprendió la evaluación de cinco tratamientos.

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones para los tratamientos 0 % con N, 25 % y 50 % de trébol blanco y dos para los tratamientos 0 % sin N y 75 % de trébol blanco. La unidad experimental fue un potrero de 752.5 m² (21.5 x 35 m) con 3 corderos.

3.4. Prácticas culturales

La implementación de los tratamientos fue de la siguiente forma: todos los tratamientos tuvieron la misma densidad de individuos por metro cuadrado a la siembra, esta densidad fue 2017 individuos m^{-2} , que es la obtenida cuando se aplican 22 kg SPV ha^{-1} de ovinillo a la siembra. Para implementar los tratamientos se pesaron 100 semillas por especie y se calculó la cantidad de semilla en un kg, los resultados fueron de 917,114 semillas Kg^{-1} de ovinillo y 1'693,132 semillas kg^{-1} de trébol blanco. Con esta información, la densidad de 2017 individuos m^{-2} y las proporciones de trébol blanco establecidas, se calculó las densidades de siembra respectivas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Densidades de siembra ($kg\ SPV\ ha^{-1}$) de trébol blanco y ovinillo para obtener las proporciones evaluadas de estas dos especies y manteniendo una misma densidad de individuos.

Especie	Densidad de trébol blanco (%)							
	0		25		50		75	
	Kg*	# Ind [†]	Kg*	# Ind [†]	Kg*	# Ind [†]	Kg*	# Ind [†]
Trébol blanco	--	--	2.9	513	5.8	1008	8.9	1507
Ovinillo	22.0	2017	16.4	1504	10.9	1008	5.5	510
Total		2017		2017		2016		2017

* Kg SPV ha^{-1}

† Número de individuos m^{-2}

La siembra se realizó el 19 de mayo del 2001 con una sembradora manual, al voleo, cada especie por separado, primero el ovinillo y después el trébol blanco, después de la preparación convencional del terreno (barbecho y rastra cruzada). Se fertilizó con la fórmula 30-80-00 al día siguiente de la siembra, empleando para ello fosfato di-amonio y

nitrato de amonio. Al tratamiento de ovillo puro con fertilización nitrogenada (0 Con N), se le aplicó 50 Kg N ha⁻¹ después de cada pastoreo, para lo cual se empleo urea.

Al día siguiente de la siembra se aplicó un primer riego, y otros dos más a 8 y 16 días del primer riego. Posterior al tercer riego, la frecuencia del riego fue cada 21 días. Las láminas de riego para los tres primeros fue de 60 mm, las de los otros fue de 75 mm, todos los riegos fueron por aspersión. Una vez iniciado el pastoreo experimental el riego se aplicaba a toda el área pero una vez que los corderos habían sido removidos de los potreros al área de encierro y resguardo.

Antes del inicio del pastoreo experimental, se dieron dos cortes previos: 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 y todo el material cosechado fue removido del área simultáneamente al corte.

3.5. Tipo de animales

Para efectuar el pastoreo se utilizaron dos grupos distintos de animales: cada grupo formado por 39 corderos machos enteros Rambouillet x Suffolk, con un peso vivo (PV) promedio inicial de 27.5 kg para el primer grupo y de 27.1 kg para el segundo. Los corderos de cada grupo fueron desparasitados usando Ivermectina (0.5 ml 25 kg de peso⁻¹), vitaminados con A, D₃ y E a dosis de 3 ml por cordero e inoculados con la vacuna triple bovina contra enterotoxemia (*Clostridium perfringens* tipos C y D) y pasteurelosis (*Pasteurella multocida*) a dosis de 2 ml por cordero.

Cada grupo de 39 corderos se organizó a su vez en 13 grupos de 3 corderos cada uno, manteniendo la mayor homogeneidad de peso por grupo y asignando cada uno de estos grupos de 3 corderos al azar a cada una de los potreros. Los corderos se pesaron cada 7 días en forma individual, por la mañana antes de salir al pastoreo, en una báscula digital.

3.6. Manejo del pastoreo

Se realizaron dos periodos de pastoreo, independientes entre si, con dos grupos diferentes de corderos. El primer periodo de pastoreo, fue del 14 de octubre al 22 de diciembre del 2001, referido en adelante como pastoreo de otoño, y el segundo fue del 28 de febrero al 7 de mayo 2002, referido en adelante como pastoreo de primavera, teniendo una duración de 70 y 69 días, respectivamente. El primer grupo tuvo un periodo de estabulación de 14 días, dentro del periodo de pastoreo por razones de inclemencia del clima que impidieron mantener el pastoreo, y el periodo de estabulación fue del 18 de noviembre al 1 de diciembre del 2001, en el cual se suministró heno de alfalfa y agua a libre acceso a todos los corderos.

En ambos periodos de pastoreo, a los corderos se les acondicionó para el experimento, teniendo un periodo de adaptación al sistema de alimentación y cerco eléctrico de 15 días, antes del periodo de pastoreo.

El sistema de pastoreo aplicado fue rotativo en franjas, con periodo de ocupación de 1 día, en ambos periodos de pastoreo, y con diferente periodo de descanso: de 35 y 27 días, en

promedio, para el pastoreo de otoño y primavera, respectivamente. En cada periodo de pastoreo se realizaron dos ciclos de pastoreo: 1° y 2° ciclo de pastoreo, en el pastoreo de otoño; y 3° y 4° ciclo de pastoreo, en primavera. Un ciclo de pastoreo que consideró cuando los corderos regresaban a la franja establecida después de haber recorrido en pastoreo el potrero o unidad experimental.

El pastoreo fue manteniendo una asignación diaria de forraje del 8 % al inicio de cada periodo de ocupación de 1 día. Para dar esta asignación se estimó, una vez por semana, la masa de forraje presente tomando 4 muestras en forma equidistante en la franja de pastoreo con cuadros de 0.25 x 0.25 m; las 4 muestras se juntaron en una muestra única que fue secada a 100° C por 8 h para determinar cantidad de materia seca (MS). Con estos datos de masa de forraje y con el peso vivo de los corderos se calculó el área de la franja para mantener la asignación del 8 % en todos los tratamientos.

El tiempo de estancia diaria en la franja de pastoreo fue de 8 h, de las 8:00 a las 16:00 h. Se suministró agua a los animales a libre acceso durante el pastoreo en tinas de plástico con capacidad para 20 litros. Adicionalmente, se suplementó con maíz quebrado a razón de 240 g cordero⁻¹ día⁻¹ en el pastoreo de otoño y 80 g cordero⁻¹ día⁻¹ en el de primavera. A los corderos del primer periodo de pastoreo se les siguió suplementando con la misma cantidad durante el periodo de estabulación.

El cerco perimetral y de cada potrero fue eléctrico fijo y dentro de cada potrero se utilizó cerco eléctrico móvil frontal y posterior para delimitar la franja diaria de pastoreo.

3.7. Variables medidas y calculadas

Para ambos periodos de pastoreo, las variables medidas en la pradera fueron cantidad y composición botánica del forraje ofrecido y residual, composición botánica de la dieta seleccionada por los corderos. Con las cantidad de forraje ofrecido y residual se calculó cantidad de forraje desaparecido total y por componente. En los corderos se midió la cantidad de orina y heces excretadas en un periodo de 24 horas. En el laboratorio se determinó contenido de nitrógeno en masa total de forraje ofrecido y residual, en orina, heces, suelo y raíces.

Masa de forraje ofrecido y residual

La masa de forraje ofrecido se refiere a la cantidad de forraje al momento en que los corderos entraban a una franja de pastoreo. Para ambos periodos de pastoreo, la cantidad de forraje ofrecido se determinó en dos franjas establecidas por potrero; cada franja se muestreó una vez por ciclo de pastoreo. En cada muestreo se determinó el total del forraje cosechado a partir de 2 cuadros de 0.25 x 0.25 m ubicados en forma equidistante, en las 2 franjas previamente establecidas, siendo en total 4 cuadros por ciclo de pastoreo. Cada muestra se separó en forma manual en componentes botánicos (trébol blanco, ovinillo, material muerto y otras especies). Se secaron a 55°C a peso constante en una estufa con circulación forzada de aire, se obtuvo su peso seco por componente y se sumó el peso de cada componente de los 4 cuadros. Las muestras se conservaron para análisis de calidad (contenido de nitrógeno).

La masa residual se refiere a la cantidad de forraje presente después de que los corderos salían de la franja. La metodología empleada para determinar masa residual fue similar a la utilizada en masa de forraje ofrecido. Las muestras de masa residual se tomaron de áreas adyacentes a donde se tomó el forraje ofrecido, para esto, al momento de muestrear forraje ofrecido se marco el área muestreada con una vara metálica, y cuando salían los corderos de la franja de pastoreo, se tomó la masa residual con un cuadro de 0.25 x 0.25 m ubicado en forma adyacente al punto referido con la vara metálica.

La cantidad de forraje desaparecido fue la diferencia de la cantidad de forraje ofrecido menos la residual, en la misma franja de pastoreo.

Composición botánica de la dieta seleccionada

Para la estimación de la composición botánica de la dieta seleccionada por los corderos se utilizó el método “Hand Plucking” o muestreo manual dirigido (Flores y Cruz, 1998). Esta estimación se realizó dos veces por periodo de pastoreo, siendo una vez por ciclo de pastoreo. Este método consistió en observar por 30 segundos lo que consume el cordero en pastoreo y el número de bocados que da. Para después tomar con la mano forraje con las mismas características simulando el mismo tamaño y número de bocados. La toma de muestras durante el pastoreo fue dividido en cuatro intervalos de tiempo, de 2 h cada uno (1°: de 8 a 10 h; 2°: de 10 a 12 h; 3°: de 12 a 14 h; y 4°: de 14 a 16 h). Se tomaron datos para cada cordero.

Las muestras se separaron manualmente en componentes botánicos (trébol blanco, ovillo, y otras especies); posteriormente se secaron a 55 °C a peso constante para obtener el peso seco.

Contenido de nitrógeno en forraje

Para ambos periodos de pastoreo, en la determinación del contenido de nitrógeno (N) se utilizaron las 4 muestras a peso constante de forraje ofrecido, tomadas por ciclo de pastoreo y se reunieron en una muestra única, que se molió en un molino Wiley con malla de 1 mm. La misma operación se hizo a muestras de forraje residual.

Para la determinación del contenido de N en las muestras de forraje ofrecido y residual, primero se seleccionaron 40 muestras de forraje, a las que se les aplicó el método Kjeldahl. Con esta información y los espectros de las muestras se calibró un equipo de espectroscopía del infrarrojo cercano NIR (FOSS NIRSystem, Infrasoftware Internacional, LLC), con el que se determinó el contenido de N de todas las muestras.

Contenido de nitrógeno en excretas

Para ambos periodos de pastoreo, se determinó en un día (24 h) la cantidad de orina excretada por cordero, una semana antes de concluir el periodo de pastoreo, utilizando pañales desechables para adulto (con gelatinizante), a cada cordero se le aplicó un pañal para las 8 h de pastoreo y otro para las 16 h de encierro, tomando el peso de cada pañal antes de colocarlo al cordero y al momento de retirarlo del cordero, y por diferencia se

calculó la cantidad de orina excretada en gramos. Al día siguiente de esta medición, en la primera hora (de 8 a 9 h), antes de salir los corderos a pastoreo, se colectó una muestra de 20 ml de orina de cada uno de los corderos, utilizando un arnés con bolsa de plástico, con la que se determinó densidad y contenido de N por el método Kjeldahl. Con el dato de densidad de orina de cada cordero (g ml^{-1}) y la cantidad de orina excretada (g), obtenida con los dos pañales, se calculó la cantidad de orina excretada en ml cordero^{-1} durante el pastoreo y el encierro.

