



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

✓ **SUPLEMENTACIÓN CON ENSILADO DE MAÍZ A VACAS
LECHERAS EN PASTOREO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA:
MARCO AURELIO MARTÍNEZ CASTILLO

NOVIEMBRE DE 1999
CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO



911321

SUPLEMENTACIÓN CON ENSILADO DE MAÍZ A VACAS LECHERAS EN PASTOREO

Tesis realizada por **Marco Aurelio Martínez Castillo** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

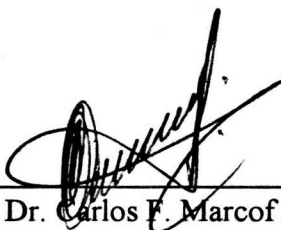
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR



Ir. Ricardo D. Améndola Massiotti

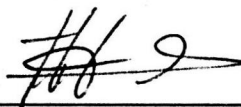
ASESOR



Dr. Carlos F. Marcof Alvarez

34941

ASESOR



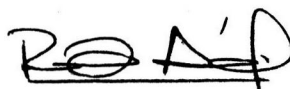
Dr. José Francisco Crossa Hiriart

SUPLEMENTACIÓN CON ENSILADO DE MAÍZ A VACAS LECHERAS EN PASTOREO

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Marco Aurelio Martínez Castillo** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

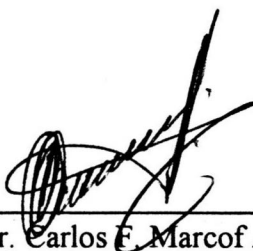
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESIDENTE



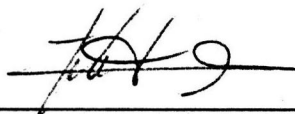
Ir. Ricardo D. Améndola Massiotti

ASESOR



Dr. Carlos E. Marcof Alvarez

ASESOR



Dr. José Francisco Crossa Hiriart

DEDICATORIA

A mis padres:

Delia Castillo González y Aurelio Martínez Solís, por ser el mejor ejemplo de lucha que he tenido y por estar conmigo en todo momento. Los quiero.

A mis hermanos:

Olga, Alma, Anabell, Gustavo, Martha y especialmente a Nélida y Angela, por su amistad y apoyo que siempre me han dado.

A Lety:

Por que ocupas un lugar muy importante en mi vida y eres un aliciente para continuar.

A los Ing. Joel Humberto Negrete Hueso y Juan Carlos Omaña Silvestre:

Por su valiosa amistad, apoyo, y conocimientos que sin escatimar me han brindado.

A todos mis compañeros y amigos, especialmente a los del Posgrado en Producción Animal de la Universidad Autónoma Chapingo.

MARCO AURELIO

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Producción Animal de la Universidad Autónoma Chapingo, por todos los conocimientos recibidos y el apoyo para poder culminar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo económico brindado para poder realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Ir. Ricardo D. Améndola Massiotti por todos sus valiosos conocimientos compartidos, por su amistad y su acertada dirección de esta investigación.

Al Dr. Carlos F. Marcof Alvarez por sus comentarios sobre el escrito final del trabajo experimental.

Al Dr. José Francisco Crossa Hiriart por la minuciosa revisión de la parte estadística correspondiente a este trabajo de tesis.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales:

Nombre: Marco Aurelio Martínez Castillo

Lugar de origen: Tlanchinol, Hidalgo

Profesión: Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Formación académica:

Escuela Secundaria Técnica 10. Tlanchinol, Hidalgo (1986 – 1989).

Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México (1989 – 1992).

Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México (1992 – 1996).

RESUMEN

SUPLEMENTACIÓN CON ENSILADO DE MAÍZ A VACAS LECHERAS EN PASTOREO

Martínez, C. M. A¹; R. D. Améndola, M¹.

¹Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México. C.P. 56230

La suplementación con ensilado de maíz podría emplearse para mantener carga animal elevada durante el invierno; por lo que en Chapingo, México, se le evaluó durante 70 días con vacas lecheras en pastoreo de alfalfa-ovillo y avena-ballico anual, suplementadas con 3 kg de concentrado. A cuatro lotes de seis vacas se les ofreció respectivamente 0, 6, 12 y 18 kg de ensilado vaca⁻¹ día⁻¹. Se analizó la producción individual de leche en parcelas divididas en el tiempo, completamente al azar. Carga animal y producción por hectárea se analizaron completamente al azar. La producción individual fue 17.7 kg vaca⁻¹ día⁻¹, sin diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). Carga animal y producción por hectárea aumentaron ($p<0.05$) con el nivel de ensilado (2.1, 2.5, 3.1 y 3.6 vacas ha⁻¹ y 36.1, 38.2, 42.9 y 51.2 kg ha⁻¹ día⁻¹ para 0, 6, 12 y 18 kg de ensilado respectivamente). La suplementación con ensilado de maíz en invierno permitió incrementar carga animal y producción de leche por hectárea, constituyendo una solución para el déficit invernal de forraje.

PALABRAS CLAVE: *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa*, *Avena sativa*, *Lolium multiflorum*, Producción de leche, Carga animal.

ABSTRACT

SUPPLEMENTARY FEEDING WITH MAIZE SILAGE TO GRAZING DAIRY COWS

Martínez, C. M. A¹; R. D. Améndola, M.

Supplementary feeding with maize silage could be used in order to maintain higher stocking rates during the winter. During 70 days, four groups of six cows were offered respectively 0, 6, 12 y 18 kg silage cow⁻¹ day⁻¹. The experiment was carried out at Chapingo, Mexico, cows grazed alfalfa-orchard grass and oats-annual ryegrass pastures and received 3 kg concentrate cow⁻¹ day⁻¹. Daily milk production per cow was analysed using a random split plot design in time, while stocking rate and milk production per hectare were analysed using a complete random design. Average daily milk production per cow was 17.7 kg showing no effect of treatments ($p>0.05$). Stocking rate and milk production per hectare increased ($p<0.05$) with increasing levels of silage offered (2.1, 2.5, 3.1 y 3.6 cows ha⁻¹ and 36.1, 38.2, 42.9 y 51.2 kg ha⁻¹ d⁻¹ for 0, 6, 12 y 18 kg silage respectively). Supplementary feeding with maize silage increased stocking rate and productivity, therefore it can be considered as a solution for winter feed shortage.

KEY WORDS: *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa*, *Avena sativa*, *Lolium multiflorum*, Milk production, Stocking rate.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCION	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. La producción de leche en México	3
2.2. Praderas permanentes	6
2.2.1. Masa de forraje y composición nutricional.....	7
2.3. Cultivos forrajeros	13
2.3.1. Avena (<i>Avena sativa</i>).....	14
2.3.2. Ballico anual (<i>Lolium multiflorum</i> Lam)	17
2.3.3. Asociación avena-ballico.....	19
2.4. Suplementación.....	22
2.4.1. Suplementación con concentrados.....	23
2.4.1.1. Producción de leche.....	24
2.4.1.2. Efecto de la suplementación con concentrados sobre consumo y sustitución de forraje	24
2.4.2. Sustitución.....	25

2.4.2.1. Efecto de la suplementación con concentrados sobre el comportamiento animal	27
2.4.3. Ensilado de maíz.....	28
2.4.3.1. Factores que afectan la calidad del ensilado de maíz.....	29
2.4.3.2. Suplementación con ensilado de Maíz.....	31
2.4.3.2.1. Producción de leche.....	31
2.4.3.2.2. Sustitución de forraje por ensilado de maíz	34
2.4.3.2.3. Efecto sobre el comportamiento ingestivo.....	36
2.4.3.2.4. Efecto sobre composición de la leche.....	37
2.4.3.2.5. Cambios en peso vivo y condición corporal.....	38
2.4.3.2.6. Utilización de nitrógeno.....	38
2.5. HIPOTESIS	41
3. MATERIALES Y METODOS.....	42
3.1. Localización y duración del experimento	42
3.2. Clima.....	42
3.3. Praderas permanentes	42
3.4. Cultivo forrajero	43
3.5. Riego.....	43
3.6. Fertilización.....	43
3.7. Manejo de las forrajeras	43

3.8. Animales.....	45
3.9. Manejo de los animales	45
3.10. Periodo experimental	46
3.11. Tratamientos.....	46
3.12. Unidad experimental	46
3.13. Variables de respuesta.....	47
3.13.1. Forraje ofrecido y residual.....	47
3.13.2. Composición botánica y morfológica.....	47
3.13.3. Variables de respuesta calculadas	48
3.13.3.1. Forraje desaparecido (FD)	48
3.13.3.2. Tasa de desaparición de forraje (TDF)	48
3.13.3.3. Grado de defoliación (GD)	48
3.13.3.4. Carga animal (CA).....	49
3.13.3.5. Asignación diaria de Forraje (ADF)	49
3.14. Producción de leche individual	49
3.15. Producción de leche ha ⁻¹	49
3.16. Comportamiento ingestivo	50
3.17. Consumo de ensilado	50
3.18. Condición corporal	50
3.19. Preparación de muestras para análisis de laboratorio.....	50

3.20. Análisis de laboratorio.....	50
3.20.1. Forraje.....	50
3.20.2. Composición de la leche.....	51
3.21. Análisis estadístico.....	51
4. RESULTADOS.....	57
4.1. Forraje ofrecido.....	57
4.2. Composición botánica.....	60
4.3. Composición morfológica.....	63
4.4. Composición nutricional.....	66
4.5. Calidad del forraje residual.....	69
4.6. Grado de defoliación y tasa de desaparición de forraje.....	70
4.7. Asignación y carga.....	73
4.8. Consumo de ensilado.....	76
4.9. Comportamiento animal.....	77
4.10. Tasa de bocados.....	79
4.11. Producción de leche individual y por hectárea.....	81
4.12. Composición de la leche.....	83
4.13. Cambio en condición corporal.....	85
5. DISCUSIÓN.....	86
5.1. Praderas y cultivos.....	86

5.2. Sustitución de forraje por ensilado	93
5.3. Asignación diaria de forraje, carga animal y productividad.....	96
6. CONCLUSIONES	98
7. LITERATURA CITADA	99

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de praderas de alfalfa-ovillo en la época invernal, en Chapingo, México.....	10
Cuadro 2. Características de <i>Avena sativa</i> en la época invernal.....	15
Cuadro 3. Características de <i>Lolium multiflorum</i> en la época invernal.....	18
Cuadro 4. Características de la asociación avena - ballico en Chapingo, México.....	20
Cuadro 5. Consumo de concentrado (materia orgánica) por vaca a diferentes cantidades de forraje ofrecido.....	25
Cuadro 6. Sustitución de forraje (kg de pasto kg de concentrado ⁻¹ consumido).....	26
Cuadro 7. Sustitución (kg de forraje MS kg concentrado ⁻¹) de acuerdo a la forma de alimentación, cantidad de forraje y concentrado ofrecido.....	26
Cuadro 8. Efecto de la suplementación con concentrados sobre el comportamiento de vacas en pastoreo.....	27
Cuadro 9. Rendimiento de maíz forrajero (t MS ha ⁻¹) con diferentes variedades y manejo en el valle de México.....	29
Cuadro 10. Composición nutricional del ensilado de maíz.....	29
Cuadro 11. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre la producción de leche.....	32

Cuadro 12. Efecto de la adición de una fuente de energía o proteína a vacas suplementadas con ensilado de maíz sobre la producción de leche	33
Cuadro 13. Efecto del momento de ofrecer el ensilado sobre la producción de leche a vacas en pastoreo.....	34
Cuadro 14. Sustitución kg forraje (kg ensilado) ⁻¹	35
Cuadro 15. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre comportamiento en vacas lecheras en pastoreo	36
Cuadro 16. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre la composición de la leche en vacas lecheras en pastoreo.....	37
Cuadro 17. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre el uso de nitrógeno (N) en vacas en pastoreo.....	40
Cuadro 18. Tratamientos.....	46
Cuadro 19. Variable respuesta analizadas en un diseño completamente al azar.....	52
Cuadro 20. Forraje ofrecido, Forraje residual y Forraje desaparecido de alfalfa-ovillo (pradera) y avena-ballico (cultivo).....	59
Cuadro 21. Forraje ofrecido, residual y desaparecido por tipo de pradera en alfalfa-ovillo	60
Cuadro 22. Composición botánica del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo (pradera) y avena- ballico (cultivo).....	62

Cuadro 23. Composición botánica del forraje residual de alfalfa-ovillo (Pradera) y avena-ballico (Cultivo).....	63
Cuadro 24. Composición morfológica del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo (pradera) y avena-ballico (cultivo).....	64
Cuadro 25. Composición morfológica del forraje residual de alfalfa-ovillo (pradera).....	65
Cuadro 26. Composición morfológica del forraje residual de avena-ballico	66
Cuadro 27. Proteína Cruda (PC), Fibra detergente ácido (FAD), Fibra detergente neutro (FND), Digestibilidad calculada y Digestibilidad <i>in situ</i> del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo, avena-ballico y ensilado de maíz	69
Cuadro 28. Proteína Cruda (PC), Fibra detergente ácido (FAD), Fibra detergente neutro (FND), Digestibilidad calculada (Dig) y Digestibilidad <i>in situ</i> (Dig in situ) del forraje residual de alfalfa-ovillo, avena-ballico y ensilado de maíz	70
Cuadro 29. Grado de defoliación y tasa de desaparición en alfalfa-ovillo (pradera) y avena-ballico (cultivo).....	72
Cuadro 30. Tasa de desaparición por tipo de pradera en alfalfa.....	73
Cuadro 31. Carga y Asignación.....	75
Cuadro 32. Carga animal por tipo de pradera en alfalfa-ovillo.....	75
Cuadro 33. Consumo y Rechazo de ensilado en corral y pradera (kg ensilado vaca ⁻¹ día ⁻¹)	77
Cuadro 34. Comportamiento animal (minutos)	79

Cuadro 35. Tasa de bocados (bocados minuto ⁻¹) con diferentes niveles de ensilado y tiempo de permanencia en la faja de pastoreo.....	81
Cuadro 36. Producción de leche individual y por ha	83
Cuadro 37. Efecto del nivel de ensilado sobre composición de la leche	85
Cuadro 38. Cambio en condición corporal.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Producción de leche en México en el periodo 1980 - 1998	3
Figura 2. Tasa de bocados de vacas suplementadas con diferentes niveles de ensilado de maíz.....	80
Figura 3. Distribución de la masa de forraje ofrecido en alfalfa ovinillo (pradera) y avena ballico (cultivo).....	87

1. INTRODUCCION

En las dos últimas dos décadas el sector lechero mexicano ha enfrentado una crisis de rentabilidad ocasionada en parte por las políticas de control de precios. Ello generó un estancamiento en el crecimiento del sector y por tanto un incremento en la dependencia de importaciones. Si bien en los últimos dos años luego de la liberación de precios, la producción ha aumentado a un ritmo elevado, la perspectiva de crecimiento del sector es incierta.

En la actualidad los sistemas intensivo y semi-intensivo de clima templado aportan aproximadamente el 70% de la producción nacional y en estos sistemas los costos de producción son elevados. Tomando en cuenta la evolución decreciente prevista en los precios pagados al productor por efecto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, es imperioso reducir estos costos.

Los sistemas de producción bajo pastoreo son una de las alternativas para reducir costos. Sin embargo, la producción lechera basada en el pastoreo de praderas bajo riego en las zonas templadas de México, enfrenta el problema de la baja disponibilidad de forraje durante el invierno. Para solucionar este problema se han propuesto esquemas de rotación de praderas con cultivos forrajeros, que incluyen asociaciones de *avena* (*Avena sativa* L.) y ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.) para pastoreo durante el invierno y maíz (*Zea mays* L.) para elaboración de ensilado que se emplea como suplemento en los meses de déficit forrajero.

Debido al efecto sustitutivo, la suplementación con ensilado de maíz, permite mantener una carga animal elevada a través del año, con efectos positivos sobre la producción de leche por unidad de superficie y por lo tanto sobre los costos de producción.

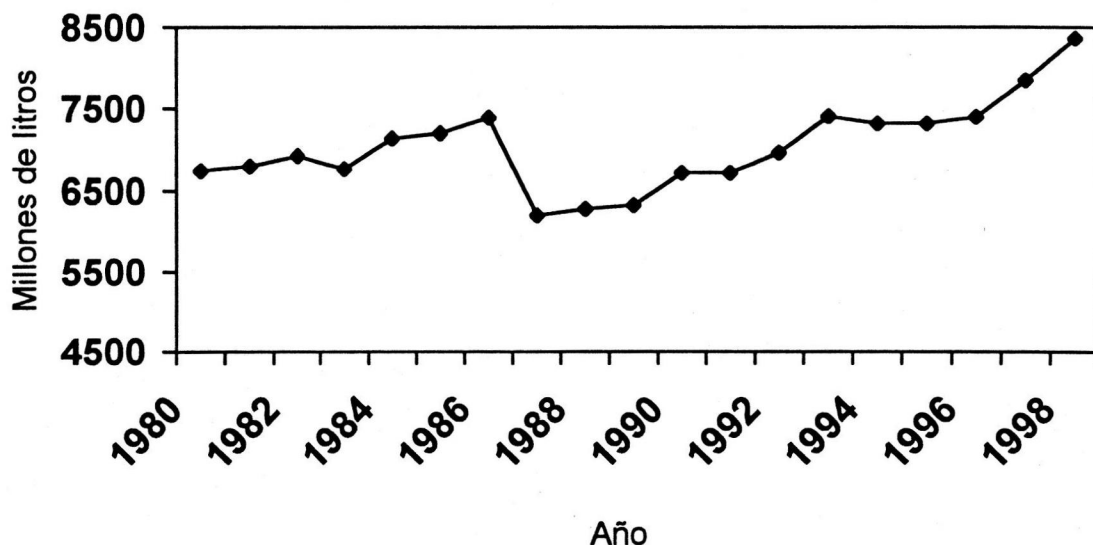
Dado que los sistemas de producción lechera bajo pastoreo de praderas templadas son relativamente nuevos en México, se carece de información local sobre los efectos de la suplementación con ensilado de maíz. Con base a lo anterior se plantea el presente trabajo con el objetivo de evaluar la suplementación invernal con ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La producción de leche en México

El sector lechero en México es de los más débiles de la actividad pecuaria, así para 1990 las importaciones de leche representaron el 50% de las importaciones del subsector pecuario (Muñoz y Odermatt, 1992). Esta situación se generó por el escaso crecimiento del sector productivo. En la figura 1 se observa que el crecimiento entre 1980 y 1986 fue muy bajo (1.5% anual), en 1987 se produjo una reducción drástica (15%) de la cual el sector tardó una década en recuperarse, regresando en 1996 a los niveles de 1986. A su vez en los últimos dos años, el sector ha mostrado buenas tasas de crecimiento.

Fig. 1 Producción de leche en México en el periodo 1980 -1998



Muñoz y Odermatt, 1992; SAGAR, 1998.

Esta evolución respondió en gran medida a los precios tope implantados en la década de los 80's que implicaron un subsidio negativo (-56% entre 1982 y 1988) con ello muchos productores se descapitalizaron y abandonaron el sector agudizando aún más el problema

por efecto de una reducción en el inventario nacional (Muñoz y Odermatt, 1992). A su vez la liberación de precios trajo aparejado el buen crecimiento de los últimos dos años. Sin embargo, el panorama es incierto ya que a pesar de que actualmente está creciendo debe en un periodo no mayor de 10 años estar produciendo a menos de U\$0.21 el litro de leche pues en ese precio está estimado que se producirá un litro de leche en México con materias primas importadas por efecto de la anulación de aranceles con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (Muñoz *et al.*, 1997).

Si bien en la década de los 90's el sector lechero ha tenido un ligero repunte, todavía está lejos de alcanzar la autosuficiencia, de hecho aún con las importaciones el consumo aparente para el periodo 1991-1997 está por debajo de lo recomendado en lo revisado por Cortez (1998).

Muñoz y Odermatt (1992) han planteado que de los 3 sistemas de producción lechera en México: Lechería especializada (14% hato nacional y 55% de la producción), Lechería familiar (23% hato lechero con el 17% de la producción) y Lechería de doble propósito (63% hato nacional y 28% producción de leche) es este ultimo el que tiene un alto potencial para producir leche que pueda competir con precios internacionales debido a sus bajos costos de producción. Aunque también se plantea que este sistema debe adoptar tecnología que permita incrementar la producción (Muñoz y Odermatt 1992).

Una alternativa para reducir costos es la producción de leche en praderas permanentes de zona templada, que a partir de la década de los 80's se empezó a desarrollar adoptando

tecnología Neozelandesa. Este sistema de producción se caracteriza porque las vacas obtienen su alimento de praderas perennes, principalmente de alfalfa (*Medicago sativa*) - ovinillo (*Dactylis glomerata*) y en menor medida praderas de trébol blanco (*Trifolium repens*) - ballico perenne (*Lolium perenne*).

El sistema de pastoreo es intensivo, utilizando asignaciones diarias y en ocasiones hasta dos veces por día con el objetivo de proporcionar una dieta rica al animal todo el tiempo. El sistema aún cuando es incipiente y con muchos problemas, presenta ventajas comparativas con sistemas de producción estabulado en lo que se refiere a costos de producción, ya que se han podido reducir hasta en un 50% por efecto principalmente de una reducción cercana al 68% de los costos de alimentación (Améndola, 1997).

