

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia

Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa
asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y ovinillo

TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

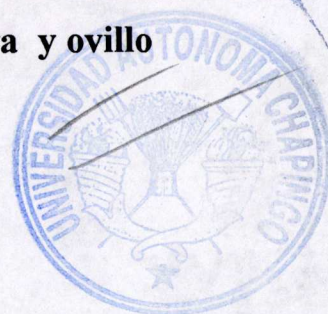
PRESENTA:

JOSÉ LUIS CAMACHO GARCÍA



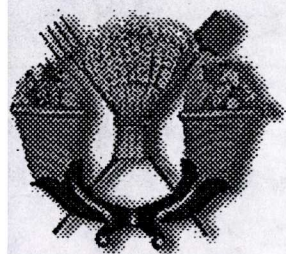
Diciembre de 2001

Chapingo, Estado de México.



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. C. BIB 96791



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y ovinillo

Tesis realizada por José Luis Camacho García bajo la dirección del comité asesor indicado,
aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de :

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR _____

Ph. D. José Guadalupe García Muñiz

ASESOR _____

Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR _____

Dr. Luis Alberto Miranda Romero

39144

**Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa
asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y ovinillo**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de José Luis Camacho García autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

PRESIDENTE _____

Ph. D. José Guadalupe García Muñiz

ASESOR _____

Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR _____

Dr. Luis Alberto Miranda Romero

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Por permitirme vivir y cumplir una de mis mayores anhelos, el conocimiento.

A mi *alma mater* la Universidad Autónoma Chapingo por permitirme seguir con mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para la culminación de mis estudios de posgrado.

Al Departamento de Zootecnia por recibirme en su recinto.

Al Ph D. José Guadalupe García Muñiz por su constante apoyo, dedicación, paciencia y acertada dirección de esta tesis.

Al Ph D. Pedro Arturo Martínez Hernández por sus acertados comentarios y sugerencias.

Al Dr. Luis Alberto Miranda Romero por su desinteresado apoyo en la realización de este trabajo.

Al laboratorio de Nutrición de Rumiantes, en especial al Sr. Indalecio, por su apoyo en los análisis de laboratorio.

Sinceramente

JOSÉ LUIS

DEDICATORIA

A mis padres José Luis y Amelia, que siempre han confiado en mis nuevos retos para mejorarme como persona. Se los dedico con mucho cariño.

A mis hermanos Magali y Carlos Alberto, con quienes he convivido bellos momentos en la vida, gracias.

A mi novia Viviana, quién ha estado a mi lado aconsejándome, creyendo en mi como persona y como profesionista.

A mis amigos, Edgar, Román, Carlos, Cuauhtemoc, Miguel, Gordillo, Frank, Misael (El pelón), Salvador con quienes he compartido cosas buenas y malas durante mi estancia en esta Universidad.

A todos mis compañeros del Posgrado por compartir conmigo una feliz estancia en las aulas.

Sinceramente

JOSÉ LUIS

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales:

Nombre: José Luis Camacho García

Lugar de Origen: Cintalapa de Figueroa, Chiapas

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

Formación académica:

Escuela Secundaria Doctor Rodolfo Figueroa. Cintalapa, Chiapas (1988-1991)

Documento obtenido: Certificado de estudios de Secundaria

Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario # 24. Cintalapa, Chiapas (1991-1994)

Documento obtenido: Técnico Agropecuario.

Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México
(1994-1999)

Documento obtenido: Título profesional.

ÍNDICE

CONTENIDO

PÁGINA

CAPITULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
CAPITULO 2.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Ventajas de las asociaciones gramínea-leguminosa	5
2.2 Nodulación	6
2.2.1 Consideraciones generales.....	6
2.2.2 Relación planta- <i>Rhizobium</i>	6
2.2.3 Examen visual de la eficiencia de los nódulos	7
2.3 Estacionalidad en la producción de forraje de praderas de alfalfa	7
2.4 Factores que afectan la acumulación de materia seca en alfalfa	9
2.5 Altura de la planta.....	10
2.6 Composición botánica.....	10
2.7 Composición morfológica	10
2.7.1 Relación hoja:tallo	10
2.7.2 Fenotipos trifoliados contra multifoliados.....	11
2.8 Valor nutritivo de las asociaciones gramínea-leguminosa.....	12
2.8.1 Proteína.....	12
2.8.2 Fibra detergente ácido (FDA)	13
2.8.3 Fibra detergente neutro (FDN)	14
2.8.4 Digestibilidad de la materia seca del forraje.....	15
2.8.5 Relación entre los predictores de la calidad de los forrajes.....	15
2.9 Factores que afectan la persistencia de la pradera.....	16
REFERENCIAS	17
CAPITULO 3.....	21
Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovido ..	22

Índice de Cuadros.

CONTENIDO

PÀGINA

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda por corte y promedio anual de las variedades CUF-101 y Moapa en su segundo año de cultivo en la localidad de San Mateo, Tepetitlan, Hidalgo.....	13
Cuadro 2. Contenido óptimo de FDN en las dietas para vacas lecheras	15
Cuadro 3. Cantidad de semilla comercial y semilla pura viable utilizada en la siembra para el establecimiento de las praderas experimentales	30
Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para número de nódulos por planta de alfalfa, tallos por corona de alfalfa, número de plantas totales germinadas por m ² y porcentaje de gramíneas, leguminosas y otras plantas germinadas en cada asociación de la mezcla de pastos con las variedades de alfalfa	41
Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para composición botánica de las praderas conteniendo las diferentes variedades de alfalfa en la asociación con la mezcla de pastos.....	43
Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para relación hoja:tallo de las cuatro variedades de alfalfa.....	46
Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para contenido de materia seca del forraje y rendimiento de materia seca por hectárea por corte para cada una de las asociaciones de las variedades de alfalfa con la mezcla de pastos.....	47
Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para contenido de PC, FDA, FDN del forraje de las asociaciones conteniendo cada una de las variedades de alfalfa en cada una de las estaciones del año ¹	52
Cuadro 9. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para contenido de PC, FDA, FDN y DMS en plantas de alfalfa ¹	54
Cuadro 10. Comparación de la cantidad de semilla utilizada en las siembra de las asociaciones y el número de plantas por m ²	55
Cuadro 11. Producción de materia seca por corte o por año reportada por diferentes autores para diferentes variedades de alfalfa.....	60

Índice de Figuras.

CONTENIDO

PÀGINA

- Figura 1. Producción de materia seca por hectárea por corte de las variedades Cuf-101 (---●---) y Moapa (—○—) en Bermejillo, Durango, México (Fuente: Elaborado con datos de Moreno y Molina, 1994). 8
- Figura 2 Régimen de temperatura (-----) y precipitación (—) durante el periodo experimental (enero 2000 a febrero 2002), según datos de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo.29
- Figura 3 Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para altura de la pradera de las distintas asociaciones de alfalfa con pasto, en las distintas estaciones del año.....42
- Figura 4 Participación porcentual de los diferentes componentes de la pradera en las distintas estaciones del año (alfalfa:---■---, maleza:—○—, gramínea:—△—, material muerto:—◆—).44
- Figura 5. Producción de materia seca por hectárea por corte en cada una de las estaciones del año para las variedades de alfalfa Cuf-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito, asociadas con trébol blanco y una mezcla de pastos a base de ballico perenne (*Lolium perenne* var.49
- Figura 6 Rendimiento total (kg de MS/ha/año) de cada una de las asociaciones conteniendo las variedades de alfalfa Cuf-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito, asociadas con trébol blanco y la misma mezcla de pastos a base de ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* var Baraula) y festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel).50
- Figura 7 Altura promedio obtenidas en cada estación del año para asociaciones alfalfa-pasto en el presente estudio (---□---) y en Tepetitlán.....57
- Figura 8. . Proporción de hoja y tallo en mezclas de alfalfa y pasto en el presente trabajo (tallo:---■---; hoja: ---□---) y en el de Álvarez y López, 1992 (tallo: —●—; hoja: —○—) —●—).58

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la mayor producción de leche se obtiene en las zonas templada y semiárida del país, y depende en gran medida del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) como principal fuente de forraje (SAGAR, 2000). El sistema radicular profundo de esta especie forrajera, la cual le permite explorar capas profundas del subsuelo en busca de agua y nutrientes, y su alto contenido de proteína cruda y minerales como calcio y magnesio, hacen de la alfalfa un alimento excepcional para la alimentación del ganado lechero. En estas regiones del país, con sistemas especializados de producción de leche en confinamiento total, la alfalfa se maneja en la mayoría de los casos como cultivo monófito y para corte. Con excepción de los sistemas de producción de leche que utilizan el pastoreo en estas regiones, es muy raro encontrar cultivos de alfalfa que se siembren en asociación con pastos mejorados.

La utilización de praderas asociadas gramíneas-leguminosas se justifica por las ventajas que se obtienen al lograrse un establecimiento rápido, una mejor distribución estacional de la producción de forrajes y un mayor valor nutritivo de la dieta. De igual importancia es la economía que se logra por el menor uso de fertilizantes nitrogenados al aprovechar la fijación simbiótica de nitrógeno que realizan las leguminosas con la bacteria *Rhizobium* (McIlroy, 1976; Silva, 1980).

Sin embargo, para lograr una buena asociación de alfalfa con pastos mejorados deberán tenerse en cuenta factores como: i) utilizar plantas que estén bien adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del terreno, ii) seleccionar especies y cultivares de leguminosas y gramíneas compatibles, y iii) poner en la mezcla una mayor proporción de semilla de leguminosa que de gramínea (Gutiérrez, 1996). También se debe tomar en cuenta que las especies que se van a asociar tengan hábitos de crecimiento y maduración similar, ya que de no ser así sería más difícil encontrar el momento óptimo de cosecha en donde las especies que componen la pradera alcancen su mayor calidad y producción (Duthil, 1989).

El sistema de producción de leche en pastoreo en la zona templada de nuestro país gana cada día más adeptos, como lo demuestran los recientes desarrollos lecheros en los estados de Guanajuato, Estado de México, Puebla e Hidalgo (FIRA, 1994). Este sistema requiere para su implementación el establecimiento de praderas de alfalfa mezcladas con pastos mejorados como ryegrass perenne (*Lolium perenne*), pasto ovinillo (*Dactylis glomerata*) y las nuevas variedades de festuca alta (*Festuca arundinaceae*) libre de endofito. Este nuevo escenario de producción requiere de investigación enfocada a evaluar la producción y la calidad de las praderas asociadas de gramíneas y leguminosas con el propósito de encontrar una alternativa de producción de forraje de buena calidad durante todo el año.

CAPITULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ventajas de las asociaciones gramínea-leguminosa

Cuando las leguminosas crecen en asociación con pastos mejorados proporcionan una masa de forraje de mejor calidad que cuando ambos crecen por separado en monocultivo. Cuando se incluyen leguminosas en una pradera de gramíneas se obtiene un incremento en la producción de MS, mayor calidad y una mejor distribución de la producción de materia seca a través del año (Sleugh *et al.*, 2000). Del mismo modo, cuando se siembra una asociación de leguminosa-gramínea se tiene un 100% más de producción que cuando se siembra un monocultivo de gramínea. Sleugh *et al.* (2000) también encontraron que la asociación gramínea-leguminosa mejoró la producción acumulada de MS, y esta observación fue más significativa cuando la asociación fue alfalfa con cualquiera de las gramíneas que ellos manejaron, que en este caso fueron Smooth bromeagrass, Intermediate wheatgrass y Ovillo (*Dactylis glomerata*).

Los resultados del trabajo de Sleugh *et al.* (2000) sugieren que la inclusión de leguminosas con pastos puede mejorar el contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, además de producir una mejor distribución de la oferta de forraje a través del año. Además, al mejorar el contenido de proteína cruda en las asociaciones gramínea-leguminosa se reduce la cantidad de suplementos alimenticios de origen proteico que el ganado requiere, debido a que se tiene un forraje de más alta calidad distribuido en todo el año.

2.2 Nodulación

2.2.1 Consideraciones generales

El aire contiene 80% de nitrógeno en forma molecular (N_2) y las plantas leguminosas pueden reducirlo a NH_3 indirectamente y asimilarlo a través de la asociación que realiza con bacterias del género *Rhizobium*. Este microorganismo puede vivir en la raíz de la leguminosa formando nódulos. Los *Rhizobium* captan el nitrógeno atmosférico disuelto en el suelo (Hanson *et al.*, 1988; Ball *et al.*, 1991). Parte del nitrógeno fijado está disponible para las plantas, con lo que se minimiza la demanda de fertilizante nitrogenado o bien omitirlo (Pinkerton y Skipper, 1992).

2.2.2 Relación planta-*Rhizobium*

La mayoría de las leguminosas forman una simbiosis mutualista con bacterias del género *Rhizobium*, en donde la planta provee energía a la bacteria en forma de carbohidratos (carbohidratos) y la bacteria le proporciona a la planta nitrógeno en forma aprovechable (NH_3) (Lamar, 1998).

Los *Rhizobium* son bacterias del suelo que se caracterizan por su habilidad para infectar los pelos radicales de las leguminosas e inducir la nodulación en las raíces. La mayoría de las leguminosas son “huespedes específicos”; es decir, que sólo pueden ser nodulados por algunas cepas de *Rhizobium*. A su vez, existen cepas de *Rhizobium* que producen nodulación, pero que difieren en la cantidad de nitrógeno fijado (Caddel *et al.*, 1990).

En los suelos de México existen cepas naturales de *Rhizobium* (cepas nativas) pero a menudo fallan en producir una nodulación efectiva y, 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).

2.2.3 Examen visual de la eficiencia de los nódulos

El examen visual de los nódulos debe hacerse luego de las cuatro semanas posteriores a la emergencia de las plantas. Los nódulos varían ampliamente en forma, tamaño, color, turgencia y distribución. Estas características reflejan el tipo de asociación *Rhizobium*-leguminosa y su eficiencia en la fijación de nitrógeno. Los nódulos efectivos son generalmente grandes y firmes y predominantemente se agrupan próximos a la corona. Por el contrario, los nódulos que no son fijadores de nitrógeno son pequeños, numerosos y con frecuencia distribuidos en todo el sistema radical. En cuanto al color, los nódulos efectivos tienen internamente un color rosado intenso, en donde el pigmento rojo se asocia con una fijación activa de nitrógeno. Esta coloración rosada se transforma en verde a medida que los nódulos envejecen. Los nódulos inefectivos son internamente de color blanco a verde pálido y no cambian de color con la edad (Putnam, 1998).

2.3 Estacionalidad en la producción de forraje de praderas de alfalfa

En un estudio comparativo de 12 variedades de alfalfa (CUF-101, Africana, Astro, Moapa, Oaxaca, San Joaquín-II, Velluda Peruana, Valenciana, El camino, NK-819, Comet y Atlixco) Salinas y Mote (1992) encontraron que las variedades CUF-101 y Moapa tuvieron un comportamiento muy parecido en cuanto a la producción de materia seca (Figura 1). En este estudio sólo encontraron un aumento en la producción de materia seca en el cuarto corte y observaron una disminución en el quinto corte para luego aumentar en el sexto y séptimo corte. Los autores atribuyen este comportamiento de las variedades a efectos de temperatura y horas luz. Sin embargo Moreno y Molina (1994) encontraron que la variedad Moapa tiene un comportamiento 11% inferior (anual), en cuanto a producción de materia seca, que la variedad CUF-101.