En ambos periodos de pastoreo, la cantidad excretada de heces fecales por cordero en un día (24 h) se determinó sólo una vez, dos semanas antes de concluir el periodo de pastoreo. Se utilizaron arneses de manta colocando a cada cordero para la recolección de heces excretadas durante el pastoreo y el encierro. Las muestras obtenidas durante el pastoreo y el encierro se secaron, por separado, a 55°C a peso constante y se registró su peso seco; se molieron en un molino Wiley con malla de 1mm y se determinó el contenido de N por el método Kjeldahl.

Contenido de nitrógeno en suelo

Se tomaron aleatoriamente cuatro muestras de suelo por potrero a 10 cm de profundidad y se reunieron para conformar una muestra única. Las muestras se tomaron en tres oportunidades: 1°) antes del primer periodo de pastoreo (1° de octubre del 2001); 2°) después del primer periodo de pastoreo (13 de enero del 2002); y 3°) al final del segundo periodo de pastoreo (16 de mayo del 2002).

Se determinó el contenido de nitrógeno total (NT) y nitrógeno inorgánico (NI) en el laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo. Con base en estas determinaciones se calculó el nitrógeno orgánico ($NO = NT - NI$).

Contenido de nitrógeno en raíces

Se tomaron cuatro muestras de suelo por potrero, en forma aleatoria, con un sacabocado metálico, a una profundidad de 10 cm., se separaron las raíces contenidas en las cuatro muestras de suelo y se juntaron para conformar una muestra única. Estas muestras fueron tomadas en dos oportunidades, una al final del primer periodo de pastoreo (26 de diciembre del 2001) y otra al final del segundo periodo de pastoreo (17 de mayo del 2002). Las muestras de raíces se secaron a 55°C a peso constante, y se determinó contenido de N en raíces utilizando el método Kjeldahl.

Manejo y análisis estadístico de datos

El análisis de varianza se realizó por medio del modelo lineal general (GLM) del paquete estadístico SAS (1988). Los datos de composición botánica de la dieta seleccionada, expresados en porcentaje fueron transformados a Arcoseno (Steel y Torrie, 1988) para su análisis:

$$X = \text{Arsin} (\text{sqrt} (Y/100))$$

Para el análisis de varianza de datos sobre cantidad y composición de forraje ofrecido, residual, forraje desaparecido, composición botánica de la dieta seleccionada y contenido de N, fueron analizados en forma independiente para cada periodo de pastoreo. Para determinar el efecto de tratamiento se uso como termino del error la variación de unidades experimentales tratadas igual. La cantidad de trébol blanco solo se comparó entre las praderas que contenían trébol blanco a la siembra. Se empleó el modelo correspondiente al diseño completamente al azar, con una variable aleatoria que fue el ciclo de pastoreo:

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

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable de respuesta correspondiente al tratamiento i en el ciclo de pastoreo j y su repetición k

M = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$ y 5); excepto en el componente trébol blanco y composición botánica de la dieta seleccionada, donde no se incluyó ovillo con N y sin N, donde $i = 1, 2, 3$

$(\text{Rep} * T)_{ik}$ = Error asociado al la variación de unidades muestrales bajo el mismo tratamiento. Se utilizó para determinar el efecto de tratamientos.

C_j = Efecto del j-ésimo ciclo de pastoreo ($j = 1$ y 2)

$(T * C)_{ij}$ = Efecto de interacción del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo ciclo de pastoreo

E_{ijk} = Error experimental

Para el análisis de varianza de datos sobre cantidad y contenido de N en orina, heces, suelo y raíces se empleó el modelo correspondiente al diseño completamente al azar:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta correspondiente al tratamiento i y su repetición j

M = Media general

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

E_{ij} = Error experimental

En caso de efecto significativo ($P < 0.05$) se procedió a la comparación múltiple de medias por Tukey (Steel y Torrie, 1988), con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Masa de forraje ofrecido

En el pastoreo de otoño, no hubo diferencia ($P>0.05$) en masa total de forraje ofrecido y aporte de material muerto entre tratamientos y ciclos de pastoreo; tampoco hubo efecto ($P>0.05$) de la interacción tratamiento-ciclo de pastoreo para masa total y todos sus componentes. La masa de trébol blanco incrementó ($P<0.05$) conforme fue mayor la proporción de trébol blanco a la siembra; y fue mayor ($P<0.05$) en el 2° en comparación con el 1^{er} ciclo de pastoreo. La masa de ovillo no presentó diferencia ($P>0.05$) entre los tratamientos; pero sí aumentó ($P<0.05$) al pasar del 1° al 2° ciclo de pastoreo. La masa de otras especies no varió ($P>0.05$) entre los tratamientos, pero disminuyó ($P<0.05$) del 1° al 2° ciclo de pastoreo (Cuadro 8).

En el pastoreo de otoño se estaba a 148 días de la siembra, las praderas estaban en un estado juvenil con fuerte variación interna, reflejo de una población en camino a la estabilidad. La similitud en la cantidad de masa total de forraje ofrecido puede explicarse en parte por la variabilidad de este atributo, pero también a que el tiempo desde la siembra a la toma de datos no fue el suficiente para permitir una fuerte afluencia al sistema pradera del nitrógeno fijado por el trébol blanco, máxime si se considera que previo al pastoreo de otoño no había existido pastoreo alguno y las cosechas mecánicas previas implicaron la remoción del área de toda la masa forrajera acumulada. Además, el tratamiento de ovillo con N, al momento del muestreo, al inicio del 2° ciclo de pastoreo, solamente había recibido 50 kg N ha^{-1} por arriba del ovillo sin N. Por otro lado, la igualdad en la masa total

Cuadro 8. Masas de forraje ofrecido total y por componentes (kg MS ha⁻¹) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.

Componente	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Total	1°	2618 *	2083	2238	1371	2476	2157
	2°	1708	2674	1635	1854	2480	2070
	Promedio	2163	2378	1936	1611	2478	
Trébol blanco	1°	--	--	147	148	822	372 b [‡]
	2°	--	--	709	813	1528	1017 a
	Promedio	--	--	428 b	480 b	1175 a	
Ovillo	1°	486	667	843	339	554	578 b
	2°	1034	1400	703	556	384	815 a
	Promedio	760	1033	773	447	469	
Material muerto	1°	406	121	268	57	268	224
	2°	176	411	175	72	76	182
	Promedio	291	266	221	64	172	
Otras especies	1°	1726	1295	980	827	832	1132 a
	2°	498	863	48	413	492	463 b
	Promedio	1112	1079	514	620	662	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 2° ciclo fue de 50 kg N ha⁻¹

* Sin efecto (P>0.05) de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo en ninguno de los componentes

[‡] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

de forraje ofrecido del 1° al 2° ciclo de pastoreo, no corresponde a lo que sucedió en trébol blanco, ovillo y otras especies, ya que estos componentes de la masa total mostraron cambios de un ciclo a otro que se compensaron de forma tal que la masa total no mostró cambios. Las dos especies sembradas incrementaron la cantidad de masa del 1° al 2° ciclo de pastoreo, mientras que otras especies redujo su aporte 59 % en masa de ofrecido del 1° al 2° ciclo de pastoreo. El incremento del 1° al 2° ciclo de pastoreo fue más evidente en

trébol blanco que incrementó su aporte en 2.7 veces, mientras que ovinillo sólo incrementó en 1.4 veces.

La poca masa ofrecida de trébol blanco, particularmente en el 1^{er} ciclo de pastoreo, refuerza la explicación de que la similitud entre tratamientos en masa total de forraje ofrecido se debe a que el trébol blanco no era en estos momentos un elemento funcional en el aporte de nitrógeno al sistema pradera. Whitehead (1995) menciona que la transferencia del nitrógeno fijado por el trébol blanco a la solución del suelo es muy pobre en los primeros meses después de la siembra del mismo, porque el trébol blanco usa todo el nitrógeno fijado y hay poco material muerto acumulado; incluso de darse algo de la transferencia ésta no supera el 3 % del total de nitrógeno fijado por trébol blanco (Hogh-Jensen y Schjoerring, 1997), es después del primer año de siembra que el trébol blanco transfiere al sistema pradera una proporción importante del nitrógeno fijado (Mallarino *et al.*, 1990).

La masa ofrecida de trébol blanco fue similar para las densidades de 25 y 50 %, en promedio 454 kg MS ha⁻¹, cantidad que se incrementó ($P < 0.05$) casi en 2.6 veces cuando trébol blanco proporcionó 75 % de los individuos en la asociación, este incremento es proporcional con el incremento de 25 a 75 % en el aporte de individuos por trébol blanco, pero no con el incremento de 50 a 75 % que es de 1.5 veces.

La mayor masa ofrecida de trébol blanco al incrementar la densidad de siembra de esta especie, no representó una reducción en la masa ofrecida de ovinillo, aun cuando éste se encontraba en menor densidad. El no poder detectar cambios en la masa ofrecida de ovinillo puede, en parte, explicarse por la caída en la masa ofrecida de otras especies, entonces, el

trébol blanco ocupó, posiblemente, el espacio dejado por las otras especies; sin embargo, en este respecto debe también considerarse la variabilidad en los datos.

Las masas de forraje ofrecido total obtenidas en otoño coinciden con las reportadas por Milne *et al.* (1982), que manejaron tres densidades de trébol blanco con raigras perenne, variando la proporción de ambos a la siembra. Marín (1997) registró una masa de forraje ofrecido, para la estación de otoño de 1767 kg MS ha⁻¹, en una asociación de trébol blanco-ovillo, cantidad parecida a los 1936 kg MS ha⁻¹ registrada a la densidad de 25 % de trébol blanco del presente estudio, tratamiento con similar densidad de siembra a la usada por el autor referido.

La masa ofrecida de ovillo con fertilización nitrogenada de 1033 Kg MS ha⁻¹, es similar a la reportada por Ferrer *et al.* (1995), ellos obtuvieron 1157 Kg MS ha⁻¹, con fertilización de 100 Kg N y 90 kg de K₂O ha⁻¹, y a la reportada por Peralta y Valdemar (1997) de 1062 kg MS ha⁻¹, para otoño; pero menor a los 2314 kg MS ha⁻¹ encontrada por Aguilar y Hernández (1997).

En el pastoreo de primavera, no hubo diferencia ($P>0.05$) en la masa ofrecida de material muerto entre tratamientos y ciclos de pastoreo; tampoco hubo efecto ($P>0.05$) de la interacción tratamiento-ciclo de pastoreo en masa total y cada uno de sus componentes (Cuadro 9). La masa total de forraje ofrecido solamente fue diferente ($P<0.05$) entre el tratamiento con 75 % de trébol blanco y el que no contenía ni trébol blanco ni fertilización, el primero mostró una masa de 2824 kg MS ha⁻¹ y el segundo una masa 52 % menor, los

otros tratamientos mostraron valores intermedios pero no diferentes ($P>0.05$) entre ellos ni con estos dos tratamientos extremos.