Sin embargo, esta forma de producción presenta un problema fuerte que es la marcada estacionalidad en la producción de forraje y con ello la de leche, por lo que se deberá trabajar aun más para que sea una alternativa sólida para aliviar el déficit de leche en México.

Améndola (1997) plantea la inclusión de praderas de avena-ballico así como la suplementación con ensilado de maíz en la época invernal, con el fin de estabilizar la oferta de forraje y con ello mantener cargas constantes a través del año, traducándose esto en una oferta constante de leche. Enseguida se describirán los componentes de este sistema que presenta buen potencial para producir leche en México.

2.2. Praderas permanentes

Las praderas permanentes en la zona templada de México son de reciente introducción, es así como en la década de los 70's se empezó a generar información referente a forrajeras de esta zona (Avendaño, 1978).

Posteriormente se realizaron estudios con asociaciones de diferentes gramíneas y leguminosas, donde se concluyó que la asociación alfalfa – ovinillo presentaba la mejor alternativa, por alcanzar las mayores producciones de forraje y ser menos estacional (Jiménez, 1983).

La información que se presenta de alfalfa-ovillo se ubica principalmente en dos temas; masa de forraje y composición nutricional, mencionando algunos factores que afectan estas dos variables.

La masa de forraje se divide en forraje ofrecido, residual y desaparecido. En el primer caso es una variable que depende de la tasa de acumulación de forraje y se incluye porque es fundamental para el manejo de las praderas, ya que indica la cantidad de forraje que se puede utilizar en diferentes épocas del año. También se analiza la masa de forraje residual ya que es un indicador de la severidad del pastoreo, y por lo tanto del desempeño animal y la evolución de la pradera (Poppi *et al.*, 1987)

La diferencia entre el forraje ofrecido y el residual (forraje desaparecido) en sistemas de pastoreo con ciclos cortos y muestreando a ras de suelo puede considerarse un estimador

del forraje consumido (Hodgson 1979) y por lo tanto de la producción neta de forraje (Hodgson, 1979).

En composición nutricional se presenta información de proteína cruda y digestibilidad debido a que son variables que influyen sobre el desempeño animal y a su vez dependen de la composición botánica y morfológica. Estas dos últimas variables también se incluyen en la descripción de las forrajeras.

La revisión se basa principalmente en el trabajo de Sánchez *et al.* (1996) que recopila la información de 23 trabajos en pastoreo de alfalfa-ovillo en Chapingo, México y Cortez (1998) quien utilizó en el invierno previo las mismas praderas que se utilizaron en el presente experimento. Adicionalmente se revisaron trabajos bajo pastoreo realizados en la época invernal con diferentes praderas y distintos años en Chapingo, México.

2.2.1. Masa de forraje y composición nutricional

La masa de forraje ofrecido en la época invernal en promedio es de 3058 kg MS ha⁻¹ ciclo⁻¹, valor muy inferior a lo que se obtiene de estas praderas en el verano (Sánchez *et al.*, 1996). El forraje ofrecido está afectado por diversos factores entre los que destaca la edad de la pradera, observándose que a mayor edad la masa de forraje ofrecido disminuye lo que se puede atribuir a una caída en la proporción de alfalfa a través de los años, componente relacionado positivamente con la masa de forraje ofrecido en la época invernal (Cuadro 1).

Otro factor que afecta la masa de forraje ofrecido es el periodo de descanso, resultando una mayor masa cuando los periodos entre pastoreos son largos, lo que se relaciona directamente con más días de acumulación de forraje, aunque también con el efecto positivo que tiene sobre la proporción de alfalfa.

La masa de forraje residual está muy relacionada con la de forraje ofrecido observándose una relación positiva entre estas dos variables. Un factor que influye de manera importante en forraje residual es el manejo al que se someten las praderas, de tal manera que al existir un mayor grado de defoliación el residual es menor (Cuadro 1)

En praderas de alfalfa-ovillo Sánchez *et al.* (1996) reportan más de 20000 kg MS de forraje desaparecido $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ lo que se debe considerar como un valor elevado. Aunque existe una marcada estacionalidad en la distribución de esta masa de forraje, presentándose en la época invernal la menor cantidad con 2017kg MS $\text{ha}^{-1} \text{ciclo}^{-1}$ en promedio. El forraje desaparecido tiene una relación positiva con forraje ofrecido, en tanto que con grado de defoliación no se observa una relación clara (Cuadro 1)

El contenido proteína y la digestibilidad de alfalfa-ovillo en la época invernal se pueden considerar elevadas, con promedios de 22.4 y 73.4% respectivamente, superiores a los valores de primavera y verano (Sánchez *et al.*, 1996). La composición botánica y morfológica de la pradera afecta composición nutricional, de tal forma que al existir mayor proporción de material muerto y ovillo así como menor proporción de alfalfa el contenido de proteína cruda y la digestibilidad disminuyen.

Otro factor que influye sobre la composición nutricional es el periodo de descanso. Guillen *et al.* (1991) al trabajar con periodos de descanso de 21, 28, 35 y 42 días, reportan un incremento en digestibilidad cuando el periodo de descanso aumenta, lo que se puede atribuir a la mayor proporción de alfalfa en la asociación a medida que los periodos de descanso son más largos. Los autores no encontraron efecto del descanso sobre el contenido de proteína cruda.

La relación entre la digestibilidad y el contenido de proteína cruda con la masa de forraje ofrecida no es clara, ya que aparentemente son otros los factores de mayor importancia, tal es el caso de los componentes botánicos. Esto se manifiesta también en la diferencia importante que existe entre proteína cruda y digestibilidad del forraje ofrecido y el residual donde además se observa que en el forraje residual existe menor proporción de hoja y mayor de tallo y por consiguiente menor contenido de proteína cruda y digestibilidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de praderas de alfalfa-ovillo en la época invernal, en Chapingo, México

Fuente	Edad de la pradera años	Epoca del año	Periodo de descanso	Forraje ofrecido kg MS ha ⁻¹ ciclo ⁻¹	Forraje residual Kg MS ha ⁻¹ ciclo ⁻¹	Forraje desaparecido kg MS ha ⁻¹ ciclo ⁻¹
Sánchez et al., 1996	2	Ene-Abr	35 días	2908	1268	1641
Cortez, 1998	1 y 2	Ene-Mzo	58 días	4631	2338	2199
Abundez y Cornejo, 1993	3	Mzo-Abr	Largo*	5437	2992	
Guillen et al., 1991	3	Nov-Abr	21 días	1251	866	
			28 días	1458	950	
			35 días	2085	1214	
			42 días	2566	1111	
García y Juárez, 1994	1	Oct-Feb	50 días	3724	984	2337
Julian, 1996	3	Nov-Abr	45 días			2399
			44 días			1692
Vargas, 1995	3	Dic-Feb	54 días	2660	1189	
Apaseo et al., 1990	6	Nov-Mzo			1710	

* No especificado

Cuadro 1. Características de praderas de alfalfa-ovillo en la época invernal, en Chapingo, México.
Continuación

Fuente	Grado de defoliación (%)	Tasa de desaparición kg MS	Composición morfológica ofrecido (%)		Composición morfológica residual (%)	
			Lamina	Tallo	Lamina	Tallo
Sánchez et al., 1996	53	4.3	57.2	42.0	35.9	64.0
Cortez, 1998	46.5	3.2	61.7	38.2	54.9	45.0
Abundez y Cornejo, 1993	41.6	3.0				
Guillen et al., 1991	29.1	2.4				
	33.8	2.3				
	43.7	3.6				
	56.2	4.3				
García y Juárez, 1994	71.0					
Julian, 1996	36.2					
	37.5					
Vargas, 1995	56.6	5.1				
Apaseo et al., 1990	55.6					

Cuadro 1. Características de praderas de alfalfa-ovillo en la época invernal, en Chapingo, México.
Continuación

Fuente	Digestibilidad (%)		Proteína cruda (%)		Composición botánica ofrecido (%)				Composición botánica residual (%)			
	Ofrecido	Residual	Ofrecido	Residual	Alfalfa	Ovillo	*MM	Maleza	Alfalfa	Ovillo	*MM	Maleza
Sánchez <i>et al.</i> , 1996	74.1	64.9	22.9	18.5	50.7	15.9	26.8	8.4	36.0	25.6	37.1	1.6
Cortez, 1998	74.5	62.3	18.4	13.9	74.8	24.2	25.6	0.7	63.3	32.5	42.8	.6
Abundez y Cornejo, 1993	70.2		13.9		10.9	31.2	56.5					
Guillen <i>et al.</i> , 1991	70.0	69.0	25.6	21.6	35.6	5.2	45.6					
	73.0	68.6	29.3	19.0	40.3	6.1	36.9					
	75.0	69.3	25.6	20.3	46.4	7.7	40.9					
	77.0	68.3	26.6	20.3	55.9	4.7	3.3					
García y Juárez, 1994			17.6		45.6	30.2	8.5					
Julian, 1996					45.8	44.1	8.2	2.7				
					9.9	81.6	26.1	7.2				

*Material muerto

2.3. Cultivos forrajeros

Los cultivos forrajeros generalmente son especies anuales que se utilizan mediante corte para conservación, aunque se pueden aprovechar directamente en pastoreo (Muslera y Ratera, 1991).

Entre las forrajeras que destacan en este grupo se encuentran el maíz, sorgo, avena cebada, trigo, centeno y el ballico anual (Muslera y Ratera 1991). En esta revisión se estudia la asociación avena-ballico, presentándose en primer lugar información sobre avena, en segundo lugar sobre ballico y por último la asociación de ambos. Son pocos los estudios que se han realizado con avena y ballico en conjunto y el desempeño de los monocultivos puede dar pauta del potencial de la asociación.

Para los monocultivos de avena y ballico se revisaron reportes de experimentos realizados en diferentes latitudes y manejados principalmente bajo corte a excepción de lo reportado por Morales (1995) que trabajó en condiciones de pastoreo.

En el caso de la asociación, la revisión se basa en trabajos realizados en Chapingo, México bajo pastoreo, tal es el caso de Dorantes (1997) que evaluó la asociación de avena y ballico fertilizado con nitrógeno o bien con distintas leguminosas. Otro trabajo revisado es el de Cortez (1998), aunque es importante mencionar que en ese experimento se presentó una fuerte invasión de cebada lo que alteró de manera importante sus resultados y por último también se consultó a García *et al.* (1994).

En los cultivos forrajeros al igual que con la pradera permanente se presenta información sobre forraje y composición nutricional. Varios reportes comunican únicamente la producción total por lo cual se maneja solo esa información.

2.3.1. Avena (*Avena sativa*)

La producción total de forraje en avena esta fuertemente afectada por la variedad que se utiliza destacando variedades como Cooker y Horicon que en un corte pueden producir hasta 10 t MS ha⁻¹ aunque existen variedades que no superan 5 t MS ha⁻¹. Por otro lado, al probar diferentes fechas de siembra Esqueda *et al.* (1995) no reportan diferencias en producción total. El número de cortes también tiene efecto sobre masa de forraje total García *et al.* (1994) reportan un incremento al pasar de un corte a dos, aunque al dar 3 cortes la producción de forraje disminuyó (Cuadro 2).

Referente a proteína y digestibilidad existe un marcado efecto del estado fisiológico en que se corta la planta, observándose una relación negativa de estas dos variables con la edad de la pradera (Cuadro 2). Esqueda *et al.* (1995) Señalan que puede darse una reducción de hasta 10 unidades cuando se corta en estado vegetativo comparado con cortes realizados en etapa reproductiva de la planta.

Morales (1995) indica que la caída en digestibilidad y proteína en avena es ocasionada por una menor cantidad de hojas ya que es de las partes de las plantas que aporta mas proteína y además es más digestible (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de *Avena sativa* en la época invernal

Fuente	Variedad	Cortes	Forraje ofrecido (t MS ha ⁻¹)	Forraje residual (t MS ha ⁻¹)	Produc. Total (t ha ⁻¹)			Grado defoliación (%)
Hernández y Eguiarte, 1992	Coocker	1			9.0			
	Chihuahua				7.9			
					*	**	***	
Esqueda et al., 1995	Tamo	1			11.5	10.5	10.0	
	Horicon				4.6	2.9	5.9	
	Walken				12.2	11.4	12.0	
	Coocker				12.4	12.2	11.7	
	Cusi				3.9	3.0	2.5	
	Nora				3.6	3.1	4.7	
	PROMEDIO				8.0	7.2	7.8	
Morales 1995	Coocker	4	4.1	2.7		4.3		31.4
	Calibre	pastoreo	3.3	2.1		3.7		35.9
	Saia		3.9	2.6		3.9		24.6
García, 1994	A. sativa	1				11.9		
	A. bizantina	1				10.5		
		2				15.3		
		2				16.2		
		3				13.6		
		3				12.8		

Fecha de siembra * 31/08 ** 14/09 ***228/09

Cuadro 2. Características de *Avena sativa* en la época invernal. Continuación

Fuente		Digestibilidad (%)		Proteína cruda (%)		Ofrecido (%)			Residual		
		Ofrecido	Residual	Ofrecido	Residual	Hoja	Tallo	*MM	Hoja	Tallo	*MM
Morales 1995	Cooker	66.8	70.9	11.3	10.4	46.8	16.3	19.5	30.5	42.7	38.1
	Calibre	72.3	70.5	11.9	10.6	57.0	8.3	29.7	32.7	30.0	47.3
	Saia	69.0	61.8	12.5	9.8	40.4	27.6	18.2	28.9	40.3	40.3
Esqueda et al., 1995	Tamo	83.6		226.1							
	Horicon	83.1		26.7							
	Walken	84.2		26.1							
	Coocker	79.6		26.1							
	Cusi	81.3		23.6							
	Nora	80.4		25.3							
Morales 1995	Hoja	72.8		14.6							
	Vaina	72.5		11.0							
	Tallo	63.2		8.5							
	Flor	63.3		10.7							
Orcasberro et al., 1981	Floración	12.0		62.0							
	Madurez	7.0		43.0							

*Material muerto

2.3.2. Ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam)

El ballico anual es uno de los cultivos invernales que se caracterizan por tener mayor rendimiento de forraje. Hernández y Eguiarte (1992), al evaluar diferentes cultivos de invierno reportan al ballico como el más sobresaliente, superando en 37% el rendimiento que obtuvo la avena.

Un factor que afecta la masa de forraje producida por el ballico es el número de cortes que se le den, observando una relación positiva entre estas dos variables. Otra característica importante a considerar en el establecimiento de ballico es la variedad empleada, tal como lo indican Hernández y Eguiarte (1992) quienes reportan diferencias de más de dos toneladas de forraje en base seca por efecto de la variedad utilizada.

Una de las características del ballico anual es el elevado valor nutritivo que tiene, lo que se relaciona de manera importante con la variedad utilizada (Flores *et al.*, 1992) (Cuadro 3). Lizárraga (1980) reporta una caída en la proteína cruda de ballico a través de los cortes, pasando de 26.5 a 9.8% lo que se atribuye a que en los últimos cortes, la planta se encontraba en estado reproductivo reduciendo con ello el valor nutritivo.

Cuadro 3. Características de *Lolium multiflorum* en la época invernal

Fuente	Variedad	Cortes	Rendimiento total	Proteína cruda	Digestibilidad
Hernández y Eguiarte., 1992	Barspectra	2	13.4	11.4	66.8
	Barmultra		11.5	10.8	66.8
	Gulf		14.4	9.3	67.3
	Común		11.0	10.7	66.7
Florez et al., 1992	Italiano	5	16.5	23.5	77.2
	Tetraploide		15.3	23.4	75.8
Lizarrag et al., 1980	Italiano	7	20.3	17.4	
García et al., 1994	Matador	3	11.4		
	Westerwolds		10.5		

2.3.3. Asociación avena-ballico

La asociación avena-ballico tiene rendimientos parecidos a los obtenidos con avena (Cuadro 2), e inferiores a los que se reportan con ballico en monocultivo (Cuadro 3). Sin embargo, algo que se debe tomar en cuenta es que en los cultivos el manejo es en corte, en tanto que los trabajos reportados para avena-ballico es en pastoreo y lo que se reporta es el forraje desaparecido. Una ventaja de la asociación es que las variedades utilizadas tienen capacidad de rebrote y el forraje producido se distribuye entre 4 y 5 meses. En los primeros pastoreos es avena la forrajera importante, mientras que para los últimos pastoreos domina ballico (Dorantes, 1997).

Una ventaja adicional de la asociación avena-ballico es que presenta condiciones adecuadas para pastoreo lo que se traduce en mejor utilización de la pradera (Dorantes, 1997). En lo que respecta a composición nutricional, la digestibilidad es adecuada con valores muy cercanos o mayores a 70%, a su vez los contenidos de proteína cruda fluctúan entre 12.5 y 16.0% siendo similares a los obtenidos en monocultivo tanto para avena como ballico. Esto representa una ventaja adicional, si se considera que la asociación de alfalfa-ovillo (otro de los componentes del sistema) tiene valores muy elevados de proteína cruda, por lo que la inclusión de avena-ballico puede contribuir a balancear la dieta de los animales.

Cuadro 4. Características de la asociación avena-ballico en Chapingo, México

Fuente	Características	Forraje ofrecido	Forraje residual	Forraje desaparecido	Grado de defoliación	Tasa de desaparición
Dorantes, 1997	*Avena-ballico+N	3370	1376	7975	57	
	* + veza común	2928	1556	5313	46	
	* +veza de invierno	2613	1360	5014	46	
	*+ trébol rojo					
	* + trébol berseen	2687	1587	4402	40	
		2443	1404	4157	42	
Cortez 1998	Invasado con cebada	7199	4804	2859	32	3.3
Garcia et al., 1994	avena +ballico matador	5374		10139		
	avena+ ballico westerwolds	5066		10229		

Cuadro 4. Características de la asociación avena-ballico en Chapingo, México. Continuación

Fuente	Características	Pastoreo				Pastoreo				Pastoreo				¹ PC	² Dig.
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Dorantes, 1997	*Avena ballico+N	80.2	47.5	31.4	23.8	19.5	53.0	68.6	76.1					16.1	69.9
	* + veza común	71.7	44.5	24.4	16.4	16.5	43.7	39.5	41.5	13.9	14.1	33.7	36.5	14.3	67.7
	* +veza de invierno	66.3	47.5	27.3	20.3	12.2	32.6	59.7	80.2	22.9	16.6	11.1	0.0	12.4	68.5
	*+ trébol rojo	78.6	64.2	41.1	20.2	19.1	36.3	56.2	79.4	1.2	0.0	1.6	20.0	12.6	69.0
	* + trébol berseen	81.0	63.3	41.5	24.2	13.9	37.3	58.4	76.1	5.6	0.0	0.0	0.0	16.1	68.9
Cebada															
Cortez 1998	Invadido con cebada	51.3	74.9			7.43	7.9			32.8	13.3			11.4	71.4

**Avena sativa*. ¹ Proteína cruda. ² Digestibilidad.

2.4. Suplementación

Un fenómeno identificado en la producción de bovinos en pastoreo, es las altas ganancias de peso o producción de leche durante la época de mayor acumulación de forraje y la reducción de este alto rendimiento cuando la oferta de forraje es baja, fenómeno asociado a la estacionalidad en crecimiento que presentan las plantas por variación en factores climáticos (Riquelme, 1987).

Otro problema que se presenta con animales en pastoreo es la calidad de la dieta, la cual en ciertas ocasiones no es la adecuada para cubrir las necesidades de animales con altos requerimientos como son las vacas lecheras (NRC, 1989), es por ello que cuando se tiene este tipo de problemas, resulta necesario ofrecer alimento extra con el objetivo de mantener o incrementar el consumo y con ello la producción animal, a lo que se le ha denominado como suplementación (Leaver, 1985).

Los suplementos pueden clasificarse como: energéticos, proteínicos e inorgánicos, además de que se pueden utilizar como vehículos para ionóforos y probióticos (Riquelme, 1987; Mendoza, 1995).

Cuando se suplementa a bovinos en pastoreo se espera una respuesta positiva a dicha suplementación que teóricamente podría predecirse con base en la cantidad de suplemento proporcionado y en su contenido energético. Sin embargo, muchas veces existen discrepancias entre las respuestas esperadas y observadas, debido a los llamados efectos aditivos y sustitutivos, efectos que se atribuyen a la variación en el consumo de

forraje, en la digestibilidad de la materia seca total y en la eficiencia de utilización, variación ocasionada por el suplemento proporcionado (Riquelme, 1987).

Cuando el forraje es de pobre a mediana calidad, la suplementación en general muestra efectos aditivos, es decir el consumo de materia seca total aumenta, pudiendo permanecer igual o aumentar el consumo de forraje por lo que en este caso es necesario ofrecer más forraje al animal. Por el contrario cuando la pradera es de buena calidad y el suplemento es tan apetecible o más que el forraje se presenta una reducción en el consumo de forraje, aunque el consumo de materia seca total puede permanecer inalterado o aumentar, esto se conoce como efecto sustitutivo. En este caso la presión sobre la pradera se reduce y en consecuencia es posible aumentar la producción por unidad de superficie, elevando la carga (Riquelme, 1987).