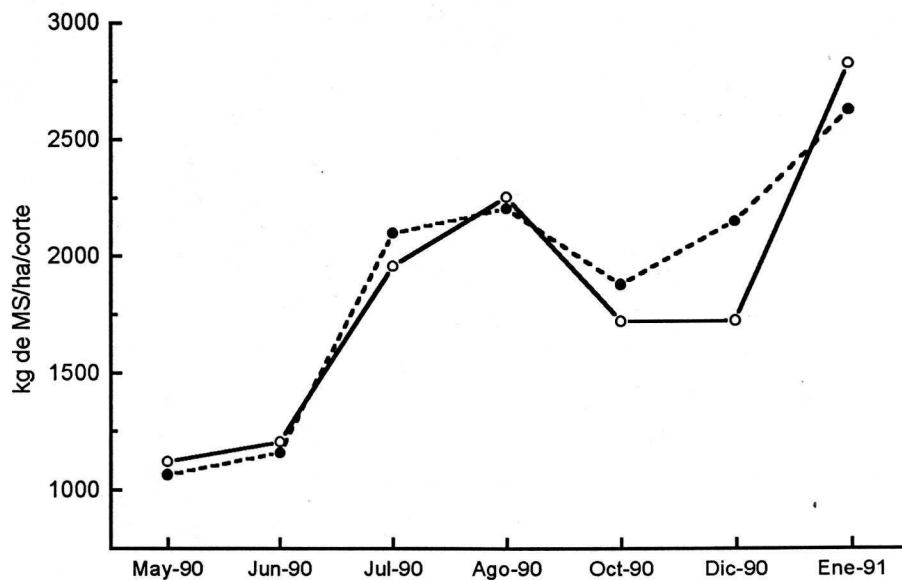


Figura 1. Producción de materia seca por hectárea por corte de las variedades Cuf-101 (---●---) y Moapa (—○—) en Bermejillo, Durango, México (Fuente: Elaborado con datos de Moreno y Molina, 1994).

En cuanto a estacionalidad en la producción de forraje, Salinas y Mote (1992) no encontraron diferencias significativas para las variedades CUF-101 y Moapa en ninguna época del año. Sin embargo, para las demás variedades de alfalfa que se evaluaron en su experimento (CUF-101, Africana, Astro, Moapa, Oaxaca, San Joaquín-II, Velluda Peruana, Valenciana, El camino, NK-819, Comet y Atlixco) si encontraron diferencias significativas para estacionalidad en la producción de forraje. En este experimento la producción de forraje se distribuyó de la siguiente manera: del 40 al 50% de producción anual de forraje se obtuvo en el verano, en el otoño fue del 20 al 30% y en el invierno del 18 al 25%. Este comportamiento se atribuyó a las mejores condiciones ambientales para el crecimiento de la alfalfa prevalecientes en el verano (temperatura, luz y lluvias), las cuales disminuyen a medida que transcurre el tiempo, y se refleja en los rendimientos más bajos obtenidos en las siguientes estaciones de crecimiento. En cuanto a producción total de materia seca estos mismos autores (Salinas y Mote, 1992) no encontraron diferencias significativas entre las

variedades CUF-101 y Moapa, cuyas producciones fueron de 10,803 y 10,074 kg de MS⁻¹ ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente.

En contraste con estos resultados, en un experimento comparativo de ocho variedades de alfalfa (Puebla 76, CUF-101, NK-819, Sintético-1, Oaxaca, Moapa, ABT-805 y Valenciana), se encontró que la variedad Moapa reduce sus rendimientos de producción en los meses de septiembre a enero, lo cual coincide con los meses más fríos del año (Coaché, 1998).

2.4 Factores que afectan la acumulación de materia seca en alfalfa

Garza *et al.* (1965), trabajando en ambiente controlado para evaluar las variedades Culver y Tanverde, encontraron que ambas variedades tuvieron una acumulación de materia seca muy similar. Sin embargo, la intensidad de luz, temperatura y periodo de crecimiento tuvieron un efecto altamente significativo. La temperatura óptima para el crecimiento de la planta varía con la edad. Generalmente las plántulas jóvenes son favorecidas por las altas temperaturas; sin embargo, a medida que se incrementa la edad aumenta la cantidad de tejido no fotosintético y la alta temperatura incrementa la respiración, más que incrementar la fotosíntesis. La acumulación de materia seca en plantas de alfalfa de 8 semanas de edad se incrementó en un 18 % cuando la temperatura ambiental fue de 15 a 30 °C y en un 40 % cuando la temperatura estuvo por arriba de los 30 °C (Garza *et al.*, 1965).

La baja intensidad de luz asociada con una alta temperatura es detrimental para el crecimiento de las plantas (Garza *et al.*, 1965). La baja intensidad de luz favorece un alto porcentaje de proteína cruda y un lento incremento en el contenido de celulosa, pero disminuye el contenido de carbohidratos solubles y la acumulación de materia seca. Por el contrario, la alta temperatura causa una disminución en el porcentaje de proteína cruda y de la digestibilidad *in vitro* de la MS, pero un incremento en el contenido de celulosa y carbohidratos solubles (Garza *et al.*, 1965).

2.5 Altura de la planta

En un estudio comparativo de 12 variedades de alfalfa realizado por Moreno y Molina (1994) encontraron que la variedad CUF-101 tuvo una mayor altura a través del año que la variedad Moapa. En este sentido, Cowet y Sprague (1966) mencionan que existe una relación directa entre el rendimiento anual de materia seca, altura y número de hojas. En una pradera de alfalfa de la variedad Valenciana; Hernández y Hernández (1991) encontraron que existe un incremento en la altura de las plantas conforme se incrementa el espacio entre cortes, además de que hay un incremento en la producción de materia seca.

2.6 Composición botánica de la pradera

Coaché (1998) encontró que conforme avanza la edad de la pradera, el rendimiento total y el componente alfalfa tiende a estabilizarse, mientras que la maleza muestra una disminución hasta llegar a un nivel mínimo. En el experimento que realizó este autor encontró que la mayor cantidad de forraje total en los dos primeros cortes se debió principalmente a la alta cantidad de maleza.

2.7 Composición morfológica

2.7.1 Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo está fuertemente asociado con la calidad del forraje, puesto que el tallo contiene menos proteína y tres veces más fibra que la hoja, y la hoja además de tener un alto contenido de proteína tiene más grasa, extracto libre de nitrógeno, y cenizas que el tallo (Etzel *et al.*, 1988). La relación hoja:tallo varía según el momento y la edad del rebrote de la alfalfa; el área foliar de la hoja aumenta desde el día cero del rebrote hasta aproximadamente el día 20. Las hojas son más abundantes en la fase vegetativa y disminuyen progresivamente conforme avanza la edad del rebrote (Etzel *et al.*, 1988).

En un estudio comparativo de nueve variedades de alfalfa (Atlixco, Caliverde, El camino, UC-Cibola, Moapa, NK-819, Oaxaca, Valenciana y Velluda Peruana), realizado por Álvarez y López (1992) encontraron que, para la relación hoja:tallo, la variedad Moapa tuvo un comportamiento muy similar a través del año, y únicamente tuvo un decremento en

el número de hojas en el mes de Septiembre. Los autores atribuyen esta disminución a la aparición de la peca de la hoja (*Pseudopeziza medicaginis*) en esta variedad.

Salinas y Mote (1992) no encontraron diferencias significativas en la relación hoja:tallo para las variedades CUF-101 y Moapa en ningún momento de su experimento. Sólo encontraron que la proporción de tallo aumentó en todas la variedades que ellos evaluaron. Este comportamiento lo atribuyeron a lo encontrado por Buller (1957) (Citado por Salinas y Mote, 1992), el cuál menciona que a medida que las plantas de alfalfa van madurando se produce un incremento en la cantidad de tallo y una disminución en la cantidad de hoja, lo cuál ocasiona que la concentración de proteína cruda disminuya, así como la calidad del forraje (Sheaffer *et al.*, 2000).

También se ha encontrado que la relación hoja:tallo es variable a través del año, esto fue demostrado por Collins *et al.* (1980) quiénes realizaron un estudio en diferentes épocas del año, encontrando que el número de hojas es menor desde finales del otoño hasta finales del invierno, y en el mes de enero se encontró que la variedad Vernal asociada con Ovillo tuvo una reducción de un 20 % en el número de hojas.

Coaché (1998) realizó una medición de la proporción hoja:tallo por estratos, en donde al tallo lo dividió en tres estratos (inferior, medio y superior), y encontró diferencias significativas en cada uno de los cortes en el tercio inferior del dosel, ya que hubo una mayor proporción de hoja en abril y una menor proporción en agosto en el tercio inferior. Para el tercio medio del dosel las mayores proporciones de hoja las encontró en septiembre, noviembre y abril y las menores se presentaron en agosto y enero. Para el tercio superior las mayores proporciones se presentaron en agosto y enero. Este autor concluye que esto puede deberse a que las hojas tienden a caer al llegar a una edad de 50 días como un comportamiento natural.

2.7.2 Fenotipos trifoliados contra multifoliados

En un experimento realizado con variedades trifoliadas de alfalfa con alta y baja tasa de crecimiento y variedades multifoliadas (5, 7 y 9 foliolos), Etzel *et al.* (1988) encontraron

que cuando se aumenta el área foliar por efecto de aumentar el número de folíolos, no se reduce el peso específico de la hoja. Los fenotipos que producen siete y nueve folíolos, producen pocos tallos por corona, sin embargo los fenotipos de alta tasa de crecimiento (tres folíolos y cinco folíolos), producen muchos tallos por corona (Etzel *et al.*, 1988). En este mismo estudio la relación hoja:tallo que se encontró en los fenotipos trifoliados de baja tasa de elongación estuvo asociada con una baja acumulación de peso seco del tallo (Etzel *et al.*, 1988).

En otro estudio realizado con variedades multifoliadas y trifoliadas no se encontraron diferencias en la concentración de proteína cruda ni en la cantidad de forraje producido en ambas variedades (Juan *et al.*, 1993). La concentración de proteína cruda en las plantas multifoliadas no se relacionó con esta expresión a pesar de existir una correlación positiva entre expresión multifoliada y la concentración de proteína en la hoja (Juan *et al.*, 1993). Juan *et al.* (1993) también encontraron una concentración similar de nitrógeno entre los fenotipos trifoliados y multifoliados, independientemente de que exista una mayor relación hoja:tallo en las multifoliadas. Además, en las variedades multifoliadas también se encontró que se disminuyen la FDA y FDN, en relación con el elevado número de folíolos.

2.8 Valor nutritivo de las asociaciones gramínea-leguminosa

2.8.1 Proteína

En cuanto a contenido de proteína cruda, Salinas y Mote (1992) encontraron que, con excepción de un corte, la variedad Moapa tuvo un mejor comportamiento que la variedad CUF-101 Ellos atribuyeron este comportamiento a varios factores como las diferentes respuestas de maduración de las variedades a las condiciones ambientales a través del año, y al intervalo entre los cortes, dado que ellos no tuvieron un patrón rígido en los días al corte. En algunas ocasiones el intervalo entre cortes fue tan largo como 47 días en promedio, y pudieron observar defoliación natural en algunas de las variedades, lo cual favorece una mayor proporción de tallo con menor contenido de proteína cruda que la hoja.

En otros estudios (Collins *et al.*, 1980) se ha encontrado que la concentración de nitrógeno en la alfalfa disminuye en el otoño y hacia finales del invierno. Moreno y Molina (1994), encontraron que la variedad Moapa tiene un mejor comportamiento en cuanto al componente proteína a través del año como lo muestra el Cuadro 1.

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda por corte y promedio anual de las variedades CUF-101 y Moapa en su segundo año de cultivo en la localidad de San Mateo, Tepetitlan, Hidalgo

Variedad de alfalfa	Fecha de corte							
	Marzo 2	Abril 6	Mayo 10	Junio 9	Julio 5	Agosto 28	Octubre 27	Promedio
	Proteína cruda (%)							
CUF-101	23.1 ^d	19.7 ^d	18.7 ^g	21.1 ^f	16.6 ^h	--	18.9 ^g	19.7
Moapa	24.7 ^c	22.5 ^b	19.1 ^d	21.9 ^c	24.1 ^a	20.4 ^d	20.7 ^c	21.9

^{a,b,c,d,e,f,g,h} Literales minúsculas diferentes en la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

-- Dato perdido.

Fuente: Moreno y Molina (1994).

En algunos trabajos con monocultivos y asociaciones, se ha encontrado que el contenido de proteína de los pastos en monocultivos es menor que el de un monocultivo de leguminosa y una asociación gramínea-leguminosa. En general, también se ha encontrado que el contenido de proteína cruda en una asociación gramínea-leguminosa se incrementa después del primer corte, y los autores atribuyen esto a que se incrementa el porcentaje de leguminosa en la asociación (Sleugh *et al.*, 2000).

2.8.2 Fibra detergente ácido (FDA)

La FDA está compuesta por las porciones de celulosa y lignina de la pared celular de los forrajes. Estos valores son importantes porque están relacionados con la habilidad que tiene un animal para digerir un forraje. Conforme el FDA se incrementa, la digestibilidad de un forraje usualmente disminuye (Schroeder, 1994).

Este componente de la fibra también se incrementa conforme se incrementa la edad de la planta. Los resultados del trabajo de Sheaffer *et al.* (2000) demuestran que los tallos son los que juegan el papel más importante en el detrimento de la calidad del forraje conforme se incrementa el periodo de descanso. Sheaffer *et al.* (2000) encontraron que existe una alta calidad del forraje al inicio de la floración, debido a que en este punto las plantas presentan un alto contenido de proteína cruda, comparado con una baja cantidad de FDA y FDN; sin embargo, al final de la floración ocurre exactamente lo contrario, ya que se disminuye la cantidad de PC y aumentan la de FDA y FDN.

2.8.3 Fibra detergente neutro (FDN)

La FDN es la cantidad total de las paredes celulares que está comprendido por la FDA más la hemicelulosa. Este valor es importante en la formulación de raciones porque refleja la cantidad de forraje que un animal puede consumir, y es un parámetro muy importante para animales en producción (Schroeder, 1994). En el Cuadro 2 se muestran los valores recomendados de FDN para animales de diferente estado fisiológico.

En cuanto a este componente de la fibra, Collins *et al.* (1980) encontraron que se incrementa en un 55 a 60 % hacia la época de otoño e invierno. Por otro lado, Sheaffer *et al.* (2000), mencionan que este componente de la fibra se ve favorecido conforme se incrementa el periodo entre cortes, debido a que conforme se incrementa la edad de la planta se disminuye la cantidad de hoja y se incrementa la de tallo. Sheaffer *et al.* (1998) mencionan que los dos componentes de la fibra (FDA y FDN), tienen una alta correlación, por lo que es redundante si se miden ambos al momento de estar evaluando la calidad nutritiva del forraje de alfalfa.

Cuadro 2. Contenido óptimo de FDN en las dietas para vacas lecheras

Vacas lactantes	FDN (% de Materia seca)
Muy altas productoras (+ de 45 kg de leche día ⁻¹)	26
Altas productoras (32-45 kg de leche día ⁻¹)	28
Medianamente productivas (20-32 kg de leche día ⁻¹)	32-33
Bajas productoras (< 20 kg de leche día ⁻¹)	39
Vacas frescas (3-4 semanas de estar lactando)	36
 Vacas secas	 50
 Novillos	
Menos de 182 kg de peso vivo	34
182-365 kg de peso vivo	42
365-545 kg de peso vivo	50

Fuente: Grant (1996).

2.8.4 Digestibilidad de la materia seca del forraje

Sleugh *et al.* (2000) encontraron que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del forraje es mayor en las asociaciones que en los monocultivos. En este trabajo también se realizó un seguimiento de la DIVMS, en diferentes cortes, de un pasto manejado en monocultivo, y se encontró que esta fue mayor en el primer corte comparada con el último. Exactamente lo contrario ocurrió con las asociaciones leguminosa-gramínea, en donde la digestibilidad fue mayor en el último corte que en el primero. El autor nos presenta el caso de las asociaciones de Alfalfa-gramínea, en donde la digestibilidad fue similar en los tres primeros cortes y esta se incrementa hacia el cuarto corte (Sleugh *et al.*, 2000).