Cuadro 9. Masas de forraje ofrecido total y por componentes (kg MS ha⁻¹) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.

Componente	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Total	3°	1198 *	2228	2154	2107	2350	2007
	4°	1534	2351	1765	2648	3298	2319
	Promedio	1366 b [‡]	2289 ab	1959 ab	2377 ab	2824 a	
Trébol blanco	3°	--	--	1007	1237	1338	1194 b
	4°	--	--	1021	1731	2226	1659 a
	Promedio	--	--	1014	1484	1782	
Ovillo	3°	980	2097	927	625	804	1087
	4°	1302	2184	585	703	980	1151
	Promedio	1141 ab	2140 a	756 b	664 b	892 b	
Material muerto	3°	106	109	176	180	208	156
	4°	46	163	148	169	92	124
	Promedio	76	136	162	174	150	
Otras especies	3°	112	22	43	65	0	48
	4°	186	4	11	45	0	49
	Promedio	149 a	13 b	27 ab	55 ab	0 b	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 3° y 4° ciclo fue de 100 y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente

* Sin efecto ($P>0.05$) de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo en ninguno de los componentes

[‡] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

En la masa ofrecida de trébol blanco no se detectó efecto ($P>0.05$) de la densidad de siembra de trébol blanco, pero sí ($P<0.05$) del ciclo de pastoreo, en particular la masa ofrecida de trébol blanco mantuvo la tendencia detectada desde el pastoreo de otoño, en el sentido de aumentar conforme se incrementó el número de ciclos de pastoreo. El aumento

en trébol blanco puede ser reflejo de la capacidad de esta especie de colonizar nuevas áreas rápidamente gracias a su carácter estolonífero.

La masa ofrecida de ovinillo por su parte mostró una tendencia distinta a la de trébol blanco, mientras que el ciclo de pastoreo no afectó ($P>0.05$), la introducción de trébol blanco y aplicar o no fertilización nitrogenada si influyó ($P<0.05$) sobre la masa ofrecida de ovinillo. Aplicar fertilización nitrogenada después de cada pastoreo al ovinillo sin trébol blanco provocó un máximo de $2140 \text{ kg MS ha}^{-1}$ de ovinillo en oferta, en promedio 2.8 veces más ovinillo que el ofertado en cualquiera de las asociaciones ovinillo-trébol blanco evaluadas, que no difirieron entre sí en cuanto a la cantidad de ovinillo en oferta ($771 \text{ kg MS ha}^{-1}$).

Cuando la pradera no incluyó trébol blanco, ni tampoco fertilización nitrogenada luego de cada pastoreo, la masa ofrecida de ovinillo fue similar a la encontrada en las praderas con 25 a 75 % de trébol blanco. La pradera con 75 % de trébol blanco mostró la mayor cercanía numérica en masa ofrecida de ovinillo a la registrada en la pradera de ovinillo sin nitrógeno añadido ni trébol blanco, en comparación a las praderas de 25 y 50 % de trébol blanco. Esta situación permite suponer que a 75 % de trébol blanco pudo darse una transferencia de nitrógeno al ovinillo un poco por arriba que en los otros tratamientos con trébol blanco, y con ello el ovinillo tendió a una mayor acumulación de masa (Ledgard, 1991); sin embargo, el tiempo transcurrido desde la siembra de la pradera no fue lo suficientemente largo para permitir que esta posible mayor afluencia de nitrógeno al sistema pradera se reflejara en una mayor masa ofrecida de ovinillo. Además, aun cuando la edad de la pradera es un factor a tomar en cuenta, la posibilidad de una mayor afluencia de nitrógeno al sistema pradera al tener 75 % de trébol blanco, se refuerza al encontrar que del pastoreo de otoño al de

primavera la masa ofrecida de ovinillo casi se duplicó en esta pradera, mientras que con 25 y 50 % de trébol blanco el incremento no fue tan marcado, 1.4 veces para 50 % de trébol blanco y sin cambio a 25 % de trébol blanco (Cuadros 8 y 9).

La mayor masa de forraje ofrecido total de la pradera con 75 % de trébol blanco podría asociarse a una mayor acumulación de material muerto de trébol blanco durante la etapa invernal y la posterior descomposición hacia el final del invierno e inicio de primavera, que favoreció una solución del suelo con mayor aporte de nitrógeno, que permitió promover una mayor acumulación de masa de forraje total, al permitir un mayor crecimiento de ovinillo. Whitehead (1995) menciona que puede existir una alta transferencia al sistema pradera del nitrógeno fijado durante la primavera, debido a la acumulación de material vegetal muerto durante el invierno previo que es decompuesto en primavera.

La masa ofrecida de material muerto fue en todo momento muy reducida no mayor del 8 % del total de la masa de forraje ofrecido, además de numéricamente muy similar entre todos los tratamientos a excepción de la pradera de ovinillo sin trébol blanco ni fertilización nitrogenada que para el último ciclo de pastoreo mostró una fuerte reducción en la masa ofrecida de material muerto, pero aun así no se pudo detectar diferencia alguna, tal vez esta reducción responda a un sesgo involuntario en el muestreo.

En masa ofrecida de otras especies, resaltan al igual que en masa total de forraje ofrecido, las praderas de ovinillo sin nitrógeno ni trébol blanco y la de 75 % de trébol blanco, la primera por mostrar el máximo valor de masa ofrecida de otras especies ($149 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y la segunda por no contener masa ofrecida de otras especies. La introducción de trébol

blanco o de agregar nitrógeno después de cada pastoreo pudo promover un ambiente edáfico que permitió a las forrajeras sembradas competir con otras especies, y para el caso de las praderas con trébol blanco no se puede descartar la colonización de nuevas áreas que puede hacer esta especie gracias a su hábito estolonífero.

El ovillo sin fertilización nitrogenada es el que presentó la menor masa total de forraje ofrecido, debido a una baja tasa de acumulación durante la época invernal y por las condiciones climáticas que afectaron el proceso de mineralización del nitrógeno en el suelo. Lemaire y Salette (1982) confirman esta situación al comparar ovillo con 60 kg N ha^{-1} aplicados en otoño y ovillo con 180 kg N ha^{-1} aplicados en otoño e invierno, obteniendo 1030 y $2620 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente, para la primavera. Además, al ser pobre el suelo en nitrógeno, el ovillo se ve limitado para controlar malezas, por lo que fue el que contenía mas malezas. Todo lo contrario ocurrió con ovillo con fertilización, ya que mantener un buen nivel de nitrógeno le permitió mantener su capacidad de controlar malezas.

La masa ofrecida de trébol blanco incrementó del 1° al 2° y del 3° al 4° ciclo de pastoreo, en el pastoreo de otoño y primavera, respectivamente; mientras, que la masa ofrecida de ovillo mostró incremento del 1° al 2° ciclo de pastoreo únicamente en otoño. Independientemente de las condiciones climáticas que pudieran determinar estos patrones de respuesta, se podría decir que el trébol blanco tiene una fase de establecimiento mas larga que ovillo y de ahí su continuo incremento a través del tiempo.

4.2. Masa de forraje residual

La masa residual, tanto total como la de material muerto, no fue influida ($P>0.05$) por ninguno de los factores identificados en el pastoreo de otoño. Las masas residuales de trébol blanco y otras especies sólo fueron influidas ($P<0.05$) por el ciclo de pastoreo. La masa residual de ovinillo fue determinada ($P<0.05$) por ambos factores (tratamientos como ciclo de pastoreo) y la interacción entre ambos (Cuadro 10).

El efecto de ciclo de pastoreo en las masas residuales de trébol blanco y otras especies fue opuesto, para el caso de trébol blanco el residual incrementó pero en otras especies se redujo del 1° al 2° ciclo de pastoreo. Por otra parte, el patrón de respuesta en masa residual de cada uno de estos dos componentes es totalmente paralelo al patrón de respuesta respectivo en masa ofrecida (Cuadro 8). La masa ofrecida de trébol blanco se incrementó del 1° al 2° ciclo de pastoreo, y la de otras especies se redujo, aunque la magnitud relativa de los cambios no fue similar: trébol blanco aumentó masa ofrecida del 1° al 2° ciclo de pastoreo 2.7 veces, mientras que la masa residual incrementó en poco más de 6 veces.

En la masa residual de ovinillo la gran diferencia encontrada entre el 1° y 2° ciclo en ovinillo sin fertilización (182 y 678 kg MS ha⁻¹, respectivamente) influyó para determinar el efecto del ciclo de pastoreo, ya que no se pudo detectar una reducción significativa ($P>0.05$) en la masa residual de ovinillo del 1° al 2° ciclo de pastoreo en las otras praderas. La masa residual de 291 kg MS ha⁻¹ registrada en la pradera de ovinillo con fertilización, es menor a la reportada por Ferrer *et al.* (1995), que fue de 686 kg MS ha⁻¹, utilizando vacas lecheras en pastoreo; menor a la reportada por Peralta y Valdemar (1997), de 684 kg MS ha⁻¹,

pastoreando ovinos con suplementación; y menor a la reportada por Aguilar y Hernández (1997), 1522 kg MS ha⁻¹, con ovinos en pastoreo, para la misma época del año.

Cuadro 10. Masas de forraje residual total y por componentes (kg MS ha⁻¹) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.

Componente	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Total	1°	1178	924	1033	717	928	956
	2°	772	498	851	888	838	770
	Promedio	975	711	942	802	883	
Trébol blanco	1°	--	--	36	39	190	88 B [§]
	2°	--	--	421	589	628	546 A
	Promedio	--	--	228	314	409	
Ovillo	1°	182 c [‡]	232 c	375 b	110 c	158 c	211 B
	2°	678 a	349 bc	339 bc	232 c	136 c	347 A
	Promedio	430 A	290 AB	357 AB	171 B	147 B	
Material muerto	1°	218	77	247	45	126	143
	2°	94	72	91	67	74	80
	Promedio	156	74	169	56	100	
Otras especies	1°	778	615	375	523	454	549 A
	2°	0	77	0	0	0	15 B
	Prom.	389	346	187	261	227	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 2° ciclo fue de 50 kg N ha⁻¹

[§] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas al menos por una misma literal mayúscula en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

[‡] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

En el pastoreo de primavera no hubo diferencia ($P>0.05$) en la masa residual de material muerto entre tratamientos ni ciclos de pastoreo. El efecto ($P<0.05$) de ciclo de pastoreo sólo se manifestó en masa residual de trébol blanco, así como su interacción con tratamientos, siendo el único componente que lo presentó. La masa total residual fue diferente ($P<0.05$)

entre las praderas 50 y 75 % trébol blanco y la de ovinillo sin trébol blanco ni fertilización nitrogenada, las otras praderas mostraron valores intermedios pero no diferentes ($P>0.05$) entre ellas ni con estos tratamientos. La masa residual de ovinillo por su parte varió ($P<0.05$) por la introducción de trébol blanco y aplicar o no fertilización nitrogenada. El aporte de otras especies varió ($P<0.05$) con el tratamiento, la pradera 75 % trébol blanco no presentó aporte alguno, y la de ovinillo sin fertilización nitrogenada la de mayor aporte de otras especies (Cuadro 11).

Cuadro 11. Masas de forraje residual total y por componentes (kg MS ha⁻¹) en praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.

