

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PASTOREO DE LA ASOCIACIÓN AVENA (*Avena sativa* var. Cocker) - RAIGRÁS ANUAL (*Lolium multiflorum* Lam.) PARA LA PRODUCCIÓN INVERNAL DE LECHE

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :
**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**
P R E S E N T A :

JOSÉ CORTEZ ARRIOLA

ENERO DE 1998

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO.

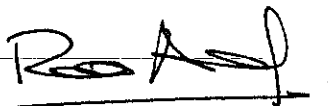


**PASTOREO DE LA ASOCIACIÓN AVENA (*Avena sativa* var. Cocker) -
RAIGRÁS ANUAL (*Lolium multiflorum* Lam.) PARA LA PRODUCCIÓN
INVERNAL DE LECHE**

Tesis realizada por **José Cortez Arriola** bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de :

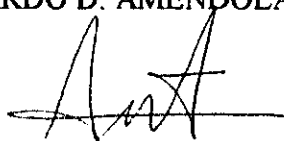
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR :



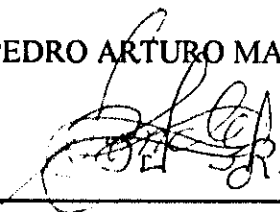
Ir. RICARDO D. AMÉNDOLA MASSIOTTI

ASESOR :



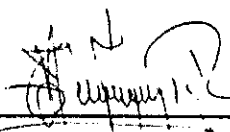
Ph. D. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

ASESOR :



M. C. CARLOS SÁNCHEZ DEL REAL

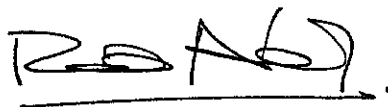
ASESOR :



Ph. D. TITO ROQUE VAZQUEZ ROJAS

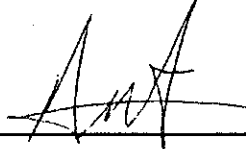
**PASTOREO DE LA ASOCIACIÓN AVENA (*Avena sativa* var. Cocker) -
RAIGRÁS ANUAL (*Lolium multiflorum* Lam.) PARA LA PRODUCCIÓN
INVERNAL DE LECHE**

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



PRESIDENTE : _____

Ir. RICARDO D. AMÉNDOLA MASSIOTTI



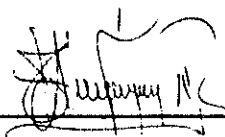
ASESOR : _____

Ph. D. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ



ASESOR : _____

M. C. CARLOS SÁNCHEZ DEL REAL



ASESOR : _____

Ph. D. TITO ROQUE VAZQUEZ ROJAS

RESUMEN

Cortez Arriola José y Ricardo D. Améndola Massiotti

PASTOREO DE LA ASOCIACIÓN AVENA (*Avena sativa* var. Cocker)-RAIGRÁS ANUAL (*Lolium multiflorum* Lam.) PARA LA PRODUCCIÓN INVERNAL DE LECHE (Enero, 1997)

Se evaluó el pastoreo complementario de pradera y cultivo forrajero invernal. Los tratamientos evaluados fueron pastoreo de pradera permanente (T1) y pastoreo de pradera más cultivo (T2). Se empleó un diseño en bloques al azar generalizado, en arreglo de parcelas divididas, con dos repeticiones. En composición nutrimental la pradera presentó mayor ($P < 0.01$) calidad que el cultivo (proteína cruda 18.45 vs 11.57%, digestibilidad 74.49 vs 71.30% y fibra detergente neutro 43.50 vs 55.08%, para pradera y cultivo, respectivamente). El grado de defoliación no presentó efecto ($P > 0.05$) entre fuentes de forraje (59.91 vs 54.54%, pradera y cultivo, respectivamente) y la tasa de desaparición tendió ($P = 0.10$) a ser mayor en la pradera [2.41 vs 1.92 kg MS (100 kg PV)⁻¹ d⁻¹]. La carga animal y producción de leche no presentó diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos (3.60 vacas/ha, en ambos y 57.67 vs 55.37 kg de leche ha⁻¹ d⁻¹, T1 y T2, respectivamente). El cultivo forrajero no favoreció el consumo animal, ni mejoró la carga y producción de leche, sin embargo balancearon la dieta animal en su contenido de proteína.

Palabras clave :avena, raigrás, alfalfa, ovillo, carga animal y producción diaria de leche.