2.8.5 Relación entre los predictores de la calidad de los forrajes

Los valores del análisis del forraje obtenidos para FDA, FDN y DIVMS se pueden usar para predecir la calidad de las praderas. Anderson *et al.* (1993) (citado por Sheaffer *et al.*,

1998) sugieren que la DIVMS es mejor para predecir la calidad de los forrajes que la FDN y FDA. Sin embargo, Harlan *et al.* (1990) encontraron que la FDA fue superior a la FDN para predecir la producción de vacas lactantes (*Bos taurus*), pero Turnbull *et al.* (1982) encontraron que vacas alimentadas con heno con una alta concentración de FDA, tuvieron un bajo porcentaje de grasa en la leche.

Para calcular la DMS, pueden generarse con los datos de FDA. Este valor de DMS tiende a disminuir conforme se incrementa el valor de FDA (Schroeder, 1994; Caddel y Allen, 2000).

$$DMS = 88.9 - (\% FDA \times 0.779)$$

2.9 Factores que afectan la persistencia de la pradera

En un experimento bajo condiciones de invernadero, Cowet y Sprague (1966) modelaron el efecto la humedad del suelo y la intensidad de la luz sobre la persistencia de las plantas forrajeras. Los resultados obtenidos indican que el número de tallos se incrementa conforme lo hace la humedad del suelo. Del mismo modo, la alta intensidad de luz favorece el número de tallos y la producción de materia seca, comparado con baja intensidad. La altura de las plantas se ve favorecida por la baja intensidad de luz; la temperatura alta del día y la noche favorece la producción de materia seca y el número de tallos. Las plantas que están en altas temperaturas no se recuperan después de un corte, sin embargo esto no ocurre con las plantas que están a temperaturas menores. En este mismo experimento el fotoperiodo afectó negativamente a las plantas que tuvieron 10 horas luz comparada con aquellas que recibieron 16 horas; estas últimas presentaron un menor número de tallos (2.1-4.3), pero la altura de la planta fue mayor (58.8-77.7 cm), así como el peso seco por planta (0.84-2.97 g).

REFERENCIAS

- Álvarez FG, López OR. Rendimiento agronómico, digestibilidad (*In vitro*) y contenido de proteína cruda de nueve variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Nazareno, Etlá, Oaxaca (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1992.
- Ball DM, Hoveland CS, Lacefield GD. Southern Forages. Potash and Phosphate institute. USA. 256 pp.1991.
- Caddel J, Allen E. Forage quality interpretations. 2000. Oklahoma State University Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. F-2117. Available from: URL:
- Coaché BO. Rendimiento de ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y sus componentes (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1998.
- Collins M, Taylor TH. Yield and quality of alfalfa harvested during autumn and winter and harvest effects on the spring crop. Agron. J. 1980; 72: 839-844.
- Cowet ER, Sprague MA. Factors Affecting Tillering in Alfalfa. Agron. J. 1996; 54:294-297.
- Schroeder JW. Interpreting Forage Analysis. 1994. North Dakota State University Extension Service. North Dakota State University. Available from: URL: <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/hay/r1080w.htm>
- Duthil J. Producción de forrajes. Ed. Mundiprensa. Cuarta edición. Ed. Mundiprensa.Madrid España. 1989.
- Etzel MG, Volenec JJ, Vorst JJ. Leaf Morphology, Shoot Growth, and Exchange of Multifoliate Alfalfa Phenotypes. Crop Sci. 1988; 28:263-269

- FIRA. Pastoreo Intensivo Tecnificado de Praderas Tropicales. Boletín informativo Num. 259. Volumen XXVI. Morelia Michoacán, México. 1994.
- Garza TR, Barnes RF, Mott GO, Rhykerd CL. Influence of light intensity, temperature and growing period on the growth, chemical composition and digestibility of Culver and Tanverde alfalfa seedlings. Agron. J. 1965; 57: 417-420.
- Grant R. Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. 1996. Cooperative Extension Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska Lincoln. Available from: URL: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/Dairy/G1034.htm#MOFLEV>
- Gutiérrez OMA. Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización, base de la producción animal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial E y G, 1996.
- Harlan DW, Holter JB, Hayes HH. Detergent fiber traits to predict productive energy of forege fed free choice to nonlactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 1990; 74:1337-1353.
- Hanson CH. Alfalfa science and technology. American society of agronomy. USA. 812 pp. 1972.
- Hernández MO, Hernández JA. Rendimiento, parámetros de crecimiento y rebrote de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) var. Valenciana bajo diferentes frecuencias y alturas de cosecha (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1991.
- Juan NA, Craig CS, Donald KB, Douglas RS, James HH. Leaf and Stem traits and herbage quality of multifoliate alfalfa. Agron. J. 1993; 85:1121-1127.
- Lamar KE. Inoculating Forage legumes. 1998. Mississippi State University Extension Service. Available from: URL: <http://ext.msstate.edu/pub/is1083.htm>
- McIlroy RJ. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. Ed. Limusa México DF. 1973.

- Moreno MJA, Molina GH. Rendimiento de forraje y proteína cruda de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en San Mateo Tepetitlan, Hidalgo (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1994.
- Pinkerton B, Skipper HD. Forage legume inoculation. 1992. Cooperative Extension Service. Clemson University. Available from: URL: <http://www.clemson.edu/psapublishing/Pages/AGRO/forage19.pdf>
- Putnam D. Contributions of Alfalfa to wildlife and environment. 1998. Department of Agronomy and Range Sciences, University of California. Available from: URL: <http://www.mother.com/~cafa/>
- Salinas BM, Mote SVJ. Comportamiento agronómico de doce variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en Bermejillo Durango (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1992.
- Schroeder JW. Interpreting Forage Analysis. 1994. North Dakota State University Extension Service. North Dakota State University. Available from: URL: <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/hay/r1080w.htm>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México. México (DF): SAGAR, 2000.
- Sheaffer CC, Dennis C, Nancy JE, Jimmy CH, Jane GJ, Keith DJ, Michael AP, Mark S, Julie LH, Donald RV. Entry X Environment interactions for Alfalfa quality. Agron. J. 1998; 90:774-780.
- Sleugh B, Moore JK, George RJ, Brummer CE. Binary Legumes-Grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. Agron. J. 2000; 92:24-29.

Zapata MMA, Ibarra DGD, Cabanillas CR, Lizarraga del CG, Burboa CFR. Producción y calidad de diferentes variedades de alfalfa en la zona central de Sonora. 1995. Memoria técnica No. 9. Available from: URL: **<http://.patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F95001.html>**

CAPITULO 3

**Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa
asociadas con trébol blanco, ballico perenne,
festuca alta y pasto ovillo[‡]**

Camacho García José Luis^{1*}, José Guadalupe García-Muñoz^{1**}, Pedro Arturo Martínez
Hernández¹, Luis Alberto Miranda Romero¹

[‡] Para ser sometido a la revista VETERINARIA MÉXICO.

¹ Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230.

^{*} Parte de la tesis de Maestría en Ciencias en producción Animal del primer autor.

^{**} Autor a quién se le deberá enviar correspondencia. E-mail: jgarciam@taurus1.chapingo.mx

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate during the year of establishment forage yield, the extent of nodulation, number of stems per crown of alfalfa plant, nutritive value and botanical composition of four alfalfa varieties (Cuf-101, Jupiter, Moapa and San Miguelito); associated with a grass-legume mix composed by white clover, perennial ryegrass, orchardgrass, and tall fescue. A field of eight hectares was sown with the grass-legume mix and the four alfalfa varieties using a randomized complete block design. Total number of plants m^{-2} three weeks after emergence did not differ among the associations containing the four alfalfa varieties, and on average there were 635 plants m^{-2} . During the pasture's establishing phase, legumes were the highest ($P < 0.005$) contributors to the herbage mass (43.5%), followed by grasses (36%) and unsown species (20.5%). Number of nodules five weeks after emergence did not differ among alfalfa varieties, and on average there were 12.5 nodules per plant. Jupiter had more ($P < 0.05$) stems per crown (35.4) than Cuf-101 (22.5); Moapa (32.4), and San Miguelito (26.0) varieties had intermediate values that did not differ from those of Cuf-101 and Jupiter. Plant height was the highest ($P < 0.001$) in summer (54 cm) and the lowest in winter (33 cm). The botanical composition did not differ for the grass-legume associations, but significantly ($P < 0.05$) changed with the season of the year. Grasses were more abundant in spring (28%) and summer (27.3%), and legumes in summer (68.9%), autumn (61.1%) and winter (61%), weeds in spring (32.1%), and dead matter in autumn (18.3%) and winter (18.7%). There were no differences among alfalfa varieties in the leaf to stem ratios. Across varieties, however, the stem was the highest ($P < 0.05$) contributor to the total plant mass with 58%. Pasture's nutritive value did not differ among the associations containing the four alfalfa varieties. The performance of the associations containing the four alfalfa varieties during the first year of production was very similar. However, the association containing the Jupiter variety yielded more ($P < 0.05$) herbage (33.8 t) than the associations with Cuf-101 (29.7 t), Moapa (30.6 t) and San Miguelito (29.3 t), which makes it a valuable material to use in pastures.

Key words: ALFALFA VARIETIES; PASTURE GROWTH RATE; MIXED GRASS-LEGUME PASTURES; PASTURE NUTRITIVE VALUE.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar durante el año de establecimiento la producción de forraje, el número de nódulos y de tallos por corona de plantas de alfalfa, el valor nutritivo del forraje y la composición botánica de la pradera de cuatro variedades de alfalfa (Cuf-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito), asociadas con trébol blanco y la misma mezcla de pastos (ovillo, ballico perenne y festuca alta). El experimento se estableció en ocho hectáreas de terreno usando un diseño experimental de bloques al azar. El número de plantas totales emergidas m^{-2} al establecimiento de la pradera fue similar en las asociaciones conteniendo las cuatro variedades de alfalfa en evaluación. En promedio se obtuvo una densidad de 635 plantas totales m^{-2} . Durante la fase de establecimiento la mayor participación ($P < 0.005$) en la masa de forraje la tuvieron las leguminosas con 43.5%, seguidas por las gramíneas con 36%, y finalmente las especies no sembradas con 20.5%. El número de nódulos a las cinco semanas de edad fue similar para las cuatro variedades sembradas en cada una de las asociaciones, y en promedio se obtuvieron 12.5 nódulos por planta de alfalfa. La variedad Júpiter presentó mayor ($P < 0.05$) número de tallos por corona de alfalfa (35.4) que la variedad Cuf-101 (22.5); las variedades Moapa (32.4) y San Miguelito (26.0) presentaron valores intermedios y estadísticamente similares a los de las otras dos variedades. La estación del año afectó significativamente ($P < 0.001$) la altura de la pradera, registrándose la máxima en el verano (54 cm) y la más baja en el invierno (33 cm). La estación del año afectó significativamente ($P < 0.05$) la composición botánica de la pradera. Las gramíneas tuvieron una mayor participación durante la primavera (28%) y el verano (27.3%); las leguminosas durante el verano (68.9%), otoño (61.1%) e invierno (61.0%); las malas hierbas durante la primavera (32.1%), y el material muerto durante el otoño (18.3%) y el invierno (18.7%). Las variedades de alfalfa presentaron proporciones similares de hoja y tallo, y dentro de cada variedad el tallo ocupó la mayor ($P < 0.05$) participación en la planta con 58%. El valor nutritivo del forraje fue similar para las asociaciones conteniendo las cuatro variedades de alfalfa. Los resultados indican que durante el primer año de evaluación las asociaciones conteniendo las cuatro variedades de alfalfa tuvieron un desempeño similar en los parámetros de establecimiento de la pradera y valor nutritivo de la masa de forraje. Sin embargo, la asociación con la variedad Júpiter produjo una mayor ($P < 0.01$) cantidad de MS $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (33.8 t) que las asociaciones con las

variedades Cuf-101 (29.7 t), Moapa (30.6 t) y San Miguelito (29.3 t), por lo que se destaca su valor en sistemas de producción como el del presente experimento.

Palabras clave: **PRADERAS ASOCIADAS GRAMÍNEA-LEGUMINOSA; VARIEDADES DE ALFALFA; TASA DE CRECIMIENTO DEL FORRAJE; VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE.**

INTRODUCCIÓN

En México la mayor producción de leche se obtiene de las zonas templadas y semiáridas, y depende en gran medida del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) como principal fuente de forraje (SAGAR, 2000). En estas regiones del país, con sistemas especializados de producción de leche en confinamiento total, la alfalfa se maneja en la mayoría de los casos como cultivo monófito y para corte. Con excepción de los sistemas de producción de leche que utilizan el pastoreo en estas regiones, es muy raro encontrar cultivos de alfalfa que se siembren en asociación con pastos mejorados.

La utilización de praderas asociadas gramíneas-leguminosas se justifica por las ventajas que se obtienen al lograrse un establecimiento más rápido, una mejor distribución estacional de la producción de forrajes y un mayor valor nutritivo de la dieta. De igual importancia es la economía que se logra por el menor uso de fertilizantes nitrogenados, al aprovechar la fijación simbiótica de nitrógeno que realizan las leguminosas con la bacteria *Rhizobium* (McIlroy, 1976; Silva, 1980).

Sin embargo, para lograr una buena asociación de alfalfa con pastos mejorados deberán tenerse en cuenta factores como: i) utilizar plantas que estén bien adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del terreno; ii) seleccionar especies y cultivares de leguminosas y gramíneas compatibles; y, iii) poner en la mezcla una mayor proporción de semilla de leguminosa que de gramínea (Gutiérrez, 1996). También se debe tomar en cuenta la compatibilidad de las especies que se van a asociar. Las especies preferentemente deberán tener hábitos de crecimiento y maduración similar, ya que de no ser así sería más difícil encontrar el momento óptimo de cosecha, en donde se alcance la mayor calidad y producción de la pradera (Duthil, 1989).

A diferencia de algunos países como Canadá o los Estados Unidos de América, donde los inviernos son severos y prolongados, México tiene zonas de producción de leche con condiciones climáticas favorables para la producción de carne y leche a la intemperie durante todo el año. La ausencia de inviernos crudos y prolongados en las zonas

productoras de leche de nuestro país, permite el crecimiento de las especies forrajeras durante el invierno y la posibilidad de uso directo por el animal a través del pastoreo. El sistema de producción de leche en pastoreo en la zona templada de nuestro país gana cada día más adeptos, como lo demuestran los recientes desarrollos lecheros en los estados de Guanajuato, Estado de México, Puebla e Hidalgo (FIRA, 1994). En nuestro país, este sistema se ha basado fundamentalmente en el establecimiento de praderas de alfalfa mezcladas con pastos mejorados como ballico perenne (*Lolium perenne*), pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) y las nuevas variedades de festuca alta (*Festuca arundinaceae*) libres del hongo endófito. Este nuevo escenario de producción requiere de investigación enfocada a evaluar la producción y calidad de las praderas asociadas de gramíneas y leguminosas, con el propósito de encontrar una alternativa de producción de forraje de buena calidad durante todo el año.