Componente	Ciclo	Nivel de trébol blanco (%)								Promedio
		0		25	50	75				
		Sin N [†]	Con N [†]							
Total	3°	604	1024	1002	1029	1118			955	
	4°	680	1010	798	1260	1530			1056	
	Promedio	642 B ^δ	1017 AB	900 AB	1144 A	1324 A				
Trébol blanco	3°	--	--	433 c [‡]	657 b	732 b			607 B	
	4°	--	--	440 c	784 b	1308 a			844 A	
	Promedio	--	--	436 B	720 AB	1020 A				
Ovillo	3°	478	913	401	165	192			430	
	4°	484	863	203	280	132			392	
	Promedio	481 AB	888 A	302 B	222 B	162 B				
Material muerto	3°	84	96	155	179	194			142	
	4°	46	143	144	168	90			118	
	Promedio	65	119	149	173	142				
Otras especies	3°	42	15	13	28	0			20	
	4°	150	4	11	28	0			39	
	Promedio	96 A	9 B	12 B	28 AB	0 B				

[†] Sin N= ovinillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovinillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 3° y 4° ciclo fue de 100 y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente

^δ Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas al menos por una misma literal mayúscula en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

[‡] Medias dentro de componente sin literales o seguidas por al menos una literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

Tanto la masa residual total, la de ovillo como la de otras especies siguieron la misma tendencia que la masa de forraje ofrecido total del mismo periodo de pastoreo en respuesta a los tratamientos (Cuadro 9).

Las tendencias generales de la masa residual de trébol blanco con respecto de los factores principales fueron primero a incrementar la masa residual, al pasar del 3° al 4° ciclo de pastoreo (607 a 844 kg MS ha⁻¹); y, a un incremento gradual al pasar de 25 a 75 % de trébol blanco, de forma tal que en la pradera de 25 % trébol blanco se diera la menor masa residual (436 kg MS ha⁻¹) y la mayor (1020 kg MS ha⁻¹) a 75 % trébol blanco y un valor intermedio no diferente a los extremos en la pradera 50 % trébol blanco. Pero estas tendencias generales fueron modificadas por la interacción entre los factores, el incremento en masa residual de trébol blanco del 3° al 4° ciclo de pastoreo, en realidad sólo se detectó en la pradera 75 % trébol blanco con un incremento absoluto de 576 kg MS ha⁻¹, que movió el promedio general para el 4° ciclo de pastoreo de una forma tal que permitió detectar el efecto de ciclo de pastoreo ya referido. Además, el cambio gradual en masa residual de trébol blanco, no se dio en el 4° ciclo de pastoreo cuando las tres densidades de trébol blanco mostraron diferente masa residual de trébol blanco. Estas situaciones explican la interacción significativa entre los factores. En general puede decirse que como avanzó el pastoreo experimental se permitió que se manifestara el efecto de la densidad de trébol blanco en el patrón de masa residual.

La masa residual de ovillo mostró una gradual reducción de la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada, a la de ovillo sin fertilización nitrogenada y luego a las praderas

con alguna proporción de trébol blanco, así solo se detectó diferencia entre el valor máximo ($888 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y el mínimo ($229 \text{ kg MS ha}^{-1}$; promedio para las tres praderas con trébol blanco), mientras que el valor intermedio ($481 \text{ kg MS ha}^{-1}$) encontrado en la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada no fue diferente con los valores extremos. Este patrón de respuesta es idéntico al encontrado en masa ofrecida de ovinillo (Cuadro 9), por lo que puede suponerse que la masa residual de ovinillo fue un reflejo del efecto de la inclusión de trébol blanco o de la fertilización nitrogenada sobre la masa ofrecida de ovinillo.

El efecto de la interacción tratamiento-ciclo de pastoreo en el periodo de pastoreo de otoño se observó en el componente ovinillo, mientras que en el periodo de pastoreo de primavera fue en trébol blanco, esto debido a que son dos especies con diferentes características de crecimiento.

La masa residual de ovinillo con fertilización nitrogenada, de $888 \text{ kg MS ha}^{-1}$, es mayor a las reportadas por Ferrer *et al.* (1995) y Peralta y Valdemar (1997); y menor a la reportada por Aguilar y Hernández (1997).

4.3. Masa de forraje desaparecido

En el pastoreo de otoño la masa total de forraje desaparecido como la de material muerto y de otras especies no fueron influidos ($P > 0.05$) por ninguno de los factores. Para el caso de la masa desaparecida de trébol blanco y ovinillo sólo se detectó efecto ($P < 0.05$) del tratamiento (Cuadro 12). La masa desaparecida de trébol blanco fue máxima ($P < 0.05$) ($766 \text{ kg MS ha}^{-1}$) en la pradera 75 % trébol blanco, esta cantidad es 4 veces mayor a la cantidad

de masa desaparecida promedio para las otras dos praderas que tenían trébol blanco, y que no se pudieron diferenciar entre sí en la cantidad de masa desaparecida de trébol blanco. La mayor masa desaparecida de trébol blanco en la pradera 75 % trébol blanco, responde a una mayor masa ofrecida de esta especie ya que en masa residual de trébol blanco no existió diferencia entre estas praderas (Cuadro 8 y 10). Así, en trébol blanco la masa de forraje desaparecido dependió de la cantidad en oferta.

Cuadro 12. Masas de forraje desaparecido total y por componentes (kg MS ha⁻¹) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.

Componente	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Total	1°	1440 *	1159	1205	653	1548	1201
	2°	936	2175	784	969	1642	1301
	Promedio	1188	1667	995	811	1595	
Trébol Blanco	1°	--	--	110	109	632	284
	2°	--	--	288	225	900	471
	Promedio	--	--	199 b [‡]	167 b	766 a	
Ovillo	1°	304	435	468	228	396	366
	2°	356	1051	364	324	248	469
	Promedio	330 ab	743 a	416 ab	276 b	322 ab	
Material Muerto	1°	188	44	22	12	142	82
	2°	82	339	84	6	2	103
	Promedio	135	191	53	9	72	
Otras Especies	1°	948	680	605	304	378	583
	2°	498	785	48	414	492	447
	Promedio	723	733	327	359	435	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 2° ciclo fue de 50 kg N ha⁻¹

* Sin efecto (P>0.05) de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo en ninguno de los componentes

[‡] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

En masa desaparecida de ovillo sólo se pudieron identificar dos extremos, la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada que rindió la máxima masa desaparecida de ovillo ($743 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y la pradera 50 % trébol blanco que mostró la menor masa desaparecida ($276 \text{ kg MS ha}^{-1}$). Las otras praderas mostraron masas desaparecidas intermedias y no diferentes a los extremos. Al no haberse podido detectar diferencias en la masa ofrecida de ovillo (Cuadro 8), no se puede asegurar alguna influencia de este atributo en la masa desaparecida, como fue el caso de trébol blanco. Además, sí bien se encontró diferencia entre las praderas en la masa residual de ovillo (Cuadro 10), el patrón de diferencias en masa residual no presentó estrecha correspondencia con el de masa desaparecida. La mayor masa desaparecida de ovillo obtenida en la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada, no correspondió, como podría esperarse al no detectarse diferencia en masa ofrecida, con la menor masa residual de ovillo. A su vez, la menor masa desaparecida de ovillo se dio en la pradera 50 % trébol blanco que también presentó de las más bajas masas residuales. Peralta y Valdemar (1997) reportan $742 \text{ kg MS ha}^{-1}$ de masa desaparecida de ovillo, con fertilización, muy similar al obtenido en el presente estudio ($743 \text{ kg MS ha}^{-1}$) para el mismo periodo de otoño.

Para el pastoreo de primavera solamente se encontró diferencia ($P < 0.05$) en masa desaparecida de ovillo entre los tratamientos (Cuadro 13). En promedio la masa desaparecida de forraje total fue de $1158 \text{ kg MS ha}^{-1}$, mientras que la de trébol blanco fue $701 \text{ kg MS ha}^{-1}$. La similitud entre los tratamientos en masa desaparecida de forraje total, aun cuando se detectaron diferencias entre estos tratamientos en masa ofrecida (Cuadro 9) y residual (Cuadro 11), podría explicarse por cierto grado de compensación entre los patrones de respuesta. La pradera 75 % trébol blanco mostró tanto la mayor masa ofrecida como

residual, mientras que la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada tuvo ambas menores, masa ofrecida como la residual. A esta situación debe agregarse una alta variabilidad al ser la masa desaparecida una variable derivada de la estimación de otras dos variables (masa ofrecida y residual).

Cuadro 13. Masas de forraje desaparecido total y por componentes (kg MS ha⁻¹) en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.

Componente	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Total	3°	594 *	1205	1151	1077	1232	1052
	4°	854	1341	969	1387	1768	1264
	Promedio	724	1273	1060	1232	1500	
Trébol blanco	3°	--	--	575	580	606	587
	4°	--	--	581	946	918	815
	Promedio	--	--	578	763	762	
Ovillo	3°	502	1184	525	460	612	657
	4°	818	1321	383	423	848	759
	Promedio	660 ab [‡]	1253 a	454 b	442 b	730 ab	
Material muerto	3°	22	14	21	1	14	14
	4°	0	20	5	1	2	6
	Promedio	11	17	13	1	8	
Otras especies	3°	70	7	30	36	0	29
	4°	36	0	0	17	0	11
	Promedio	53	3	15	27	0	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 3° y 4° ciclo fue de 100 y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente

* Sin efecto (P>0.05) de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo en ninguno de los componentes

[‡] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

En trébol blanco no se pudo detectar diferencia entre tratamientos en masa desaparecida, aun cuando sí se detectó diferencia en masa residual (Cuadro 11) y no en masa ofrecida

(Cuadro 9). La fuerte variabilidad al determinar masa ofrecida previno el detectar diferencia tanto en este atributo como en el de masa desaparecida que fue derivado del primero.

Para masa desaparecida de ovillo en el pastoreo de primavera se tiene un patrón muy similar al encontrado en el pastoreo de otoño, la mayor masa desaparecida de ovillo se encontró con la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada y la menor tanto en la pradera de 50 % trébol blanco (al igual que en otoño) como en la pradera 25 % trébol blanco. La reducción relativa en masa desaparecida de ovillo del mayor al menor valor fue muy parecida para ambos periodos de pastoreo, 62 y 64 % para otoño y primavera, respectivamente. En el componente ovillo, la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada mostró la mayor masa ofrecida, residual y desaparecida, y la de 50 % de trébol blanco mostró los menores valores de estos tres atributos, resaltando la importancia de la magnitud en masa ofrecida sobre el comportamiento de los otros atributos.

4.4. Composición botánica de la dieta seleccionada

En el pastoreo de otoño el porcentaje de otras especies en la dieta seleccionada no varió ($P>0.05$) entre tratamientos, ciclo de pastoreo e interacción tratamiento-ciclo de pastoreo. El porcentaje de trébol blanco no tuvo efecto ($P>0.05$) de ciclo de pastoreo, pero sí de ($P<0.05$) tratamientos y de la interacción tratamiento-ciclo de pastoreo. Mientras que el porcentaje de ovillo no varió ($P>0.05$) entre tratamientos, pero si ($P<0.05$) por ciclo de pastoreo e interacción tratamiento-ciclo de pastoreo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Composición botánica de la dieta (%) seleccionada por corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.