SUMMARY

Cortez Arriola José and Ricardo D. Améndola Massiotti

GRAZING OF MIXTURE OATS (*Avena sativa* var. Cocker) - ANNUAL RYEGRASS (*Lolium multiflorum* Lam.) FOR PRODUCTION WINTER MILK

(January, 1997)

Complementary grazing of dairy cows on a forage crop (a mixture of oats and annual ryegrass) and an alfalfa-orchard grass permanent pasture, was evaluated during the winter. Treatments were grazing of alfalfa-orchard grass pasture (T1) and grazing of forage crop during the morning and of pasture during the evening (T2). A block design with two replicates was used, experimental units were groups of four cows. Crude protein content and *in situ* digestibility of herbage from the pasture were higher, while neutral detergent fiber was lower ($P < 0.01$). Herbage disappearance rate of pasture tended to be higher. Average stocking rate and daily milk production (3.6 cows/ha and 56.58 kg milk/ha) were high and with no differences among treatments.

Key words : oats, annual ryegrass, alfalfa, orchard grass, stocking rate, daily milk production.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos particulares.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Sistemas de producción.....	5
2.1.1. Sistema de producción especializado.....	5
2.1.2. Sistema de producción semiespecializado o familiar.....	6
2.1.3. Sistema de doble propósito o tropical.....	7
2.2. Producción de leche en pastoreo.....	9
2.3. Características generales de las praderas permanentes.....	10
2.3.1. Tasa de acumulación de materia seca.....	11
2.3.2. Masa de forraje ofrecido.....	13
2.3.3. Forraje residual.....	13
2.3.4. Forraje desaparecido.....	14
2.3.5. Composición botánica y morfológica.....	15

2.3.6. Proteína cruda y digestibilidad de la materia seca.....	17
2.3.7. Producción de leche.....	19
2.3.8. Problemas asociados a las praderas permanentes.....	20
2.4. Alternativas para cubrir el déficit de forraje en el período invernal....	21
2.4.1. Modificación de la curva de distribución de la producción...	21
2.4.2. Estacionalización de la producción.....	22
2.4.3. Utilización de subproductos agrícolas y agroindustriales.....	22
2.4.4. Suplementación.....	22
2.4.5. Conservación de forrajes.....	23
2.4.5.1. Ensilaje.....	23
2.4.5.2. Henificado.....	24
2.4.6. Cultivos forrajeros invernales.....	25
2.5. Cultivos forrajeros.....	25
2.5.1. Avena.....	25
2.5.1.1. Características generales.....	25
2.5.1.2. Clasificación taxonómica.....	26
2.5.1.3. Descripción botánica.....	26
2.5.1.4. Clima.....	27
2.5.1.5. Fotoperíodo.....	27
2.5.1.6. Suelo.....	28

2.5.2. Raigrás anual.....	28
2.5.2.1. Origen.....	28
2.5.2.2. Clasificación taxonómica.....	28
2.5.2.3. Descripción botánica.....	28
2.5.2.4. Clima.....	29
2.5.2.5. Suelo.....	29
2.6. Los cereales como forraje.....	30
2.6.1. Ventaja de los cultivos forrajeros.....	30
2.6.1.1. Rápido crecimiento.....	30
2.6.1.2. Producción por unidad de área.....	30
2.6.1.3. Calidad del forraje.....	31
2.6.1.4. Uso del agua.....	31
2.6.1.5. Control de malezas.....	31
2.6.2. Desventajas de los cultivos forrajeros.....	32
2.6.2.1. Daño a las características físicas del suelo.....	32
2.6.2.2. Desperdicio de materia seca.....	32
2.6.2.3. Costo de producción de forraje.....	32
2.6.2.4. Establecimiento.....	33
2.6.2.5. Alteraciones metabólicas.....	33
2.7. Siembra de cultivos forrajeros.....	33

2.8. Efecto de la temperatura en los cultivos forrajeros.....	36
2.9. Rendimiento de forraje en cultivos forrajeros.....	38
2.10. Producción de leche.....	41
2.11. Producción de carne.....	43
2.12. Doble propósito de los cultivos forrajeros.....	45
2.13. Fertilización.....	47
2.14. Composición nutrimental	51
2.15. Concentración mineral en los cultivos forrajeros.....	59
2.16. Hipótesis.....	64
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
3.1. Localización y duración del experimento.....	65
3.2. Clima.....	65
3.3. Tratamientos.....	68
3.4. Diseño experimental.....	68
3.5. Establecimiento de la pradera.....	68
3.5.1. Preparación del terreno.....	68
3.5.2. Siembra.....	69
3.5.3 Riego.....	69
3.5.4. Cosecha.....	69
3.6. Cultivo forrajero.....	69