En el presente trabajo de investigación se establecieron las variedades de alfalfa CUF-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* Var. Ladino) y la misma mezcla de pastos compuesta por pasto ovilla (*Dactylis glomerata* var. Baraula), ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra) y festuca alta (*Festuca arundinacea* Var. Barcel). Los objetivos del trabajo fueron: a) determinar el número de plantas emergidas m⁻² a las tres semanas después de la siembra; b) determinar el número de nódulos en plantas de alfalfa; c) determinar el número de tallos por corona en plantas de alfalfa; d) determinar la altura promedio de la pradera antes del corte o pastoreo; e) evaluar la producción de materia seca de forraje hectárea año⁻¹; y, f) determinar la composición botánica y valor nutritivo de la pradera cuando se utiliza con ganado lechero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del sitio y duración del periodo experimental

El experimento se realizó en el predio denominado “El Olivar”, del campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México. Para el ensayo se dispuso de un área de 8.02 hectáreas compuesta por tablas agrícolas contiguas. El sitio se localiza entre los 19° 29' de latitud Norte y 98° 53' de longitud Oeste, con 2,250 msnm. La fórmula climática que le corresponde al área de estudio es: Cb (wo)(w)(i')g, que corresponde a un clima templado sub-húmedo, el más seco de los sub-húmedos. La precipitación promedio anual es de 644.8 mm, con un régimen de lluvias en verano. La temperatura media anual varía entre 12° y 18 °C, con una oscilación térmica entre 5 y 7 °C y una marcha de la temperatura tipo Ganges, siendo mayo el mes más caliente y enero el más frío (García, 1988).

El tipo de suelo del área experimental corresponde a la familia francoso, fino, mezclado, isotérmico, subgrupo Vertic Argustoll, suborden ustoll, orden mollisol, que son suelos profundos de color negro, ligeramente pedregosos y de textura media. Estos suelos tienen una capacidad media de retención de agua, pH de neutro a ligeramente alcalino, y son medianamente ricos en materia orgánica (Cachón *et al.*, 1976).

El periodo experimental comprendió del 6 de enero de 2000, que fue la fecha en que se realizó la siembra de la pradera, hasta febrero de 2001, que correspondió al mes en que se realizó el último muestreo.

Condiciones climáticas durante el periodo de evaluación

La Figura 2 muestra la distribución de la precipitación y la temperatura media mensual para el periodo de evaluación. De acuerdo con los registros históricos de la estación meteorológica de la UACH, el año 2000 tuvo un invierno más cálido de lo normal.

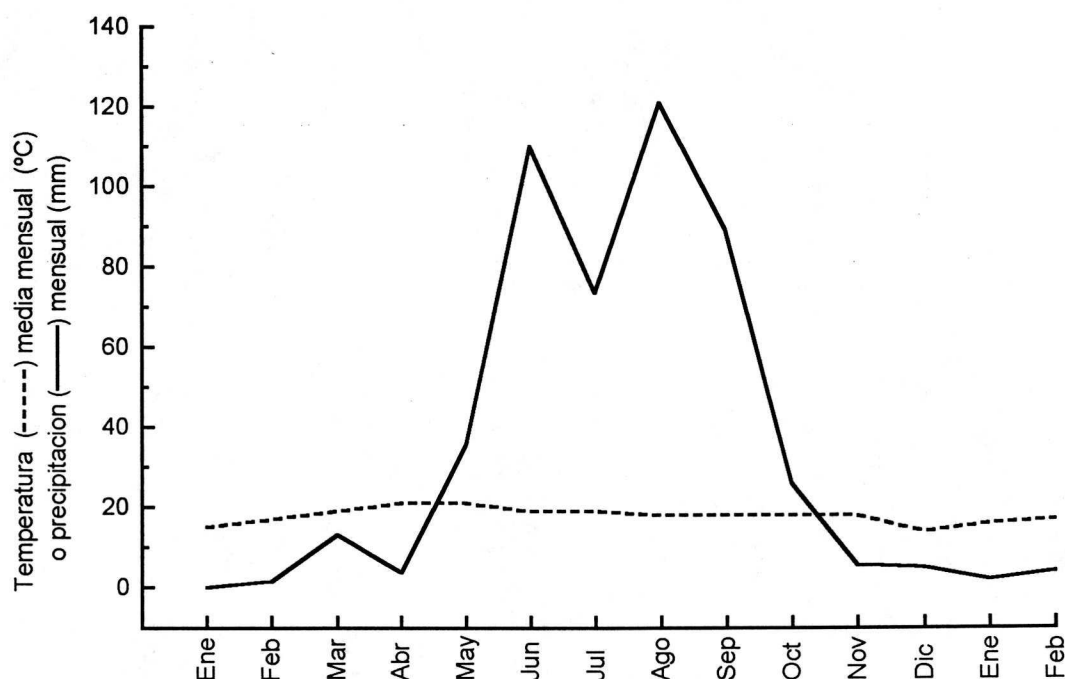


Figura 2 Régimen de temperatura (---) y precipitación (—) durante el periodo experimental (enero 2000 a febrero 2002), según datos de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo.

Preparación del terreno, siembra y fertilización

Primeramente se realizó el barbecho de las tablas, posteriormente se dio un paso de rastra de discos para desmenuzar los terrones grandes, y finalmente se procedió a la nivelación de los terrenos. La siembra fue mecánica y se realizó el día 6 de enero de 2000 con una sembradora para granos pequeños de la marca John Deere®.

Para facilitar la siembra en las densidades previstas para cada una de las especies que conformarían la mezcla, la sembradora se calibró para sembrar primero la mezcla de alfalfa y trébol, a razón de 12 y 1.5 kg de semilla comercial ha⁻¹, respectivamente. Terminada la siembra de la mezcla de leguminosas se procedió a sembrar la mezcla de pastos, a razón de 20 kg de semilla comercial ha⁻¹, compuesta por 10 kg de ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), 2 kg de festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y 8 kg de ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

La mezcla de leguminosas se sembró siguiendo una orientación Norte-Sur y las gramíneas en dirección Este-Oeste, para formar una especie de cuadrícula en el terreno. En el segundo paso de la sembradora se aplicó, por única vez, una mezcla de fertilizantes químicos compuesta por 100 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-00) y 75 kg ha⁻¹ de urea (46-00-00), con la cuál se logró la fórmula de fertilización 52.5-46-00. Para mejorar el contacto de la semilla y el fertilizante con el suelo, y de esa manera asegurar el establecimiento de la pradera, en el segundo paso de siembra se acopló en la parte trasera la sembradora una rastra de ramas.

Los parámetros de calidad de la semilla como % de pureza, % de germinación, % de semilla pura viable (SPV), así como las densidades de siembra de semilla comercial y semilla pura viable de cada una de las especies y variedades sembradas, se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de semilla comercial y semilla pura viable utilizada en la siembra para el establecimiento de las praderas experimentales

	Pureza (%)	Germinación (%)	SPV [†] (%)	Densidad de siembra	
				Semilla comercial (kg/ha)	SPV (kg/ha) [‡]
Variedades de alfalfa o especie ³					
CUF-101	98.80	90.0	88.90	12.0	10.67
Júpiter	98.85	90.0	88.97	12.0	10.68
Moapa	99.80	90.0	89.82	12.0	10.78
San Miguelito	99.85	90.0	89.87	12.0	10.78
Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i> var. Ladino)	99.80	92.0	90.89	1.5	1.36
Ovillo (<i>Dactylis glomerata</i> var. Baraula)	98.60	85.0	83.81	8	6.70
Ballico perene (<i>Lolium perenne</i> var. Barlatra)	99.00	88.0	87.12	10	8.71
Festuca alta (<i>Festuca arundinaceae</i> var. Barcel)	99.09	90.0	89.18	2	1.78

[†] SPV(%) = Semilla pura viable = (%Pureza x % Germinación)/100.

[‡] SPV(kg/ha) = (%SPV x kg/ha de semilla comercial)/100.

³ Cada una de las variedades de alfalfa se asoció con trébol blanco (*Trifolium repens* var. Ladino) y una mezcla de pastos compuesta por ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

Diseño experimental

Los tratamientos consistieron en cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco y la misma mezcla de pastos. Las variedades de alfalfa que se evaluaron fueron CUF-101, Júpiter, Moapa, y San Miguelito. La mezcla de pastos estuvo constituida por pasto ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula), ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra) y festuca alta (*Festuca arundinacea* var. Barcel). La unidad experimental fue una franja rectangular de terreno que varió entre 3,881.3 y 6,183.0 m². En cada franja se sembró la variedad de alfalfa correspondiente y la mezcla de pastos. Debido a las diferencias de pendiente en el terreno donde se estableció el experimento se definieron cuatro bloques, aprovechando las divisiones previas de las tablas agrícolas. Dentro de cada bloque las condiciones del terreno fueron lo más homogéneas posible; cada bloque se dividió en cuatro franjas de igual tamaño, y en cada una de ellas se sembró una de las variedades. De esta forma cada variedad de alfalfa se repitió una vez en cada bloque.

Riegos

Las praderas se regaron con agua de pozo profundo utilizando un sistema de riego por aspersión con cañones. Inmediatamente después de la siembra, en enero de 2000, se aplicó un riego pesado para favorecer la germinación de la semilla, y cinco días después se aplicó un segundo riego para romper la costra de suelo formada en el primer riego y así favorecer la emergencia de las plántulas germinadas. Después del riego de emergencia los riegos se aplicaron cada 14 días hasta junio de ese año, mes en el que se establece el temporal en la zona. Los riegos reiniciaron en octubre una vez que dejó de llover. En total, durante el primer año de producción las praderas recibieron 17 riegos.

Manejo del corte

En marzo de 2000 las praderas se utilizaron por primera vez a los 65 días después de la siembra a través de corte. Posteriormente se dieron otros dos cortes hasta junio del mismo año. Los cortes se realizaron con equipo convencional consistente en una cortadora tipo “Chopper” de la marca John Deere®, acoplada a un tractor de la misma marca y con descarga del forraje a un remolque con redilas. El forraje cosechado en el primer cuatrimestre del año se destinó para la alimentación de los semovientes ovinos manejados

en el sistema de confinamiento total con que cuenta la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

Instalación del cerco eléctrico

En mayo de 2000 se procedió a instalar un sistema de cerco eléctrico de la marca Gallagher®, en las tablas experimentales donde se establecieron las praderas. El equipo consiste en un panel solar de 40 x 50 cm, una batería convencional de automóvil, un pulsador de corriente tipo B-120, aisladores de plástico, tensores de estrella, y alambre triple galvanizado para los cercos perimetrales a base de postes de eucalipto. También se realizó la adquisición de cinco carretes de alambre "Polywire" para los cercos temporales usados en el manejo del pastoreo.

Animales y manejo del pastoreo

Durante el curso del experimento los animales se alimentaron exclusivamente de pradera. El pastoreo de las praderas experimentales inició en junio de 2000, cuando se asignó el ganado al proyecto de investigación donde se llevó a cabo el presente trabajo. Los animales experimentales consistieron en hembras de las razas Holstein (10) y Jersey (25) con aproximadamente siete meses de gestación y 21 meses de edad. Las 25 hembras Jersey se importaron de Nueva Zelanda y las diez Holstein se obtuvieron del establo de la UACH.

Durante el periodo de evaluación de las praderas, las 35 cabezas se manejaron como un solo grupo. Las vacas pastorearon las repeticiones de las variedades de alfalfa sembradas en un mismo bloque con la ayuda de cercos eléctricos temporales. El pastoreo fue en franjas, con movimiento del cerco temporal al menos cuatro veces al día para controlar el timpanismo y mejorar la utilización de la pradera. Durante el curso del experimento no se usó cerco temporal trasero y las vacas tuvieron acceso todo el tiempo a las áreas ya pastoreadas. El diseño experimental, así como el acomodo en el campo de las variedades de alfalfa en franjas longitudinales en las parcelas que actuaron como bloques, permitió el pastoreo simultáneo de las cuatro variedades de alfalfa en evaluación.

Las vacas parieron en el periodo junio-septiembre y, con excepción de un animal (de la raza Holstein), todas parieron sin atención en la pradera y expulsaron la placenta en las primeras cinco horas después del parto. A las crías se les permitió amamantar de sus madres en las primeras horas de nacidas y fueron identificadas con tatuaje en la oreja ese mismo día. La vaca recién parida permaneció en el grupo y la cría se separó para enviarse a un cobertizo donde se sometió a un sistema de crianza artificial a base de leche entera y heno de alfalfa a libre acceso. El grupo de vacas (paridas y gestantes) se llevó a la sala de ordeño para realizar las ordeñas matutina y vespertina de las vacas frescas y para proporcionarle a todas las vacas del grupo una toma oral de atimpánico comercial de la marca BLOATENZ®, para disminuir el riesgo de timpanismo.

Determinaciones

Durante el curso del experimento se registraron las siguientes variables de respuesta en la pradera: a) número de plántulas (leguminosas, pasto y malezas) por metro cuadrado dos semanas después de la siembra; b) número de nódulos en la raíz de plántulas de alfalfa; c) número de tallos por corona en plantas de alfalfa; d) altura promedio de la pradera antes del pastoreo; e) producción de materia seca de forraje por hectárea por corte y por año; f) composición morfológica (proporción de hoja y de tallo) de las variedades de alfalfa, g) composición botánica de la pradera, y h) contenido de proteína cruda, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro del forraje. El muestreo de las unidades experimentales se realizó uno o dos días antes del corte o pastoreo y en la parte central de la franja para evitar contaminación con el tratamiento contiguo.

El número de plantas por metro cuadrado (leguminosas, pastos y malezas) se determinó a las dos semanas después de la siembra, una vez que emergieron las especies sembradas y las residentes. Para este fin se contaron las plántulas de las leguminosas sembradas, los pastos y las malezas de hoja ancha, utilizando un cuadro metálico de 1 m por lado. Para cada repetición se contaron entre 6-16 cuadros.

El conteo del número de nódulos en la raíz de plántulas de alfalfa se realizó una sola vez cuando las plántulas tenían 35 días de edad. Para este fin se arrancaron diez plantas de

alfalfa distribuidas a lo largo de la parte central de la franja. Para todas las muestras se tuvo la precaución de obtener plantas con la raíz completa; posteriormente se contó el número total de nódulos a lo largo de la raíz de cada una de las plantas.

El número de tallos por corona en plantas de alfalfa también se realizó una sola vez en las variedades de alfalfa. Para este fin se eligieron al azar diez plantas de alfalfa a lo largo de la parte central de la franja. A cada una de las plantas seleccionadas se les identificó la raíz para asegurarse que se trataba de una sola corona. Identificada la corona se contaron los tallos incluyendo aquellos que apenas estaban en formación. Esta determinación se realizó solo en las repeticiones de dos de los cuatro bloques.

La altura promedio de la pradera se obtuvo midiendo al azar diez plantas de alfalfa, diez de pastos y diez de malezas, cuando estas últimas estuvieran presentes. Dentro del cuadro metálico usado para la determinación de rendimiento de MS por hectárea, se tomaron las alturas de las plantas con una regla de madera de la marca ADELANTE® de 1 m de longitud.

Para determinar la producción de materia seca de forraje por hectárea en cada corte, se utilizó un cuadro metálico de 40 cm de largo por 35 cm de ancho. En cada muestreo el cuadro se lanzó en diez puntos aleatorios a lo largo de la parte central de la franja. Dentro del cuadro se cortó el total del material a ras de suelo, y se metió en una bolsa de papel debidamente identificada. Terminado el muestreo del día correspondiente, se registró el peso de la muestra en verde y posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 56 °C durante 72 horas. La producción de cada uno de los cortes se sumó para cada repetición de los tratamientos y se obtuvo la producción total de MS por hectárea por año.

La composición morfológica de las variedades de alfalfa se efectuó al final del primer año de evaluación, cuando la pradera tenía aproximadamente diez meses de establecida. Para este fin, en cada una de las franjas se escogieron al azar tres sitios de muestreo distribuidos al inicio, la parte media y al final de la franja. Los sitios del inicio y del final de la franja se situaron a una distancia de por lo menos a 20 metros desde la orilla del terreno hacia el

interior de la franja. En cada sitio de muestreo se cortaron 30 tallos de alfalfa pertenecientes a diferentes coronas. Los tallos de cada sitio se guardaron en bolsas de papel previamente identificadas con la repetición, el bloque y la variedad de alfalfa, y se trasladaron al laboratorio para su disección manual en hoja y tallo. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 56 °C durante 72 horas y se registró el peso.