Componente	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)			Promedio
		25	50	75	
Trébol blanco	1°	14.8 c [‡]	34.4 a	38.7 a	29.3
	2°	18.0 bc	25.2 b	24.5 b	22.6
	Promedio	16.4 B ^δ	29.8 A	31.6 A	
Ovillo	1°	83.1 a	60.9 b	61.3 b	68.4 B
	2°	80.3 a	73.7 a	75.5 a	76.5 A
	Promedio	81.7	67.3	68.4	
Otras especies	1°	2.1	4.7	0.0	2.3
	2°	1.7	1.1	0.0	0.9
	Promedio	1.9	2.9	0.0	

[‡] Medias dentro de componente sin literal o seguidas por al menos una literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

^δ Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas al menos por una misma literal mayúscula en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

La tendencia general del aporte de trébol blanco a la dieta fue de un incremento de casi dos veces al pasar de la pradera 25 % trébol blanco a la de 50 % trébol blanco, para luego mantenerse sin mayor cambio al pasar de este tipo de pradera a la pradera 75 % trébol blanco. Sin embargo, esta tendencia general no pudo detectarse como una constante en los dos ciclos de pastoreo de otoño. En el 2° ciclo de pastoreo, en particular, no se pudo establecer diferencia en el aporte de trébol blanco a la dieta entre los tres tipos de praderas. Este patrón de respuesta muestra situaciones contrastantes con la masa ofrecida de trébol blanco (Cuadro 8): el máximo aporte de trébol blanco a la dieta (38.7 %) se registró en el primer ciclo de pastoreo y en este ciclo existió menor masa ofrecida de trébol blanco; en el segundo ciclo de pastoreo cuando hay mayor masa ofrecida de trébol blanco, en las praderas 50 y 75 % trébol blanco presentaron una reducción significativa en el aporte de trébol blanco a la dieta seleccionada por los corderos, en promedio se pasó de 36.5 a 24.8 %

de trébol blanco en la dieta, del 1° al 2° ciclo de pastoreo en estos dos tipos de praderas. Por último, aun cuando la pradera 75 % trébol blanco presentó 2.4 veces más masa ofrecida de trébol blanco que la pradera 50 % trébol blanco (Cuadro 8), el aporte de esta especie a la dieta seleccionada por los corderos en ambos tipos de praderas fue muy similar; mientras que en la pradera 25 % trébol blanco tuvo una muy similar cantidad de masa ofrecida de trébol blanco que la pradera 50 % trébol blanco, los corderos en la primer pradera mostraron un aporte de trébol blanco a la dieta seleccionada de casi la mitad a la registrada en los corderos de la segunda pradera (16.4 contra 29.8 %). Pareciera, por tanto, que los corderos a partir de una masa ofrecida de trébol blanco umbral, llegan a un máximo alrededor de 30 % de trébol blanco en la dieta, para no incrementar este aporte en la dieta aun cuando la masa ofrecida de trébol blanco se incremente.

En ovillo la tendencia general fue a un menor aporte de esta especie a la dieta seleccionada por los corderos del 1° al 2° ciclo de pastoreo y sin diferencia por el tipo de pradera. Sin embargo, la tendencia a no encontrar diferencia en el aporte de ovillo a la dieta entre los tipos de pradera no fue constante en ambos ciclos de pastoreo, en el 1^{er} ciclo de pastoreo, la pradera 25 % trébol blanco promovió en los corderos una dieta con 83.1 % de ovillo, poco más de 20 unidades porcentuales en comparación a la dieta de los corderos en las otras dos praderas; además, solamente los corderos en las praderas 50 y 75 % trébol blanco incrementaron el aporte de ovillo a la dieta seleccionada del 1° al 2° ciclo de pastoreo. El incremento en el aporte de ovillo del 1° al 2° ciclo de pastoreo es paralelo al incremento en masa ofrecida de ovillo del 1° al 2° ciclo de pastoreo (Cuadro 8). Promediando los dos ciclos de pastoreo y los tres tipos de praderas, el aporte de ovillo a la masa ofrecida de

forraje fue de 28 %, mientras que en la dieta fue entre 60.9 a 83.1 %, lo que indica un alto grado de preferencia por esta especie por parte de los corderos.

Para el pastoreo de primavera el porcentaje de otras especies en la dieta seleccionada no varió ($P>0.05$) entre tratamientos; y ninguno de los componentes (trébol blanco, ovinillo y otras especies) de la dieta seleccionada fue influido ($P>0.05$) por el ciclo de pastoreo y la interacción tratamiento-ciclo de pastoreo. El porcentaje en la dieta de trébol blanco incrementó y el de ovinillo disminuyó ($P<0.05$) conforme aumentó el nivel de trébol blanco en la pradera (Cuadro 15).

Cuadro 15. Composición botánica de la dieta (%) seleccionada por corderos pastoreando praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.

Componente	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)			Promedio
		25	50	75	
Trébol blanco	3°	30.4 *	36.8	42.8	36.6
	4°	31.3	31.0	34.3	32.2
	Promedio	30.8 b [†]	33.9 ab	38.5 a	
Ovinillo	3°	69.3	63.2	56.7	63.1
	4°	68.7	69.0	65.7	67.8
	Promedio	69.0 a	66.1 ab	61.2 b	
Otras especies	3°	0.3	0.0	0.5	0.3
	4°	0.0	0.0	0.0	0.0
	Promedio	0.2	0.0	0.3	

* Sin efecto ($P>0.05$) de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo en ninguno de los componentes

[†] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

La composición botánica de la dieta en el pastoreo de primavera presentó una tendencia diferente a la del pastoreo de otoño, ya que aunque variaron entre tratamientos, estos no fueron influidos por el ciclo de pastoreo o su interacción con los tratamientos, como en el pastoreo de otoño. Esto se podría explicar por la casi nula masa ofrecida de otras especies en los tratamientos que contenían trébol blanco (Cuadro 9), debido a la característica del trébol blanco de colonizar nuevas áreas y al tiempo ya transcurrido desde la siembra que le permitió lo anterior. Esto aunado a que le precedían dos ciclos de pastoreo y por el hábito del cordero a consumirlas, las malezas fueron desapareciendo (Cuadro 10).

Milne *et al.* (1982) encontraron que el porcentaje de trébol blanco en la dieta se incrementó de 0 a 51 % cuando la proporción de este se incrementaba en la pradera. Los resultados obtenidos coinciden con estos autores, pero el mayor porcentaje de trébol blanco en la dieta fue de 38.7 % en el nivel mayor de trébol blanco en el primer ciclo de pastoreo y que disminuyó para el segundo, esto es contrario a lo reportado por Taylor *et al.* (1960) que mencionan que en una pradera asociada ovinillo-trébol blanco los animales muestran preferencia por el trébol blanco, esto debido a una mayor preferencia mostrada por el cordero hacia el ovinillo. Ramírez *et al.* (1992) encontraron que ovinos pastoreando un pastizal de pino mostraron mayor preferencia (28.7 % de la dieta seleccionada) por una especie que presentó una frecuencia muy baja (1 %) en un pastizal compuesto de 14 especies forrajeras; al respecto, Arnold (1981, citado por Ramírez *et al.*, 1992) menciona que la selectividad no responde estrictamente a ventajas nutricionales del forraje, sino también a la apetecibilidad del mismo, y este atributo está determinado por las respuestas del estímulo químico recibidas a través de los sentidos del tacto, olfato y gusto.

Curll y Wilkins (1982) encontraron que el porcentaje de trébol blanco en la dieta de ovinos varió de 40 a 57 %, en praderas asociadas con raigras perenne con y sin fertilización nitrogenada, respectivamente, con lo que ponen de manifiesto que a mayor presencia de raigras en la pradera, por efecto de la fertilización, disminuye el porcentaje de trébol blanco en la dieta, por lo que mencionan que el patrón de defoliación de ovinos varia en respuesta a la pradera que esta siendo pastoreada. En el presente estudio los corderos mostraron preferencia por ovillo, aunque la cantidad de trébol blanco en el forraje ofrecido fue 2.1 veces mayor a la de ovillo en los tratamientos con 50 y 75 % de trébol blanco (Cuadro 9).

4.5. Contenido de nitrógeno en forraje

Para el pastoreo de otoño no hubo diferencia ($P>0.05$) en la concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido y residual por efecto de tratamiento, ciclo de pastoreo e interacción de tratamiento-ciclo de pastoreo (Cuadro 16).

La masa ofrecida de trébol blanco se incrementó con la densidad de siembra de esta especie (Cuadro 8) y la masa residual de ovillo fue menor al incluir trébol blanco (Cuadro 10); sin embargo, estos cambios no se manifestaron en la concentración de nitrógeno del forraje ofrecido y residual, tal vez por la presencia de malezas en el forraje que provocó un efecto de amortiguador de estos cambios y con ello la similitud en los contenidos de nitrógeno.

Cuadro 16. Concentración de nitrógeno (%) en la masa de forraje ofrecido y residual en praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.

Masa de Forraje	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Ofrecido	1°	2.5 *	2.9	2.6	3.0	3.0	2.8
	2°	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8
	Promedio	2.6	2.8	2.6	2.9	2.9	
Residual	1°	2.4	2.6	2.7	3.1	2.5	2.7
	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= ovinillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovinillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 2° ciclo fue de 50 kg N ha⁻¹

* Sin efecto ($P>0.05$) de tratamiento, ciclo de pastoreo ni de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo

La adición de nitrógeno al ovinillo tampoco ocasionó diferencia en la concentración de nitrógeno ni en el forraje ofrecido ni en el residual en comparación al ovinillo sin fertilización nitrogenada.

Las concentraciones de nitrógeno en el forraje ofrecido y residual de ovinillo, de 2.8 y 2.4 %, respectivamente, son mayores a las reportadas por Aguilar y Hernández (1997), que fueron de 2.3 % y 1.6 % de nitrógeno para forraje ofrecido y residual, respectivamente, y menores a las encontradas por García y Juárez (1994), para el mismo periodo de otoño.

La cantidad de nitrógeno presente en la masas de forraje ofrecido y residual no varió ($P>0.05$) por efecto de ninguno de los factores en evaluación, en el pastoreo de otoño (Cuadro 17). Esto podría explicarse por que no hubo diferencia en masa total de ofrecido y residual (Cuadros 8 y 10, respectivamente) ni en concentración de nitrógeno (Cuadro 16).

Cuadro 17. Contenido de nitrógeno (kg N ha^{-1}) presente en la masa de forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en otoño.

Masa de forraje	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0	25	50	75		
		Sin N [†]	Con N [†]				
Ofrecido	1°	66.3 *	61.3	57.5	41.2	73.3	59.9
	2°	48.7	75.0	43.9	53.8	69.5	58.2
	Promedio	57.5	68.1	50.7	47.5	71.4	
Residual	1°	27.8	23.5	27.2	22.9	23.9	25.1
	2°	17.7	11.4	21.9	27.8	23.8	20.5
	Promedio	22.7	17.4	24.5	25.3	23.8	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha^{-1} luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 2° ciclo fue de 50 kg N ha^{-1}

* Sin efecto ($P>0.05$) de tratamiento, ciclo de pastoreo ni de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo

En el pastoreo de primavera la concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido fue influida ($P<0.05$) tanto por el ciclo de pastoreo como por la interacción tratamiento-ciclo de pastoreo. En la masa residual solamente se detectó efecto ($P<0.05$) del tratamiento (Cuadro 18).