3.6.1. Preparación del terreno.....	70
3.6.2. Siembra.....	70
3.6.3. Fertilización.....	70
3.6.4. Riego.....	71
3.7. Animales.....	71
3.8. Período experimental.....	71
3.9. Manejo.....	72
3.9.1. De la fuente de forraje.....	72
3.9.2. De los animales.....	72
3.10. Variables de respuesta.....	73
3.10.1. Forraje ofrecido y residual.....	73
3.10.2. Composición botánica y morfológica.....	74
3.10.3. Variables de respuesta calculadas.....	75
3.10.3.1 Forraje desaparecido (FD).....	75
3.10.3.2. Tasa de desaparición de forraje (TDF).....	75
3.10.3.3. Grado de defoliación (GD).....	76
3.10.3.4. Carga animal (CA).....	76
3.10.4. Variables relacionadas con la utilización del forraje.....	77
3.10.5. Producción de leche.....	77
3.10.6. Tiempo de cosecha efectiva y rumia.....	77

3.11. Procesamiento de muestras para el laboratorio.....	78
3.12. Análisis de laboratorio.....	78
3.12.1. Proteína cruda.....	78
3.12.2. Fibra detergente neutro.....	78
3.12.3. Digestibilidad <i>in situ</i>	79
3.12.4. Grasa en leche.....	79
3.13. Análisis estadístico.....	79
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	82
4.1. Consideraciones generales del trabajo.....	82
4.2. Análisis del cultivo forrajero.....	85
4.3. Análisis de la pradera permanente.....	95
4.4. Relación cultivo forrajero pradera permanente.....	106
4.5. Análisis de variables relacionadas con la utilización del forraje.....	110
4.6. Tiempo de cosecha efectiva y rumia.....	115
4.6.1. Tiempo de cosecha efectiva.....	115
4.6.2. Tiempo dedicado a rumia.....	117
4.7. Contenido de grasa en leche.....	119
4.8. Producción de leche.....	120
4.8.1. En cultivo forrajero.....	120
4.8.2. En pradera permanente.....	121

4.8.3. Entre tratamientos.....	122
4.9. Aspectos generales.....	124
5. CONCLUSIONES.....	129
6. LITERATURA CITADA.....	130
7. APÉNDICE.....	148

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1. Tasa de acumulación de forraje (TAF, kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹) en praderas permanentes de alfalfa y ovinillo, en Chapingo, México.....	12
Cuadro 2.2. Masa de forraje ofrecido (FO, kg MS ha ⁻¹), forraje residual (FR, kg MS ha ⁻¹) y forraje desaparecido (FD, kg MS ha ⁻¹), en praderas permanentes de alfalfa y ovinillo, en Chapingo, México.....	16
Cuadro 2.3. Proteína cruda (PC, %) y digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca (DISMS, %) del forraje ofrecido y residual en una praderas permanentes de alfalfa y ovinillo, en Chapingo, México.....	19
Cuadro 2.4. Densidades de siembra en monocultivo para cultivos forrajeros.....	35
Cuadro 2.5. Rendimiento (kg MS ha ⁻¹) de cuatro cultivos forrajeros en monocultivo bajo corte.....	40
Cuadro 2.6. Resultados obtenidos en la producción de leche empleando cultivos forrajero.....	44
Cuadro 2.7. Tasa de acumulación de forraje a cuatro dosis de fertilización.....	49
Cuadro 2.8. Dosis de fertilización utilizadas en los cultivos forrajeros.....	50
Cuadro 2.9. Rendimiento de forraje (t MS ha ⁻¹) en avena a diferentes dosis de fertilización nitrogenada (kg N ha ⁻¹).....	51

Cuadro 2.10. Contenido de nitrógeno (%), nitrógeno en forma de NO_3^- y proteína cruda (%) en avena a diferentes dosis de fertilización nitrogenada (kg N ha^{-1}).....	53
Cuadro 2.11. Contenido de proteína cruda en forraje de raigrás, cebada y mezclas de ambos en el promedio de 7 períodos de corte.....	54
Cuadro 2.12. Proporción estructural y concentración de proteína cruda (PC, %) por estructura de la avena var. Cocker en el forraje ofrecido y residual.....	54
Cuadro 2.13. Proporción estructural y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS, %) por estructura de la avena var. Cocker en el forraje ofrecido y residual.....	56
Cuadro 2.14. Fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad <i>in vitro</i> (DIV), proteína cruda (PC) y energía neta de lactación (EN_L) en forraje de trigo.....	60
Cuadro 2.15. Composición mineral (%) de trigo, cebada, avena, centeno y raigrás anual.....	63
Cuadro 4.1. Forraje ofrecido (FO), forraje residual (FR) y forraje desaparecido (F.D) en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	86
Cuadro 4.2. Composición botánica en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	87