Para la determinación de la composición botánica de la pradera se cortó el forraje contenido en un cuadro metálico de 0.25 x 0.25 m en cada una de las franjas conteniendo las variedades. En cada muestreo se cortaron tres cuadros por franja, ubicados al inicio, la parte media y al final de la franja. Para evitar el efecto de borde se dejó una distancia de 20 m desde las orillas hacia el interior de la franja. Las muestras se cortaron a ras de suelo y se guardaron en bolsas de papel previamente identificadas. Se registró el peso fresco total de la muestra y se procedió a la separación manual de los componentes de la muestra consistentes en alfalfa, pasto, malezas y material muerto. Cada uno de los componentes se colocó en bolsas individuales de papel y se les registró el peso fresco por separado. El material debidamente identificado se secó en una estufa de aire forzado a 56 °C durante tres días para obtener el peso seco.

El contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) del forraje se determinó con un equipo de espectroscopia del infrarrojo cercano (FOSS NIRSystem, Infrasoft International, LLC). Estos indicadores de valor nutritivo del forraje se determinaron en las muestras colectadas para el cálculo de rendimiento de MS como para las muestras de alfalfa utilizadas en la determinación de composición morfológica. La digestibilidad de la materia seca del forraje (DMS) para las muestras de alfalfa se determinó a partir de contenido de FDA obtenido con el NIRS, usando la siguiente ecuación (Schroeder, 1994; Caddel y Allen, 2000):

$$DMS = 88.9 - (\%FDA \times 0.779)$$

Análisis estadístico

Las variables registradas durante el experimento se sometieron a análisis de varianza usando el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2000). Los bloques fueron considerados como un efecto aleatorio. El enunciado LSMEANS y la opción SLICE se usaron para obtener las medias de mínimos cuadrados para los efectos principales y las interacciones y los contrastes específicos entre las medias (Littell *et al.*, 1996). En el enunciado del modelo, la opción DDF/ SATTERTH se usó para calcular grados de libertad aproximados para los factores que no tuvieron prueba exacta, de acuerdo al criterio de Satterthwaite (Neter *et al.* 1996). Los modelos ajustados para cada grupo de variables se describen a continuación:

Número de plantas por metro cuadrado, tallos por corona, nódulos por planta y relación hoja:tallo

Para el análisis de las variables número de plantas totales (gramínea + leguminosa + otras) por metro cuadrado, número de tallos por corona de planta de alfalfa, número de nódulos radicales por planta, y relación hoja:tallo se ajustó el siguiente modelo mixto:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + B_j + VB_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = cada una de las siguientes variables respuesta: a) número de plantas totales (gramínea + leguminosa + otras) por metro cuadrado, b) número de tallos por corona de planta de alfalfa, c) número de nódulos radicales por planta de alfalfa y d) proporción de hoja y tallo de la i -ésima variedad sembrada en el j -ésimo bloque, correspondiente a la k -ésima repetición.

μ = media general.

V_i = Efecto fijo de la i -ésima variedad de alfalfa (i = CUF-101, Júpiter, Moapa, San Miguelito) asociada con trébol blanco y la mezcla de pastos ballico perenne, ovillo y festuca alta.

B_j = Efecto aleatorio del j -ésimo bloque $\sim$ NIID $(0, \sigma^2_B)$.

VB_{ij} = Efecto aleatorio de la interacción entre la i -ésima variedad de alfalfa (i = CUF-101, Júpiter, Moapa, San Miguelito) asociada con trébol blanco y la mezcla de pastos ballico perenne, ovillo y festuca alta y el j -ésimo bloque ($j = 1, \dots, 4$) $\sim$ NIID $(0, \sigma^2_{VB})$.

e_{ijk} = Error aleatorio NIID $(0, \sigma^2_e)$.

Antes de analizar la información sobre la relación hoja:tallo, se efectuó la transformación raíz cuadrada del arcoseno de los valores en porcentaje, para aproximarlos a una distribución normal (Snedecor y Cochran, 1980). La transformación de los datos se llevó a cabo con la siguiente expresión (Steel y Torrie, 1985):

$$T = \text{Ar} \sin \sqrt{\left(\frac{Y}{100}\right)}$$

Donde:

T = dato transformado.

Y = dato original en porcentaje.

Arsin = arcoseno.

El análisis de varianza se efectuó sobre los datos transformados, y los resultados fueron retransformados a la escala original con la siguiente expresión:

$$Y = 100 \text{ Sen}^2 (T).$$

Donde:

Y = dato retransformado a la escala original.

Sen^2 = seno cuadrado.

T = dato transformado.

Altura promedio, producción de materia seca por corte y valor nutritivo de la pradera

Para las variables producción de materia seca por hectárea por corte, altura promedio y calidad de la pradera se ajustó el siguiente modelo mixto:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + B_j + VB_{ij} + E_k + VE_{ik} + M(E)_{kl} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = altura promedio de la pradera, producción de materia seca por hectárea por corte o atributos de valor nutritivo de la pradera (PC, FDA, FDN) para la i -ésima variedad sembrada en el j -ésimo bloque, muestreada en la k -ésima estación del año, correspondiente al al l -ésimo muestreo anidado en la k -ésima estación.

μ = media general.

V_i = Efecto fijo de la i -ésima variedad de alfalfa (i = CUF-101, Júpiter, Moapa, San Miguelito) asociada con trébol blanco y la mezcla de pastos ballico perenne, oville y festuca alta.

B_j = Efecto aleatorio del j -ésimo bloque ($j = 1, \dots, 4$) $\sim$ NIID ($0, \sigma^2_B$).

VB_{ij} = Efecto aleatorio de la interacción entre la i -ésima variedad de alfalfa (i = CUF-101, Júpiter, Moapa, San Miguelito) asociada con la mezcla de pastos ballico perenne, oville y festuca alta y el j -ésimo bloque ($j = 1, \dots, 4$) $\sim$ NIID ($0, \sigma^2_{VB}$).

E_k = Efecto fijo de la k -ésima estación del año (k = primavera, verano, otoño, invierno).

VE_{ik} = Efecto fijo de la interacción entre la i -ésima variedad de alfalfa (i = CUF-101, Júpiter, Moapa, San Miguelito) asociada con trébol blanco y la mezcla de pastos ballico perenne, oville y festuca alta, y la k -ésima estación del año (k = primavera, verano, otoño, invierno).

$M(E)_{kl}$ = Efecto fijo del l -ésimo muestreo ($l = 1, \dots, 8$) anidado en la k -ésima estación del año (k = primavera, verano, otoño, invierno).

e_{ijkl} = Error aleatorio $\sim$ NIID $(0, \sigma_e^2)$.

Producción total de forraje por hectárea por año

Debido a que la variable producción de MS $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ representa el acumulado para cada combinación de bloque y variedad, el modelo estadístico ajustado solo incluyó los efectos de variedad y bloque. En este caso la interacción variedad x bloque se usó como el término de error. El modelo ajustado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + V_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = producción total de materia seca por hectárea por año para la i -ésima variedad de alfalfa sembrada en el j -ésimo bloque.

μ = media general.

V_i = Efecto fijo de la i -ésima variedad de alfalfa (i = CUF-101, Júpiter, Moapa, San Miguelito) asociada con trébol blanco y la mezcla de pastos ballico perenne, ovillo y festuca alta.

B_j = Efecto aleatorio del j -ésimo bloque ($j = 1, \dots, 4$) $\sim$ NIID $(0, \sigma_B^2)$.

e_{ijkl} = Error aleatorio $\sim$ NIID $(0, \sigma_e^2)$.

RESULTADOS

Plantas totales emergidas por metro cuadrado y participación por especie

No se encontró diferencia para el número total de plantas por m², y en promedio se obtuvieron alrededor de 635 plantas totales por m² para todas las variedades de alfalfa. Del mismo modo, tanto la proporción de leguminosas como la de gramíneas y la de otras especies fue similar para cada una de las variedades de alfalfa que se evaluaron. La única diferencia ($P < 0.0001$) se debió a la participación porcentual de las especies constituyentes de la pradera. El componente de mayor participación fue la leguminosa con un promedio de 43.6%, seguido de la gramínea con 36%, y finalmente el componente de otras especies con 20.5%. Este último componente estuvo constituido por las plantas que nacieron de semillas que existían en las parcelas y que no pertenecían ni a las gramíneas ni a las leguminosas sembradas (Cuadro 4).

Nodulación inicial de las variedades de alfalfa

No se encontró diferencia entre variedades de alfalfa en el número de nódulos por planta, cuando el conteo se realizó a los 35 días después de la germinación de las plántulas de alfalfa. A esta edad en promedio se obtuvieron 12.5 nódulos por planta de alfalfa (Cuadro 4).

Tallos por corona de alfalfa

Numéricamente la variedad Júpiter presentó el mayor número de tallos por corona de alfalfa con 35.4, seguida por la variedad Moapa con 32.4, San Miguelito con 26.0 y finalmente la variedad Cuf-101, con 22.5 tallos por corona. Sin embargo, el único contraste significativo ($P < 0.05$) fue entre las variedades Júpiter y Cuf-101 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para número de nódulos por planta de alfalfa, tallos por corona de alfalfa, número de plantas totales germinadas m^{-2} y porcentaje de gramíneas, leguminosas y otras plantas germinadas en cada asociación de la mezcla de pastos con las variedades de alfalfa

Variedad de alfalfa ¹	Nódulos por planta	Tallos por corona	Participación de las especies (%)			Plantas totales m^{-2}
			Gramínea	Leguminosa	Otras	
CUF-101	11.7 ± 2.4^a	22.5 ± 4.1^b	41.6 2.1 ^{AA}	$\pm 36.5 \pm 2.1^{aB}$	22.0 ± 2.1^{aC}	639.5 ± 50.5^a
Júpiter	13.9 ± 2.5^a	35.4 ± 4.0^a	43.2 2.0 ^{AA}	$\pm 37.9 \pm 2.0^{aB}$	18.9 ± 2.0^{aC}	606.2 ± 48.8^a
Moapa	12.1 ± 2.4^a	32.4 ± 4.1^{ab}	48.5 1.9 ^{AA}	$\pm 33.1 \pm 1.9^{aB}$	18.3 ± 1.9^{aC}	595.5 ± 48.8^a
San Miguelito	12.3 ± 2.5^a	26.0 ± 4.3^{ab}	41.0 2.0 ^{AA}	$\pm 36.5 \pm 2.0^{aB}$	22.5 ± 2.0^{aC}	699.8 ± 49.8^a

^{a,b} Medias con diferentes literales minúsculas en la misma columna, son diferentes ($P < 0.05$).

^{A,B} Dentro de participación porcentual de las especies por m^2 , medias con diferentes literales mayúsculas en la misma hilera son diferentes ($P < 0.0001$).

¹ Cada una de las variedades de alfalfa se asoció con trébol blanco (*Trifolium repens* var. Ladino) y una mezcla de pastos compuesta por ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

Altura de la pradera antes del corte o pastoreo

No se encontró diferencia entre variedades de alfalfa para altura promedio de la pradera. En promedio, las alturas de la pradera conteniendo las distintas variedades de alfalfa asociada con la misma mezcla de pastos fueron de 42.7 cm para Júpiter, 41.3 cm para Moapa, 41.7 cm para Cuf-101, y 43.0 cm para la asociación conteniendo la variedad San Miguelito. Por otro lado, la altura promedio de la pradera si fue afectada de manera significativa ($P < 0.001$) por la estación del año, con el verano produciendo las máximas alturas y el invierno las más bajas. Sin embargo, el comportamiento de las variedades no fue el mismo en cada una de las estaciones del año ya que se presentó una interacción significativa ($P < 0.01$) entre variedad y estación (Figura 3).

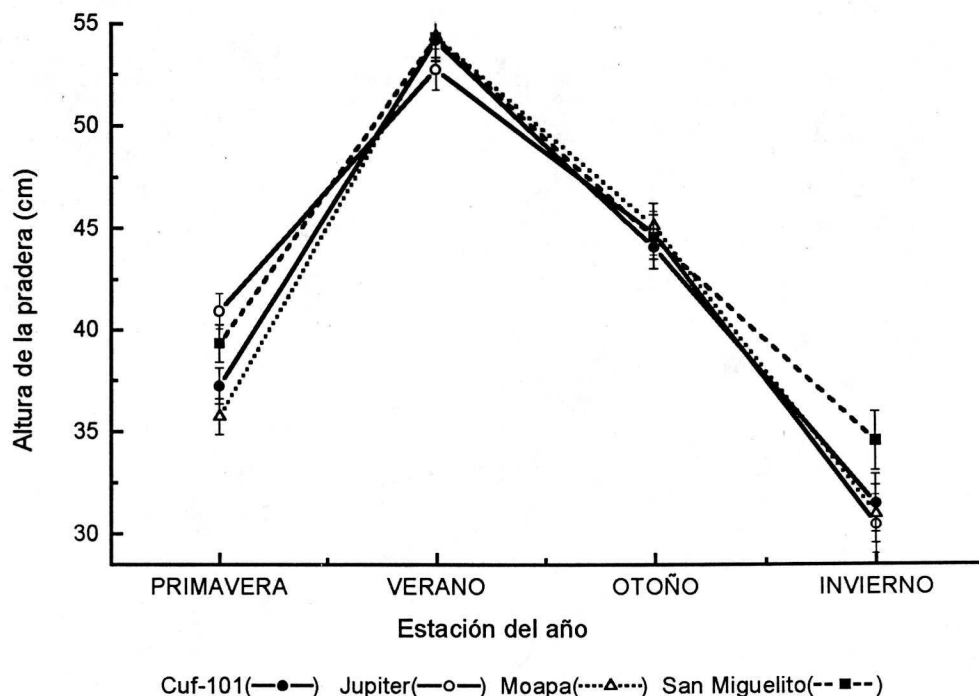


Figura 3 Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para altura de la pradera de las distintas asociaciones de alfalfa con pasto, en las distintas estaciones del año

Composición botánica de la pradera a través del año

Con excepción de una mayor incidencia de malezas en la asociación conteniendo la variedad Cuf-101, la composición botánica de la pradera no se afectó por la variedad de alfalfa incluida en la siembra con la mezcla de pastos (Cuadro 5). La estación del año sí tuvo un efecto importante ($P < 0.05$) en la composición botánica de la pradera. Las gramíneas estuvieron presentes en mayor proporción durante la primavera (28%) y el verano (27.3%); las leguminosas durante el verano (68.9%), otoño (61.1%) e invierno (61.0%); las malas hierbas durante la primavera (32.1%), y el material muerto durante el

otoño (18.3%) y el invierno (18.7%). La interacción entre variedad de alfalfa sembrada en la asociación y estación del año fue significativa solamente para el porcentaje de leguminosa y el de gramínea en la mezcla (Cuadro 5).