2.4.1. Suplementación con concentrados

Los concentrados son alimentos que tienen niveles elevados de proteína o energía, este tipo de alimentos generalmente se utilizan para suplementar a vacas lecheras en pastoreo (Hijink *et al.*, 1982; Ortiz y Piña, 1995). Las razones para hacerlo es incrementar carga y para corregir ciertas deficiencias o condiciones desfavorables que tienen animales en pastoreo (Hijink *et al.*, 1982). La respuesta que se ha tenido al suplementar con concentrados en algunos trabajos se presenta a continuación.

2.4.1.1. Producción de leche

El efecto de la suplementación con concentrados sobre producción de leche ha sido muy variable, pero en general esta respuesta es baja. De acuerdo a lo revisado por Meijs y Hoekstra (1984) si la cantidad de forraje ofrecido es alta, la respuesta promedio es de 0.3 a 0.4 kg de leche por kg de concentrado consumido, lo que puede explicarse en base a que el consumo de nutrientes de la pastura iguala las necesidades requeridas para mantenimiento y producción, de ahí la baja respuesta al consumo del concentrado.

Hijink *et al.* (1982) en una revisión acerca del efecto de la suplementación con concentrado, observaron que la respuesta de vacas en pastoreo con oferta elevada de forraje va de 0.3 a 0.5 kg de leche por kg de concentrado por lo que concluyen que la suplementación no tiene la respuesta económica deseada. Por su parte, Leaver (1985) indica que cuando el consumo de forraje de las vacas es bajo, es difícil soportar la producción de leche, por lo que la suplementación con concentrados es importante, obteniéndose respuestas de 0.6 a 0.9 kg de leche por kg de concentrado consumido.

2.4.1.2. Efecto de la suplementación con concentrados sobre consumo y sustitución de forraje

Meijs y Hoekstra (1984) estudiando el efecto del nivel de suplementación con concentrado y forraje ofrecido sobre consumo, observaron que el nivel de forraje ofrecido no afecta el consumo de concentrado, pero identificaron que tanto el nivel de concentrado como el forraje ofrecido afectan el consumo de pastura, en este trabajo notaron que a mayor cantidad de concentrado ofrecido se reduce el consumo de hierba,

pero que al aumentar la cantidad de hierba ofrecida el consumo de forraje aumenta (Cuadro 5).

Hijink *et al.* (1982) en cero-pastoreo con vacas lecheras observó que al ofrecer menos forraje el efecto de suplementación tuvo influencia sobre consumo de forraje. En lo que se refiere a consumo total Meijs y Hoekstra (1984) observaron que al ofrecer una cantidad mayor de concentrado existe aumento pero que el beneficio fue mayor cuando se ofreció mas forraje.

Cuadro 5. Consumo de concentrado (materia orgánica) por vaca a diferentes cantidades de forraje ofrecido.

Nivel de concentrado (kg día ⁻¹)	Forraje ofrecido		Alto	Bajo
	Alto	Bajo		
	Consumo de concentrado (kg MS)	Consumo de forraje (kgMS)		
1	0.8	0.8	14.6	11.0
3	2.4	2.4	14.0	11.0
5	3.8	3.9	12.5	11.4

Meijs y Hoekstra, 1984

2.4.2. Sustitución

Para el caso de sustitución de forraje en praderas de zona templada donde la calidad de las forrajeras se puede considerar como buena, al suplementar se espera que exista un efecto sustitutivo. Hodgson (1990) indica que la sustitución se incrementa a medida que la calidad de la pradera aumenta. Sin embargo, en algunos trabajos se reportan valores

muy bajos de sustitución en praderas templadas de buena calidad (Cuadro 6), lo que se pudiera atribuir a la fuerte influencia que existe de la cantidad de forraje ofrecido sobre la sustitución, lo cual se puede apreciar en el cuadro 7.

Cuadro 6. Sustitución de forraje (kg de pasto kg de concentrado⁻¹ consumido)

Autor	Sustitución
	(kg de pasto kg de concentrado ⁻¹ consumido)
Meijs y Hoekstra 1984	0.11 - 0.69
Hijink <i>et al.</i> , 1982	0.13 - 0.62
“	0.25 - 0.72
“	0.20 - 0.47
“	0.48 - 0.64

Cuadro 7. Sustitución (kg de forraje MS kg concentrado⁻¹) de acuerdo a la forma de alimentación, cantidad de forraje y concentrado ofrecido

Concentrado (kg)	Forma de alimentación	Nivel de forraje ofrecido diario (kg)		
		15	20	25
0-3	Corral	0.22	0.41	0.54
0-3	Pastoreo	0.11	0.30	0.50
3-6	Corral	0.35	0.54	0.67
3-6	Pastoreo	0.11	0.30	0.50

Meijs y Hoekstra, 1984

En el trabajo de Meijs y Hoekstra (1984) también se puede apreciar que el nivel de concentrado afectó la sustitución en animales alimentados en corral más no en pastoreo.

2.4.2.1. Efecto de la suplementación con concentrados sobre el comportamiento animal

La suplementación con concentrados tiene un efecto importante sobre tiempo de pastoreo, generalmente reduciéndolo, aunque sobre número de bocados y tamaño de bocado tiene poco efecto. Leaver (1985) desarrolló una relación hipotética entre tamaño de bocado, reducción en tiempo de pastoreo y sustitución (Cuadro 8), donde se aprecia que las mayores sustituciones se dan con condiciones favorables de pastoreo (tamaño de bocado y tasa de ingestión elevados).

Cuadro 8. Efecto de la suplementación con concentrados sobre el comportamiento de vacas en pastoreo

Tamaño de bocado (g MS)	Tasa de bocados (No Minuto ⁻¹)	Tasa de ingestión (g MS Minuto ⁻¹)	Reducción en tiempo de pastoreo kg concentrado ⁻¹ (minutos)	Sustitución (kg forraje kg concentrado)
0.25	64.1	16.0	0	0
0.35	62.1	21.8	13	0.28
0.45	60.3	27.7	20	0.54
0.55	58.4	32.7	24	0.77
0.65	56.5	36.7	25	0.92

Leaver, 1985

Con vacas Holstein en praderas de ballico perenne, se observó que al incrementar la cantidad de concentrado suministrado el tiempo de pastoreo se redujo en promedio en 23 minutos por kg de concentrado (Krysl y Hess, 1993).

Sobre la influencia de la suplementación con concentrados en el comportamiento de vacas en pastoreo, Krysl y Hess (1993) resumen que la suplementación nitrogenada afecta el tiempo de pastoreo, resultando que animales no suplementados pastorean aproximadamente 1.5 h más que animales suplementados, por otro lado, señalan que la hora de suplementación no parece tener efecto en el comportamiento animal.

2.4.3. Ensilado de maíz

Si bien una gran cantidad de forrajes y subproductos pueden ensilarse, el maíz forrajero es el material de uso más generalizado. Entre las razones que justifican su empleo se encuentra en primer lugar su alto rendimiento de forraje (Cuadro 9).

Con ello, la superficie dedicada a forrajes para conservar es menor cuando se utiliza maíz forrajero comparado con otras forrajeras de corte. Por otro lado, el ensilado de maíz es una excelente fuente de energía que puede complementar las necesidades de animales que pastorean praderas cuyo forraje tiene elevado contenido de proteína, como es el caso de las asociaciones donde se incluye alguna leguminosa (Meijs, 1986).

Cuadro 9. Rendimiento de Maíz forrajero (t MS ha⁻¹) con diferentes variedades y manejo en el valle de México

En el Valle de México						
Fuente	Densidad	Variedad				
	Plantas ha ⁻¹					
		Vs-22	H30	Jornal 1	Criollo	San Berna
Díaz, 1995	50000	7.9	8.6	8.5	7.9	9.6
	70000	10.5	12.3	11.3	11.1	9.9
	90000	13.9	15.7	12.8	13.6	12.2
		Prolífico	H-127			
Solano, 1972		15.8	14.3			
		Kg de Nitrógeno ha ⁻¹				
		80	160	240		
Dueñas, 1977	90000	17.7	18.2	17.1		
	120000	15.6	18.3	19.2		
	150000	16.3	17.7	18.8		
		Tipo de Labranza				
	Conservación	Tradicional	V-107			
Cortez, 1995	18.0	26.8				

En el Cuadro 10 se presentan resultados promedio de la composición nutrimental del ensilado de maíz.

Cuadro 10. Composición nutricional del ensilado de maíz.

FUENTE	MS %	NDT %	ED	EM	PC %	CA %	Mg %	P %	K %	Dig%
NRC 1984, 1989	29	62	2.73	2.31	8.4	.34	.23	.19	1.41	65

2.4.3.1. Factores que afectan la calidad del ensilado de maíz

Son diversos los factores de planta, medio ambiente y manejo que afectan la calidad del ensilado de maíz, a continuación se comentarán los más importantes. La variedad de maíz

empleada parece afectar la calidad del ensilado de maíz, así Andrieu (1976) cita que para digestibilidad de la materia seca del ensilado existió una diferencia de más de 8 puntos a favor de la variedad Inra 258 comparada contra Adour 220. Phipps (1990) atribuye las diferencias entre genotipos a la existencia de híbridos que producen una mayor cantidad de grano al momento del corte, aumentando con ello la digestibilidad; el autor señala que en otros casos, existen variedades con menor contenido de lignina que puede incrementar la digestibilidad del ensilado.

En lo que respecta a condiciones ambientales, la influencia que ejercen sobre la digestibilidad tiene una gran importancia, ya que maíces que crecen en condiciones pobres generalmente tienen una menor cantidad de grano, lo que, en ciertos casos, reduce la digestibilidad, comparado con maíz cultivado sin ninguna restricción nutricional o climática (Phipps, 1990).

Otro factor que influye, sobre la calidad del ensilado de maíz es el momento del corte, ya que si se corta el maíz muchos días después de que se haya dado la floración se presenta una reducción en el contenido de minerales y proteína cruda y la influencia sobre la digestibilidad es negativa, reduciéndose ésta si la edad al corte es ya muy avanzada (Andrieu, 1976). De acuerdo a Phipps (1990), un mayor contenido de grano puede tener efecto benéfico sobre la digestibilidad, sin embargo, en ocasiones para obtener un mayor contenido de grano se debe cosechar el cultivo en un estado fenológico más avanzado, lo que incrementa el contenido de lignina en el tallo y entonces no se incrementa la digestibilidad del ensilado.

La calidad del ensilado también depende de la adición de carbohidratos o nitrógeno no proteínico. Se ha observado que al adicionar urea al ensilado, la digestibilidad de la materia orgánica se mejora, ya que el bajo contenido de nitrógeno del ensilado puede ser limitante para el desarrollo de microorganismos a nivel ruminal (Huerta 1995). La adición de carbohidratos, regularmente mejora el proceso de fermentación del ensilado, incrementando la relación azúcares:proteína, lo que contribuye para que el proceso de ensilado llegue a un buen término; Sin embargo, su efecto sobre el valor nutritivo final del ensilado es mínimo (Andrieu, 1976).

2.4.3.2. Suplementación con ensilado de Maíz

La inclusión de ensilado de maíz en la dieta de vacas en pastoreo, puede contribuir a mantener el consumo de energía durante periodos en que la producción de forrajes es baja. Con ello mejoran diversos aspectos productivos de los animales (Poole, 1985). A continuación se presentan algunos resultados obtenidos al suplementar con ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo.

2.4.3.2.1. Producción de leche

El efecto que tiene la suplementación con ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo parece ser incierto, puesto que se encuentran reportes de efectos positivos y negativos sobre la producción de leche. Sin embargo, la información resumida en el cuadro 11 permite afirmar que, en términos generales, con niveles moderados de suplementación (20%) se presenta un aumento en la producción de leche, en cambio, cuando se

incrementa la suplementación por encima de ese nivel, la producción de leche disminuye (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre la producción de leche

Autor	% ensilado de la dieta total	Diferencia respecto a no suplementados (L)
Moran, 1992	45	-0.3
Bryant y Donelly, 1974		+0.7
Phillips, 1988	17	+0.1
“	23	+1.4
“	25	+0.7
“	29	+0.1
“	72	-0.2
“	74	-30.4
“	37	-1.4
Bryant y Donelly, 1974	75	-1.1
“	100	-2.9

Rogers *et al.* (1979), atribuyen la reducción en producción al hecho que las vacas alimentadas exclusivamente con ensilado no cubren las necesidades de proteína a nivel duodenal, ni de amoníaco a nivel ruminal para la síntesis de proteína microbiana. Moran (1992) reporta que al ofrecer grandes cantidades de ensilado a vacas en pastoreo la concentración de amoníaco a nivel ruminal fue menor a 50 mg l⁻¹, valor que se considera como mínimo para una buena síntesis de proteína microbiana a nivel ruminal. Se ha observado que con el suministro de alguna fuente de proteína o energía al suplementar

con ensilado de maíz, se obtienen efectos positivos sobre la producción de leche (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la adición de una fuente de energía o proteína a vacas suplementadas con ensilado de maíz sobre la producción de leche

Autor	Ensilado solo (kg día ⁻¹)	Ensilado + grano de maíz (kg día ⁻¹)	Ensilado + proteína (kg día ⁻¹)
Huber <i>et al.</i> , 1963	16.5	20.0	
Moran y Trigg, 1989	16.2	19.4	
Davison <i>et al.</i> , 1982	18.5		19.8
Moran y Stockdale, 1992	13.9		14.5

Cuando se suplementa con ensilado de maíz en condiciones de pastoreo limitado se incrementa la producción de leche, debido a que mejora el plano nutricional de las vacas al existir un mayor consumo total. Esta es una de las razones que podrían explicar el incremento de leche al suplementar con cantidades entre 0.2 y 3.5 kg MS vaca⁻¹día⁻¹.

Moran y Stockdale (1992) reportan un incremento de 1.5 litros por efecto del aumento en la asignación de forraje a vacas con alimentación suplementaria, dicha respuesta no se presentó en ausencia de la suplementación.

Valk (1994) y Moran y Jones (1992) señalan que el momento del día en que se suministra el ensilado influye en la producción de leche, encontrándose que cuando se ofrece

ensilado de noche se obtiene mayor producción de leche. En cambio, Phillips y Leaver (1985) no reportan incrementos en producción de leche por ofrecer el ensilado por las noches. Sin embargo, estos último autores encontraron incrementos en el consumo de materia seca total, siendo esta la razón que explica el incremento en producción de leche en los reportes de Valk (1994) y Moran y Jones (1992), quienes señalan que al suministrar el ensilado por las noches no se altera el comportamiento en las horas de mayor pastoreo que generalmente ocurre por las mañanas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto del momento de ofrecer el ensilado sobre la producción de leche a vacas en pastoreo

Autor	Momento de ofrecer el nsilado		Incremento en consumo total respecto ofrecer ensilado por la mañana (kg MS)
	Mañana	Noche	
Valk, 1994	34. 0 kg	36. 9 kg	+0. 7
Moran y Jones, 1992	22. 3 kg	23. 1 kg	+0. 2
Phillips y Leaver, 1985	19. 6 kg	18. 9 kg	+0. 3

2.4.3.2.2. Sustitución de forraje por ensilado de maíz

Phillips (1988) reporta que la sustitución generada por suplementar con ensilado de maíz es entre 0.15 y 0.30 kg mayor que la que presenta al ofrecer concentrados. En términos generales, la suplementación con ensilado genera sustitución igual o menor a uno aunque en algunos casos se reportan sustituciones hasta de 1.4 kg (Cuadro 14).

De acuerdo a Phillips (1988), existen tendencias de que a mayores niveles de suplementación existe mayor sustitución de forraje por ensilado de maíz, por otro lado Phillips y Leaver (1985) indican que al existir mejores condiciones de pradera se dan las mayores sustituciones. Por otra parte, Hijink *et al.* (1982) señalan que las características del alimento base influyen sobre la sustitución, ya que cuando se suplementa a animales que están consumiendo forraje fresco cortado, la sustitución se encuentra alrededor de 0.76 en tanto que si la suplementación se realiza a animales en pastoreo la sustitución se incrementa a alrededor de 1.1.

Cuadro 14. Sustitución kg forraje (kg ensilado)⁻¹

Autor	Sustitución kg forraje (kg ensilado) ⁻¹
Moran y Stockdale, 1992	0.58
	0.67
	0.77
	0.84
Holden et al., 1995	1.20
Moran, 1992	0.96
	1.00
	1.00
Phillips y Leaver, 1985	0.85
	0.95
	1.20
Hijink <i>et al.</i> , 1982	0.70
	1.00
	1.00
Phillips, 1988	0.47
	1.40

El efecto de sustitución al proporcionar ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo, permite que la presión sobre las praderas se reduzca por lo que la carga animal puede aumentar y con ello la producción por unidad de superficie, Phillips y Leaver (1985) incrementaron en más de 100% la carga animal cuando a animales en pastoreo les ofrecieron *ad-libitum* ensilado de maíz, en tanto que con niveles restringidos de suministro de ensilado, la carga aumentó en más de 50%.

2.4.3.2.3. Efecto sobre el comportamiento ingestivo

La suplementación con forrajes y en este caso con ensilado de maíz tiene efectos importantes sobre el comportamiento ingestivo. En el cuadro 15 se presenta un resumen de reportes que permite observar que el tiempo de pastoreo se reduce y el tiempo de rumia aumenta al suplementar con ensilado de maíz. El incremento en tiempo de rumia se explica por la reducción en la tasa de pasaje asociado a las dificultades en la reducción del tamaño de partícula. La tasa de bocados no se incrementa por efecto de la suplementación con ensilado de maíz, en tanto que la respuesta en tamaño de bocado es incierta (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre comportamiento en vacas lecheras en pastoreo

Autor	Tipo de manejo	Bocados minuto ⁻¹	Tamaño bocado (g MS)	Minutos pastoreo	Minutos rumia
Phillips y Leaver 1985	Pastoreo	59.7	0.45	486	450
	Pastoreo + ensilado	59.2	0.40	444	486
	Pastoreo + ensilado	59.6	0.52	306	510
Davison <i>et al.</i> , 1982	Pastoreo + ensilado + proteína			293	
	Pastoreo + ensilado			343	

2.4.3.2.4. Efecto sobre composición de la leche

Phillips (1988) señala que al suplementar con ensilado de maíz se presenta un incremento en grasa y una disminución en el contenido de proteína. De acuerdo a este autor, el mayor contenido de grasa puede deberse a una mayor saturación de ácidos grasos de la leche por efecto de la suplementación con ensilado de maíz. Por otra parte, argumenta que el contenido de proteína en la leche se reduce debido a un menor consumo total de energía o a un menor contenido de proteína en el ensilado repercutiendo en menor retención de nitrógeno y aminoácidos. Sin embargo, la bibliografía revisada respecto a cambios en composición de la leche por efecto de la suplementación con ensilado de maíz a vacas en pastoreo (Cuadro 16) contradice a Phillips (1988), ya que no se observan cambios claros en la composición.

Cuadro 16. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre la composición de la leche en vacas lecheras en pastoreo.

Autor	Manejo	Grasa %	Proteína %
Moran y Stockdale, 1992	Solo pastoreo	4.0	3.3
"	Pastoreo+Ensilado+ proteína	4.1	3.2
Holden <i>et al.</i> , 1995	Pastoreo	5.0	2.9
"	Pastoreo + Ensilado	4.9	3.0
Moran y Wamungai, 1992	Ensilado + 2 h pastoreo	4.5	2.7
"	Ensilado + 4 h pastoreo	5.3	2.7
Davison <i>et al.</i> , 1982	Pastoreo + ensilado alto nivel	3.6	2.8
"	Pastoreo + ensilado bajo nivel	3.5	2.8
Bryant y Donnelly, 1974	Solo pastoreo	4.5	
"	Pastoreo + ensilado	4.2	

2.4.3.2.5. Cambios en peso vivo y condición corporal

Por lo general, tanto el peso vivo como la condición corporal aumentan por efecto de la suplementación con ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo. Este efecto se atribuye a un incremento en el consumo total de materia seca, con lo cual se cubren los requerimientos para mantenimiento y producción pudiéndose destinar una parte para ganancia de peso (Moran y Trigg, 1989; Moran y Stockdale, 1992; Moran 1992).

En promedio se reportan aproximadamente 0.2 kg día^{-1} más en ganancia de peso en vacas suplementadas con ensilado que las que no lo reciben. Sin embargo, al agregar alguna fuente proteínica o energética la diferencia aumenta a 0.3 kg día^{-1} (Huber *et al.*, 1963; Phillips y Leaver, 1985; Moran y Trigg, 1989; Moran y Stockdale, 1992).

Moran y Wamungai (1992) reportan pérdidas de peso entre 0.1 y 0.6 kg día^{-1} . Los autores atribuyen esta respuesta al hecho que el nivel de ensilado fue muy alto y no se suministró alguna fuente proteínica o energética que pudiera cubrir los requerimientos de las vacas. De igual forma se constatan pérdidas de peso cuando el forraje ofrecido y el nivel de ensilado son bajos, reportándose pérdidas en peso alrededor de 0.2 kg diarios (Davison *et al.*, 1982)

2.4.3.2.6. Utilización de nitrógeno

Cuando los animales pastorean praderas de muy alto contenido proteínico la utilización del nitrógeno es ineficiente, debido a la alta degradabilidad ruminal de los compuestos nitrogenados de los pastos. Para esta degradabilidad Huerta (1995) reporta valores

promedio mayores a 70% con máximos de 90%. Con esta alta degradabilidad se generan concentraciones altas de amoníaco en el rumen, que los microorganismos ruminales no pueden aprovechar en su totalidad y que por tanto escapan a través de las paredes ruminales y son excretadas principalmente a través de la orina. Esta situación puede acarrear problemas de contaminación ambiental (Valk, 1994; Huerta, 1995).