Cuadro 4.3. Proporción de lámina foliar, tallo (y pseudotallo) e inflorescencia en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	88
Cuadro 4.4. Proporción de material vivo y muerto en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	89
Cuadro 4.5. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca (DISMS) en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, en el mes de marzo, en Chapingo, México.....	90
Cuadro 4.6. Grado de defoliación (GD), tasa de desaparición de forraje (TDF) y carga animal (CA) en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	92
Cuadro 4.7. Forraje ofrecido (FO), forraje residual (FR) y forraje desaparecido (FD) con base en lámina foliar en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	92
Cuadro 4.8. Grado de defoliación (GD) y tasa de desaparición de forraje (TDF) con base en lámina foliar en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	93
Cuadro 4.9. Forraje ofrecido (FO), forraje residual (FR) y forraje desaparecido	

(FD) en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	97
Cuadro 4.10. Composición botánica en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	98
Cuadro 4.11. Proporción de lámina foliar y tallo (y pseudotallo) en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	100
Cuadro 4.12. Proporción de material vivo y muerto en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	101
Cuadro 4.13. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca (D/SMS) en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, en el mes de marzo, en Chapingo, México.....	102
Cuadro 4.14. Grado de defoliación (GD), tasa de desaparición de forraje (TDF) y carga animal (CA) en la pradera asociada alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	104
Cuadro 4.15. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca (D/SMS) en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás y en la pradera alfalfa-ovillo, en el	

mes de marzo, en Chapingo, México.....	107
Cuadro 4.16. Grado de defoliación (GD) y tasa de desaparición de forraje (TDF) con base en lámina foliar en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	108
Cuadro 4.17. Grado de defoliación (GD), tasa de desaparición de forraje (TDF) y carga animal (CA) en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y en el tratamiento pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	109
Cuadro 4.18. Carga animal promedio (CA) en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y en el tratamiento pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	110
Cuadro 4.19. Relaciones entre variables vinculadas a utilización de praderas y cultivos, en Chapingo, México.....	114
Cuadro 4.20. Tiempo de cosecha efectiva en los tratamientos pastoreo del cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y pradera alfalfa-ovillo, en Chapingo, México.....	118
Cuadro 4.21. Tiempo de rumia en los tratamientos pastoreo del cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y pradera alfalfa-ovillo, en Chapingo, México.....	119

Cuadro 4.22. Producción de leche por hectárea en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	121
Cuadro 4.23. Producción de leche por hectárea en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	122
Cuadro 4.24. Producción de leche por hectárea y grasa en leche en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.....	123

1. INTRODUCCIÓN

La producción nacional de leche ha sido, por mucho tiempo, insuficiente para satisfacer las necesidades de la población. Este problema se ha agudizado debido al mayor tasa de crecimiento demográfico que el de la producción. Este patrón de comportamiento puede explicarse por la política restrictiva que se implementó, hasta hace algunos años, para este sector. Este déficit llevó a México a ocupar el primer lugar mundial en la importación de leche, trayendo como consecuencia un aumento de la dependencia alimentaria y una descapitalización por fuga de divisa.

Los sistemas de producción de leche en México, tomando en cuenta el nivel tecnológico, disponibilidad de recursos, origen de la mano de obra y productos obtenidos, se clasifican en especializado, semiespecializado y doble propósito, cada uno con sus características y problemas específicos. El aporte que hace cada uno a la producción nacional es de 25, 45 y 30%, respectivamente.

La política de control del precio al productor de leche, importaciones, consumo de sus derivados y a los altos costos de producción, han hecho de la lechería una actividad poco rentable y por tanto ha dejado de ser atractiva como actividad económica. Esto crea la necesidad de buscar alternativas para disminuir el costo de producción e incrementar la producción nacional. Alrededor del 70% del costo de producción de un litro de leche es ocupado por el gasto en la alimentación, por lo que definir alternativas que reduzcan dicho gasto lograría incidir favorablemente en el costo de producción. Una de las alternativas es la alimentación del ganado lechero en pastoreo y con ello reducir el costo de producción.

En condiciones de clima templado con buen temporal o disponibilidad de riego, se han implementado sistemas de producción de leche en pastoreo. La alimentación del ganado en estos sistemas se basa exclusivamente en el pastoreo de praderas asociadas gramínea - leguminosa. Sin embargo, en la mayor parte de nuestro país, debido a condiciones ambientales, la producción de forraje de la praderas es estacional, presentando tasas de acumulación de materia seca en más de 80 kg de materia seca ha⁻¹ día⁻¹ (kg MS ha⁻¹d⁻¹) en primavera - verano, mientras que en otoño - invierno llega a ser menor de 40 kg MS ha⁻¹d⁻¹ (Jiménez, 1983 ; Sánchez *et al.*, 1996). Esta variación provoca graves problemas en el ajuste estacional entre la demanda y la oferta de forraje.