La concentración de nitrógeno en la masa de forraje ofrecido tendió a reducirse del 3° al 4° ciclo de pastoreo, al tiempo de que no existió diferencia entre los tratamientos; sin embargo, la interacción nace de tener que las praderas 50 y 75 % trébol blanco no mostraron reducción en la concentración de nitrógeno al pasar del 3° al 4° ciclo de pastoreo y que en la pradera 25 % trébol blanco la concentración de nitrógeno aumentó del 3° al 4° ciclo de pastoreo; además, en el 4° ciclo de pastoreo, la pradera 75 % trébol blanco presentó una concentración de nitrógeno 30 % superior ($P<0.05$) al promedio registrado en las praderas de ovillo que no incluyeron trébol blanco. Esta superioridad de la pradera 75 % trébol blanco puede ser más un reflejo de la mayor concentración de nitrógeno en trébol

blanco que en ovillo, y no una consecuencia de una mayor transferencia al sistema pradera del nitrógeno fijado por el trébol blanco, ya que el ovillo recibiendo nitrógeno extra no pudo mantener igual concentración de nitrógeno en el forraje al de la pradera 75 % trébol blanco.

Cuadro 18. Concentración de nitrógeno (%) en la masa de forraje ofrecido y residual en praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.

Masa de forraje	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Ofrecido	3°	2.9 ab [‡]	2.9 ab	2.4 c	2.9 ab	3.0 a	2.8 A ^δ
	4°	2.1 d	2.2 cd	2.7 b	2.5 bc	2.8 ab	2.5 B
	Promedio	2.5	2.5	2.6	2.7	2.9	
Residual	3°	2.0	2.8	2.6	2.7	2.7	2.6
	4°	2.0	2.6	2.9	2.3	3.0	2.6
	Promedio	2.0 B	2.7 A	2.7 A	2.5 AB	2.8 A	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 3° y 4° ciclo fue de 100 y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente

[‡] Medias dentro de componente sin literal o seguidas por al menos una literal minúscula en común no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

^δ Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas al menos por una misma literal mayúscula en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

Además, estas diferencias en concentración de nitrógeno en el forraje ofrecido entre tratamientos evidenciadas en el 4° ciclo de pastoreo, que no se manifestaron antes (Cuadro 16), se debe a que conforme pasó el tiempo la continua explotación de la pradera ocasionó extracción de nitrógeno del sistema pradera que el ciclaje propio de una pradera en pastoreo no pudo compensar, como si lo fue el incluir trébol blanco en la pradera.

La concentración de nitrógeno en el residual fue similar en los tratamientos que contenían trébol blanco y en ovillo con fertilización, que tuvieron 2.7 % de N en promedio. Esto se

podría explicar en base a que praderas que contenían trébol blanco siempre tuvieron mayor aporte del componente trébol blanco que de ovinillo (Cuadro 11), por lo que es de esperarse mayor contenido de nitrógeno; en cuanto a ovinillo con fertilización nitrogenada, la aplicación sistemática de nitrógeno le permitió mantener un nivel adecuado de este elemento.

La concentración de nitrógeno en la masa residual permitió una mejor discriminación entre tratamientos que el forraje ofrecido, particularmente para evidenciar que el no adicionar nitrógeno vía industrial o incorporar una leguminosa a la pradera, mina la cantidad de nitrógeno en el sistema pradera y el ciclaje solo ayuda, en el mejor de los casos, a reducir la velocidad en la reducción del nitrógeno en el sistema pradera.

El contenido de nitrógeno presente en las masas de forraje ofrecido y residual sólo varió ($P>0.05$) por efecto de tratamiento, la pradera 75 % trébol blanco presentó contenidos siempre superiores a la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada, mientras que las otras praderas mostraron valores intermedios no diferentes ($P>0.05$) entre ellos ni con las dos praderas mencionadas (Cuadro 19).

La superioridad de la pradera 75 % trébol blanco con respecto de la pradera de ovinillo sin fertilización nitrogenada en contenido de nitrógeno en la masa de forraje refleja las diferencias encontradas entre estos dos tipos de pradera en las masas de forraje ofrecido y residual (Cuadros 9 y 11, respectivamente) como en la concentración de nitrógeno en el forraje (Cuadro 18).

Cuadro 19. Contenido de nitrógeno (kg N ha⁻¹) presente en la masa de forraje ofrecido y residual de praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos ciclos de pastoreo, en primavera.

Masa de forraje	Ciclo	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N [†]	Con N [†]				
Ofrecido	3°	33.9 *	64.0	52.4	62.6	70.1	56.6
	4°	31.6	50.9	47.5	67.9	92.8	58.1
	Promedio	32.8 c [‡]	57.5 abc	49.9 bc	65.3 ab	81.4 a	
Residual	3°	12.3	28.6	26.3	28.5	31.2	25.4
	4°	13.4	26.9	22.9	31.1	45.4	27.9
	Promedio	12.8 b	27.8 ab	24.6 ab	29.8 ab	38.3 a	

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. La fertilización nitrogenada acumulada al 3° y 4° ciclo fue de 100 y 150 kg N ha⁻¹, respectivamente

* Sin efecto (P>0.05) de la interacción tratamiento y ciclo de pastoreo en ninguno de los componentes

[‡] Medias dentro de componente en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

En general la incorporación de hasta 75 % de trébol blanco tendió a dar un sistema pradera con mayor concentración y cantidad de nitrógeno en el forraje pero esto se hizo evidente conforme se avanzó en el periodo experimental, reflejo quizás del tiempo que le tomó al trébol blanco primero para tener un buen establecimiento, medido en este estudio por masa de forraje presente, y segundo para establecer un activo y vigoroso proceso de fijación del nitrógeno atmosférico vía su simbiosis con el *Rhizobium*.

4.6. Contenido de nitrógeno en orina

En el pastoreo de otoño, la concentración de nitrógeno en la orina como la cantidad de orina y el total de nitrógeno excretado en la orina por día por cordero, no variaron (P>0.05) entre los diferentes tipos de pradera (Cuadro 20). En promedio, cada cordero excretó un total de 1075 ml de orina día⁻¹ y un total de 17 g de N en esa orina.

Cuadro 20. Concentración y cantidad de nitrógeno en la orina de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en otoño.

Atributo		Densidad de trébol blanco (%)				
		0		25	50	75
		Sin N [†]	Con N [†]			
Contenido de nitrógeno (%)		1.4 *	1.4	1.6	1.8	1.6
Cantidad de orina (ml cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	367	469	510	416	443
	Encierro	645	709	649	490	678
	Total diario	1012	1178	1159	906	1121
Cantidad de N excretado en orina (g cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	5.4	7.2	7.9	7.1	7.0
	Encierro	9.5	12.0	10.3	8.2	10.8
	Total diario	14.9	19.2	18.2	15.3	17.8

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo.
Fertilización nitrogenada acumulada de 50 kg N ha⁻¹

* Sin efecto (P>0.05) de tratamiento en ninguno de los atributos

En el pastoreo de primavera, a diferencia del de otoño, la concentración de nitrógeno en la orina mostró efecto (P<0.05) del tratamiento, al igual que la cantidad de nitrógeno excretada en orina durante el tiempo en que se mantuvieron en el área de encierro y resguardo. La cantidad de orina excretada como la de nitrógeno en la orina durante el pastoreo y para todo el día, no variaron (P>0.05) por efecto de tratamientos (Cuadro 21).

Los corderos que pastorearon la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada, como los que pastorearon la pradera 25 % trébol blanco presentaron una orina con menor concentración de nitrógeno, en comparación a la orina de los corderos que pastorearon la pradera 50 % trébol blanco, mientras que los corderos de las otras dos praderas mostraron valores intermedios y no diferentes entre ellos ni a los valores extremos. Si bien, la menor concentración de nitrógeno en la orina de los corderos que pastorearon ovillo sin

fertilización nitrogenada, podría asociarse a la menor concentración de nitrógeno en el forraje producido por esta pradera hacia el final del periodo experimental (ciclo 4° de pastoreo; Cuadro 18), este no sería el caso de los corderos en la pradera 25 % trébol blanco, que también presentaron menor contenido de nitrógeno en orina, aun cuando el forraje ofrecido mostró concentraciones de nitrógeno similares a las otras praderas con trébol blanco y aun superiores en algunos momentos a las encontradas en el forraje ofrecido de la pradera de ovinillo con fertilización nitrogenada (Cuadro 18), y con un aporte del trébol blanco a la dieta de los corderos similar al encontrado en los corderos en la pradera 50 % trébol blanco (Cuadro 15). Así esta diferencia en la concentración de nitrógeno en orina es difícil explicarla con base a la composición botánica de las praderas o su manejo agronómico, y sea más reflejo de variabilidad en los datos u otro factor asociado con la conducta de los corderos al momento de tomar la muestra de orina.

Cuadro 21. Concentración y cantidad de nitrógeno en la orina de corderos pastoreando praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco, en primavera.

Atributo		Densidad de trébol blanco (%)				
		0		25	50	75
		Sin N [†]	Con N [†]			
Contenido de nitrógeno (%)		1.4 b*	1.7 ab	1.5 b	2.1 a	1.8 ab
Cantidad de orina (ml cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	346	313	382	318	406
	Encierro	482	615	502	616	495
	Total diario	828	928	884	935	901
Cantidad de N excretado en orina (g cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	4.9	5.5	5.6	7.4	7.3
	Encierro	6.9 b	10.7 ab	7.8 ab	13.3 a	8.2 ab
	Total diario	11.8	16.2	13.4	20.7	15.5

[†] Sin N= ovinillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovinillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. Fertilización nitrogenada acumulada de 150 kg N ha⁻¹

* Medias dentro de atributo en igual hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

La menor concentración de nitrógeno en la orina de los corderos pastoreando la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada, se asoció con encontrar una menor cantidad de nitrógeno excretado cuando los corderos se encontraron en encierro en comparación a los que pastorearon la pradera 50 % trébol blanco. Además estas diferencias, en concentración y cantidad de nitrógeno, no provocaron que se pudiera detectar alguna diferencia en la cantidad al día de nitrógeno excretado vía orina por cordero, aun cuando numéricamente se encontró una mayor variación entre los valores en el pastoreo de primavera con respecto al pastoreo de otoño. La concentración y cantidad de nitrógeno en orina resultaron características con alta variabilidad por lo que quizás el número de repeticiones no fue el suficiente.

Las concentraciones de nitrógeno en orina obtenidas en ambos periodos de pastoreo (Cuadros 20 y 21) están dentro de los niveles normales de nitrógeno ureico para rumiantes, que varían de 1 a 3 % y la producción de orina varía de 10 a 40 ml kg PV⁻¹ día⁻¹ (Merck, 2000).

La concentración de nitrógeno en orina está en función de la calidad proteica de la dieta Merck (2000), por lo que la similitud en las concentraciones de nitrógeno en orina entre los tratamientos, obtenidas en otoño, refleja la similitud en concentración y cantidad de nitrógeno en el forraje encontradas en el presente estudio (Cuadros 16 y 17). Pero además, la alta suplementación con maíz (240 g cordero⁻¹ día⁻¹) pudo disminuir la pérdida de nitrógeno ruminal (Karnezos *et al.*, 1994). Dellow *et al.* (1988, citados por Karnezos *et al.*, 1994) demostraron que la infusión intraruminal de carbohidratos fermentables incrementa la eficiencia de utilización de la proteína de alfalfa en ovinos y sugiere que los granos

pueden ser utilizados para incrementar la utilización de la urea del rumen y la síntesis de proteína, con lo que se disminuye la pérdida de nitrógeno en orina.