El contenido de proteína cruda del ensilado de maíz es por lo general mucho menor al de las praderas templadas y la degradabilidad ruminal de esta proteína es también menor (entre 60 y 65%). La suplementación con ensilado de maíz reemplaza parcialmente el consumo de forraje de praderas de alta calidad reduciendo así el suministro de nitrógeno a los animales en pastoreo y por tanto las pérdidas de este elemento (Valk, 1994).

En el cuadro 17 se aprecia que la utilización del nitrógeno se mejora por efecto de incluir ensilado en la dieta de vacas en pastoreo, reduciendo sustancialmente las pérdidas de N vía heces y orina, lo que constituye una razón adicional para el uso del ensilado de maíz en la alimentación de animales en pastoreo.

Cuadro 17. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre el uso de nitrógeno (N) en vacas en pastoreo

AUTOR	Manejo	N heces % consumido	N orina % consumido	N leche % consumido	Urea sangre (mg/dl ³)	Utilización N (%)
Rogers <i>et al.</i> , 1979	Pasto	34.6	48.7	24.1	15.7	
	Pasto + ensilado	31.6	42.4	17.8	12.5	
Holden <i>et al.</i> , 1995	Solo pastoreo				29.6	
	Pastoreo + Ensilado				27.3	
Valk, 1994	Pasto	15.7	43.7			18.2
	Pasto + ensilado por las noches	15.6	22.5			27.0
	Pasto + ensilado por las mañanas	16.7	16.6			29.1
Phipps, 1990	Ensilado de maíz		198 g día ⁻¹			24
	Ensilado de pradera		361 g día ⁻¹			17

2.5. HIPOTESIS

Las hipótesis planteadas son:

- La asociación avena-ballico aporta más forraje que la asociación alfalfa-ovillo.
- Por efecto de la suplementación con ensilado de maíz se reducen el consumo de forraje de las asociaciones y el tiempo de pastoreo, a su vez se incrementan la tasa de bocados y el tiempo de rumia.
- La suplementación con ensilado de maíz permite incrementar la carga animal.
- La producción de leche individual y la composición de la leche no son afectadas por la inclusión de ensilado de maíz en la dieta de las vacas.
- Como consecuencia de las dos hipótesis anteriores, la producción de leche ha^{-1} aumenta por efecto de la suplementación con ensilado de maíz.
- La condición corporal se mejora al suplementar con ensilado de maíz.
- La concentración de urea en leche se reduce a medida que el nivel de suplementación con ensilado de maíz aumenta.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización y duración del experimento

El experimento se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México, ubicado a 19°29' de latitud norte y a los 98°54' de longitud oeste y a una altitud de 2240 msnm (García, 1988). El experimento comprendió del 20 de diciembre de 1997 al 15 de abril de 1998.

3.2. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988) la fórmula correspondiente a la región es Cb (w₀) (w) (i')g, significando: clima templado subhúmedo con precipitación del mes más seco menor a 40mm y con menos del 5% de la lluvia total en el periodo invernal, poca oscilación térmica, con marcha de la temperatura tipo ganges. Con un promedio de temperatura de 15°C, siendo mayo el mes de mayor temperatura (17.7°C) y enero el mes más frío (11.8°C).

3.3. Praderas permanentes

Se utilizaron 5 ha de praderas permanentes de alfalfa-ovillo divididas en 11 potreros. Las praderas se clasificaron en: 1) praderas de 2º año en producción antecediéndoles cultivo forrajero, 2) Praderas de 3º año y precediéndoles cultivo forrajero y 3) Praderas de 3º año teniendo como cultivo anterior pradera permanente.

3.4. Cultivo forrajero

Se utilizaron 4 ha de la asociación avena (*Avena sativa* L. cv. Coker 234) - ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam. cv. Barpectra) sembradas en octubre de 1997.

3.5. Riego

Se aplicó riego por aspersión tanto a las praderas permanentes como al cultivo forrajero con 3 horas por posición y frecuencia quincenal excepto en el periodo 6-02 al 26-02-1998.

3.6. Fertilización

Se fertilizó el cultivo forrajero aplicando 60 unidades de nitrógeno y Fósforo a la siembra y 60 unidades de Nitrógeno luego de cada pastoreo.

3.7. Manejo de las forrajeras

Se pastoreó el cultivo forrajero entre la ordeña de la mañana y la ordeña de la tarde, la pradera permanente fue pastoreada entre la ordeña de la tarde y la ordeña de la mañana del día siguiente; el área asignada diariamente a cada lote de vacas se ajustó a manera de tener masas de forraje residual similares entre lotes (estimación visual). Esta metodología se basó en lo siguiente: Se conoce que la sustitución puede variar por diversos factores entre los que destacan; la oferta de ensilado y la oferta de forraje de la pradera, encontrándose que a mayor cantidad de ensilado ofrecido la sustitución aumenta (Phillips, 1988), en tanto que cuando el forraje ofrecido aumenta también se ha observado una respuesta positiva en sustitución (Phillips y Leaver, 1985). No se encontraron en la

literatura estudios que reporten el efecto de interacción entre oferta de ensilado y oferta de forraje, sin embargo hipotéticamente no debe descartarse la existencia de esta interacción.

El empleo de la suplementación con ensilado en un sistema de pastoreo como herramienta para incrementar la productividad por unidad de superficie, se apoya en el efecto sustitutivo. Si la magnitud de este efecto es producto de la interacción entre niveles de oferta de ensilado y forraje de pastoreo, es evidente que para producir resultados en términos del impacto de la suplementación sobre la productividad, es necesario evaluar la interacción. Vale decir que evaluar el efecto de diferentes niveles de suplementación con ensilado a diferentes niveles de asignación diaria de forraje o diferentes niveles de carga animal, resultaría demasiado costoso.

En términos del sistema de producción, el conocimiento sobre el efecto sustitutivo debe traducirse en reducciones en la asignación diaria de forraje o incrementos en la carga animal como respuesta a aumentos en la oferta de ensilado. Una alternativa metodológica para estimar este tipo de respuestas, consiste en evaluar la suplementación con ensilado bajo un mismo nivel de utilización de cultivos y praderas, partiendo de la base que la utilización eficiente de estos recursos constituye una de las bases para un buen desempeño del sistema.

Una desventaja de esta alternativa, es que no permite discutir con rigor la sustitución en la medida que varían simultáneamente el nivel de ensilado (tratamiento) y la oferta de

forraje (una de las variables de respuesta). Para el desarrollo del presente trabajo se considera que esta desventaja debería tener un peso relativo menor que la ventaja de un uso más eficiente de los recursos, produciendo resultados directamente extrapolables al sistema de producción. Por esta razón se resolvió adecuar la oferta diaria de forraje de cada lote de animales a los niveles de ensilado empleados. Dado que se carece de información para realizar este ajuste de oferta *a priori*, debe ajustarse la oferta *a posteriori*, vale decir que es en función de la utilización que realicen los animales. Por esta razón entre los posibles criterios de manejo de pastoreo rotacional, que de acuerdo a Poppi (1987) son carga animal, asignación diaria de forraje o masa del forraje residual, se escogió este último para variar el área diaria ofrecida en función de los niveles de suplementación con concentrado. De esta forma tanto carga animal como asignación diaria de forraje se transforman en variables de respuesta.

3.8. Animales

Se utilizaron 24 vacas Holstein con peso vivo promedio de 550 kg de 1º 2º y 3º parto en diferentes etapas de la lactancia. Las vacas provenían de la granja experimental del Departamento de Zootecnia. El promedio de días en leche al inicio de la toma de datos (8/03/1998) fue de 188.

3.9. Manejo de los animales

Se realizaron 2 ordeñas al día (06:30 - 08:30 y 14:30 - 16:00), al momento de cada ordeña se suministró 1.5 kg de alimento comercial (18%pc) vaca⁻¹. Terminando la ordeña las vacas que recibieron ensilado pasaron a corrales individuales donde

permanecieron de 1.5 a 2 horas para que consumieran el ensilado. Se suministraron sales minerales y agua *ad libitum* en las praderas.

3.10. Periodo experimental

El periodo experimental se dividió en tres fases de la siguiente manera:

- 1) Adaptación al pastoreo combinado de pradera permanente y cultivo forrajero así como ensilado suministrado en las praderas, entre el 20-12-1997 y el 1-02-1998.
- 2) Adaptación a la cantidad de ensilado correspondiente a cada tratamiento, se empezaron las mediciones de forraje y consumo de ensilado; la fase comprendió del 3-02 al 4-03-1998.
- 3) Fase de toma de datos de todas las variables de respuesta 5-03 al 15-04-1998. El ensilado se suministró en corrales individuales.

3.11. Tratamientos

Se evaluaron 4 niveles de ensilado en la dieta, tal como se describe en el cuadro 18.

Cuadro 18. Tratamientos

Nivel	kg ensilado vaca ⁻¹ día ⁻¹ base húmeda
1	0
2	6
3	12
4	18

3.12. Unidad experimental

Se emplearon 6 vacas por lote, con 5 vacas en producción y una seca.

3.13. Variables de respuesta

3.13.1. Forraje ofrecido y residual

El forraje ofrecido (FO) se determinó cortando entre 10 y 15 muestras de 0.25m^2 a ras de suelo por potrero, el muestreo se realizó antes de que los animales ingresaran a cada potrero. El muestreo del forraje residual (FR) se realizó 1 a 2 días después de haber salido los animales de cada potrero. El forraje residual fue muestreado para cada tratamiento y se utilizaron 2 técnicas de muestreo; la descrita para forraje ofrecido y empleando la técnica indirecta por medio del capacitanciometro (Moreno y Méndez, 1992). El forraje ofrecido y residual se expresan en kg MS ha^{-1} .

3.13.2. Composición botánica y morfológica

Para el caso de muestreo directo se tomó una submuestra de cada muestra cortada a la que se le determinó la cantidad de alfalfa, ovinillo y maleza en pradera permanente y avena, ballico o maleza para el cultivo forrajero. Cada componente a su vez se dividió en hoja, tallo, inflorescencia y material muerto. Cuando el muestreo fue indirecto se tomaron 20 muestras distribuidas en todo el potrero, éstas se juntaron y se tomó una submuestra a la que se le determinaron los componentes ya mencionados. El forraje se secó en una estufa de circulación forzada de aire a 100°C durante 24h y en base al peso seco se calculó la proporción de cada componente.

3.13.3. Variables de respuesta calculadas

3.13.3.1. Forraje desaparecido (FD)

Es la diferencia entre masa de forraje ofrecido (FO) y la masa de forraje residual (FR), que bajo ciertas condiciones se puede considerar como un indicador del forraje consumido (Hodgson, 1990).

$$FD = FO - FR$$

3.13.3.2. Tasa de desaparición de forraje (TDF)

Es un indicador de la tasa de consumo individual de forraje que se define como el forraje desaparecido por unidad de tiempo y peso vivo (PV) del animal en pastoreo y se expresa en kg MS/100 kg de peso vivo. Su cálculo se realiza con la siguiente fórmula.

$$TDF = \frac{FD}{(PV \text{ total})(PO)} * (100)$$

PO = Periodo de ocupación

3.13.3.3. Grado de defoliación (GD)

Indica la eficiencia de cosecha en términos porcentuales, se calcula con la siguiente fórmula:

$$GD = \frac{FD}{FO} (100)$$

3.13.3.4. Carga animal (CA)

Se refiere al número de animales por unidad de superficie durante un periodo determinado de tiempo (Hodgson, 1979). La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$CA = \frac{\text{No vacas}}{\text{Superficie}} * \frac{\text{PO}}{\text{Ciclo de pastoreo}}$$

3.13.3.5. Asignación diaria de Forraje (ADF)

Diariamente se midieron las áreas (ha) que ocuparon los animales de los diferentes tratamientos y se calculó la ADF mediante la fórmula:

$$ADF = \frac{FO * \text{Area}}{*PVT} * 100$$

PVT = Peso Vivo Total

3.14. Producción de leche individual

Se determinó la producción diaria individual de leche, registrando su peso en la mañana y en la tarde; esta determinación se realizó semanalmente en dos días consecutivos.

3.15. Producción de leche ha⁻¹

Se calculó tomando en cuenta la producción de leche individual y la carga animal del ciclo de pastoreo de cada potrero. La producción de leche ha⁻¹ que se reporta corresponde a la producción en hato (considerando vacas secas).

3.16. Comportamiento ingestivo

Se determinó el tiempo dedicado a pastoreo, rumia, descanso, consumo de ensilado, consumo de agua y tiempo en ordeña mediante observaciones directas cada 10 minutos durante 72 h (26 al 28 de mayo) y 48h (14 y 15 de abril) en estos periodos se determinó tasa de bocados en diferentes momentos mediante el conteo de bocados por observación directa (tiempo empleado para tomar 100 bocados).

3.17. Consumo de ensilado

Se estimó la cantidad de ensilado ofrecido durante toda la semana y en dos días consecutivos el residual, estimando mediante diferencia el consumo.

3.18. Condición corporal

Semanalmente, se estimó la condición corporal de las vacas empleando una escala de 5 puntos (Sniffen y Ferguson, 1991).

3.19. Preparación de Muestras para análisis de laboratorio

Se tomaron muestras del forraje ofrecido y residual de alfalfa-ovillo, avena-ballico y ensilado. Las muestras se secaron en una estufa de circulación forzada de aire a 55°C, hasta peso constante, y se molieron en un molino de cuchillas, con una criba de tamaño de orificios de 1mm.

3.20. Análisis de laboratorio

3.20.1. Forraje

A las muestras de forraje se les determinó Proteína cruda (PC), Fibra detergente neutro (FDN), Fibra ácido detergente (FAD) y Energía a partir de la cual se calculó

digestibilidad (Digestibilidad calculada). FDN y FDA se calcularon utilizando la metodología de Near Infrared Reflectante (NIR) en tanto que proteína se calculó mediante Kjeldahl de acuerdo a A.O.A.C. (1990). En los laboratorios de LALA S.A. de C.V. También se determinó digestibilidad *in situ* empleando el método descrito por Ruiz y Ruiz (1990) utilizando 3 vacas fistuladas. El tiempo de incubación de las muestras fue de 48 horas.

3.20.2. Composición de la leche

En tres ocasiones se tomaron muestras compuestas de la leche de días consecutivos. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Holstein de México S.A. de C.V. (Queretaro, Qro).

3.21. Análisis estadístico

Para el análisis de las variables forraje ofrecido, forraje residual, forraje desaparecido, valor nutricional, composición botánica, composición morfológica, grado de defoliación, tasa de desaparición, carga y asignación, se empleó un diseño experimental completamente al azar. En el cuadro 18 se describen tratamientos y repeticiones para cada variable. Para condición corporal, la variable de respuesta analizada fue el coeficiente de regresión lineal de condición contra tiempo, que se denominó cambio en condición corporal.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta

μ =Media general

T_i =Efecto del i esimo tratamiento

E_{ij} =Error experimental

Cuadro 19. Variable respuesta analizadas en un diseño completamente al azar

Variable respuesta	Tratamiento	Repetición
Masa Forraje ofrecido	Cultivo o pradera	Potrero
Forraje ofrecido tipo de pradera	Tipo de pradera	Potrero
Masa forraje residual	Nivel ensilado	Potrero
Masa de forraje residual tipo de pradera	Tipo de pradera	Potrero
Forraje desaparecido	Nivel de ensilado	Potrero
Forraje desaparecido tipo de potrero	Tipo de pradera	Potrero
Grado de defoliación	Nivel de ensilado	Potrero
Tasa de desaparición	Nivel de ensilado	Potrero
Composición botánica	Nivel ensilado	Potrero
Composición morfológica	Nivel ensilado	Potrero
PC, FAD, FND, Digistibilidad calculada en forraje ofrecido	Tipo de forraje	Potrero
PC, FAD, FND, Digistibilidad calculada en forraje residual	Nivel ensilado	Potrero
Carga	Nivel ensilado	Potrero
Carga tipo de pradera	Tipo de pradera	Potrero
Asignación	Nivel de ensilado	Periodo de medición
Leche hectárea ⁻¹	Nivel de ensilado	Mediciones cada semana
Cambio en condición corporal	Nivel de ensilado	Mediciones cada semana

Para comportamiento animal se utilizó un modelo completamente al azar en arreglo de parcelas divididas donde la parcela mayor fue el nivel de ensilado (tratamiento) y la parcela menor fue el día de muestreo.

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_{ij} + D + T * D + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor de la variable respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del i ésimo tratamiento

E_{ij} = Error asociado a parcela mayor

D_k = Efecto del día de muestreo

$T*D_{ik}$ = Efecto de la interacción del i ésimo tratamiento con el k ésimo día

E_{ijkl} = Error asociado a parcela menor

Para tasa de bocados se utilizó un factorial en completamente al azar. Los factores fueron: Nivel de ensilado, momento de pastoreo; que hace referencia al tiempo que tenían los animales pastoreando y recurso forrajero, con el modelo estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + M_j + R_k + T*M_{ij} + T*R_{ik} + M*R_{jk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor de la variable respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del i ésimo tratamiento

M_j = Efecto del j ésimo momento de pastoreo

R_k = Efecto del k ésimo recurso forrajero

$T*M_{ij}$ = Efecto de la interacción del i ésimo tratamiento y el j ésimo momento de pastoreo

$T*R_{ik}$ = Efecto de la interacción del i ésimo tratamiento y el k ésimo recurso forrajero

$M \cdot R_{jk}$ = Efecto de la interacción del j ésimo momento de pastoreo y el k esimo recurso forrajero

E_{ijkl} = Error experimental

Para analizar producción de leche individual se tuvieron 19 fechas de medición y el modelo estadístico utilizado fue un completamente al azar en arreglo de parcelas divididas, la parcela mayor fue el nivel de ensilado utilizado y la parcela menor la medición.

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_{ij} + M_k + T \cdot M_{jk} + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Valor de la variable respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del i ésimo tratamiento

E_{ij} = Error asociado a parcela mayor

M_k = Efecto del k ésima medición

$T \cdot M_{jk}$ = Efecto de la interacción del i ésimo tratamiento y el k esima medición

$B_1 X_1$ = covariable días en leche

$B_2 X_2$ = covariable potencial genético

$B_3 X_3$ = covariable número de parto

E_{ijkl} = Error asociado a parcela menor

La Digestibilidad *in situ* se analizó en un modelo de bloque al azar, donde se consideró a cada vaca fistulada como un bloque, la cantidad de vacas utilizadas fueron 3. El modelo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij \ k}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta

μ =Media general

B_j = Efecto del j ésimo bloque

T_i =Efecto del i ésimo tratamiento

E_{ijk} =Error experimental

Para residual de ensilado y consumo en corral y pradera se utilizó un modelo completamente al azar en arreglo de parcelas divididas, donde parcela mayor fue tratamiento y parcela menor fue semana de muestreo, el modelo empleado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_{ij} + S_k + TS_{ik} + E_{ijkl}$$

Donde

μ =Media general

T_i = Efecto del i ésimo tratamiento

E_{ij} = Error asociado a parcela mayor

S_k = Efecto de la k ésima semana de muestreo

TS_{ik} = Efecto de la interacción entre i ésimo tratamiento y la k ésima semana de muestreo

E_{ijkl} = Error asociado a parcela menor

Para analizar el consumo y rechazo en corral y pastoreo de manera conjunta se utilizó el siguiente modelo.

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + T_j + C * J_{ij} + E_{ijk} + S_l + S(C)_{l(i)} + TS(C)_{jl(i)} + E_{ijklm}$$

Donde:

μ =Media general

C_i = Efecto de la i ésima condición (corral o pradera)

T_j = Efecto del j ésimo tratamiento

$C * J_{ij}$ = Efecto de la interacción entre i ésima condición con el j esimo tratamiento

E_{ijk} = Error asociado a parcela mayor

$S(C)_{l(i)}$ = Efecto de la i ésima condición anidada en la i ésima semana de muestreo

TS_{ji} = Efecto de la interacción entre el j ésimo tratamiento y la i ésima semana de muestreo

E_{ijklm} = Error asociado a parcela menor

4. RESULTADOS

4.1. Forraje ofrecido

El forraje ofrecido varió ($P < 0.05$) por efecto de las forrajeras, presentándose el valor más alto en avena-ballico el cual fue superior en 56% a la pradera permanente (Cuadro 20). Cortez (1998) reporta que la masa de forraje ofrecido en cultivo forrajero fue 58% superior a la de alfalfa-ovillo. En tanto que García *et al.* (1994) y Dorantes (1997) señalan que la asociación avena-ballico presenta una clara superioridad en la época invernal respecto a la pradera de alfalfa-ovillo.

Wheler (1981) indica que este comportamiento se explica porque los cultivos forrajeros presentan una mayor eficiencia en el uso del agua y fertilizantes, así como la altura del dosel, forma, disposición y orientación de las hojas, generan diferencias que provocan que los cultivos forrajeros produzcan de 2 a 3 veces más forraje por unidad de área, comparado con forrajeras perennes.