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para composición botánica de las praderas conteniendo las diferentes variedades de alfalfa en la asociación con la mezcla de pastos

Efecto	Componente (%) ¹			
	Gramínea	Leguminosa	Maleza	Material muerto
Variedad de alfalfa ²				
CUF-101	16.4 $\pm$ 0.07 ^a	57.8 $\pm$ 0.09 ^a	3.3 $\pm$ 0.009 ^a	5.6 $\pm$ 0.04 ^a
Júpiter	17.6 $\pm$ 0.06 ^a	63.1 $\pm$ 0.08 ^a	2.0 $\pm$ 0.009 ^b	5.6 $\pm$ 0.03 ^a
Moapa	22.2 $\pm$ 0.06 ^a	52.0 $\pm$ 0.08 ^a	1.9 $\pm$ 0.008 ^b	6.5 $\pm$ 0.03 ^a
San Miguelito	16.4 $\pm$ 0.06 ^a	57.7 $\pm$ 0.08 ^a	1.9 $\pm$ 0.008 ^b	5.4 $\pm$ 0.03 ^a
Estación del año				
Primavera	28.0 $\pm$ 0.06 ^a	39.0 $\pm$ 0.08 ^b	32.1 $\pm$ 0.01 ^a	0.0009 $\pm$ 0.04 ^c
Verano	27.3 $\pm$ 0.04 ^a	68.9 $\pm$ 0.05 ^a	0.0 ^b	0.59 $\pm$ 0.02 ^b
Otoño	10.0 $\pm$ 0.01 ^b	61.1 $\pm$ 0.12 ^a	0.0 ^b	18.3 $\pm$ 0.06 ^a
Invierno	10.2 $\pm$ 0.05 ^b	61.0 $\pm$ 0.08 ^a	0.0 ^b	18.7 $\pm$ 0.03 ^a
Interacción variedad x estación del año ³	NS	****	****	NS

^{a,b}Dentro de columnas y efecto, medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

¹La variable original en porcentaje se transformó a la raíz cuadrada del arco seno antes de realizar el análisis de varianza (ANOVA); los resultados del ANOVA se retransformaron a la escala original.

²Cada una de las variedades de alfalfa se asoció con trébol blanco (*Trifolium repens* var. Ladino) y una mezcla de pastos compuesta por ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

³NS= No significativo; **** = $P < 0.0001$.

La Figura 4 muestra la variación de los componentes de la pradera en las diferentes estaciones del año. El componente leguminoso fue el más abundante en la pradera durante todo el año, con una participación máxima durante el verano. Las gramíneas hicieron su mayor aportación a la masa de forraje durante las estaciones de primavera y verano, luego presentaron una disminución en el otoño e invierno. Las malezas sólo tuvieron un aporte

significativo ($P < 0.05$) en la masa de forraje de la pradera durante la primavera, y prácticamente desaparecieron para las siguientes estaciones después del segundo corte de la pradera. El material muerto inició siendo prácticamente cero durante las primeras determinaciones, pero se incrementó en las siguientes estaciones una vez que el ganado empezó el pastoreo de las praderas (Figura 4).

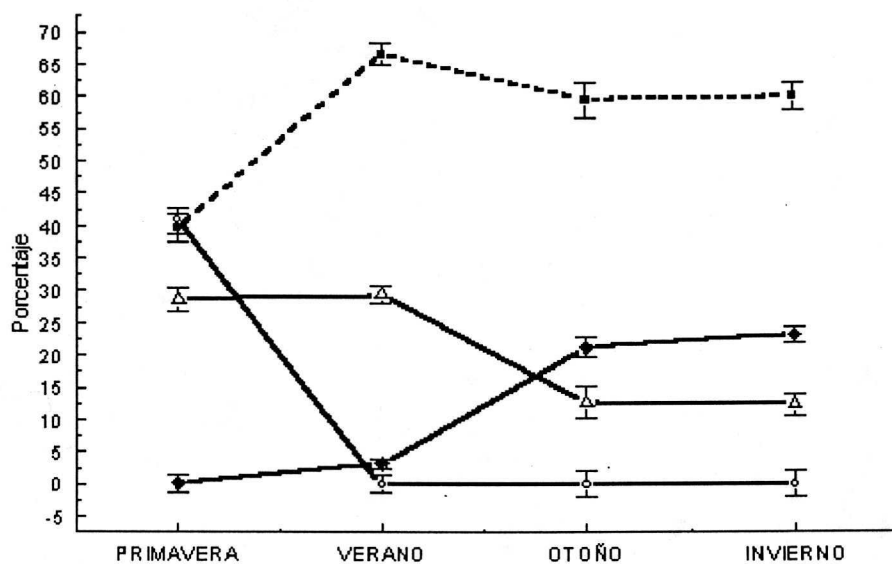


Figura 4 Participación porcentual de los diferentes componentes de la pradera en las distintas estaciones del año (alfalfa:---■---, maleza:—○—, gramínea:—△—, material muerto:—◆—).

Relación hoja:tallo de las diferentes variedades de alfalfa

Las cuatro variedades evaluadas presentaron proporciones similares tanto de hoja como de tallo. Dentro de cada variedad, el tallo tuvo una participación significativamente más alta ($P < 0.01$) que la hoja (58 vs 42%, respectivamente), como se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para relación hoja:tallo de las cuatro variedades de alfalfa

Variedad de alfalfa ¹	Componentes de la planta de alfalfa (%) ²	
	Tallo	Hoja
CUF-101	59.0 $\pm$ 0.006 ^{Aa}	41.0 $\pm$ 0.7 ^{Bb}
Júpiter	57.0 $\pm$ 0.005 ^{Aa}	43.0 $\pm$ 0.7 ^{Bb}
Moapa	58.4 $\pm$ 0.006 ^{Aa}	41.6 $\pm$ 0.7 ^{Bb}
San Miguelito	57.9 $\pm$ 0.006 ^{Aa}	42.1 $\pm$ 0.7 ^{Bb}

^{a,b}Medias con literal minúscula diferente en la misma columna son diferentes (P<0.01)

^{A,B}Medias con literal mayúscula diferente en la misma hilera son diferentes (P<0.01)

¹Cada una de las variedades de alfalfa se asoció con trébol blanco (*Trifolium repens* var. Ladino) y una mezcla de pastos compuesta por ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

²La variable original en porcentaje se transformó a la raíz cuadrada del arco seno antes de realizar el análisis de varianza (ANOVA); los resultados del ANOVA se retransformaron a la escala original.

Contenido de materia seca y rendimiento de forraje por hectárea por corte para cada una de las asociaciones

El contenido de materia seca de la masa de forraje de la pradera fue muy similar para las asociaciones con las cuatro variedades de alfalfa evaluadas. En contraste, la estación del año si tuvo un efecto importante (P<0.001) para esta variable, con el verano presentando los contenidos más bajos de MS (17.9%) y el otoño los más altos (26.8%). Para esta variable, la interacción variedad de alfalfa por estación del año no fue significativa (Cuadro 7).

Similarmente, la producción de MS por hectárea por corte no se vio afectada (P>0.05) por la variedad de alfalfa sembrada en la asociación. Los rendimientos promedio para las praderas con las distintas variedades de alfalfa fueron de 5496 para Cuf-101, 6068.6 para Júpiter, 6027 para Moapa, y 5864 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹ para la asociación con la variedad San Miguelito. Sin embargo, el rendimiento promedio de MS ha⁻¹ corte⁻¹ si estuvo afectado por la estación del año y en este caso las mayores producciones se obtuvieron durante las

estaciones de otoño (5949.6 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) e invierno (6789.3 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) y las más bajas durante la primavera (5424.4 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) y el verano (5292.3 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹). Adicionalmente, la interacción estación del año por variedad de alfalfa fue altamente significativa (P<0.0001) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ error estándar) para contenido de materia seca del forraje y rendimiento de materia seca por hectárea por corte para cada una de las asociaciones de las variedades de alfalfa con la mezcla de pastos

Efecto	Contenido de MS (%)	Rendimiento (kg de MS/ha/corte)
Variedad de alfalfa ¹		
CUF-101	23.9 $\pm$ 1.3 ^a	5,496.0 $\pm$ 266 ^a
Júpiter	23.0 $\pm$ 1.2 ^a	6,068.6 $\pm$ 265 ^a
Moapa	23.6 $\pm$ 1.3 ^a	6,027.0 $\pm$ 267 ^a
San Miguelito	24.5 $\pm$ 1.3 ^a	5,863.9 $\pm$ 271 ^a
Estación del año		
Primavera	24.9 $\pm$ 1.1 ^b	5,424.4 $\pm$ 226 ^c
Verano	17.9 $\pm$ 1.1 ^c	5,292.3 $\pm$ 234 ^c
Otoño	26.8 $\pm$ 1.1 ^a	5,949.6 $\pm$ 237 ^b
Invierno	25.2 $\pm$ 1.3 ^{ab}	6,789.3 $\pm$ 269 ^a
Interacción ²	NS	****

^{a,b}Dentro de columnas y efecto, medias con diferente literal son estadísticamente diferentes (P<0.05).

¹Cada una de las variedades de alfalfa se asoció con trébol blanco (*Trifolium repens* var. Ladino) y una mezcla de pastos compuesta por ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y ovilla (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

²NS= No significativo; **** = P < 0.0001.

La interacción entre la variedad de alfalfa sembrada en la asociación y la estación del año se presenta gráficamente en la Figura 5. Durante la primavera la asociación conteniendo la variedad de alfalfa Júpiter produjo significativamente (P<0.001) los rendimientos más altos con 6272 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹. Las asociaciones conteniendo las otras tres variedades

alcanzaron producciones similares entre ellas con promedios de 4987 para Cuf-101, 5490 para Moapa y 4948 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹ para la asociación conteniendo la variedad San Miguelito. Durante el verano las asociaciones conteniendo las distintas variedades de alfalfa produjeron cantidades similares ($P>0.05$) de MS ha⁻¹ corte⁻¹; las producciones promedio fueron de 5554 para Cuf-101, 5262 para Júpiter, 5121 para Moapa y 5231 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹ para la asociación conteniendo la variedad de alfalfa San Miguelito. En el otoño la asociación conteniendo la variedad de alfalfa Moapa fue la que produjo el mayor rendimiento (6320 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹); sin embargo esta producción sólo fue significativamente mayor ($P<0.01$) que la de la asociación conteniendo la variedad Cuf-101 (5554 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹). Las asociaciones conteniendo las variedades Júpiter (5811 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) o San Miguelito (6189 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) tuvieron un rendimiento intermedio y no fueron diferentes a los rendimientos de las asociaciones conteniendo las variedades Moapa o Cuf-101. Finalmente, durante el invierno la asociación conteniendo la variedad Cuf-101 produjo significativamente ($P<0.01$) menos forraje seco (5966 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) que las asociaciones conteniendo las variedades Júpiter (6927 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹), Moapa (7176 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) o San Miguelito (7088 kg de MS ha⁻¹ corte⁻¹) (Figura 5).

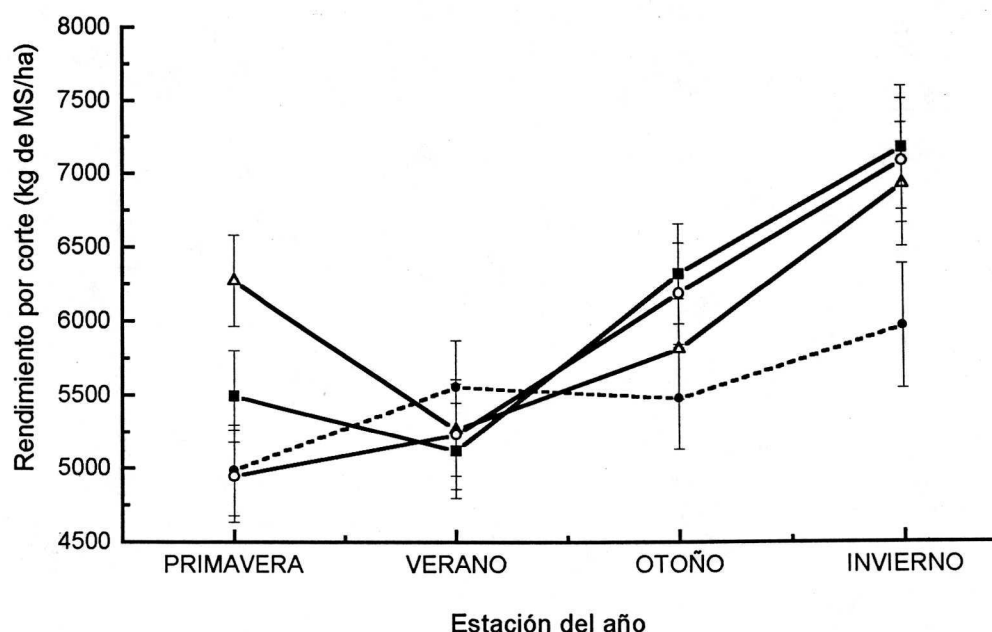


Figura 5. Producción de materia seca por hectárea por corte en cada una de las estaciones del año para las variedades de alfalfa Cuf-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito, asociadas con trébol blanco y una mezcla de pastos a base de ballico perenne (*Lolium perenne* var.

Rendimiento de forraje por hectárea por año para cada una de las asociaciones

La producción total de MS $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ para las asociaciones con las distintas variedades de alfalfa se muestra gráficamente en la Figura 7. En promedio se produjeron en el experimento alrededor de 30 toneladas de MS de forraje por $\text{ha} \text{año}^{-1}$. La asociación conteniendo la variedad Júpiter produjo significativamente ($P < 0.01$) el mayor rendimiento anual de MS con 33.77 toneladas $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (Figura 6).

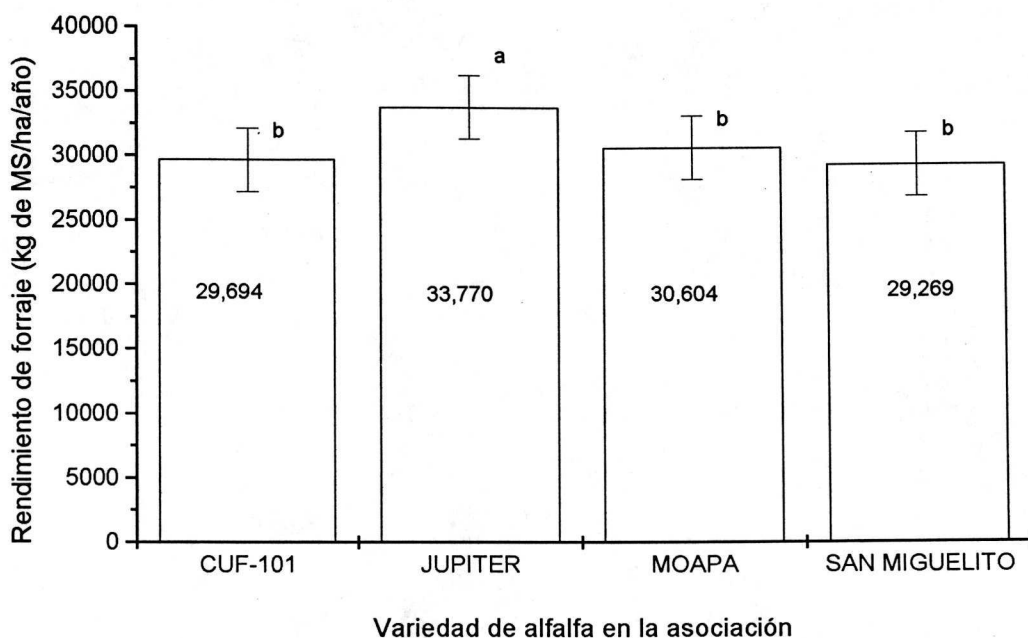


Figura 6 Rendimiento total (kg de MS/ha/año) de cada una de las asociaciones conteniendo las variedades de alfalfa Cuf-101, Júpiter, Moapa y San Miguelito, asociadas con trébol blanco y la misma mezcla de pastos a base de ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* var Baraula) y festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel).

Contenido de PC, FDA, y FDN del forraje de la pradera

El contenido de PC del forraje de la pradera conteniendo las leguminosas y la mezcla de pastos no presentó variaciones significativas debidas a estación del año o a la variedad de alfalfa sembrada en la asociación (Cuadro 8).