4.7. Contenido de nitrógeno en heces

No hubo variación ($P>0.05$) en la concentración de nitrógeno en heces, cantidad de heces excretadas, ni en la cantidad de nitrógeno excretado en heces por efecto de los tratamientos en el pastoreo de otoño (Cuadro 22). En promedio durante el pastoreo de otoño cada cordero excreto 267 g de heces día⁻¹ y en ellas un total de 6.8 g de nitrógeno día⁻¹, lo que representó aproximadamente 40 % del nitrógeno excretado vía orina por estos mismos corderos, confirmando lo indicado por Frame y Paterson (1987), de que es la orina la principal vía de excreción del nitrógeno.

Cuadro 22. Concentración y cantidad de nitrógeno en heces de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en otoño.

Atributo		Densidad de trébol blanco (%)				
		0		25	50	75
		Sin N [†]	Con N [†]			
Contenido de nitrógeno (%)		2.6 *	3.0	2.9	2.6	2.7
Cantidad de heces (g MS cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	139	120	98	101	118
	Encierro	145	138	119	132	144
	Total diario	284	258	217	233	262
Cantidad de N excretado en heces (g cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	3.6	3.6	2.8	2.6	3.2
	Encierro	3.8	4.1	3.4	3.4	3.8
	Total diario	7.4	7.7	6.2	6.0	7.0

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. Fertilización nitrogenada acumulada de 50 kg N ha⁻¹

* Sin efecto ($P>0.05$) de tratamiento en ninguno de los atributos

Para el pastoreo de primavera la concentración y cantidad de nitrógeno excretado en heces no varió ($P>0.05$) entre tratamientos. Los corderos que pastorearon la pradera de ovillo sin fertilización nitrogenada o la pradera 25 % trébol blanco presentaron una menor cantidad de heces excretadas en comparación a los corderos de la pradera de ovillo con fertilización nitrogenada. Sin embargo, la magnitud de la diferencia no fue tal como para originar diferencia entre los corderos en las diferentes praderas en la cantidad diaria excretada de nitrógeno en heces (Cuadro 23).

Cuadro 23. Concentración y cantidad de nitrógeno en heces de corderos pastoreando praderas de ovillo con diferente densidad de trébol blanco, en primavera.

Atributo		Densidad de trébol blanco (%)				
		0		25	50	75
		Sin N [†]	Con N [†]			
Contenido de nitrógeno (%)		2.3	2.4	2.5	2.6	2.6
Cantidad de heces (g MS cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	90	115	92	94	106
	Encierro	118	148	117	123	124
	Total diario	208 b*	263 a	209 b	217 ab	230 ab
Cantidad de N excretado en heces (g cordero ⁻¹ día ⁻¹)	Pastoreo	2.1	2.7	2.3	2.8	2.8
	Encierro	2.7	3.5	2.9	3.2	3.3
	Total diario	4.8	6.2	5.2	6.0	6.1

[†] Sin N= ovillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. Fertilización nitrogenada acumulada de 150 kg N ha⁻¹

* Medias dentro de atributo en igual hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

Las concentraciones de nitrógeno en heces obtenidas en el presente estudio fueron ligeramente mayores a la propuesta por Whitehead (1995), de 2.33 %, cuando pastorean praderas de trébol blanco-gramínea.

En promedio los corderos, en el presente estudio, produjeron 220 g de heces día⁻¹, este valor es un tanto inferior al intervalo de 300 a 600 g heces día⁻¹ registrado por Holmes (1989; citado por Whitehead, 1995). Pero la cantidad de nitrógeno excretado en heces está dentro del intervalo que reportan Parson *et al.* (1991; citados por Whitehead 1995) que va de 5 a 7 g N cordero⁻¹ día⁻¹.

4.8. Contenido de nitrógeno en suelo

El contenido de nitrógeno orgánico e inorgánico en el suelo no varió ($P>0.05$) entre tratamientos ni por la interacción tratamiento-fecha de medición pero si cambiaron ($P<0.05$) por fecha de medición. El nitrógeno orgánico disminuyó ($P<0.05$) del 1° de octubre al 13 de enero, de 1319 a 1144 mg N kg⁻¹ suelo; y aumentó ($P<0.05$) del 13 de enero al 16 de mayo, de 1144 a 1399 mg N kg⁻¹ suelo. El nitrógeno inorgánico no varió ($P>0.05$) del 1° de octubre al 13 de enero, pero si disminuyó ($P<0.05$) del 13 de enero al 16 de mayo, de 38.6 a 20.6 mg N kg⁻¹ suelo (Cuadro 24).

El contenido de nitrógeno en el suelo no reflejó los cambios que se presentaron en otros atributos de la pradera, por efecto del tratamiento. Pero sí se observaron cambios a través del tiempo. La disminución que tuvo el nitrógeno orgánico del 1° de octubre del 2001 al 13 de enero del 2002 tal vez se debió a la ausencia de corderos en pastoreo, ya que hubo un periodo de descanso durante esta etapa invernal, lo cual no permitió que se diera el ciclaje de material orgánico vía cordero. Lo cual se confirma al tener un incremento en el contenido de nitrógeno orgánico, del 13 de enero del 2002 al 16 de mayo del 2002, periodo en el cual se realizó el pastoreo de primavera.

Cuadro 24. Contenido de nitrógeno orgánico e inorgánico (mg N kg⁻¹ suelo) en suelo de praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco, en tres fechas distintas.

Nitrógeno	Fecha	Densidad de trébol blanco (%)					Promedio
		0		25	50	75	
		Sin N†	Con N†				
Orgánico	1/10/01	1368 *	1367	1299	1301	1261	1319 a†
	13/01/02	1086	1249	1111	1111	1163	1144 b
	16/05/02	1297	1416	1378	1448	1457	1399 a
	Promedio	1250	1344	1263	1287	1294	
Inorgánico	1/10/01	31.9	33.1	34.6	25.2	38.6	32.7 a
	13/01/02	28.7	44.3	42.6	35.5	37.1	38.6 a
	16/05/02	18.7	19.0	25.6	16.9	22.9	20.6 b
	Promedio	26.4	32.1	34.3	25.9	32.9	

[†] Sin N= ovinillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovinillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. Fertilización nitrogenada acumulada de 100 kg N ha⁻¹ al 13 enero y 150 kg N ha⁻¹ al 16 de mayo del 2002

* Sin efecto (P>0.05) de la interacción tratamiento y fecha de medición

[‡] Medias dentro de atributo en igual columna o hilera seguidas por al menos una literal en común o sin literal alguna no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

El contenido de nitrógeno inorgánico en el suelo no mostró variación del 1° de octubre del 2001 al 13 de enero del 2002, esto debido, tal vez, a que las condiciones climáticas invernales retardaron el proceso de mineralización de la materia orgánica en descomposición. Por el contrario, el contenido de nitrógeno inorgánico en el suelo, disminuyó del 13 de enero al 16 de mayo del 2002, que coincide con los mayores rendimientos de masa de forraje ofrecido (Cuadro 9) debido a las condiciones climáticas favorables en primavera. Por lo tanto, estas mayores masas de forraje demandaron una mayor utilización de nitrógeno inorgánico del suelo. Al respecto Whitehead (1995) menciona que la cantidad de nitrógeno que retorna al suelo por la descomposición de hojas

y tallos varía ampliamente dependiendo de las condiciones climáticas y manejo de la pradera (corte o pastoreo, con o sin fertilización nitrogenada).

4.9. Contenido de nitrógeno en raíces

La concentración de nitrógeno en raíces, solamente varió ($P<0.05$) entre tratamientos, y la cantidad de raíces fue influida ($P<0.05$) únicamente por la fecha de medición. Sin embargo, ninguno de estos efectos implicó diferencia ($P>0.05$) en la cantidad de nitrógeno contenido en raíces entre los factores evaluados (Cuadro 25).

Cuadro 25. Concentración y cantidad de nitrógeno en raíces de praderas de ovinillo con diferente densidad de trébol blanco, en dos momentos de medición.

Atributo	Fecha	Densidad de trébol blanco (%)						Promedio
		0		25	50	75		
		Sin N [†]	Con N [†]					
Contenido de nitrógeno (%)	26/12/01	0.83 *	0.92	1.17	1.22	1.31	1.09	
	17/05/02	0.45	0.95	1.40	1.35	1.35	1.12	
	Promedio	0.64 b [‡]	0.93 ab	1.28 a	1.28 a	1.33 a		
Cantidad de raíces (kg MS m ⁻³ suelo)	26/12/01	6.4	9.9	8.4	9.8	6.9	8.3 b	
	17/05/02	7.6	10.2	9.9	10.4	8.7	9.4 a	
	Promedio	7.0	10.0	9.1	10.1	7.8		
Cantidad de N en raíces (g m ⁻³ suelo)	26/12/01	53.1	91.1	98.3	119.6	90.4	90.6	
	17/05/02	34.2	96.9	138.6	140.4	117.4	105.5	
	Promedio	43.6	94.0	118.4	130.0	103.9		

[†] Sin N= ovinillo sin fertilización nitrogenada; Con N= ovinillo con 50 kg N ha⁻¹ luego de cada pastoreo. Fertilización nitrogenada acumulada de 50 kg N ha⁻¹ al 26 de diciembre del 2001 y 150 kg N ha⁻¹ al 17 de mayo del 2002

* Sin efecto ($P>0.05$) de la interacción tratamiento y fecha de medición

[‡] Medias dentro de atributo en columna e hilera sin literal o seguida con al menos una literal en común no son diferentes entre sí ($\alpha=0.05$; Tukey)

La concentración de nitrógeno en raíces fue mayor en las praderas con trébol blanco (promedio de 1.3 % de N), la pradera de ovinillo con fertilización nitrogenada mostró un valor intermedio (0.93 % de N) y la de ovinillo sin fertilización nitrogenada de menor contenido (0.64 % N). La mayor concentración de nitrógeno en las raíces obtenidas de las praderas con trébol blanco puede considerarse como indicio indirecto de que el trébol blanco pudo establecer una simbiosis con el *Rhizobium* nativo para fijar nitrógeno atmosférico. Pero la mayor concentración de nitrógeno en raíces no se manifestó en un mayor contenido de nitrógeno en el suelo (Cuadro 24) lo que podría explicarse con base a que la mayor transferencia de nitrógeno del trébol blanco hacia el sistema pradera es por descomposición del material vegetativo muerto (Hogh- Jensen y Schjoerring, 1997), que es un proceso lento (Mallarino *et al.*, 1990), por lo que el tiempo de duración del estudio no permitió evidenciar dicha transferencia.

La cantidad de raíces aumentó del 26 de diciembre del 2001 al 17 de mayo del 2002, esto por que las condiciones climáticas favorables de la primavera, tal vez, permitieron la formación y dispersión de nuevas raíces tanto al trébol blanco como al ovinillo.

Los resultados obtenidos son menores a los reportados por Whitehead (1995), que fueron de 1.8 % de nitrógeno en raíces de praderas de trébol blanco-raigras perenne y de 1.2 % en raíces de praderas raigras perenne con 300 kg N ha⁻¹ año⁻¹, ambos en condiciones de pastoreo.