Existen diferentes alternativas que ofrecen solución parcial a este problema: la modificación de la curva de distribución de forraje, la utilización de subproductos agrícolas y agroindustriales, la suplementación y la conservación de forraje. Estas alternativas han sido poco efectivas, debido a que pueden resultar costosas y no redituables. Los cultivos forrajeros invernales han mostrado ser una alternativa viable en algunas regiones; si bien implican una inversión adicional han resultado ser rentables, proporcionan forraje de buena calidad en el período de escasez y no se requieren instalaciones sofisticadas.

Con el presente trabajo se plantea la evaluación de cultivos forrajeros de invierno bajo pastoreo con los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

- Estudiar durante el invierno la inclusión de un cultivo forrajero en un sistema de producción de leche en pastoreo.

1.2. Objetivos particulares

a) Determinar la producción neta de forraje y sus componentes (crecimiento y utilización) del cultivo forrajero asociado de avena (*Avena sativa*) cv. Cocker y raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam. var. Westerwolds) cv. Barspectra.

b) Evaluar la composición botánica, morfológica y composición nutrimental del cultivo forrajero de avena - raigrás anual y de la pradera alfalfa (*Medicago sativa*) - ovillo (*Dactylis glomerata*).

c) Estimar la carga soportada y la producción de leche por hectárea en los sistema de pastoreo de pradera alfalfa - ovillo y pastoreo de pradera más cultivo forrajero avena - raigrás anual.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

De 1980 a 1994 la producción de leche pasó de 6741 a 7320 millones de litros (Muñoz *et al.*, 1995 ; SAGAR, 1997), mientras que de acuerdo a INEGI (1986) e INEGI (1995), la población en el mismo período se incrementó en alrededor de 29.15 millones (de 66.85 a 96 millones de habitantes). Tomando en cuenta que el consumo diario de leche por persona debería ser de 500 ml (FAO, citado por Ruiz, 1982), se tiene una demanda para 1994 de 17,520 millones de litros, lo que implica un déficit de 10,200 millones de litros. Para tratar de cubrir parcialmente este requerimiento, el gobierno ha tenido que importar el producto, alcanzándose el primer lugar a nivel mundial en importación de leche (Torres, 1991). En 1994 se importaron 117,372 toneladas de leche en polvo en pastillas, no siendo éstos suficientes para cubrir la demanda nacional, invirtiendo 192,187 miles de dólares (SAGAR, 1997). Muñoz *et al.* (1995) determinaron que para 1994 el sistema de producción de leche presentaba un Coeficiente de Dependencia Alimentaria ($CDA = \text{Importaciones} / \text{Disponibilidad del producto}$) del 35%, cuando en 1980 era de 22%, lo cual representó en ese período un persistente incremento de la dependencia del producto.

Muñoz *et al.* (1995) atribuyen este comportamiento a la política gubernamental, que tratando de proteger el salario del consumidor reguló el precio de la leche ofreciendo pocos estímulos a los productores. Según los autores, la leche fue el producto que mayor castigo recibió de 1982 a 1988, presentó un Equivalente de Subsidio al Productor de -56%, caso contrario a la política empleada hacia este sector por la mayoría de los países.

De 1980 a 1985 el costo de producción y precio pagado al productor eran casi iguales, esto no permitía obtener ganancias. De 1985 al 1988 se tuvo un comportamiento muy variable. De 1988 a 1992 el precio de la leche fue algo mayor que el costo de producción, lo que significó un ligero margen de ganancia (Aguilar, 1995). Este mismo autor reporta que a partir de los noventa el apoyo crediticio otorgado por el FIRA a este sector, en algunas regiones productivas empezó a incrementarse, notándose un aumento de \$146.0 millones de 1981 a 1993 en la Comarca Lagunera.

2.1. Sistemas de producción

La producción de leche en México se desarrolla bajo tres sistemas de producción (Torres, 1991; ITESM, 1994; Muñoz *et al.*, 1995), ésta clasificación se hace tomando como base el nivel de tecnología aplicado, disponibilidad de recursos, origen de la mano de obra y producto final. Los sistemas a los cuales se hace referencia son:

2.1.1. Sistema de producción especializado

Sus principales características son:

- Se desarrolla en el altiplano norte del país.
- Raza de ganado Holstein.
- Alimentación a base de concentrados (9 a 10 kg vaca⁻¹), forraje verde o ensilados, representa un 64.1% del costo total del litro de leche.
- Nivel de producción de 4000 a 6000 l lactancia⁻¹ vaca⁻¹.
- Tamaño del hato de 200 y 250 vientres en promedio.