El forraje ofrecido que se obtuvo para avena-ballico fue inferior a lo reportado por Cortez (1998) aunque en ese trabajo existió una fuerte invasión de cebada que incrementó sustancialmente la cantidad de forraje ofrecido. Sin embargo, es superior en más de 2600 kg MS ha⁻¹ a lo reportado por Dorantes (1997) y al monocultivo de avena estudiado por Morales (1995). García *et al.* (1994) evaluando la asociación de 2 variedades de avena (Cuahutémoc y Bizantina) y ballico (Matador y Westerworld) reportan en 3 pastoreos de 5066 a 5375 kg MS ha⁻¹ (similar a lo encontrado en este trabajo).

En la asociación de alfalfa-ovillo la cantidad de forraje ofrecido es superior a lo revisado por Sánchez *et al.* (1996), a lo reportado por García y Juárez (1994) y a lo que indica Vargas (1995), mientras que es inferior a lo reportado por Cortez (1998).

El comportamiento cambiante entre años para forraje ofrecido en praderas de alfalfa-ovillo en gran medida está dado porque las condiciones climáticas no son exactamente las mismas. Sin embargo, un efecto importante para que se tengan estos resultados es que los experimentos se han realizado en diferentes años de vida de las praderas notándose que ha mayor edad el rendimiento disminuye, esto se debe a la reducción en la proporción de alfalfa, siendo esta forrajera la que aporta la mayor cantidad de forraje en la asociación y sobre todo en la época invernal (Jiménez, 1983; García y Juárez, 1994; Sánchez *et al.*, 1996).

Para forraje residual no existió diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 20) tanto para cultivo forrajero como pradera permanente; este resultado era de esperarse puesto que el criterio de manejo del pastoreo fue lograr residuales similares. Sin embargo para la pradera permanente se tuvo diferencia ($P<0.05$) entre potreros (Cuadro 21), lo que indica que si bien el manejo fue similar para los tratamientos dentro del potrero, no se tuvo el mismo criterio entre potreros. Esta situación se relaciona con la masa de forraje ofrecido, ya que como lo señala Sánchez *et al.* (1996) existe una tendencia a tener mayor cantidad de forraje residual a medida que se tiene mayor masa de forraje ofrecido. En el caso de forraje desaparecido no existió diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos tanto para pradera

como cultivo forrajero lo que era de esperarse al no existir diferencia entre tratamientos para forraje residual (Cuadro 20).

Es importante hacer notar la diferencia ($P < 0.05$) que existió entre cultivo forrajero y pradera permanente (Cuadro 20) para forraje desaparecido, puesto que si es considerado el forraje desaparecido como indicador del forraje consumido (Hodgson, 1979), el cultivo estaría aportando dos terceras partes de la producción neta de forraje. Es posible que se pueda atribuir este resultado a la mayor cantidad de hoja total que se tuvo en el cultivo forrajero, que superó en más de 20 puntos porcentuales a la pradera permanente, ya que esta variable tiene una relación importante con el consumo, puesto que el animal siempre intenta consumir el alimento de mayor calidad (Chacon y Stobbs, 1976).

Cuadro 20. Forraje ofrecido, Forraje residual y Forraje desaparecido de alfalfa-ovillo (pradera) y avena-ballico (cultivo)

Nivel de Ensilado* kg vaca ⁻¹ día ⁻¹	Forraje Ofrecido kg MS ha ⁻¹		Forraje Residual kg MS ha ⁻¹		Forraje Desaparecido Kg MS ha ⁻¹	
	Cultivo	Pradera	Cultivo	Pradera	Cultivo	Pradera
0			1997a	2184a	3893a	1548a
6			2077a	2187a	3786a	1541a
12			2031a	2168a	3832a	1430a
18			1978a	2176a	3873a	1429a
Promedio	5890A	3768B	2021B	2179A	3846a	1489B

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P > 0.05$)

Medias con la misma literal mayúscula por hilera, dentro de cada fuente de variación no son diferentes estadísticamente ($P > 0.05$)

En el caso de las praderas de alfalfa-ovillo, se evaluó el efecto de la edad y uso anterior del suelo sobre su desempeño productivo y se observó que para forraje ofrecido no existió diferencia ($P > 0.05$) en praderas de segundo y tercer año cuando el uso anterior

fue cultivo forrajero (Cuadro 21), pero sí hubo un efecto marcado al compararlas con las praderas donde el cultivo anterior había sido pradera (Cuadro 21).

Para forraje residual se tiene la misma tendencia que en forraje ofrecido a que las praderas de tercer año provenientes de pradera como cultivo anterior tuvieran las menores masas de forraje (Cuadro 21).

El forraje desaparecido por tipo de pradera de alfalfa-ovillo muestra que se tuvo una mayor ($P < 0.05$) cantidad de forraje desaparecido en las praderas donde hubo menor cantidad de forraje ofrecido lo que no era de esperarse, con esto se puede asumir que al manejar el pastoreo con el criterio de residuales similares entre tratamientos que se encuentran en el mismo potrero, se debe tener un criterio objetivo de medición ya que si bien no se presentaron diferencias dentro de potreros estas sí ocurrieron entre potreros (Cuadro 21).

Cuadro 21. Forraje ofrecido, residual y desaparecido por tipo de pradera en alfalfa-ovillo

Tipo de Potrero	Forraje Ofrecido kg MS ha ⁻¹	Forraje Residual kg MS ha ⁻¹	Forraje Desaparecido kg MS ha ⁻¹
1	3913 ^a	2434a	1409b
2	3941 ^a	2280a	1384b
3	2928b	1704b	1737a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P > 0.05$)

1=Pradera de 2° año proveniente de cultivo forrajero

2=Pradera de 3^{er} año proveniente de cultivo forrajero

3=Pradera de 3^{er} año proveniente de pradera

4.2. Composición botánica

En la composición botánica del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo (Cuadro 22) se encontró una marcada superioridad del componente alfalfa respecto a ovillo (34.2 unidades más)

esta tendencia de la alfalfa a dominar en la asociación es normal de acuerdo a lo revisado por Sánchez *et al.* (1996) quienes mencionan que la proporción alfalfa-ovillo es de 70/30 a través del año y en los meses de diciembre y enero de 85/15.

Jiménez (1983) y Cortez (1998) reportan una mayor dominancia que la encontrada en este trabajo, lo que en parte podría explicarse, porque estos autores emplearon praderas de primero y segundo año en tanto que las praderas utilizadas en este experimento fueron de segundo y tercer año, existiendo una tendencia a reducirse la proporción de alfalfa con la edad de la pradera. Julián (1996) al evaluar distintas asociaciones de leguminosa-gramínea en su cuarto año de vida, reporta una importante proporción de ovilla (mayor a 40%), y una proporción mucho menor de alfalfa que la que se reporta en praderas más jóvenes. Este autor señala que de las leguminosas evaluadas, la alfalfa fue de las que tuvieron menor presencia en tanto que las asociaciones donde estuvo ovilla la proporción de leguminosas fue menor en alrededor de 15% comparado con asociaciones donde estuvieron otras gramíneas, de lo que se desprende que al paso del tiempo la composición botánica en asociaciones de alfalfa-ovillo tiende a inclinarse a favor de ovilla.

Las praderas de alfalfa ovilla, en general, estuvieron poco enmalezadas, de acuerdo a lo reportado para la misma época por Sánchez *et al.* (1996), lo que en parte se puede atribuir a que estos autores evaluaron praderas con mayor edad, factor que se relaciona con presencia de malezas (Julián, 1996).

Referente a la composición botánica del forraje ofrecido de avena-ballico, se observa una dominancia de avena sobre ballico aunque la diferencia no es muy marcada (Cuadro 22). Dorantes (1997) evaluando la asociación avena-ballico señala que existe una mayor proporción de avena en los primeros pastoreos (80/20) pero que esta empieza a descender a medida que transcurre el tiempo, terminando por dominar el ballico. En el presente trabajo la dominancia de la avena se explica porque los potreros que se utilizaron casi todos estaban en su segundo pastoreo por lo que todavía dominaba avena.

Cuadro 22. Composición botánica del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo (pradera) y avena-ballico (cultivo)

Pradera			Cultivo	
Alfalfa %	ovillo %	maleza %	avena%	ballico%
66.1±2.51	31.9±1.66	1.9±0.99	57.9±5.30	42.0±5.30

Media ± error estandar

En la composición botánica del forraje residual, no se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos para las asociaciones de alfalfa-ovillo y avena-ballico (Cuadro 23). En alfalfa-ovillo se observa cierta preferencia hacia la leguminosa y rechazo de maleza y ovillo, coincidiendo con Sánchez *et al.* (1996) y con lo revisado por López (1995).

Para el caso del cultivo forrajero se observa un incremento en la proporción de avena en el residual asumiendo con ello que existió preferencia hacia el ballico, lo que concuerda con lo reportado por Dorantes (1997) en sus dos primeros pastoreos. Esta preferencia es mínima lo que se puede adjudicar a que la utilización en el cultivo fue alta y con ello se redujo la selectividad hacia algún componente, de acuerdo a lo indicado por Hodgson (1990).

Cuadro 23. Composición botánica del forraje residual de alfalfa-ovillo (Pradera) y avena-ballico (Cultivo)

Nivel de ensilado kg vaca día ⁻¹	Pradera			Cultivo	
	alfalfa%	Ovillo%	Maleza%	avena%	ballico%
0	57.2a	40.3a	2.3a	65.2a	34.7a
6	55.7a	41.0a	3.1a	60.5a	39.3a
12	55.7a	40.3a	3.9a	61.2a	38.7a
18	54.7a	41.7a	3.5a	58.7a	41.2a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

4.3. Composición morfológica

La composición morfológica del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo estuvo dominada por hoja (Cuadro 24), lo que coincide con lo reportado por Sánchez *et al.* (1996). El porcentaje de hoja en especies sembradas supera lo reportado por Cortez (1998) y Cruz y Flores (1998). Esta situación pudo originarse en el hecho que las praderas del estudio tenían un año más de edad, con ello la proporción de ovillo aumentó en las praderas siendo este componente el que aporta gran cantidad de hoja y poco tallo en la asociación. Ello no implica que la masa total de hoja (kg MS ha⁻¹) haya sido mayor ya que también está afectada por la masa de forraje ofrecida.

Es importante resaltar la alta proporción de tallo que se presentó, lo cual pudo deberse a que el periodo de descanso fue mayor a 45 días. López (1995) indica que a mayor periodo de descanso la relación hoja-tallo disminuye.

El valor de material muerto es menor a lo reportado por Sánchez *et al.* (1996) y Cortez (1998). Sin embargo, de acuerdo a lo revisado por López (1995) mayores a 20% de

material muerto en la pradera es un factor limitante para el consumo de animales en pastoreo. La alta proporción de material muerto puede explicarse por los periodos de descanso largos, así como por la ausencia de riego en el mes de febrero.

Cuadro 24. Composición morfológica del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo (pradera) y avena-ballico (cultivo)

	Hoja %		Tallo %			
Pradera	alfalfa	ovillo	alfalfa	Ovillo	maleza%	*mm%
Media ± error est.	31.1 ± 1.9	15.2 ± .77	20.6 ± 1.0	9.4 ± .33	1.3± .64	22.2 ± 1.5
Cultivo	avena	ballico	avena	Ballico	inflorescencia%	mm%
Media ± error est.	38.3 ± 5.1	29.5 ± 3.7	15.4 ± 1.1	10.2 ± 2.2	1.7± 1.15	3.5 ± .60

*mm =Material muerto

En la composición morfológica del forraje residual no existieron diferencias ($P>0.05$) por efecto de los tratamientos tanto para alfalfa-ovillo como para avena-ballico lo cual es importante porque indica que no se tuvo efecto del manejo de pastoreo (Cuadro 25).

Para alfalfa-ovillo se tuvo preferencia marcada hacia el componente hoja en tanto que tallo fue rechazado. Cruz y Flores (1998) estimando la composición de la dieta de novillos en pastoreo encontraron un marcado rechazo por tallo de alfalfa a medida que avanzó el periodo de ocupación, lo cual puede estar explicado por la elevada resistencia a la ruptura que tiene este componente (Dougherty *et al*, 1988).

En el caso de alfalfa-ovillo el porcentaje de material muerto fue muy superior en el forraje residual que en el forraje ofrecido, la estimación de la composición promedio del forraje

desaparecido indica que este componente no forma parte de la dieta del animal, confirmando el marcado rechazo registrado por Julián (1996).

Cuadro 25. Composición morfológica del forraje residual de alfalfa-ovillo (pradera)

Nivel ensilado kg vaca día	Hoja%		Tallo%		Maleza%	*mm%
	alfalfa	Ovillo	alfalfa	ovillo		
0	13.9a	8.8a	21.5a	16.0a	1.5a	38.1a
6	13.9a	9.3aa	21.0a	16.2a	1.9a	37.4a
12	14.3a	9.8a	20.8a	15.6a	2.4a	36.8a
18	12.6a	8.6a	20.5a	16.8a	2.2a	39.1a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)
 *mm =Material muerto

En el caso de avena-ballico se encontró una marcada selección tanto para hoja de avena como de ballico mientras que el tallo de avena fue rechazado, el tallo de ballico presentó la misma proporción tanto en ofrecido como en residual (Cuadro 24 y 26).

Morales (1995) evaluando 3 variedades de avena, reporta en promedio para los dos primeros pastoreos 57.4% de hoja, valor inferior a lo encontrado en este trabajo para la asociación avena-ballico, esto puede ser atribuido a la presencia de ballico que posee una mayor cantidad de hoja lo que mejora la proporción de ésta en la asociación. A su vez, reporta un porcentaje de hoja en el forraje residual superior al del presente trabajo, lo cual probablemente se asocia con el menor grado de utilización que se obtuvo en ese experimento.

La proporción de material muerto en el forraje residual es muy elevada implicando que la masa de material muerto fue mayor en el forraje residual que en el forraje ofrecido. Algo

similar se deduce de los datos reportados por Morales (1995). Esta situación confirmaría la observación empírica que indica que durante el periodo de ocupación se presenta senescencia acelerada y muerte de las hojas inferiores de avena.

Cuadro 26. Composición morfológica del forraje residual de avena-ballico

Nivel ensilado kg vaca día	Hoja %		Tallo %		Inflorescencia %	*mm%
	Avena	Ballico	avena	Ballico		
0	15.1a	8.5a	28.3a	14.8a	2.3a	35.4a
10	12.6a	9.3a	24.9a	16.7a	2.5a	33.7a
20	12.9a	8.7a	23.8a	16.4a	2.7a	35.2a
30	12.8a	9.8a	22.7a	16.8a	2.6a	35.0a

*mm = Material muerto

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P > 0.05$)

4.4. Composición nutricional

En el cuadro 27 se presentan resultados de la composición química del forraje ofrecido.

En el contenido de proteína cruda el forraje de alfalfa-ovillo es superior ($P < 0.05$) al de la asociación avena-ballico y el ensilado de maíz.

El valor de proteína cruda para alfalfa-ovillo es elevado de acuerdo a lo reportado por Sánchez *et al.* (1996) y Cortez (1998) lo que podría explicarse en parte porque en este trabajo se tuvo un valor elevado de hoja y un bajo contenido de material muerto, además de que la proporción de alfalfa en forraje ofrecido fue alta.

López (1995) trabajando con periodos de descanso de 21, 28, 35 y 42 días reporta promedios de proteína cruda superiores a los encontrados en este trabajo, el autor señala que esto ocurre en los periodos cortos porque el rebrote es muy tierno y existe alta

proporción de hoja en tanto que para los periodos de descanso más largos se explica por la elevada proporción de alfalfa.

Cortez (1998) considera que valores mayores a 13.5% de proteína cruda son superiores a las necesidades de vacas produciendo diariamente 17 kg de leche y con 250g de ganancia diaria de peso. El problema se acrecenta con valores más altos porque la proteína cruda de estas forrajeras es en su mayoría degradable a nivel de rumen, pudiendo traer como consecuencia problemas reproductivos en los animales (Grant *et al.*, 1996).

El contenido de proteína cruda de la asociación avena-ballico se debe considerar como adecuado y fue similar al reportado por Dorantes (1997) y mayor que el encontrado por Morales (1995) en diferentes variedades de avena.

La proteína cruda del ensilado de maíz estuvo dentro del intervalo reportados por NRC (1989) y fue bajo comparado con la asociación alfalfa-ovillo y avena-ballico. Sin embargo, este aspecto puede resultar favorable ya que al existir excedentes de proteína degradable en rumen en el forraje de alfalfa-ovillo, la inclusión de ensilado de maíz en la dieta puede mejorar el balance energía/proteína de la misma (Valk, 1994).

En fibra neutro detergente (FND) no existió diferencia entre forrajeras (Cuadro 27). El valor de FND de avena-ballico es inferior a lo reportado por Cortez (1998), lo que posiblemente se deba a que este autor evaluó el cultivo en una etapa fenológica más avanzada y coincide con lo encontrado por Belyea *et al.* (1978) al evaluar trigo en estado vegetativo.

La FND del ensilado de maíz es ligeramente superior al porcentaje de FND reportado por NRC (1989) para ensilado de maíz con pocas mazorcas. En digestibilidad se observa que los datos obtenidos por el método de NIR son inferiores, lo que podría explicarse por 2 causas: que la formulas para determinar energía no sean las adecuadas para las forrajeras en estudio o bien que el tamaño de partícula empleado para determinar digestibilidad *in situ* haya sido demasiado pequeña teniendo con ello perdidas en el proceso y con ello elevado la digestibilidad. Aunque es importante señalar que en ambos datos se observa el mismo comportamiento, donde avena-ballico tiene mayor digestibilidad comparado con las praderas de alfalfa-ovillo.

En el caso de los datos calculados con NIR la digestibilidad de maíz y la de alfalfa-ovillo son similares, cosa que no se esperaba de acuerdo a lo reportado por Holden *et al.* (1995). Para los datos de digestibilidad *in situ* se tiene un comportamiento más razonable donde avena ballico domina, seguido por la asociación alfalfa-ovillo y por ultimo ensilado de maíz. El mayor valor para avena-ballico se explica por la proporción reducida de material muerto y tallo así como la elevada cantidad de hoja en estas. La digestibilidad *in situ* para alfalfa-ovillo coincide con lo reportado por Sánchez *et al.* (1996) y Cortez (1998) en tanto que el valor de avena-ballico es alto de acuerdo a lo reportado por Morales (1995) y Dorantes (1997). En el caso de ensilado de maíz la digestibilidad coincide con lo reportado por Holden *et al.* (1995).

Cuadro 27. Proteína Cruda (PC), Fibra detergente ácido (FAD), Fibra detergente neutro (FND), Digestibilidad calculada y Digestibilidad *in situ* del forraje ofrecido de alfalfa-ovillo, avena-ballico y ensilado de maíz

	PC %	FAD %	FND %	Digestibilidad* %	Digestibilidad** %
alfalfa-ovillo	24.0a	32.2 ^a	46.9a	68.2b	74.8a
avena-ballico	14.7b	27.2b	46.4a	74.9a	79.9a
ensilado de Maíz	9.5c	33.8 ^a	55.3a	68.1b	64.9b

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

*Calculados a partir del dato de energía por NIR

**Digestibilidad *in situ*

4.5. Calidad del forraje residual

En el cuadro 28 se presentan los valores para calidad del forraje residual, en él se observa que el valor de la proteína cruda de alfalfa-ovillo fue el más elevado, superando a avena-ballico y ensilado de maíz lo cual era de esperarse puesto que las leguminosas tienden a tener más proteína cruda que las gramíneas.

Los valores de proteína cruda obtenidos para alfalfa-ovillo, son inferiores a lo reportado por Sánchez *et al.* (1996) para la misma época, en tanto que para digestibilidad son similares a lo mencionado por estos autores. En el caso de avena-ballico el valor de PC y digestibilidad calculada es muy inferior a lo señalado por Morales (1995) y Dorantes (1997), lo que se explica al observar los bajos grados de defoliación que obtuvieron estos autores.

Algo no esperado en estos resultados, es que el residual de ensilado de maíz tuvo mejores características que el ensilado ofrecido y de hecho para FAD, FND y digestibilidad calculada fue mejor que alfalfa-ovillo y avena-ballico, lo cual se puede atribuir al alto

contenido de grano que se observó en el residual del ensilado, siendo este componente de mayor calidad que el forraje (NRC, 1989).