El contenido de FDA para cada variedad de alfalfa si varió de manera significativa en las diferentes estaciones del año. Para la asociación conteniendo la variedad de alfalfa Cuf-101 los mayores contenidos de FDA se obtuvieron durante las estaciones de verano (40.2%), otoño (43%), e invierno (42.4%), y el más bajo durante la primavera (33.1%). Un patrón similar se encontró para la asociación conteniendo la variedad Júpiter (primavera 34.3%; verano 40.7%; otoño 42.7% e invierno 42.4%). Las asociaciones conteniendo las

variedades Moapa y San Miguelito presentaron un patrón muy similar entre ellas con los contenidos más altos en el otoño (Moapa 42.6%; San Miguelito 43.1%) y los más bajos en la primavera (Moapa 33.3%; San Miguelito 32.4%) (Cuadro 8).

Dentro de cada estación del año, el contenido de FDN no fue diferente ($P>0.05$) para las asociaciones conteniendo las distintas variedades de alfalfa. Sin embargo, para cada variedad el contenido de FDN si varió de manera significativa ($P<0.05$) a través de las estaciones del año. Para las asociaciones conteniendo las variedades Cuf-101 o Júpiter los mayores contenidos de FDN se obtuvieron en las estaciones de verano (Cuf-101, 53.6%; Júpiter, 53.6%), otoño (Cuf-101, 57%; Júpiter, 56.4%), e invierno (Cuf-101, 54%; Júpiter, 55%), y los más bajos durante la primavera (Cuf-101, 47%; Júpiter, 48.5%). Las asociaciones conteniendo las variedades Moapa y San Miguelito presentaron un patrón muy similar entre ellas con los contenidos más altos durante el otoño (Moapa, 57.3%; San Miguelito, 58.1%) y los más bajos durante la primavera (Moapa, 47.9; San Miguelito, 47.6%) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para contenido de PC, FDA, FDN del forraje de las asociaciones conteniendo cada una de las variedades de alfalfa en cada una de las estaciones del año¹

Variedad de alfalfa ²	Estación del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Proteína cruda (%)				
CUF-101	21.5 $\pm$ 0.19 ^{Aa}	20.6 $\pm$ 0.28 ^{Aa}	20.3 $\pm$ 0.24 ^{Aa}	22.0 $\pm$ 0.29 ^{Aa}
Júpiter	20.7 $\pm$ 0.21 ^{Aa}	20.5 $\pm$ 0.22 ^{Aa}	20.7 $\pm$ 0.25 ^{Aa}	21.5 $\pm$ 0.26 ^{Aa}
Moapa	20.3 $\pm$ 0.21 ^{Aa}	19.5 $\pm$ 0.25 ^{Aa}	19.9 $\pm$ 0.24 ^{Aa}	20.9 $\pm$ 0.28 ^{Aa}
San Miguelito	20.7 $\pm$ 0.24 ^{Aa}	21.1 $\pm$ 0.22 ^{Aa}	20.2 $\pm$ 0.27 ^{Aa}	20.9 $\pm$ 0.27 ^{Aa}
FDA (%)				
CUF-101	33.1 $\pm$ 0.14 ^{Ba}	40.2 $\pm$ 0.49 ^{Aa}	43.0 $\pm$ 0.42 ^{Aa}	42.4 $\pm$ 0.52 ^{Aa}
Júpiter	34.3 $\pm$ 0.37 ^{Ba}	40.7 $\pm$ 0.39 ^{Aa}	42.7 $\pm$ 0.45 ^{Aa}	42.4 $\pm$ 0.47 ^{Aa}
Moapa	33.3 $\pm$ 0.37 ^{Ca}	39.5 $\pm$ 0.44 ^{Ba}	42.6 $\pm$ 0.42 ^{Aa}	42.0 $\pm$ 0.50 ^{ABa}
San Miguelito	32.4 $\pm$ 0.42 ^{Ca}	39.8 $\pm$ 0.39 ^{Ba}	43.1 $\pm$ 0.48 ^{Aa}	42.1 $\pm$ 0.48 ^{ABa}
FDN (%)				
CUF-101	47.0 $\pm$ 0.36 ^{Ba}	53.6 $\pm$ 0.54 ^{Aa}	57.0 $\pm$ 0.46 ^{Aa}	54.0 $\pm$ 0.57 ^{Aa}
Júpiter	48.5 $\pm$ 0.41 ^{Ba}	53.6 $\pm$ 0.43 ^{Aa}	56.4 $\pm$ 0.49 ^{Aa}	55.0 $\pm$ 0.51 ^{Aa}
Moapa	47.9 $\pm$ 0.40 ^{Ca}	53.8 $\pm$ 0.48 ^{Ba}	57.3 $\pm$ 0.46 ^{Aa}	53.9 $\pm$ 0.54 ^{ABa}
San Miguelito	47.6 $\pm$ 0.46 ^{Ca}	52.9 $\pm$ 0.46 ^{Ba}	58.1 $\pm$ 0.52 ^{Aa}	54.0 $\pm$ 0.53 ^{Ba}

^aDentro de atributo y estación del año, literales minúsculas diferentes en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

^{A,B,C} Dentro de atributo y variedad de alfalfa, literales mayúsculas diferentes en la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

¹EE=Error estándar; PC = Proteína cruda; FDA = Fibra detergente ácido; FDN = Fibra detergente neutro.

² Cada una de las variedades de alfalfa se asoció con trébol blanco (*Trifolium repens* var. Ladino) y una mezcla de pastos compuesta por ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

Contenido de PC, FDA, FDN y DMS del forraje de las distintas variedades de alfalfa

Dentro de cada uno de los componentes de las plantas de alfalfa (planta completa, hoja y tallo) el contenido de proteína cruda fue igual ($P > 0.05$) para las cuatro variedades evaluadas (Cuadro 9). Por otro lado, las variedades de alfalfa presentaron un comportamiento similar para el contenido de PC de las diferentes partes de la planta. Para todas las variedades el mayor contenido de PC lo presentaron las hojas (25.9%), seguidas de la planta completa (23.5%), y los más bajos fueron para el tallo (19.9%).

Dentro de cada uno de los componentes de las plantas de alfalfa (planta completa, hoja y tallo) el contenido de FDA fue igual ($P > 0.05$) para las cuatro variedades evaluadas (Cuadro 9). Sin embargo, el contenido de FDA si fue afectado de manera significativa ($P < 0.05$) por la parte de la planta. Para cada una de las variedades evaluadas, la hoja presentó el menor contenido de FDA (30.9%), seguida por la planta completa (32.2%), y finalmente el tallo con 34.5% (Cuadro 9).

El contenido de FDN no varió significativamente debido a la variedad de alfalfa cuando se comparó dentro de cada una de las partes de la planta (Cuadro 9). Sin embargo si hubieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido de FDN debidas a la parte de la planta de alfalfa (hoja, tallo, planta completa). El mayor contenido de FDN lo presentaron los tallos con un promedio de 57.6%; las hojas y la planta completa presentaron contenidos promedio más bajos de 44.0 y 50.1%, respectivamente (Cuadro 9).

Dentro de cada parte de la planta (planta completa, hoja, tallo), la variedad de alfalfa no tuvo efecto sobre la DMS. Sin embargo, para algunas de las variedades la DMS varió de manera significativa ($P < 0.05$) de acuerdo a la parte de la planta. Por ejemplo, las variedades Cuf-101 y Moapa presentaron los valores más altos de DMS para la hoja (Cuf-101, 64.7%; Moapa, 65%), y los más bajos para la planta completa (Cuf-101, 61.7%; Moapa, 61.8%) y el tallo (Cuf-101, 61.2%; Moapa, 60.8%). En contraste, para las variedades Júpiter (Planta completa, 61.2%; hoja, 64.3%; tallo, 61.8%) y San Miguelito (Planta completa, 62.8%;

hoja, 65.2%; tallo, 61.4%) no se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la DMS debido a la parte de la planta (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias de mínimos cuadrados ($\pm$ EE) para contenido de PC, FDA, FDN y DMS en plantas de alfalfa¹

Variedad de alfalfa ²	Parte de la planta		
	Completa	Hoja	Tallo
Proteína cruda (%)			
CUF-101	23.5 $\pm$ 0.41 ^{Aa}	26.1 $\pm$ 0.41 ^{Ba}	20.3 $\pm$ 0.41 ^{Ca}
Júpiter	23.6 $\pm$ 0.42 ^{Aa}	26.4 $\pm$ 0.42 ^{Ba}	20.0 $\pm$ 0.42 ^{Ca}
Moapa	23.2 $\pm$ 0.40 ^{Aa}	26.1 $\pm$ 0.40 ^{Ba}	19.5 $\pm$ 0.40 ^{Ca}
San Miguelito	23.8 $\pm$ 0.44 ^{Aa}	25.3 $\pm$ 0.44 ^{Ba}	19.9 $\pm$ 0.44 ^{Ca}
FDA (%)			
CUF-101	35.0 $\pm$ 0.62 ^{Aa}	31.0 $\pm$ 0.61 ^{Ba}	35.6 $\pm$ 0.61 ^{Aa}
Júpiter	35.5 $\pm$ 0.64 ^{Aa}	31.6 $\pm$ 0.64 ^{Ba}	31.1 $\pm$ 0.64 ^{Ba}
Moapa	34.8 $\pm$ 0.59 ^{Aa}	30.7 $\pm$ 0.59 ^{Ba}	36.1 $\pm$ 0.59 ^{Aa}
San Miguelito	23.8 $\pm$ 0.44 ^{Ca}	30.4 $\pm$ 0.66 ^{Ba}	35.3 $\pm$ 0.66 ^{Aa}
FDN (%)			
CUF-101	50.1 $\pm$ 0.95 ^{Ba}	44.6 $\pm$ 0.94 ^{Ba}	57.4 $\pm$ 0.94 ^{Aa}
Júpiter	51.3 $\pm$ 0.98 ^{Ba}	45.1 $\pm$ 0.98 ^{Ba}	57.3 $\pm$ 0.98 ^{Aa}
Moapa	49.6 $\pm$ 0.92 ^{Ba}	43.9 $\pm$ 0.92 ^{Ba}	58.4 $\pm$ 0.92 ^{Aa}
San Miguelito	49.3 $\pm$ 1.01 ^{Ba}	42.4 $\pm$ 1.01 ^{Ca}	57.2 $\pm$ 1.01 ^{Aa}
DMS (%) ³			
CUF-101	61.7 $\pm$ 0.47 ^{Ba}	64.7 $\pm$ 0.47 ^{Aa}	61.2 $\pm$ 0.47 ^{Ba}
Júpiter	61.2 $\pm$ 0.49 ^{Aa}	64.3 $\pm$ 0.49 ^{Aa}	61.8 $\pm$ 0.49 ^{Aa}
Moapa	61.8 $\pm$ 0.46 ^{Ba}	65.0 $\pm$ 0.46 ^{Aa}	60.8 $\pm$ 0.46 ^{Ba}
San Miguelito	62.8 $\pm$ 0.51 ^{Aa}	65.2 $\pm$ 0.51 ^{Aa}	61.4 $\pm$ 0.51 ^{Aa}

^{a,b,c} Literales minúsculas diferentes en la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

^{A,B,C} Literales mayúsculas diferentes en el mismo componente en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

¹EE = Error estándar; PC = Proteína cruda; FDA = Fibra detergente ácido; FDN = Fibra detergente neutro; DMS = Digestibilidad de la materia seca.

²Cada una de las variedades de alfalfa se asoció con trébol blanco (*Trifolium repens* var. Ladino) y una mezcla de pastos compuesta por ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra), festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel) y ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula).

³DMS (%) = Digestibilidad de la materia seca (%) = $88.9 - (0.779 \times \%ADF)$ (Schroeder, 1994; Caddel y Allen, 2000).

DISCUSIÓN

Establecimiento de las asociaciones

El número de plantas emergidas por metro cuadrado en este experimento coinciden con los datos reportados por Villa y Acosta (1997). Estos autores mencionan que el número de plantas por metro cuadrado disminuye conforme aumenta la edad de la pradera. Esto puede comprobarse con los datos reportados por Díaz y Hernández (1999), quienes hicieron un conteo cuando la pradera tenía un año de edad. Estos autores mencionan que esto es un fenómeno natural que ocurre en cualquier ecosistema debido a que tiene que haber un balance por nutrientes, agua y luz entre las diferentes especies (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de la cantidad de semilla utilizada en las siembra de las asociaciones y el número de plantas por m²

Autor	Cantidad de semilla comercial utilizada		Plantas m ⁻²	
	(kg)			
	Alfalfa	Pasto	Alfalfa	Pasto
Presente trabajo, 2001	12	20	196.9–255.6	264.7–288.7
Díaz y Hernández, 1999	15	0	54.8–69.8 ^ψ	19.5–24.5
Villa y Acosta, 1997	31.5–64.2	0	141.7–315.0 [*]	0
López, 1997	12	15	103.6–151.8	----

^ψ Después de un año de haber sido sembrada.

^{*} A los 45 días posteriores a la siembra.

---- = Dato no reportado.

Nodulación inicial de las alfalfas

Guerrero (1963), menciona que las plántulas de alfalfa forman nódulos con las cepas de *Rhizobium* cuando estas tienen una edad de 21 a 28 días de emergidas. En este experimento se hizo un conteo de nódulos cuando las plantas de alfalfa tenían 35 días de germinadas. No obstante que la variedad Júpiter se adquirió ya inoculada con *Rhizobium*, el número de nódulos no difirió para las distintas variedades de alfalfa sembradas. Esta situación probablemente se debió a que en el suelo existían cepas nativas de *Rhizobium* que poblaron las raíces de las alfalfas, por lo que al momento de realizar el conteo no se observaron diferencias.

Tallos por corona de alfalfa

El conteo de tallos por corona de alfalfa se realizó únicamente en el tercer muestreo de la fase experimental y sólo se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las variedades de alfalfa CUF-101 y Júpiter.

Altura de la pradera antes del corte o pastoreo

Al comparar los resultados del presente trabajo con los encontrados por Moreno y Molina (1994) se puede apreciar que la mayor altura de praderas mixtas a base de alfalfa y pasto se alcanzó en estaciones diferentes en cada una de las regiones donde se efectuaron las evaluaciones. Moreno y Molina (1994) registraron las mayores alturas de sus praderas durante la primavera, mientras que en el presente trabajo esto sucedió durante el verano. Durante el otoño es la única estación del año en que los datos de altura de ambos trabajos coinciden (Figura 7). Moreno y Molina (1994) también mencionan que las variedades CUF-101 y Moapa presentaron una mayor altura que la variedad valenciana, que es la que más se siembra con los productores en la zona aledaña a Chapingo.