- Ordeño mecánico.
- Control sanitario.
- Los productores tienen acceso al crédito bancario, forman cooperativas de consumo y presentan alto grado de integración.
- Costo de producción del litro de leche entre \$0.800 y \$0.950 (precios de 1993).
- Aporta 25% de la producción total nacional y entre 80 y 90% de la leche pasteurizada.

Según Cuadra *et al.* (1980) el costo del litro de leche en este sistema se ve fuertemente influenciado por la alimentación, ya que este llega a representar alrededor de un 75%, siendo la utilización de concentrados lo que provoca la mayor inversión, debido a que muchos de sus ingredientes son productos de importación y, por la operación, cosecha y acarreo de forraje.

2.1.2. Sistema de producción semiespecializado o familiar

- Se practica principalmente en la región del altiplano.
- Animales de la raza Holstein, Suizo pardo, criollos y las cruas entre ellos.
- La alimentación se basa en el uso de alimentos balanceados (5 a 6 kg vaca⁻¹), esquilmos agrícolas mezclados con maíz molido y pastoreo directo de pastos nativos, representa un 71.1% del costo total de producción del litro de leche.
- Producción de leche por lactancia de 1600 a 2800 l vaca⁻¹.
- La ordeña es manual y eventualmente mecánica.
- Pobre control sanitario.

- Tamaño de hato de 4 a 16 vientres.
- Comercialización de la leche bronca, venta a Nestlé o para quesos a nivel artesanal.
- Los productores tienen acceso limitado al crédito y a servicios en general.
- Costo de producción del litro de leche entre \$0.800 y \$0.950 (precios de 1993).
- Aporta en total 45% de la leche producida a nivel nacional y entre un 50 y 60% de la leche bronca que se consume en México.

Torres (1991) y Muñoz *et al.* (1995) atribuyen la sobrevivencia del sistema a que la fuente básica de mano de obra es la propia familia, con baja o nula remuneración.

2.1.3. Sistema de doble propósito o tropical

- Se localiza en las regiones tropicales y subtropicales de México.
- Ganado de la raza Suizo pardo, Cebú, criollo y sus cruza.
- Alimentación basada en pastoreo directo en gramas nativas o pastos cultivados y eventualmente utilización de suplementos alimenticios, representa el 15.7% del costo total de producción del litro de leche.
- Producción de leche por lactancia de 300 a 700 l vaca⁻¹.
- Ordeña manual.
- Deficiente control sanitario.
- Se caracteriza por presentar dos productos al mismo tiempo, leche y carne (en forma de becerro destetado y vaca de desecho), siendo el aporte al ingreso de cada producto de 50%.

- Los productores tienen acceso limitado al crédito y servicios en general.
- Costo total de producción del litro de leche de \$0.680 (precio de 1993).
- Aporta 30% de la leche producida a nivel nacional.
- Destino del producto como leche bronca, venta a Nestlé, quesos artesanales y derivados lácteos. Presenta problemas de comercialización en la época de mayor producción estacional.

Según Muñoz *et al.* (1995) el sistema semiespecializado presenta variación en la producción que oscila entre 30 y 50% entre las épocas de mínima y máxima producción, mientras que en el sistema de doble propósito ésta llega a ser superior al 300%. Ruiz (1982) menciona que la disponibilidad de leche en el país es muy variable a través del año y que, según un estudio de la CODAI 57% de la producción total de leche se presenta en 4 meses, que van de julio a octubre, proviniendo 62.1% del sistema de producción de leche especializado. Agosto es el mes de mayor producción y supera en 54.26% al mes de febrero, que es el mes que presenta la menor producción (SAGAR, 1997, Figura 2.1.), lo cual presenta un comportamiento similar a la disponibilidad de forraje (Sánchez *et al.*, 1996).

El costo de producción del litro de leche, en los sistemas de producción especializado y familiar, está fuertemente influenciado por el costo de la alimentación, por lo que con alternativas que lo reduzcan se lograría incidir favorablemente en el costo de producción e incrementar las utilidades. ITESM (1994) indica que la disponibilidad y costo de la materia prima para la alimentación son los principales factores que determinan el tipo de sistema productivo a elegir. Torres (1991) menciona que una alternativa para una mayor rentabilidad del sistema familiar o semiespecializado, es la producción de leche

en pastoreo de praderas templadas a base de gramíneas y leguminosas mejoradas, utilizando el mismo tipo de ganado, pudiendo llegar a obtener una reducción en el costo de producción del litro de leche en un 30%.