Cuadro 28. Proteína Cruda (PC), Fibra detergente ácido (FAD), Fibra detergente neutro (FND), Digestibilidad calculada (Dig) y Digestibilidad *in situ* (Dig *in situ*) del forraje residual de alfalfa-ovillo, avena-ballico y ensilado de maíz

Recurso forrajero	Nivel de ensilado	PC %	FAD %	FND %	*Dig %	**Dig <i>in situ</i> %
alfalfa-ovillo	0	16.9a	34.6a	54.4ab	65.3ab	70.2a
	6	16.5a	35.2a	55.4a	65.5a	70.2a
	12	16.2a	34.8a	54.8ab	65.0ab	69.8a
	18	16.1a	34.3a	53.0b	65.5b	69.7a
avena-ballico	0	6.4a	44.1	73.0	56.7	70.1ab
	6	7.2a	45.1	74.2	55.4	69.4b
	12	7.4a	46.1	74.1	54.1	72.2a
	18	7.1a	46.4	73.5	54.4	70.9ab
ensilado de Maíz	0					
	6	10.0a	25.1b	39.0a	73.5a	64.8b
	12	9.6a	29.7a	47.1a	70.6b	69.4a
	18	9.9a	31.7a	56.4b	69.3b	67.3ab

Medias con la misma literal por columna dentro de recurso forrajero no son diferentes estadísticamente ($P > 0.05$)

*Calculado a partir del dato de energía por NIR

***Digestibilidad in situ*

4.6. Grado de defoliación y tasa de desaparición de forraje

Para grado de defoliación no existió diferencia ($P > 0.05$) por efecto del tratamiento aunque sí se observó efecto del recurso forrajero (Cuadro 29). El grado de defoliación de avena-ballico fue alto de acuerdo a los reportes de Morales (1995), Dorantes (1997) y Cortez (1998). Sin embargo, resulta razonable si se considera que estas praderas presentaban un alto contenido de hoja así como baja proporción de tallo y material muerto lo que, de acuerdo a lo indicado por Poppi *et al.* (1987) debió favorecer una

utilización muy eficiente. Morales (1995) al evaluar tres variedades de avena observó una relación positiva entre el grado de defoliación y la producción neta de forraje en tanto que cuando la proporción de tallo fue mayor, el grado de defoliación se redujo.

Dorantes (1997) al evaluar la asociación avena-ballico fertilizada con Nitrógeno o combinada con leguminosas (veza y trébol) bajo pastoreo, reportó que con similar masa de forraje ofrecido y manejo de pastoreo uniforme, se alcanzó un mayor grado de defoliación para avena-ballico fertilizado, con lo que se deduce que esta asociación tiene buena aceptación por los animales. Para la asociación alfalfa-ovillo los grados de defoliación se podrían considerar bajos, entre 6 y 10 unidades porcentuales menores a los reportados por López (1995) Sánchez *et al.* (1996) y Cortez (1998).

La tasa de desaparición estuvo afectada por el tratamiento ($P < 0.05$) observándose una relación negativa entre el nivel de ensilado y la tasa de desaparición, tanto para alfalfa-ovillo como para avena-ballico y por ende en la tasa de desaparición total (Cuadro 38). Por lo que se puede deducir que existe una reducción en el consumo de forraje de pradera y cultivo por efecto de ofrecer ensilado de maíz.

Partiendo de los datos de tasa de desaparición y del consumo de ensilado se observa que la sustitución en el consumo de forraje por ensilado de maíz fue en promedio 2.20 (2.36, 2.33 y 1.932 kg MS ensilado kg MS pradera⁻¹ para 6, 12, y 18 kg ensilado), valores mayores a los que normalmente se han encontrado al suplementar con ensilado de maíz (Phillips, 1988).

Sin embargo, estos resultados deben tomarse con reserva puesto que el error al estimar el consumo a través de la tasa de desaparición puede ser alto. Los valores para tasa de desaparición son inferiores a lo encontrado por Sánchez *et al.* (1996) y Cortez (1998) quien señala que valores altos para esta variable son producto de errores de muestreo. La tasa de desaparición promedio de la asociación avena-ballico fue superior a la de las praderas de alfalfa-ovillo, lo que se explica porque avena-ballico tuvo una mayor masa de forraje ofrecido mientras que en el forraje residual fueron muy similares estas asociaciones.

Cuadro 29. Grado de defoliación y tasa de desaparición en alfalfa-ovillo (pradera) y avena-ballico (cultivo)

Nivel de ensilado (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	Grado de defoliación (%)		Tasa de desaparición kg MS (100kg peso vivo) ⁻¹		Total
	Cultivo	Pradera	Cultivo	Pradera	
0	66.05a	41.7a	1.9a	1.00a	3.0a
6	64.27a	41.5a	1.6b	0.82b	2.4b
12	65.09a	40.3a	1.3c	0.68bc	1.9c
18	65.70a	40.0a	1.1c	0.62c	1.7d
Promedio	65.2A	40.9B	1.5a	0.79B	

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

Medias con la misma literal mayúscula por hilera no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

Al evaluar la tasa de desaparición por tipo de pradera en alfalfa-ovillo se observa que no existió efecto (P>0.05) de este factor (Cuadro 30). Se esperaba que las praderas con menor edad y provenientes de cultivo forrajero fueran las que presentaran mayores tasas de desaparición, por su mayor masa de forraje ofrecida y por haberse manejado con mayores asignaciones ya que de acuerdo a Poppi *et al.* (1987) ambos factores afectan

positivamente el consumo individual. Sin embargo no se encontró la diferencia esperada y la información recabada no permitió encontrar las causas de esta situación.

Cuadro 30. Tasa de desaparición por tipo de pradera en alfalfa

Tipo de pradera	Tasa de desaparición kg MS (100kg peso vivo) ⁻¹
1	0.74a
2	0.78a
3	0.87a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

1=Pradera de 2º año proveniente de cultivo forrajero

2=Pradera de 3º año proveniente de cultivo forrajero

3=Pradera de 3º año proveniente de pradera

4.7. Asignación y carga

La asignación estuvo afectada ($P<0.05$) por el tratamiento así como por el recurso forrajero, resultando que a mayor cantidad de ensilado se aplicó menor asignación (Cuadro 31), resultado de que los animales con ensilado consumieron menor cantidad de forraje, para cubrir sus necesidades, por lo que se les ofreció menos cantidad de este en promedio por lo que como consecuencia se le ofreció menor área. En promedio, por cada kg de ensilado ofrecido la reducción en asignación fue de 0.742 kg de forraje.

El hecho que avena-ballico haya tenido mayor asignación que alfalfa-ovillo es producto de que el cultivo forrajero tuvo mejores condiciones de pastoreo (más hoja y forraje ofrecido) y por tanto mayor consumo, por lo que de acuerdo al manejo de pastoreo definido (asignar a medida que se llegaba a un determinado nivel de residual) se utilizó en mayor medida el cultivo.

Las menores asignaciones para los tratamientos donde se ofreció ensilado provocó que estos tuvieran una mayor ($P < 0.05$) carga animal, puesto que el área utilizada es una variable importante en el cálculo de carga animal, observándose una relación positiva entre nivel de ensilado y carga (Cuadro 31).

El incremento en carga al ofrecer ensilado se esperaba, y coincide con lo indicado por Phillips y Leaver (1985) quienes señalan que al ofrecer ensilado *ad-libitum* incrementaron la carga en más de 100% en tanto que al restringir la cantidad de ensilado la carga aumentó en alrededor del 50%. En este trabajo, se observó un incremento de 1.5 vacas al pasar de 0 a 18 kg ensilado vaca⁻¹ día⁻¹ lo que representa un incremento en carga cercano al 60%.

Apaseo *et al.* (1990) reportan para los meses de noviembre a marzo una carga de 2.13 vacas ha⁻¹. Ello implicaría que la adición de cultivo y los tres kg de concentrado que se dieron al nivel de 0 kg de ensilado no representan ventaja en carga. Sin embargo la producción de leche de este autor es inferior en más de 4 litros a lo encontrado en este trabajo. Sánchez *et al.* (1996) para el periodo de enero a abril indica 2 unidades animal ha⁻¹.

Cuadro 31. Carga y Asignación

Nivel de ensilado kg ensilado vaca ⁻¹ día ⁻¹	Carga (vacas ha ⁻¹) Cultivo	Carga (vacas ha ⁻¹) Pradera	Carga (vacas ha ⁻¹) Total	Asignación kg MS (100 kg peso vivo) ⁻¹		
				Pradera	Cultivo	Total
0	1.1 c	1.7 b	2.1d	2.5a	3.0a	5.5a
6	1.2 c	1.5 b	2.5c	1.9b	2.5b	4.4b
12	1.6 b	1.2 a	3.1b	1.5c	2.0c	3.5c
18	1.9 a	1.0 a	3.6a	1.4c	1.7c	3.1c
				1.8B	2.3A	

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

Medias con la misma literal mayúscula por hilera no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

En lo referente al efecto del tipo de pradera de alfalfa-ovillo sobre carga animal existió una tendencia (P<0.08) a que las praderas más jóvenes y las provenientes de uso anterior con cultivo forrajero sostuvieran más animales ha⁻¹ (Cuadro 32). Esto demuestra la importancia de la rotación de praderas en un sistema intensivo de producción de leche ya que un mayor número de animales significa mayor productividad, uno de los objetivos capitales de este sistema.

Cuadro 32. Carga animal por tipo de pradera en alfalfa-ovillo

Tipo de pradera	Asignación ** kg MS (100 kg peso vivo) ⁻¹	Carga* (vacas ha ⁻¹)
1	2.0a	2.9a
2	1.9 ^a	2.6a
3	1.6b	2.5a

*Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

**Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.08)

1=Pradera de 2º año proveniente de cultivo forrajero

2=Pradera de 3º año proveniente de cultivo forrajero

3=Pradera de 3º año proveniente de pradera

4.8. Consumo de ensilado

El consumo de ensilado fue afectado ($P < 0.05$) por el tratamiento, resultando que a mayor cantidad de ensilado ofrecido se tuviera mayor consumo de este (Cuadro 33). En este trabajo al igual que lo reportado por Meijs (1986) se encuentra que los residuales de ensilado aumentan a medida que la cantidad de ensilado ofrecido se incrementa, aunque esto difiere de muchos trabajos donde se ha suplementado con ensilado de maíz (Moran, 1992; Moran y Jones, 1992; Moran y Stockdale, 1992 y Valk, 1994) ya que los residuales reportados van de 0 a 8%, esta diferencia probablemente se debe a que en el presente experimento (a diferencia de los otros) las praderas fueron de elevada calidad (proteína y digestibilidad).

Hijink *et al.* (1982) señala que si la pradera cubre con las necesidades del animal el consumo de ensilado se va a deprimir, y lo contrario ocurre cuando las praderas no cubren los requerimientos de los animales. En lo revisado por Moran y Jones (1992) se menciona que el tiempo asignado para consumo de ensilado puede ser un factor para el rechazo de este forraje, sin embargo, este no debió ser el caso ya que estos autores mencionan que se necesita de una hora para que los animales consuman de 1.5 a 2.0 kg MS de ensilado y en el presente trabajo se tuvieron 4 h para el nivel más alto que fue 4.8 kg MS de ensilado.

Se observó que los animales rechazaron mayor ensilado cuando este se ofreció en grupo en la pradera que cuando el ensilado fue ofrecido individualmente en corral. Este resultado puede en parte explicarse por lo que señalan Bowman y Sowell (1997), quienes

reportan que el consumo de un suplemento ofrecido en grupo puede tener severas limitantes ya que las vacas dominantes generalmente no permiten comer a muchas vacas. Por otra parte también el consumo de las vacas dominantes puede deprimirse por el hecho de estar impidiendo el consumo de las vacas subordinadas, con lo que el consumo del suplemento puede ser inferior al que se estimó. *A priori* Phillips (1988) en su revisión menciona que al ofrecer el ensilado en campo sin comederos el residual es de 23% mientras que cuando se ofrece en corrales el rechazo apenas alcanza el 5%.

Cuadro 33. Consumo y Rechazo de ensilado en corral y pradera (kg ensilado vaca⁻¹ día⁻¹)

Nivel de ensilado	Consumo de ensilado (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)		Rechazo de ensilado (% ofrecido)	
	Corral	Pradera	Corral	Pradera
6	1.40c	1.40c	10.0b	13.2b
12	2.60b	2.56b	17.9a	20.9b
18	3.70 ^a	3.05a	20.1a	37.0a
Promedio	2.63 ^a	2.28B	14.7B	24.0A

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

Medias con la misma literal mayúscula por hilera no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

4.9. Comportamiento animal

El nivel de ensilado tuvo efecto ($P<0.05$) sobre el comportamiento animal (Cuadro 34).

Se observa que el tiempo dedicado a consumo de ensilado aumentó a medida que se incrementó el nivel de ensilado. Sin embargo, es importante notar combinando la información de los cuadros 33 y 34 que las vacas consumieron de 2.0 a 2.2 kg de ensilado h⁻¹ lo que coincide con lo señalado por Moran y Jones (1992).

El tiempo de pastoreo presentó una marcada reducción a medida que las vacas recibieron mayor cantidad de ensilado, lo que se puede relacionar con menor tiempo de permanencia

en la franja de pastoreo por efecto de estar consumiendo el ensilado. El tiempo promedio de permanencia en potreros fue 1380, 1140, 1080, y 1020 minutos día⁻¹ para 0, 6, 12 y 18 kg ensilado vaca d⁻¹ respectivamente, esto implicó una reducción de 40, 25 y 20 minutos d⁻¹ por kg de ensilado ofrecido para 6, 12 y 18 kg silo vaca d⁻¹ respectivamente. Davison *et al.* (1982) señalan que por cada kg de ensilado consumido la reducción en tiempo de pastoreo fue de 40.0 minutos, en este trabajo la reducción en minutos por kg de suplemento consumido fue de 39.6 minutos.

Si bien el tiempo de pastoreo se redujo a medida que se suplementó con ensilado de maíz, al sumarlo con el tiempo destinado a consumo de ensilado los tiempos totales dedicados a consumo de forraje son muy similares (460, 436, 453 y 425 m para 0, 6, 12 y 18 kg ensilado vaca⁻¹), lo que podría indicar que el tiempo que se reduce en consumo en pastoreo se destina a consumo de ensilado.

Hodgson (1990) reporta que el tiempo de pastoreo de zona templada fluctúa de 6-12 h, en el presente trabajo el valor más alto fue de 7.7h por lo que puede considerarse que los animales tuvieron condiciones de pradera y ambientales favorables para tener un aceptable consumo de forraje.

En tiempo de rumia existió una relación positiva con nivel de ensilado, por cada kg de ensilado el tiempo de rumia aumentó en promedio 12.5 minutos. Este resultado coincide con lo reportado por Phillips y Leaver (1985) y puede considerarse lógico si se toma en cuenta que este alimento tuvo una mayor cantidad de paredes celulares.

Cuadro 34. Comportamiento animal (minutos)

Nivel de ensilado	A	D	O	CE	P	R
0	19.3a	466.0a	22.6ab	0d	459.6a	472.3b
6	13.6ab	482.0a	19.6b	44.3c	391.6b	488.6ab
12	16.0ab	452.0a	19.6b	80.3b	372.6c	499.0ab
18	12.6b	453.3a	28.0a	103.0a	322.6d	520.6a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

A= Toma agua D= Descansa O= Ordeña CE= Consume ensilado P= Pastoreo R= Rumia

4.10. Tasa de bocados

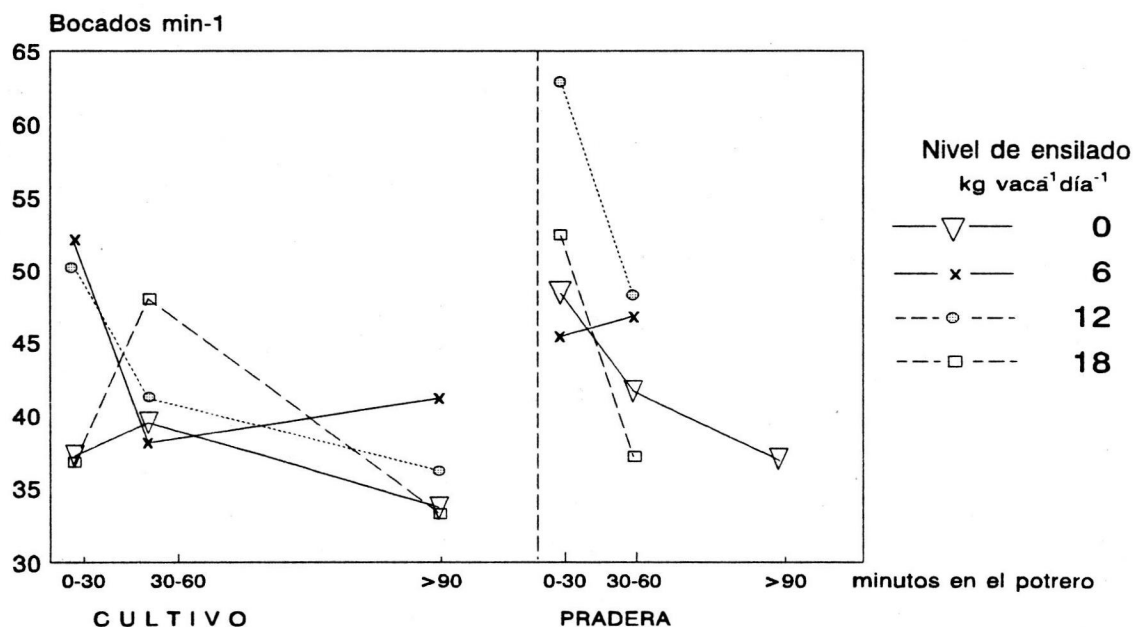
En tasa de bocados se observó efecto ($P<0.05$) del nivel de ensilado, momento de pastoreo y el recurso forrajero utilizando (Figura 2 y Cuadro 35). Se observa que la tasa de bocados fue mayor en las vacas que recibieron ensilado lo que contradice a lo reportado por Phillips y Leaver (1985).

Demment y Greenwood (1988) indican que el consumo es resultado del tamaño de bocado, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo, y si alguno de estos componentes es alterado se provocan cambios compensatorios en los otros, para mantener el consumo. En este trabajo, las vacas que recibieron ensilado tuvieron 4 horas menos de permanencia en las praderas, por lo que el aumento en tasa de bocado pudo ser una forma de intentar compensar el menor tiempo que permanecieron en pradera.

La mayor tasa de bocados para las vacas que recibieron 6 y 12 kg de ensilado en la primer media hora de pastoreo tanto en cultivo como pradera (Figura 2) puede atribuirse a que estas vacas permanecieron 2 horas en corral para consumo de ensilado, ya que el tiempo de permanencia en corral se ajustó en función del requerido por el lote al que se

le ofreció 18 kg de ensilado. Este encierro pudo haber operado como el dietado previo al cual Demment y Greenwood (1988) atribuyen incrementos en la tasa de bocados.

Figura 2. Tasa de bocados de vacas suplementadas con diferentes niveles de ensilado de maíz



En la asociación alfalfa-ovillo se observó mayor tasa de bocado, lo cual fue producto principalmente del valor más elevado en la primer media hora ya que más adelante la diferencia entre forrajeras empezó a disminuir. Lo anterior se puede atribuir a la diferencia en la condición inicial de pastoreo, donde avena-ballico en promedio tenía 68% y 3993 kg MS ha⁻¹ de hoja en tanto que la asociación de alfalfa-ovillo inició con 46% y 1744 kg MS ha⁻¹ de hoja, de lo cual se deduce que el tamaño de bocado inicial debió ser mayor en cultivo forrajero por tener mejores condiciones para pastoreo (Chacon y Stobbs, 1976; Poppi *et al.*, 1987), ello condujo a menor tasa de bocados ya que los bocados grandes implican un mayor tiempo de procesamiento (Forbes, 1988). Sin embargo, a medida que avanzó el periodo de ocupación la diferencia se fue

reduciendo, puesto que las condiciones de pastoreo se fueron igualando llegando a residuales con 22.6% y 475 kg MS ha⁻¹ de hoja para las dos asociaciones.

Cuadro 35. Tasa de bocados (bocados minuto⁻¹) con diferentes niveles de ensilado y tiempo de permanencia en la faja de pastoreo

Nivel		Momento				
0	38.7b		1	2	3	Promedio
6	41.1b	Pradera	52.0a	42.7a		48.4a
12	46.2a	Cultivo	43.8b	41.8a	34.2	43.8b
18	41.6b	Promedio	48.9a	42.6B		

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

Medias con la misma literal mayúscula por hilera no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

4.11. Producción de leche individual y por hectárea

La producción de leche individual no estuvo afectada (P>0.05) por el nivel de ensilado, si bien existió una tendencia (P=0.23) a que las vacas que no recibieron ensilado superaran a las vacas que se les ofreció 18 kg de ensilado (Cuadro 36). Esta reducción podría tener cierta relación con lo que concluye Phillips (1988), quien señala que cuando se suplementa con ensilado la producción de leche se puede deprimir si la calidad del ensilado es igual o menor al forraje de la pradera, cosa que sucedió en este trabajo.

Phillips (1988) señala que al adicionar ensilado en proporciones no mayores a 30% de la dieta total no tiene efecto negativo sobre la producción de leche respecto a las vacas no suplementadas, y de hecho llega a mejorar la producción, pero cuando se rebasa esta

proporción la producción de leche individual se deprime, coincidiendo con lo reportado por Moran y Stockdale (1992) y Moran y Wamungai (1992).

Con niveles altos de suplementación con ensilado, el consumo total de materia seca se llega a deprimir. Esta situación tuvo lugar en este trabajo, pero con porcentajes de suplementación menores a 30 % ya que el consumo total de MS fue de 19.3, 17.4, 15.8 y 15.8 kg MS para 0, 6, 12 y 18 kg de ensilado vaca⁻¹ día⁻¹. Sin embargo, al calcular las necesidades de energía de los animales y la energía consumida (NRC, 1989; Geenty y Rattray, 1987; ARC, 1995) existió para todos los tratamientos un exceso de energía (10.8, 6.8, 3.5, 3.6 Mcal EM vaca⁻¹ día⁻¹ para 0, 6, 12 y 18 kg ensilado vaca⁻¹ día⁻¹) por lo que la energía consumida pareciera no ser la limitante. Al analizar los requerimientos de proteína de sobrepaso se observa un déficit de 232.7 g en promedio (155, 254, 273 y 249g para 0, 6, 12 y 18kg ensilado vaca⁻¹ día⁻¹), lo que en determinado momento pudo ser una limitante para que las vacas manifestaran todo su potencial tal como lo señalan Davison *et al.* (1982).