5. CONCLUSIONES

La inclusión de trébol blanco de 25 a 75 % de los individuos al momento de la siembra mejoró atributos agronómicos de la pradera como masa de forraje presente y concentración de nitrógeno en el forraje, en comparación a una pradera únicamente compuesta por ovillo sin fertilización nitrogenada, pero no pudo superar a la de ovillo con fertilización nitrogenada, excepto por el contenido de nitrógeno en raíz, en donde las praderas que contenían trébol blanco fueron superiores.

Si bien incrementar la proporción de individuos de trébol blanco a la siembra permitió una mayor masa de trébol blanco en la pradera, esto no implicó que el aporte de trébol blanco a la dieta seleccionada por los corderos fuera también mayor. En forma general el aporte de trébol blanco se mantuvo entre 30 y 40 % de la dieta, independientemente de la densidad de trébol blanco a la siembra.

Los impactos positivos de la inclusión de trébol blanco se evidenciaron fundamentalmente en la primavera siguiente a la siembra de la pradera, que fue en la primavera anterior, lo que permite suponer que estos impactos positivos sólo se harán evidentes una vez que el trébol blanco esta bien establecido y haya desarrollado un vigoroso proceso de fijación de nitrógeno y la estrategia de cosecha permita la transferencia del nitrógeno fijado del trébol blanco a la gramínea.

La inclusión de trébol blanco a densidades superiores al 50 % del total de individuos a la siembra en praderas de ovillo no implicó mejoría en los atributos agronómicos medidos.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. N. y Hernández, V. S. 1997. Comportamiento de una pradera de zacate ovinillo (*Dactylis glomerata*) y de ovinos en pastoreo a tres cargas animal. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 84 pp.
- Améndola, M. R. D., García, A. C. y Juárez, R. J. 1999. Grass-legume mixtures under grazing. XVIII International Grassland Congress. Toronto, Canadá. Volumen 1. 22: 121-122.
- Badoux, S. 1993. Utilisation of tall fescue in pure stand, in association with white clover and in complex mixtures. Proceedings of the XVII International Grassland Congress. 1993: 895-897.
- Baker, M. J. y Williams, W. M. 1989. White clover. C.A.B. International. 1ª edición. New Zeland. Pp 214-230.
- Beuselinck, P. R., Bouton, J. H., Lamp, W. O., Matches, A. G., McCaslin, M. H., Nelson, C. J., Rhodes, L. H., Sheaffer, C. C. y Volenec, J. J. 1994. Improving Legume Persistence in Forage Crop Systems. Journal of Production Agriculture. Vol. 7. No. 3: 287-320.

- Boller, B. C. y Nosberger, J. 1987. Symbiotically fixed nitrogen from field- grown white and red clover mixed whit ryegrasses at low levels of ^{15}N fertilization. Plant and Soil. 104: 219- 226.
- Brill, W.J. 1977. Fijación Biológica de Nitrógeno. Investigación y Ciencia No. 8. (Edición en español de Scientific American). 12 pp.
- Broughton, W. J. 1981. Nitrogen Fixation. Volumen 1: Ecology. Oxford University Press. 305 pp.
- Cachón, A. L. E., Nery, G. H . y Cuanalo, de la C. H. 1976. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Rama de suelos, C. P. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo, México. 190 pp.
- Carambula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Montevideo, Uruguay. 464 pp.
- Coyne, M. 2000. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. 1ª Edición. Ed. Paraninfo. España. 415 pp.
- Cooper, M. McG. y Morris, W. D. 1986. Agricultura forrajera. Ed. El Ateneo. Argentina. 196 pp.

Curll, M. L. y Wilkins, R. J. 1982. Frequency and severity of defoliation of grass and clover by sheep at different stocking rates. *Grass and Forage Science*. 37: 291-297.

Date, A. R. 1991. Nodulation success y persistence of recommended inoculum strains for subtropical and tropical forage legumes in Northern Australia. *Soil Biol. Biochem.* 1991. 23: 533-541

Deinum, B. y Sibma, L. 1980. Nitrate content of herbage in relation to nitrogen fertilization and management. *Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation on: The role of nitrogen in intensive grassland production.* Netherlands. p.95-102.

Dorantes J. J. 1997. Evaluación de la inclusión de diferentes leguminosas en la asociación avena-ballico bajo pastoreo en invierno. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 73 pp.

Durán V. J. A. 1994. Respuesta de las gramíneas forrajeras tropicales a la fertilización nitrogenada en México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 148 pp.

Dutto, P., Labandera, C., Milián, A., Risso D. y Formoso, F. 1999. Efecto del número de rizobios por semilla en la producción de materia seca del trébol blanco. Uruguay.
<http://fp.chasque.apc.org:8081/microlab/LMSCI/rhizosp.htm>

- Ferrer C. R., Petit M. y D'hour P. 1995. The effect of sward height on grazing behaviour and herbage intake of three sizes of Charolais cattle grazing cocksfoot (*Dactylis glomerata*) swards. *Animal Science*. 61: 511-518.
- FIRA. 1986. Instructivos Técnicos de Apoyo para la Formulación de Proyectos de Financiamiento y Asistencia Técnica. Serie Ganadería. Forrajes. México. 256 pp.
- Flores, C. V. y Cruz, J. J. 1998. Evaluación del muestreo manual para estimar la composición de la dieta de novillos en pastoreo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 77 pp.
- Flores, M. J. A. 1994. Bromatología Animal. 7ª edición. Ed. Limusa. México, D.F. 1096 pp.
- Frame J. 1990. The role of red clover in the United Kingdom pastures. *Outlook on Agriculture*, 19: 49-55.
- Frame, J. y Paterson, D. J. 1987. The effect of strategic application and defoliation systems on the productivity of a perennial ryegrass-white clover sward. *Grass and Forage Science*. 42: 271-278.
- García, A. C. y Juárez, R. J. 1994. Evaluación bajo pastoreo de diferentes asociaciones de gramínea-leguminosa en Chapingo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 89 pp.

García, E. 1988. modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. D.F. México. 217 pp.

Hernández, G. A. 1986. Determinación de la calidad de la materia seca en 27 asociaciones en gramíneas y leguminosas forrajeras de clima templado en su primer año de cultivo. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 pp.

Hog- Jensen, H. y Schjoerring, J.K. 1997. Interactions between white clover and ryegrass under contrasting nitrogen availability: N₂ fixation, N fertilizer recovery , N transfer and water use efficiency. Plant and Soil, 197: 187-199.

Hollowell, E. A. 1984. Tréboles blancos y Ladino. En Hughes, H. D., Heath E. M. y Mectalfe S. D. 1984. Forraje. Ed. CECSA. México, D.F. 758 pp.

Hughes D. H., Heath E. M. y Mectalfe S. D. 1981. Forrajes. Traducción por J. L. De la Loma. Ed. CECSA. México, D.F. 758 pp.

Jiménez, M. A. 1983. Curva de producción de 27 asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima templado. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 60 pp.

- Jiménez, M. A. y Avendaño, M. C. 1988. Producción de forrajes. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 326 pp.
- Juscafresa, B. 1983. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2ª Ed. Editorial Aedos. Barcelona, España. 203 pp.
- Karnezos, T. P., Matches, A. G., Preston, R. L. y Brown, C. P. 1994. Corn Supplementation of Lambs Grazing Alfalfa. *J. Anim. Sci.* 1994. 72: 783-789.
- Langer, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Traducido por Ing. Agr. Patricia L. Elizondo. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 515 pp.
- Ledgard, S.F. 1991. Transfer of fixed nitrogen from white clover to associated grasses in swards grazed by dairy cows estimated using ^{15}N methods. *Plant and Soil*, 131: 215-223.
- Lemaire, G. y Salette, J. 1982. The effects of temperature and fertilizer nitrogen on the spring growth of tall fescue and cocksfoot. *Grass and Forage Science*. 1982. 37: 191-198.
- Mallarino, A.P., Wedin W.F., Perdomo C.H., Goyenola R.S. y West C.P. 1990. Nitrogen transfer from white clover, red clover and birdsfoot trefoil to associated grass. *Agronomy Journal*, 82: 790-795.

- Marín, S. O. 1997. Evaluación de variedades Neozelandesas de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en Chapingo, México. Tesis Maestro en Ciencias. Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 60 pp.
- Marschner, H. 1997. Mineral nutrition of higher plants. Edit. Academic Press. San Diego, U.S.A. 889 pp.
- McIlroy, R. J. 1984. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. 3ª edición. Limusa. México. Pp 34-86.
- Merck, CO. INC. 2000. El manual Merck de veterinaria. 5ª Edición. Océano Grupo Editorial, S. A. Barcelona, España. 2558 pp.
- Milne, J. A., Hodgson, J., Thompson, R., Souter, W. G. y Barthram, G. T. 1982. The diet ingested by sheep grazing swards differing in white clover and perennial ryegrass content. Grass and Forage Science. 37: 209-218
- Muslera, P. E. y Ratera, G. C. 1991. Praderas y forrajes; producción y aprovechamiento. Ed. Mundi-prensa. 2a. ed. Madrid, España. 673 pp.
- Peralta, M.J.E. y Valdemar, A.R.M. 1997. Cambios de peso en borregos pastoreando ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y expuestos a diferentes niveles de suplementación. Tesis

- profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 66 pp.
- Ramírez, F. M. J., Reyes, R. D. S. y Riquelme, L. C. 1992. Determinación de la composición botánica de la dieta de ovinos en pastoreo en un bosque de pino, Zoquiapan México. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 pp.
- Ramírez, L. M. 1973. El trébol Ladino, una buena leguminosa para praderas. Dirección General de Extensión Agrícola. Chapingo, México. Tríptico.
- Román, De la C. J. F. y Zúñiga, R. C. 1996. Evaluación de variedades Neocelandesas de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en su etapa de establecimiento en Chapingo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 133 pp
- Sapek, A. 1997. Nitrogen Balances in Permanent Grassland. Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands. Eds. S.C. Jarvis and B.F. Pain. Institute of Grassland and Environmental Research. CAB International. North Wyke, Okehampton, U.K. Pp 391-396
- Swift, G., Morrison, M. W., Cleland, A. T., Smith-Taylor, C. A. B. y Dicksson, J. M. 1992. Comparison of white clover varieties under cutting and grazing. Grass and Forage Science. 47: 8-13

- Soto, L., Laredo, C. M. A. y Alarcón, M. E. 1980. Digestibility and intake of kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst) with low fertilizer nitrogen by sheep. Rev. del Inst. Colombiano Agrop. 1980, 15: 2, 79-90. Animal Feed Resources Information System.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª Edición. Ed. Mc Graw Hill. México. 622 pp.
- Sumasegaran, P. y Hoben, H.J. 1985. Methods in Legume-*Rhizobium* Technology. University of Hawaii NIFTAL. 367 pp.
- Tahtacioglu, A. L., Mermer, A. y Avey, M. 1999. Monitoring productivity and quality of grass-legume pastures under irrigated condition. XVIII International Grassland Congress. Toronto, Canada. Volumen 1. 57: 57-58.
- Taylor, T. H., Washko, J. B. y Blaser, R. E. 1960. Dry matter yield and botanical composition of an Orchardgrass-Ladino White Clover mixture under clipping and grazing conditions. Agronomy journal. 52 (4):217-220
- Whitehead, D. C. 1995. Grassland Nitrogen. CAB International. Hurley, U.K. 397 pp.