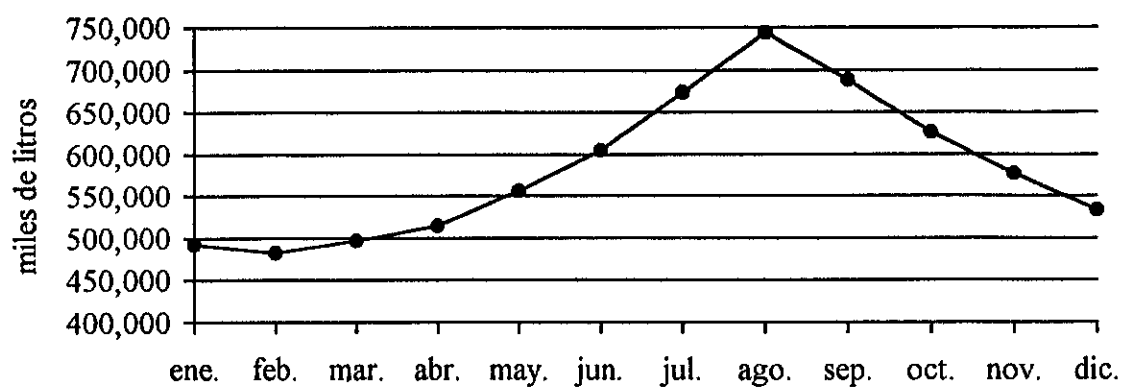


Figura 2.1. Producción de leche mensual de 1990-1995 en México.

SAGAR (1997).

2.2. Producción de leche en pastoreo

En México, tratando de hacer más rentables los sistemas de producción de leche, se ha implementado la producción en pastoreo. Resultados obtenidos han mostrado que se tiene una reducción en los costos de alimentación de los animales y del litro de leche en comparación con el estabulado (Martínez y García, 1976; Torres, 1991). Sin embargo, debido a que es un sistema que no hace mucho que se está practicando aún se tienen problemas.

Las praderas utilizadas principalmente son las asociaciones zacate ovillo (*Dactylis glomerata*)-alfalfa (*Medicago sativa*) y raigrás perenne (*Lolium perenne*)-trébol (*Trifolium repens*), que se consideran "perennes". En vista de lo anterior es importante

tomar en cuenta que debido las condiciones climáticas de nuestro país, la producción de forraje durante el año presenta variaciones. Durante primavera - verano se tiene alta producción de materia seca, mientras que las condiciones ambientales del invierno provocan una disminución en la producción de materia seca en especies perennes y algunas anuales no invernales (Avendaño, 1978; Cuadra *et al.*, 1980; Jiménez, 1983; García y Juárez, 1994).

2.3. Características generales de las praderas permanentes

A finales de la década de los 70's en la Universidad Autónoma Chapingo surgió la inquietud de desarrollar sistemas de producción animal en pastoreo. Esto dio origen a que se realizaran estudios con la finalidad de determinar que especies forrajeras eran las que mejor se adaptaban a las condiciones de la región y, su comportamiento productivo en monocultivo y/o asociadas (Avendaño, 1978 ; Jiménez, 1983).

Avendaño (1978) evaluó gramíneas en siembras puras para determinar la curva de producción de forraje a través del año ; las especies estudiadas presentaron un patrón de comportamiento similar. En invierno, en promedio, se presentó una tasa de acumulación de materia seca de 35 kg MS ha⁻¹d⁻¹, a inicios de la primavera con temperaturas, horas luz y humedad más favorables, se incrementó la tasa de acumulación, teniendo el pico de producción entre junio y julio (en promedio 90 kg MS ha⁻¹d⁻¹). El crecimiento del pasto ovillo en este período presentó alta correlación con la precipitación ($r^2 = 0.709$).

Jiménez (1983), con base en la fuerte estacionalidad que presentaron las praderas de gramíneas en siembras puras, estudió el comportamiento de éstas asociadas con diferentes leguminosas (tréboles y alfalfas), tratando de aprovechar la característica de las

leguminosas de ser menos estacionales que las gramíneas (Smetham, citado por Jiménez, 1983). Encontró que durante el período invernal las praderas formadas con alfalfa presentan una mayor tasa de acumulación de materia seca promedio, siendo de 20.3, 17.8 y 18.7 kg MS ha⁻¹d⁻¹, para las variedades Oaxaca, Valenciana y Joaquín 11, respectivamente, pero sin presentar diferencia ($P > 0.05$) con otras asociaciones.

Cuando las condiciones climáticas fueron más favorables (inicio de la primavera) las praderas formadas con la alfalfa empezaron a sobresalir. A finales de mayo las variedades Oaxaca y Valenciana alcanzaron su pico máximo de producción, con tasas de producción de 52.7 y 57.5 kg MS ha⁻¹d⁻¹, respectivamente.