Los valores obtenidos para producción individual superan lo reportado para la misma época por Apaseo *et al.* (1990) y Cortez (1998) en la zona de estudio. Si bien se observó una tendencia ($P=.23$) de reducción de leche entre cero ensilado y el nivel más alto de ensilado, este efecto se revierte ya que a mayor nivel de ensilado se incrementó la carga y con ello la producción de leche ha⁻¹, obteniendo incrementos ($P<0.05$) en productividad a medida que se aumentó el nivel de suplemento. Este mismo efecto lo reportan Jahn *et al.* (1989) y Poole (1985) al incluir ensilado de maíz en sistemas intensivos de pastoreo.

Cuadro 36. Producción de leche individual y por ha

Nivel de ensilado	kg vaca ⁻¹ día ⁻¹	kg ha ⁻¹ día ⁻¹
0	19.2 a	36.1 c
6	18.0 a	38.2 c
12	18.4 a	42.9 b
18	17.6 a	51.2 a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

4.12. Composición de la leche

No existió diferencia (P>0.05) en composición de la leche por efecto de la suplementación con ensilado de maíz (Cuadro 37). El porcentaje de grasa fue mayor a lo reportado por Cortez (1998) en praderas de alfalfa-ovillo y avena ballico. Sin embargo, se encuentra por debajo de lo reportado para vacas en pastoreo suplementadas con ensilado de maíz (Moran y Jones, 1992; Moran y Stockdale, 1992; Moran y Wamungai, 1992).

En el contenido de proteína cruda, los valores entre tratamientos son muy similares y no difieren de lo reportado por Moran (1992) al incluir 40% de ensilado y con Moran y Stockdale (1992) y Holden *et al.* (1995) al suplementar de 17 a 25% de ensilado.

Rogers *et al.* (1979) y Davison *et al.* (1982) señalan que al adicionar una fuente de proteína sobrepasante el porcentaje de proteína cruda en leche aumenta, lo que indicaría un suministro ineficiente de aminoácidos a nivel duodenal por efecto de ofrecer ensilado de maíz. En este trabajo la cantidad de proteína de sobrepaso fue deficiente para todos los tratamientos, por lo que la inclusión de una fuente de esta puede mejorar la proporción de proteína en la leche producida.

Respecto a lactosa y sólidos en leche Phillips y Leaver (1985), concluyen que al ofrecer ensilado no existe efecto y los niveles de estos componentes generalmente se mantienen, efecto que se observó en el presente trabajo.

En el caso de urea en leche no existió diferencia entre tratamientos, si bien se esperaba que a mayor cantidad de ensilado la urea en leche se redujera (Valk, 1994). Los valores de urea en leche son muy elevados de acuerdo a lo reportado por Grant *et al.* (1996) y Ferguson (s/f) quienes indican que para vacas en confinamiento los valores normales se encuentran entre 12 y 18 mg dl⁻¹ y que valores superiores a este intervalo resultan en reducciones de la tasa de concepción entre 15 y 20 %.

Chartmandarian *et al.* (1997) evaluando la relación entre cantidad urea en leche y la reproducción en vacas lecheras en pastoreo de alfalfa, reportan valores muy cercanos a los encontrados en este trabajo (16.7 a 30.9 mg dl⁻¹ con promedio de 25.3 mg dl⁻¹) y reportan que no existió relación entre intervalo parto primer celo e intervalo parto primer servicio con la concentración de urea en leche, aunque encontraron incremento en el número de servicios, con ello, los autores concluyeron que altos niveles de urea en leche disminuyen la supervivencia del embrión.

Grant *et al.* (1996) mencionan que altas concentración de urea en leche indican elevada proporción de proteína cruda en el alimento, baja proporción de carbohidratos solubles o bien que la proteína cruda y los carbohidratos no están bien combinados en la dieta. En este caso se tuvo un exceso de proteína degradable a nivel ruminal (1.280, 0.880, 0.620 y

0.580 kg día⁻¹ de exceso de proteína cruda degradable en rumen para 0, 6, 12 y 18 kg de ensilado vaca⁻¹ día⁻¹) Si bien se presentó una reducción a medida que se ofreció ensilado, esto no se reflejó en la concentración de urea en leche.

Cuadro 37. Efecto del nivel de ensilado sobre composición de la leche

Nivel kg ensilado	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa	SNG	SNG1	Urea (mg dl ⁻¹)
0	3.68 a	3.08 a	4.50 a	8.27 a	0.68 a	32.41a
6	3.92 a	3.14 a	4.53 a	8.37 a	0.68 a	31.27 a
12	3.65 a	3.09 a	4.62 a	8.42 a	0.69 a	32.08 a
18	3.68 a	2.97 a	4.64 a	8.33 a	0.70 a	33.82 a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

4.13. Cambio en condición corporal

En general, se observó que las vacas de todos los tratamientos mejoraron su condición corporal, aunque no existió diferencia (P>0.05) por efecto del nivel de ensilado ofrecido (Cuadro 38). El que todas las vacas mejoraran su condición corporal se puede atribuir a que estaban en una etapa de lactancia avanzada (188 días en promedio), periodo en el que las vacas tienden acumular peso si las condiciones así lo permiten (Phillips y Leaver, 1985; Moran 1992).

Cuadro 38. Cambio en condición corporal

Nivel	Condición inicial	Condición final	b0	b1	r ²	Etr	Pb1
0	3.1 a	3.5 a	3.1b	0.004 a	.47 a	.12 a	0.08 a
6	3.1 a	3.5 a	3.1b	0.008 a	.62 a	.14 a	0.03 a
12	3.3 a	3.6 a	3.3a	0.007 a	.51 a	.12 a	0.19 a
18	3.1 a	3.3 a	3.1ab	0.004 a	.47 a	.14 a	0.16 a

Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente (P>0.05)

Etr=Desvio medio de regresión

Pb1=Probabilidad de b1

5. DISCUSIÓN

5.1. Praderas y cultivos

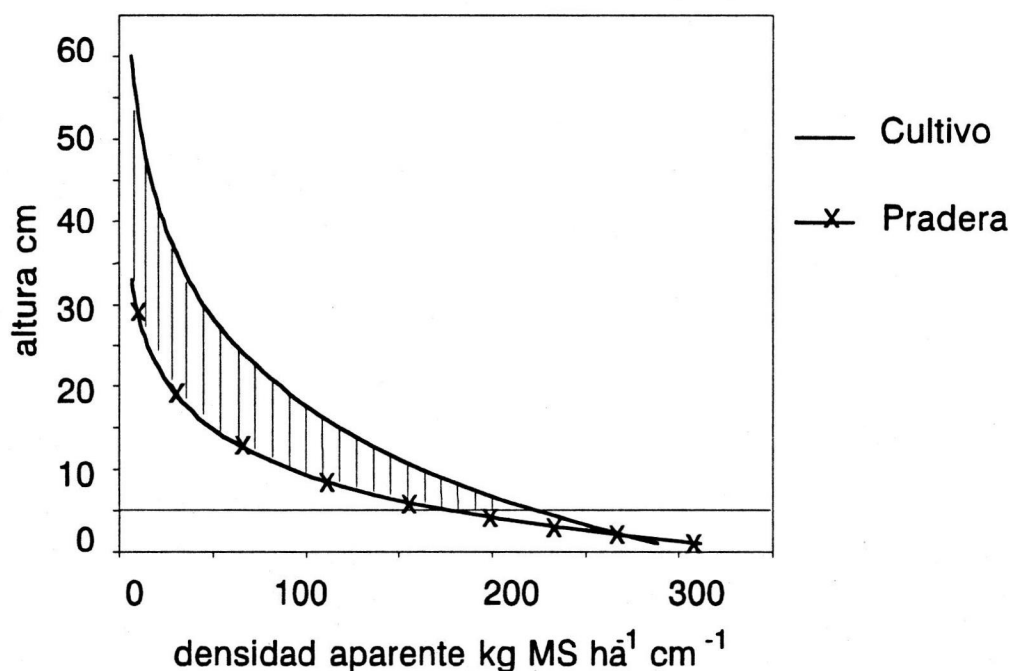
Los resultados muestran una clara superioridad de los cultivos en prácticamente todos los aspectos. Estos resultados difieren marcadamente de los obtenidos por Cortez (1998), lo que hace evidente que en el caso de este autor, la invasión de cebada con muy rápida maduración impidió extraer conclusiones sobre el papel de los cultivos en el sistema.

Si bien en carga animal no existieron claras diferencias, la producción neta de forraje de los cultivos prácticamente duplica la de las praderas (cuadros 20 y 29). Se considera que la producción neta es la resultante de las tasas de acumulación de forraje y el grado de utilización. Si bien por las características del presente trabajo no fue posible estimar las tasas de acumulación, la tasa de acumulación de forraje de los cultivos debió ser mayor, ya que con períodos de descanso previo menores se arribó a masas de forraje ofrecido 56% mayores en los cultivos, confirmando las ventajas indicadas por Wheeler (1981).

Sin duda las características de utilización de los cultivos fueron netamente superiores a las de las praderas, conduciendo a que el grado de defoliación fuese 60% mayor en los primeros (cuadro 29), aún cuando su ADF fue mayor (Cuadro 28). Chacon y Stobbs (1976) y Poppi *et al* (1987) coinciden en señalar algunas de las características que permiten lograr altos niveles de consumo individual y consecuentemente altos grados de utilización, a continuación se comentarán esas características comparando las situaciones de praderas y cultivos.

Una mayor masa de forraje ofrecido y menor proporción de la misma ubicada en los estratos inferiores (de menor accesibilidad para el animal), regularmente facilitan el consumo. En párrafos anteriores ya se ha hecho referencia a la mayor masa de forraje ofrecido del cultivo; aunque en el presente estudio no se evaluó la estructura del forraje ofrecido en la figura 3 se puede observar que los cultivos disponen de una mayor parte de su masa de forraje en horizontes más accesibles a los bovinos.

Fig 3. Distribución de la masa de forraje ofrecido en alfalfa ovido (pradera) y avena ballico (cultivo).



Rivera *et al.* Datos sin publicar.

La masa de hoja verde, la proporción de hoja verde en el total del forraje, la relación hoja/tallo y la densidad de hoja verde son atributos del forraje estrechamente relacionados con el consumo, ya que afectan directamente el tamaño de bocado. Considerando los promedios presentados en los cuadros 20 y 24 se observa que en proporción de hoja los cultivos fueron 46% superiores a las praderas, en masa de hoja lo fueron en 229% y en relación hoja tallo lo fueron en 72%. Se observa que la masa de hoja del forraje ofrecido en cultivos fue más del doble que en praderas, tomando en cuenta que la diferencia en alturas no alcanzaba esa magnitud, es evidente que la densidad de hoja fue muy superior en cultivos.

El material muerto es un componente completamente rechazado en la mayor parte de las situaciones de pastoreo y su presencia probablemente puede llegar a dificultar la aprehensión de hojas (Chacon y Stobbs 1976; Poppi *et al.*, 1987). La proporción de material muerto en el forraje ofrecido fue 6 veces superior en praderas (cuadro 24), implicando una desventaja en términos de utilización.

Por otra parte, el análisis conjunto del comportamiento ingestivo de los animales y las tasas de desaparición (cuadros 29, 34), indica que la tasa de desaparición fue prácticamente el doble en cultivos, (el tiempo total de pastoreo en ambos recursos no fue diferente, Benavidez y Camacho, datos sin publicar). Si a su vez se toma en cuenta que la tasa de bocados promedio fue superior en praderas, se debe concluir que el tamaño de bocado (el principal componente del comportamiento ingestivo) debió ser mayor en cultivos. La tasa de bocados en praderas se encontró cercana a los máximos valores

considerados por Hodgson (1982), por lo que el tamaño de bocado debió ser pequeño, probablemente asociado a la baja densidad del componente preferido (alfalfa) en los estratos superiores de praderas de mayor edad. Los tamaños medios de bocados estimados para pradera y cultivo fueron 546 y 1003 mg MS bocado⁻¹ respectivamente, y de acuerdo a lo reportado por Hodgson (1982) pueden considerarse como bajos y medios respectivamente.

Por las características del estudio, no es posible afirmar que se hayan presentado condiciones de masa y composición del residual que fueran limitantes para mayor defoliación por parte de las vacas. Sin embargo, resulta sorprendente que bajo un manejo basado exclusivamente en apreciaciones visuales, las condiciones de masa (masa total y masa de hoja) y composición (proporción de hoja) fueran similares en praderas y cultivos. En primera instancia, esto indica que en futuras investigaciones se deberá prestar mayor atención a masa y composición del residual como determinantes del comportamiento ingestivo y por ende el consumo, coincidiendo con lo indicado por Poppi et al. (1987) acerca del papel preponderante de estas variables en situaciones de manejo muy intensivo (como es el caso de pastoreo en franjas).

Dado que frente a ofrecidos similares, no se encontraron diferencias entre tratamientos en masa o composición del forraje residual, la composición del forraje desaparecido fue similar para los cuatro lotes, o sea que en términos de composición de la dieta del forraje de pastoreo no hubo diferencia entre tratamientos. Sin embargo, la estimación de la composición promedio de la dieta no pudo realizarse con precisión, esto constituye una

de las principales limitaciones del presente estudio, a su vez cabe señalar que es una limitación generalizada en este tipo de estudios (Le du y Penning, 1982; Fisher, 1994).

Se estimó la composición de la dieta por diferentes vías. En primer lugar a través de cálculos que emplean la composición del forraje ofrecido y residual y el grado de defoliación. La limitación de esta vía es la acumulación de los errores en la estimación de las masas de ofrecido y residual y de sus respectivas composiciones; si bien es posible estimar el error en la estimación de la masa del forraje desaparecido (varianza de una diferencia, Infante y Zárate, 1984), no es posible estimar los errores en la determinación de la composición del desaparecido (por tratarse de productos).

En la segunda vía utilizada para estimar la composición del forraje desaparecido, se empleó la técnica de muestreo manual conocida como "Hand Plucking" (Benavidez y Camacho, datos sin publicar). La limitación central de esta técnica y de la que emplea animales esofagostomizados al utilizarlas en pastoreo en franjas, reside en la rapidez con que ocurren cambios en el forraje en oferta, que no necesariamente son acompañados por cambios en la dieta (Cruz y Flores, 1998). Aunque es posible determinar la composición en diferentes momentos, es prácticamente imposible adjudicar proporcionalidad a esas composiciones de diferentes momentos.

A través del registro del tiempo de pastoreo y tasa de bocados es posible asignar un cierto número de bocados correspondiente a los diferentes momentos de muestreo. Se ha señalado que este tipo de estimaciones están sujetas a un importante margen de error

(Hodgson, 1982) producto de los cambios instantáneos en la tasa de bocados. Sin embargo, la limitación central reside en la falta de registro de los cambios instantáneos en la cantidad ingerida por bocado, y la estimación de esta variable es sumamente compleja (Burlison *et al.*, 1991). En resumen, aunque se disponga de información sobre la variación en la composición de la dieta en diferentes momentos del día, no es posible estimar la composición promedio de la dieta a partir de esa información.

Tomando en cuenta estas limitaciones y las ya señaladas en el capítulo 4 (resultados) respecto a la estimación de digestibilidad, las observaciones respecto a la composición de la dieta, son necesariamente muy generales. En primera instancia, dado que el grado de defoliación fue mucho mayor en cultivo que en praderas y tomando en cuenta lo señalado por Poppi *et al.*, (1987), la selectividad debió ser mucho menor en los primeros, por lo que las diferencias entre las composiciones del ofrecido y del desaparecido debieron ser menos marcadas que en el caso de las praderas. El porcentaje de hoja en la dieta fue muy elevado en ambos casos, es probable que no hayan existido diferencias importantes entre cultivos y praderas, si bien aparentemente fue mayor en cultivos. Esta diferencia pudo deberse a la participación de tallo de alfalfa, contra el cual, de acuerdo a lo reportado por Cruz y Florez (1998), a comienzos del período de ocupación no hay selectividad negativa.

El contenido de proteína cruda fue superior en praderas ubicándose por encima del 25% en tanto que en cultivos fue inferior a 19%. Los porcentajes de FDA en dieta se encontraron en ambos casos entre 25 y 30 %, con valores algo menores en cultivos en

tanto que el contenido de FDN fue en ambos casos aproximadamente 40%. La digestibilidad de la dieta fue ligeramente superior en praderas con porcentajes en ambos casos cercanos a 75%.

Al considerar en conjunto la composición de la dieta, existen dos aspectos a destacar respecto al papel de los cultivos en el sistema. En primer lugar es indudable que contribuyen a lograr un mejor balance en la dieta, reduciendo la concentración de proteína cruda que como ya se señaló es de alta degradabilidad ruminal. Este aspecto fue discutido con mayor detalle en los capítulos 3 y 4, al considerar el papel del ensilado de maíz. En segundo lugar, si se toma en cuenta que la dieta en praderas contó con aproximadamente 80 % de alfalfa, -resultado que coincide con lo reportado para el mismo período del año por Sánchez *et al*, (1996) y Ballesteros y Flores (1994),- en algunas situaciones los riesgos de timpanismo pueden ser muy altos. En esas situaciones, la disponibilidad de áreas de pastoreo de forraje de calidad equivalente y sin riesgos de timpanismo, juega un papel importante en el sistema.

Dentro del sistema compuesto por praderas en rotación con cultivos que se describió en el punto 2, la persistencia de las praderas es un factor decisivo. En el presente trabajo se compararon tres tipos de praderas que por sus características eran equiparables a praderas de diferentes edades. Las masas de forraje ofrecido fueron mayores en las praderas más jóvenes (cuadro 21), indicando caídas en las tasas de acumulación de forrajes en praderas de mayor edad o con menor porcentaje de alfalfa y mayor de malezas, -coincidiendo con lo reportado por Julián (1996).- Las comparaciones referentes

a carga y producción neta de forraje se dificultan debido a las diferencias en la asignación empleada (Cuadro 31). Al considerar los cuadros 21, 30 y 31 en conjunto y tomando en cuenta las relaciones generales que existen entre variables de pastoreo (Hodgson, 1990) resulta difícil explicar que la tasa de desaparición no haya presentado diferencias siendo que la masa de forraje ofrecido y asignación diaria de forraje fueron mayores en praderas más jóvenes. Si bien únicamente se encontró una tendencia ($P < 0.08$) a que la carga animal fuese mayor en praderas más jóvenes, dada la relación de ésta con la asignación diaria de forraje (Hodgson, 1990), se puede estimar que de haberse empleado asignaciones similares, la carga hubiese sido mayor en praderas más jóvenes.

5.2. Sustitución de forraje por ensilado

Al incrementarse la oferta de ensilado de maíz, aumentó el consumo del mismo (cuadro 33) y se redujo el consumo de forraje de praderas y cultivos (cuadro 29). Tomando en cuenta la información de ambos cuadros se estimó que la sustitución de forraje por ensilado fue en promedio 1.983 kg MS/kg MS ensilado (coeficiente de regresión lineal entre consumo de ensilado y tasa de desaparición). Al no contarse con estimación del error de esta variable no es posible realizar comparaciones entre los niveles; de los datos numéricos es aparente que la sustitución fue menor con el mayor nivel de ensilado.

Esta sustitución resulta muy elevada al compararla con las reportadas en la bibliografía (cuadro 14). Para ubicar este resultado es necesario tomar en cuenta las precisiones que se hicieron al justificar el criterio de manejo del pastoreo empleado. La sustitución fue producto de la variación simultánea de la oferta de ensilado y la oferta de forraje, pero

por otra parte, también pudo ser afectada por alteraciones en el manejo de los animales producto de la suplementación, ya que el tiempo de permanencia en los potreros de los animales se redujo en forma no proporcional al nivel de suplementación.

Si bien es posible establecer conceptualmente una cadena de sucesos referidos a la sustitución con relaciones causa-efecto, y se pueden observar asociaciones entre variables, la naturaleza del estudio no permite verificar relaciones causa-efecto. El modelo conceptual es el siguiente: una mayor oferta de ensilado condujo a un mayor consumo de este y por manejo a un menor tiempo de permanencia en el potrero. Ambos llevaron a un menor consumo de forraje por efecto de factores nutricionales y no nutricionales (de acuerdo al enfoque de Poppi *et al.*, 1987).

Los factores nutricionales dependieron de una mayor distensión ruminal, asociada al consumo de ensilado y al mayor tiempo de residencia en rumen de partículas. Este mayor tiempo de residencia a su vez fue función de una menor tasa de digestión asociada con mayor FDN (Minson, 1990) y a dificultades en la reducción del tamaño de partícula, asociada a mayor FDA (Van Soest, 1982).

Los factores no nutricionales dependieron de la reducción del tiempo de permanencia en los potreros, que determinaron cambios en el comportamiento ingestivo de los animales: tiempo de pastoreo, tasa de bocado, cantidad ingerida por bocado y relación tiempo de pastoreo: tiempo de rumia.