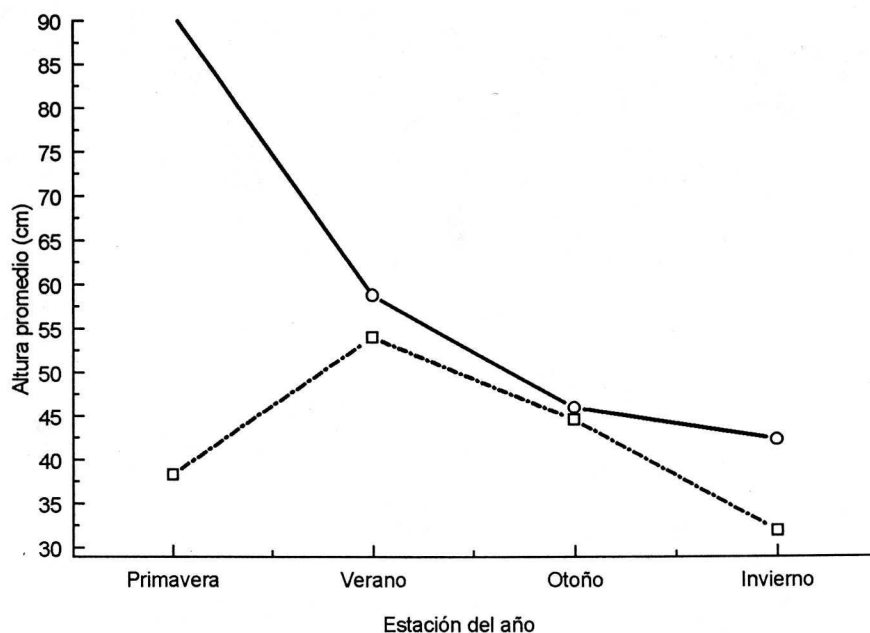


Figura 7 Altura promedio obtenidas en cada estación del año para asociaciones alfalfa-pasto en el presente estudio (---□---) y en Tepetitlán

Composición botánica de la pradera a través del año

En este trabajo se encontró que el componente de la pradera que tuvo un comportamiento más estable a lo largo del año fue la alfalfa, quien tuvo un incremento hacia la época de verano, para después mantenerse en otoño e invierno. Esto no ocurrió para la mezcla de pastos, quienes tuvieron una disminución en la época de otoño e invierno. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Díaz y Hernández (1999) y López (1997). Estos autores mencionan que este comportamiento se debe principalmente a la estacionalidad que es más marcada en los pastos que en la alfalfa. Otros autores mencionan que en una pradera mezclada de alfalfa-ovillo, la producción de materia seca a lo largo del año es sostenida principalmente por la alfalfa (Sánchez *et al.*, 1996). Por otro lado Sleugh *et al.* (2000), menciona que esto se debe principalmente a que después del primer corte en una asociación leguminosa-gramínea el componente leguminosa siempre se incrementa.

Relación hoja:tallo de las diferentes variedades de alfalfa

Aunque esta determinación se hizo únicamente en los dos últimos muestreos, la Figura 8 muestra que los datos obtenidos en este experimento para la relación hoja:tallo son inferiores a los encontrados por Álvarez y López (1992). Estos autores mencionan que todas las variedades que ellos utilizaron tuvieron en promedio una mayor proporción de hoja que de tallo. En el presente trabajo se utilizaron dos de las variedades que estos autores evaluaron (CUF-101 y Moapa) y los datos que se obtuvieron fueron contrarios a los que ellos observaron durante el transcurso de su fase experimental. Una de las posibles razones a las que se le puede atribuir este comportamiento es el periodo de descanso de la pradera, ya que en etapas tempranas de rebrote la proporción de hoja es mayor que la de tallo, invirtiéndose esta relación conforme aumenta la edad del rebrote. En promedio, Álvarez y López (1992) dieron un periodo de descanso de 30 días para todos los cortes (11 cortes/año), mientras que en el presente trabajo los periodos de descanso variaron desde 21 días en la primavera y el verano hasta 45 días en el otoño-invierno.

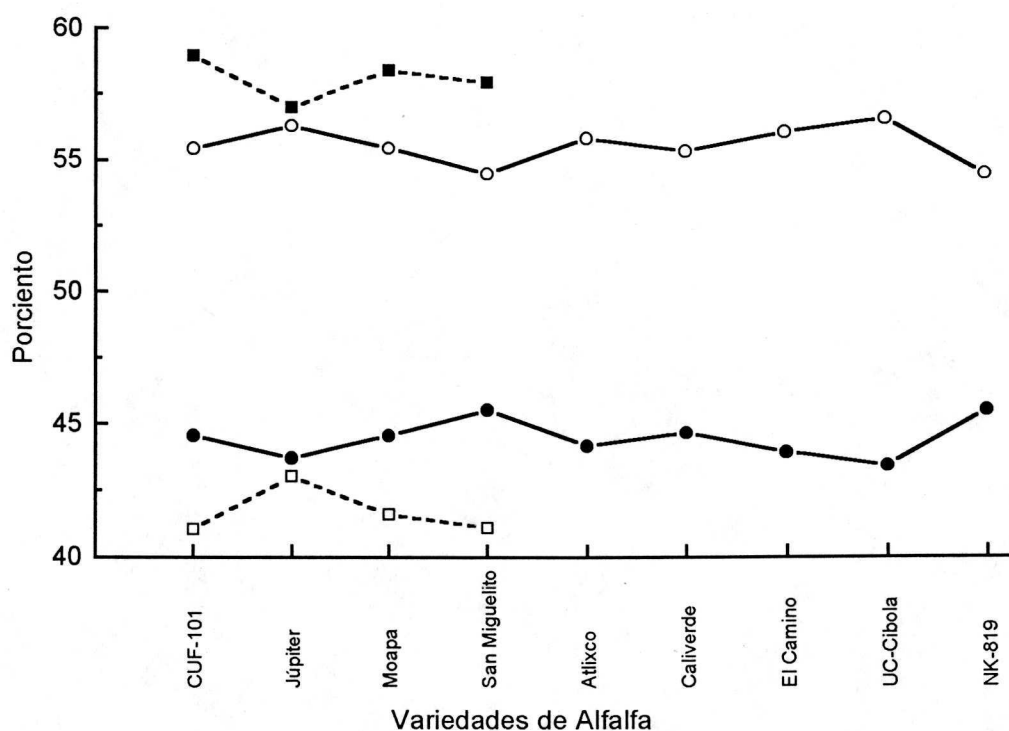


Figura 8. . Proporción de hoja y tallo en mezclas de alfalfa y pasto en el presente trabajo (tallo: ---■---; hoja: ---□---) y en el de Álvarez y López, 1992 (tallo: —●—; hoja: —○—).

Contenido de materia seca y rendimiento de forraje por hectárea por corte y por hectárea por año para cada una de las asociaciones

El menor contenido de materia seca de las diferentes asociaciones se presentó en la época de verano. Esto probablemente se debió a que en esta época se presentan las lluvias en la zona donde se realizó el experimento. Durante el periodo de recolección de las muestras en ocasiones se tenía que muestrear al día siguiente de una lluvia pesada y el contenido de humedad de estas siempre fue muy alto.

La producción de materia seca que se obtuvo en el presente trabajo es superior a la que otros autores han encontrado tanto en praderas monófitas (sólo alfalfa) como en praderas mezcladas a base de alfalfa-ovillo. Esto probablemente se debió a que en el presente experimento las praderas recibieron 17 riegos en un año, lo cual pudiera indicar que dichas praderas no sufrieron un estrés hídrico. Otra de las posibles razones de esta mayor producción pudo deberse a que en el periodo de evaluación no se tuvo un invierno tan crudo como en otros años. En el cuadro 11 se presentan datos de producción tanto por corte como total (los autores no presentan un promedio de producción).

Cuadro 11. Producción de materia seca por corte o por año reportada por diferentes autores para diferentes variedades de alfalfa

Autor	Variedad	Cosechas	Producción de MS de las asociaciones (t ha ⁻¹)		Localidad
			corte	año	
Álvarez y López, 1992	Atlixco	10	1.145	11.45	Nazareno, Etlá, Oaxaca
	Caliverde	10	1.620	10.62	
	El Camino	10	1.113	11.13	
	UC-Cíbola	10	1.132	11.39	
	Moapa	10	1.056	10.56	
	NK-819	10	0.983	9.83	
	Oaxaca	10	1.014	11.09	
	Valenciana	10	1.184	11.83	
	Velluda	10	1.062	10.62	
Coache, 1998	Puebla 76	5	3.85	30.4	Chapingo, Edo. de México
	CUF-101	5	3.80	31.1	
	NK-819	5	3.73	29.9	
	Sintético-1	5	3.72	30.8	
	Oaxaca	5	3.72	29.7	
	Moapa	5	3.70	29.7	
	ABT-805	5	3.64	30.1	
	Valenciana	5	3.54	29.4	
Díaz y Hernández, 1999	ABT-805*	4	4.25		Chapingo, Edo. de México
	Aragón*	4	3.51		
	CUF-101*	4	3.95		
	Moapa*	4	3.96		
	Oaxaca*	4	5.02		
	Puebla-76*	4	4.35		
	Sintético-1*	4	3.96		
Moreno y Molina, 1994	CUF-101	7		15.9	Tepetitlán, Hidalgo
	Africana	7		18.4	
	Joaquín-11	7		12.9	
	Moapa	7		15.9	
	Comet	7		16.9	
	Astro	7		16.5	
	Valenciana	7		16.4	
	NK-819	7		16.5	
	El camino	7		16.1	
	V. Peruana	7		18.1	
	Oaxaca	7		13.5	
Presente trabajo	CUF-101*	6	5.67	29.7	Chapingo, Edo. de México
	Júpiter*	6	6.13	33.7	
	Moapa*	6	5.83	30.6	
	San Miguelito*	6	5.82	29.3	

* Cada una de las variedades de alfalfa estuvo asociada con los pastos ovillo (*Dactylis glomerata* var. Baraula), ballico perenne (*Lolium perenne* var. Barlatra) y festuca alta (*Festuca arundinaceae* var. Barcel).

* Asociada con ovillo (*Dactylis glomerata*).

Contenido de PC, FDA, FDN del forraje de la pradera

En este trabajo no se encontraron diferencias significativas cuando se comparó la cantidad de proteína de las cuatro diferentes asociaciones dentro de una misma estación del año, así como en las diferentes estaciones del año. Esto no concuerda con lo encontrado con Moreno y Molina (1994) y Álvarez y López (1992), quienes mencionan que sus praderas monófitas de alfalfa tuvieron variaciones en proteína tanto en cada uno de los cortes como en las diferentes estaciones del año. En este trabajo, los valores de proteína son superiores a los encontrados por Moreno y Molina (1994) en praderas que contenían la misma variedad de alfalfa. Un ejemplo de ello es la asociación que contenía la variedad CUF-101, la cuál presentó los siguientes valores de proteína, 21.46 ± 0.19 , 20.60 ± 0.28 , 20.30 ± 0.24 y 21.95 ± 0.29 , para las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno respectivamente. Mientras que ellos en cultivo monófito de alfalfa obtuvieron valores de 19.8, 16.6, 18.9 y 23.1% para primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. Los valores de proteína que se obtuvieron en el presente trabajo son superiores; lo que conlleva a que se pudieran reducir los costos por suplementación proteica cuando la cosecha se hace por pastoreo. Para el caso de FDA y FDN los autores no mencionan ningún valor.

Valor nutritivo del forraje de las variedades de alfalfa (PC, FDA y FDN)

Al comparar los datos que se obtuvieron en este trabajo con los obtenidos por Moreno y Molina (1994) que es de 23.1 para la variedad CUF-101 en el mes de Marzo y Álvarez y López (1992) de 23.6 en Abril para la variedad Moapa, para las mismas variedades se tiene que sus mejores valores obtenidos en uno de sus muestreos son parecidos al promedio de todos los muestreos que se obtuvieron en este trabajo. Los datos encontrados en este trabajo para el caso de FDN, coinciden con los datos de Grant (1996). Este autor menciona que la proporción de FDN para novillos en finalización y vacas secas debe ser de 50 % de la materia.

CONCLUSIONES

Con la información generada en este trabajo y con los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

El número de plantas emergidas m^{-2} tanto de las especies sembradas como de las especies residentes no fue diferente para las asociaciones conteniendo las cuatro variedades de alfalfa evaluadas.

La variedad Júpiter presentó un mayor número de nódulos, debido probablemente a que fue la única que venía inoculada por la casa comercial. Esta misma variedad presentó un mayor número de tallos por corona.

La altura de la pradera fue similar para las distintas asociaciones con las variedades de alfalfa evaluadas. La altura promedio varió con la estación del año, registrándose la mayor altura en el verano y la menor en el invierno.

Las cuatro asociaciones evaluadas presentaron producciones de forraje por corte muy similares. Sin embargo, la asociación con la variedad Júpiter fue la que tuvo un desempeño productivo superior.

La composición botánica de la pradera fue similar para las asociaciones con las cuatro variedades de alfalfa. Las leguminosas contribuyeron la mayor proporción de la masa de forraje a través del año, seguidas de las gramíneas y el material muerto. Las malezas tuvieron una participación importante sólo durante los primeros dos meses después de la siembra, y tendieron a desaparecer después del segundo corte.

El contenido de PC y la digestibilidad de la MS del forraje de las asociaciones conteniendo las cuatro variedades de alfalfa fue adecuado para la alimentación del ganado lechero en pastoreo que utilizó las praderas. La concentración de estos nutrientes fue muy uniforme a través del año para las asociaciones conteniendo las cuatro variedades de alfalfa. Sin embargo, los contenidos de FDA y FDN tendieron a aumentar hacia el invierno, que fue donde se tuvo la mayor proporción de material muerto en la pradera.

REFERENCIAS

- Álvarez FG, López OR. Rendimiento agronómico, digestibilidad (*In vitro*) y contenido de proteína cruda de nueve variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en Nazareno, Etla, Oaxaca (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1992.
- Cachón AL, Horstein JA, Wendin WF, Marten GC. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Rama de suelos. ENA. Chapingo, México. 79 pp. 1976.
- Caddel J, Allen E. Forage quality interpretations. 2000. Oklahoma State University Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. F-2117. Available from: URL: <http://www.agweb.okstate.edu/pearl/plantsoil/crops/f-2117.pdf>
- Coaché BO. Rendimiento de ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y sus componentes (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1998.
- Díaz GD, Hernández PLJ. Comportamiento productivo de siete variedades de alfalfa asociadas con pasto ovinillo. (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1999.
- Duthil J. Producción de forrajes. Ed. Mundiprensa. Cuarta edición. Ed. Mundiprensa. Madrid España. 1989.
- FIRA. Pastoreo Intensivo Tecnificado de Praderas Tropicales. Boletín informativo Num. 259. Volumen XXVI. Morelia Michoacán, México. 1994.

- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen. Mexico (DF): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 1981.
- Grant R. Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. 1996. Cooperative Extension Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska Lincoln. Available from: URL: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/Dairy/G1034.htm#MOFLEV>
- Gutiérrez OMA. Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización, base de la producción animal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial E y G, 1996.
- Guerrero LME. Nodulación y simbiosis entre *Rhizobium sp* y algunas leguminosas (Tesis de maestría). Montecillo (Edo. de México) México. Colegio de Posgraduados, 1963.
- Littell RC, Milleken GA, Stroup WW, Wolfinger RD. SAS® System for Mixed Models, Cary (NC): SAS Institute Inc. 1996.
- López GAG. Comportamiento inicial de seis variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) Asociadas con pasto ovido (*Dactylis glomerata*) (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1997.
- McIlroy RJ. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. Ed. Limusa México. 168 pp. 1973.
- Neter J, Kutner MH, Natchtsheim CJ, Wasserman W. Applied linear statistical models. 4th ed. Chicago (USA): Times Mirror Higher Education Group, 1996.

- Moreno MJA, Molina GH. Rendimiento de forraje y proteína cruda de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en San Mateo Tepetitlan, Hidalgo (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1994.
- SAS®. User's guide: Statistics, Version 8 Edition. Cary (NC): SAS Institute Inc. 2000.
- Sánchez BR, Jiménez FM, Tenorio DG. Parametrización del sistema de producción de leche en pastoreo y su evaluación económica (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1996.
- Schroeder JW. Interpreting Forage Analysis. 1994. North Dakota State University Extension Service. North Dakota State University. Available from: URL: <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/hay/r1080w.htm>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México. México (DF): SAGAR, 2000.
- Sleugh B, Moore JK, George RJ, Brummer CE. Binary Legumes-Grass mixtures improve forage yield, quality, and seasonal distribution. *Agron. J.* 2000; 92:24-29.
- Snedecor GW, Cochran WG. Statistical methods 5th ed. Ames (Io): Iowa State University Press, 1980.
- Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2nd ed. Singapore: Mcgraw-Hill, 1981.
- Villa HD, Acosta PL. Establecimiento inicial de ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L) (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 1997.