El mayor consumo de ensilado condujo a una marcada reducción en el consumo de forraje de praderas y cultivos que tuvo como consecuencia una reducción en el consumo total de forraje del orden de 786 g MS por kg ensilado consumido. Tomando en cuenta la composición del forraje consumido mencionada en párrafos anteriores, en términos de FDN y FDA esta reducción fue respectivamente de 161 y 105 g por kg de ensilado consumido.

El tiempo de pastoreo se redujo a medida que incrementó el consumo de ensilado. Esta reducción respondió al consumo de ensilado (en forma directa), aunque también fue afectada por alteraciones en comportamiento ingestivo originadas en el manejo. El tiempo que los animales permanecieron en los potreros fue diferente entre tratamientos, lo que pudo afectar el tiempo de pastoreo. Al considerar el tiempo de pastoreo como fracción del tiempo en el potrero, se encontró que los animales de los tratamientos con 6 y 12 kg de ensilado pastorearon una fracción mayor ($p < 0.05$) de su tiempo que los animales con 0 y 18 kg de ensilado (Benavidez y Camacho, datos sin publicar).

El tiempo de rumia se incrementó con el consumo de ensilado, expresado en minutos de rumia por kg consumidos, el consumo de ensilado implicó incrementos de 2.7 minutos por kg de materia seca, de 4.4 minutos por kg de FDN y de 7.3 minutos por kg de FDA. Existen dos posibles causas para estos incrementos, en primer lugar el consumo de ensilado implicó incremento en consumo de paredes celulares, y estas paredes presentaron mayores niveles de lignificación lo que debió incrementar la dificultad en reducción del tamaño de partícula. Por otra parte los animales suplementados presentaron

mayor tasa de bocados al comienzo del pastoreo. Esta situación también ha sido constatada en animales con dietado previo (Demment y Greenwood, 1988). De acuerdo a estos autores este aumento implicaría un cambio en la estrategia de consumo del animal asignando en el momento del pastoreo más movimientos mandibulares a la aprehensión del bocado en detrimento de los movimientos de masticación; la consecuencia directa es el incremento de tiempo de rumia requerido por kg de MS consumida, y este incremento se asocia con reducciones en el tiempo de pastoreo.

Los cuadros 29 y 34 permiten inferir que el consumo de ensilado redujo la tasa promedio de ingestión de forraje en pastoreo. Al complementar esta información con la del cuadro 35, se observa que la suplementación redujo el número total de bocados especialmente en el tratamiento con 18 kg de ensilado, a su vez debió reducir también el tamaño medio del bocado, lo que de acuerdo a Demment y Greenwood (1988) implicaría un cambio en la estrategia de consumo de las vacas.

En conjunto la información indica que la reducción en consumo de forraje por efecto de la suplementación con ensilado respondió a una compleja acción de factores nutricionales, y no nutricionales sobre los que además incidieron las diferencias en manejo asociadas a los niveles de suplementación.

5.3. Asignación diaria de forraje, carga animal y productividad

La reducción en consumo de forraje tuvo como consecuencia una reducción en el área diaria asignada, con la consecuente reducción en ADF e incremento en carga animal

(Cuadro 31). Considerada en términos del ensilado consumido, la reducción en asignación fue de 0.79, 0.77 y 0.65 kg MS por kg de MS de ensilado consumido, y el incremento en carga fue de 0.29, 0.38 y 0.41 vacas ha⁻¹ para 6, 12 y 18 kg de ensilado ofrecido respectivamente. Considerada en términos de oferta de ensilado, la reducción de asignación fue de 0.183, 0.167 y 0.133 kg de MS por kg de ensilado ofrecido para 6, 12 y 18 kg respectivamente, en tanto que el incremento en carga fue lineal a razón de 0.09 ± 0.02 vacas ha⁻¹ por kg de ensilado ofrecido, o dicho de otra forma, para incrementar la carga animal en 1 vaca ha⁻¹ se requirió ofrecer 11.7 ± 2.6 kg de ensilado por vaca.

Dado que la suplementación con ensilado no afectó ($p < 0.05$) la producción individual de leche (cuadro 36), el incremento en carga animal se tradujo en un incremento en productividad de 0.35, 0.56 y 0.83 kg leche ha⁻¹ día⁻¹ por kg de ensilado ofrecido para 6, 12 y 18 kg respectivamente.

En síntesis, la suplementación con ensilado de maíz redujo el consumo de forraje de praderas y cultivos, lo que permitió incrementar la carga animal, y dado que no se produjo efecto sobre la producción individual también se incrementó marcadamente la productividad, con lo que se confirma la más importante de las hipótesis planteadas.

6. CONCLUSIONES

- La asociación avena-ballico aportó dos terceras partes de la producción neta de forraje en invierno, y sus características de utilización fueron mejores que las de pradera de alfalfa-ovillo. Con ello se confirma la importancia de incluir esta asociación en el sistema de producción de leche en pastoreo.
- El manejo de utilización uniforme para los cuatro niveles de suplementación fue correcto, en tanto no se detectó efecto de tratamiento para masa y composición del forraje residual. Bajo este manejo se presentó un marcado efecto sustitutivo, alterándose el comportamiento ingestivo con reducción en el tiempo de pastoreo e incremento en la tasa de bocados.
- La inclusión de ensilado en la dieta no afectó la producción individual de leche y permitió aumentar la carga animal. Como consecuencia de lo anterior se incrementó la producción de leche por hectárea. Asimismo esta suplementación no afectó la composición de la leche, su contenido de urea ni los cambios en condición corporal.

7. LITERATURA CITADA

- Abundez R., N.R. y X.G. Cornejo V. 1993. Cría de becerros lactantes de la raza holstein bajo condiciones de pastoreo en una pradera asociada gramínea (*Dactylis glomerata* L., var Potomac) y leguminosa (*Medicago sativa* L., var Valenciana). Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 87 p.
- Améndola M., R. D. 1997. Producción de leche en pastoreo. Foro producción animal bajo pastoreo. III Reencuentro de zootecnistas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo p 15-32.
- A. O A. C. 1990. Official methods of analysis. Kenneth H (Ed.) Edition 1.
- Andrieu, J. 1976. Factors influencing the composition and nutritive value of ensiled whole-crop maize. *Feed Science and Technology*. 1:381-392.
- Apaseo R., F.; S. Carranza L. y S. Alemán S. 1990. Producción de leche bajo pastoreo en una pradera de alfalfa (*Medicago sativa* var. Valenciana) y orchard (*Dactylis glomerata* var. Potomac) segunda etapa. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. 113 p.
- Avendaño M., J. C. 1978. Determinación de la curva de producción de gramíneas perennes en siembras puras. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 88 p.
- Ballesteros P., A. M. y M. M. Flores P. 1994 Inclusión de lotus (*Lotus corniculatus*) en la asociación alfalfa (*Medicago sativa*) - orchard (*Dactylis glomerata*) para el control de timpanismo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo 98 p.
- Belyea, R. L; F.A. Martz; R. E. Ricketts; R.R. Ruehlow and R C. Bennett. 1978 in: vitro dry matter digestibility, detergent fiber, protein and mineral content of wheat forage as a dairy cattle feed. *Journal of Animal Science.*, 46(4):873-877.
- Bowman, J. G. P. and F. Sowell. 1997 Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: a review. *J. Anim. Sci.* 75:543-550.

- Bryant, A. M. and P.E. Donelly. 1974. Yield and composition of milk from cows fed pasture herbage supplemented with maize and pasture silages. N.Z. J. Agr. Res. 17:299-304.
- Burlison, A. J., J. Hodgson and A. W. Illius. 1991 Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep. Grass and Forage Science 46: 29-38.
- Chacon, E. And H. Sttobs. 1976 . Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. Australian Journal Agricultural Research. 27:709-727.
- Charmandarian A., M.L. Gómez., R. Figallo., P.R. Marini y A.R. Castillo. 1997. Relación de la concentración en vacas lecheras en condiciones de pastoreo. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Publicado por Asociación latinoamericana de Producción Animal. 5 (1) :332-334.
- Cortez A., J. 1995. Evaluación agronómica de maíz forrajero V-107 bajo dos sistemas de labranza en Chapingo, estado de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 122 p.
- Cortez A, J. 1998. Pastoreo de la asociación avena (*Avena sativa* var. Cocker) - raigras anual (*Lolium multiflorum* Lam.) para la producción invernal de leche. Tesis de Maestría Universidad Autónoma Chapingo. 148 p.
- Cruz J., J. y V. Flores, C. y 1998. Evaluación del muestreo manual para estimar la composición de la dieta de novillos en pastoreo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo 77 p.
- Davison, T., M. Marschke and W. Brown, G. 1982. Milk yields from feeding maize silage and meat and bone meal to friesan cows grazing a tropical grass and legume pasture. Aust. J. Exp. Agrc. Anim. Husb. 22: 147-154.
- Demment, M. W. and G. B. Greenwood. 1988. Forage ingestion: Effects of sward characteristics and body size. J. anim. Sci. 66:2380-2392.
- Díaz J., D. J. 1995 Evaluación de cinco genotipos de maíz (*Zea mays*) a diferentes densidades en condición de temporal, en Temascaltepec, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo.

- Díaz del P., A. 1953. Cereales de primavera. 1a. edición. Edit. Salvat editores, S. A. Barcelona España. 458 p.
- Dorantes J., J. 1997. Evaluación de la inclusión de diferentes leguminosas en la asociación avena-ballico bajo pastoreo en invierno, en Chapingo, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo 77 p.
- Dougherty, C.T., N. W. Bradley., P. L. Cornelius and L. M. Lauriault 1988. Ingestive behaviour of beef cattle offered different forms of lucerne (*Medicago sativa* L.). Grass and Forage Science 44:335-342.
- Dueñas, L. E. 1977. Efecto de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada y fosfatada en el rendimiento de maíz forrajero H-127. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo 70 p.
- Esqueda C., M. ., H. O. Rubio A. y M. A. Flores O. 1995. Evaluación de seis variedades de avena para producción intensiva de forraje en tres fechas de siembra. Técnica Pecuaria. 33 (2) :7 4-86.
- Ferguson, J. D. S/F. Milk urea nitrogen. Center for animal healt and productivity. New bolton center. 6 p.
- Flores L., A. F., R. Burboa C., G. Lizárraga del C. y F. J. Peñúñuri M. 1992. Producción y calidad de forraje de dos variedades de ballico (*Lolium multiflorum*) en el sur de Sonora. Técnica Pecuaria. 30(3): 258-264.
- Forbes, T. D. A. 1988. Researching the plant - animal interfase: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. J Anim. Sci. 66:2369-2379.
- García E., M.,J.L. Hernández M. y V. López L. 1994. Evaluación de dos especies de avena y dos variedades de ballico anual bajo pastoreo en Chapingo, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 110 p.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. E. García editor D.F. México. 217 p.
- García J., C. y J. Juárez. R. 1994. Evaluación bajo pastoreo de diferentes asociaciones de gramínea-leguminosa en Chapingo, México. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. 89 p.

- Geenty, K.G. and P.V. Rattray. 1987 The energy requirements of grazing sheep and cattle. In: "Livestock feeding on pasture" Nicol M.A. D (edit). New Zeland society of Animal Production. Ocassional Publication N° 10 p 39-53.
- Grant R.; D. Drudik and J. Keown. 1996. Milk urea nitrogen testing. New guide. Published by Cooperative Extension Institute of Agriculture and Natural Research. University of Nebraska Lincoln. 5 p.
- Guillen, A.E., J.J Luna R, E. Hernández P. y J Rendon M. 1991 Efecto del periodo de descanso sobre el crecimiento y utilización de una pradera asociada de pasto orchard (*Dactylis glomerata*) y alfalfa (*Medicago, sativa*) segunda fase. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. 129 p.
- Infante G. S. y G. P. Zarate de L. 1990 Métodos estadísticos. Segunda edición 641 p.
- Hernández G., F. y J. A. Eguiarte V. 1992. Aprovechamiento de especies forrajeras de invierno en el centro de Michoacán. Técnica Pecuaria. **30** (1) : 85-90.
- Hijink, W.F, Y.L.P. Le Du y J.A.C. Meijs. 1982. Supplementation of the grazing dairy cows. Repport I.V.V.O. nr 141 Nederlan. 12 p.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and forage Science. **34**:11-18.
- Hodgson, J. 1982. Ingestive behaviour. in: Herbage Intake Handbook. J.D. Leaver (Ed.) British Grassland Society p 113-138.
- Hodgson, J. 1990. Gazing manegement science into practice. Longman Scientific & Technical. New York E.U. 203 p.
- Holden, L., A. Muller L. D, T. Likos, and W. Cassidi, T. 1995. Effect of corn silage supplementation on intake and milk production in grass pasture. J. Dairy Sci. **78**: 155-160.
- Huber, J.T, C Graf, G.and W. Engel R. 1963. Effect of supplemental feeding of cows on pasture on milk composition and yield. J. Dairy Sci. **46**: 63-67.
- Huerta B., M. 1995. Apuntes del curso de nutrición básica de rumiantes. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 12 p.

- Hughes, H. D, M. Heat E. y S. Metcalfe. D. 1980. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. En: Forrajes. Edit. CECSA. D.F., Méx. Pp. 215-347.
- Jahn B., E., A.Vidal V., W. Bonilla E.y R.Pulido .F. 1989. Sistema intensivo de producción de leche para la zona centro sur. Agricultura Técnica. **49**(2):130-134.
- Jiménez M., A. 1983. Curvas de producción de 27 asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima templado.Tesis Profesional Universidad Autónoma Chapingo. 100 p.
- Julián B., A. 1996. Evaluación bajo pastoreo de diferentes asociaciones de gramínea y leguminosa en su tercer invierno, en Chapingo, México. Tesis Profesional Universidad Autónoma Chapingo. 84 p.
- Krysl, L.J. and W. Hess B. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. J Anim. Sci. **71**:2546-2555.
- Leaver, J.D. 1985. Effect of supplements on herbage intake and performance. En: Ocasional symposium No 19 British Grassland Society. pp 79-88.
- Le Du Y., L. P. and P.D. Penning 1982. Animal based techniques for estimating herbage intake in: Herbage Intake Handbook. J.D. Leaver (Ed) British Grassland Society p 37-75.
- Lizárraga del C., G., A. Aguayo A., R Garza T. y F. J. Peñúñuri M. 1980. Comparación en la producción de forraje de ballico italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) y cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) solos y asociados. Técnica Pecuaria. **39** : 17-24.
- López G., I.. 1995 Efecto del periodo de descanso sobre el rendimiento, la estructura y la utilización de una pradera de zacate ovillo (*Dactylis glomerata* var potomac) asociada con alfalfa (*Medicago sativa* var. Valenciana). Cuarta fase. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. 109 p.
- Martínez R., O. y R. García L. 1983. Alimentación con concentrados a vacas lecheras en pastoreo. En: Los pastos en cuba: 299-329.
- Meijs, J.A.C. 1986. Snijmaissilage naast gras bij melkvee. Mededeling, I.V.V.O. No. 5. Leylistad, Holanda 18 p.

- Meijs, J. A. C. and A. Hoekstra, J. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1 Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Science*. **39**:59-66.
- Melgoza C., O. Rubio A. y R. Nuñez S. 1991. Proporciones de rye grass-avena para producción de forraje bajo riego en Ojinaga, Chihuahua. En. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Tamaulipas, México. Pág. 332.
- Mendoza M., G. 1995. Suplementación a bovinos en el trópico. En: *Primer seminario para el ganadero*. Villahermosa, Tabasco . Gobierno del estado de Tabasco. Pp. 13-24.
- Minson, D. J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. Edit. Academic press, inc. California, U.S. 483 p.
- Morales M., B. 1995. Evaluación de tres cultivares de avena forrajera bajo pastoreo en Chapingo, Méx. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 78 p.
- Moran, J. B. 1992 Maize silage for the pasture-fed dairy cow. 3. A comparison whit greenchop maize while grazing perennial pasture in late summer. *Aust. J. Exp. Agr.* **32**: 293-299.
- Moran, J. B. and D. Jones. 1992. Maize silage for the pasture-fed dairy cow. 2. A comparison between two system for feeding silage while grazing perenial pastures in the spring. *Aust. J. Exp. Agr.* **32**: 287-292.
- Moran, J. B. and C.R. Stockdale. 1992 Maize silage for the pasture-fed cow. 1. Effect of level of silage feeding, and responses to cottonseed meal while grazing perennial pastures in the spring. *Aust. J. Exp. Agr.* **32**: 279-285.
- Moran, J. B. and Trigg, T.E. 1989. Feed intake and utilization of maize silage-based complete diets by australian friesland cows and heifers at various stages of lactation. *Lives. Pro. Sci.* **23**:275-293.
- Moran, J. B. and W. N. Wamungai, 1992. Maize silage for the pasture-fed dairy cow. 4. A comparison between grazed annual pastures and feedlotting in the winter. *Aust. J. Exp. Agr.* **32**:301-309.

- Moreno G., M. T. y L. R. Méndez, F. 1992. Evaluación de un medidor de capacitancia y el método de rango de peso seco en determinaciones de masa de forraje y composición botánica de praderas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 56 p.
- Muñoz R., M y P. Odermatt 1992. El sistema leche de México en el tratado trilateral de libre comercio. En: La agricultura Mexicana frente al TLC . CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México p 189-211.
- Muñoz R.,M; J. R. Altamirano C; M. R. Juárez D. 1997. TLC y lácteos ¿funciona el experimento?. Reporte de investigación 34. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 18 p.
- Muslera, P. E. y C. Ratera, G. 1991. Forrajes: producción y aprovechamiento. Editorial Mundi prensa. Madrid, España. Pp. 255-311.
- N. R. C. 1984. Nutrient requirements of beef cattle. Sixth revised edition. Whashington, D. C. 89 p.
- N. R. C. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth revised edition Whashington, D. C. 89 157 p.
- Orcasberro, R. y S. Fernández R. 1982. Los forrajes en la alimentación de ovinos. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ortiz O., G. A. y B. A. Piña C. 1995. Producción de leche en las regiones altas de Veracruz. Grupo ganadero de validación y apoyo a la transferencia de tecnología. Acatlán. V Evaluación anual. Publicación especial No. 31 INIFAP- Xalapa. 19 p.
- Phillips, C. J. C. 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. Grass and Forage Science 43:215-231.
- Phillips, C. J. C. and Leaver, J.D. 1985. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 2. Offering grass silage in early and late season. Grass and Forage Science. 40: 193-199.
- Phipps, R. M. 1990. Maize: A review of research findings in relation to animal production. in ocasional symposium No. 24 British Grassland Society. p. 107-119.

- Poole, D.A. 1985. A buffer grazing system. *Grass and forage Science*. **40**: 231-232.
- Poppi, D.P., T.P. Hughes and P.J. Huiller. 1987. Herbage intake by grazing ruminants in: "Livestock feeding on pasture". Nicol M. A. D. (edit). New Zeland society of Animal Production. Ocassional Publication N° 10 p 115-139.
- Riquelme, V. E. 1987. Suplementación energética para bovinos en pastoreo . Memorias del seminario internacional "Suplementación para bovinos en pastoreo" Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Pp. 15-39.
- Rogers, G.L; M Bryant, A.; E. Jury, K. and B. Huton, J. 1979. Silage and dairy cow production. 1. Digestible energy intake and yield and composition of milk of cows fed pasture and pasture silages. *N. Z. J. of Agric. Res.* **22** :511-522.
- Ruiz, E. M. y A. Ruiz 1990. Nutrición de rumiantes. Guía metodológica de investigación. ALPA-RISPAL, IICA-RISPAL. San José, Costa Rica. Pp. 103-105.
- Safigueroa, M., E. L. Giraldez y A. B. Mantecón. 1996. Ingestión de hierba por los rumiantes en pastoreo. *Mundo Ganadero*. **77**:44-49.
- SAGAR, 1998. Anuario Estadístico Agropecuario. Centro de Estadística Agropecuaria. México D.F.
- Shimada, S.A. 1986. Henificación y ensilado. En: Engorda de ganado bovino en corrales. México D.F. Pp. 76-93.
- Sniffen, C. and J. Ferguson 1991. Body condition scoring guide. Crurch & Dwight. Princeton N.J. 10 p.
- Solano F., M. R. 1972. Efecto de algunas variables agronómicas sobre el rendimiento y su composición en el maíz forrajero. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo 55 p.
- Sutton, J. D. and V. Morant, S. 1989. A review of the potential of nutrition to modify milk and protein. *Livestok Production Science*. **23**: 219-237.
- Valk, H. 1994. Effects of partial replacement of herbage by maize silage on N-utlization and milk production of dairy cows. *Livestock Production Science*. **40**: 241-250.

- Van Soest P. 1982. Nutritional Ecology of the ruminant. Cornell University. U.S.A. 374 p.
- Vargas C., S.A. 1995. Engorda de becerros de la raza holstein bajo pastoreo en una pradera asociada de gramínea (*Dactylis glomerata* L., var potomac) y leguminosa (*Medicago sativa* L., var Valenciana) en Chapingo, México. 61 p.
- Villanueva S., L G. 1979. Evaluación de una pradera de ballico anual (*Lolium multiflorum*) con diferentes niveles de P y N. ITESM. Nuevo León 88 p.
- Wheeler, J. L. 1981. Complementing grassland with forage crops. In: Grazing animals. Morley, F H. W. (Ed.) Elsevier Scientific Publishing Company. New York, E. U. Pp. 239-260.