Jiménez (1983) concluyó que la asociación alfalfa y ovillo, como pradera permanente, era la más recomendable, debido a que es de las que presenta las mayores producciones y fue menos estacional.

Trabajos posteriores estudiaron la relación pradera-animal. En un principio se le dio más énfasis al sistema de producción de cría de reemplazos para producción de leche y se evaluó la respuesta de la pradera a diferentes períodos de descanso y asignaciones diarias de forraje (Ruiz *et al.*, 1990 ; Rivera *et al.*, 1992 ; Durán y Chavarria, 1994). Simultáneamente se comenzó a estudiar el sistema de producción de leche en pastoreo (Aguirre y Ayala, 1989 ; Apaseo *et al.*, 1990), sin perder de vista la respuesta de la pradera.

2.3.1. Tasa de acumulación de materia seca

En los trabajos consultados los resultados muestran una marcada estacionalidad en la tasa de acumulación de forraje a través del año (Cuadro 2.1.). De manera general

coincide con lo obtenido por Jiménez (1983), las menores tasas de acumulación se presentan en el período invernal, incrementan a partir del mes de marzo (finales del invierno y principios de primavera, coincidiendo con un incremento en la temperatura máxima, mínima y promedio diarias). La máxima tasa de acumulación se presenta entre julio y septiembre, dependiendo de las condiciones ambientales y manejo de la pradera.

Sánchez *et al.* (1996) quienes recopilaron la información de 23 trabajos llevados a cabo en pastoreo en praderas de alfalfa y ovinillo, encontraron que la menor tasa de acumulación fue de 47.45 kg MS ha⁻¹d⁻¹ en el período invernal, alfalfa presentó una reducción en su tasa de crecimiento en un 44%, mientras que ovinillo lo hizo en un 51%. De acuerdo a estos autores la máxima tasa de acumulación se presenta en el mes de septiembre con 80 kg MS ha⁻¹d⁻¹.

Rivera *et al.* (1992), trabajando con diferentes períodos de descanso (21, 28, 35 y 42 días), encontraron que a mayor período de descanso alfalfa tuvo mayores tasas de acumulación que pasto ovinillo, presentándose con el mayor período de descanso la mayor tasa de acumulación (58.35 kg MS ha⁻¹d⁻¹).

Cuadro 2.1. Tasa de acumulación de forraje (TAF, kg MS ha⁻¹d⁻¹) en praderas permanentes de alfalfa y ovinillo, en Chapingo, México.

Referencia	Período	TAF
Aguirre y Ayala (1989)	marzo - julio	73.82
Rivera <i>et al.</i> (1992)	diciembre - mayo	35.37
Durán y Chavarría (1994)	junio - diciembre	72.50
Sánchez <i>et al.</i> (1996)	anual	61.42

2.3.2. Masa de forraje ofrecido

La masa de forraje ofrecido es una variable dependiente de la tasa de acumulación de materia seca y de la masa de forraje residual. Por lo que también es una variable que presenta un efecto estacional. A través del año de octubre a febrero se observan las menores masas de forraje ofrecido, siendo el promedio 4352 kg MS ha⁻¹, mientras que de mayo a septiembre el promedio es 4352 kg MS ha⁻¹, anualmente se reporta un promedio de 3476 kg MS ha⁻¹, con un mínimo en enero y un máximo en julio, con 2467 y 4985 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Sánchez *et al.*, 1996).

Este mismo efecto se observó en los trabajos realizados por Aguirre y Ayala (1989), Ruiz *et al.* (1990) y Durán y Chavarría (1994) ya que las masas de forraje ofrecido tendieron a disminuir o aumentar, dependiendo del período del año en que se trabajó.

Ruiz *et al.* (1990), Rivera *et al.* (1992) y Durán y Chavarría (1994) trabajando diferentes períodos del año en praderas de diferente edad y evaluando diferentes períodos de descanso (21, 28, 35 y 42 días, en ambos trabajos), reportan que conforme se incrementa el período de descanso la masa de forraje ofrecido es mayor, atribuyéndoselo a un mayor período de crecimiento vegetativo y proporción de alfalfa.

2.3.3. Forraje residual

Al igual que para el forraje ofrecido, las menores masas de forraje residual se reportan de octubre a febrero con 1082 kg MS ha⁻¹, y de mayo a agosto las mayores con 1762 kg MS ha⁻¹, en promedio. El valor promedio anual obtenido es de 1414 kg MS ha⁻¹, siendo febrero el que presenta el mínimo forraje residual con 907 kg MS ha⁻¹, mientras

que julio fue el que presentó la mayor masa de forraje residual con 1950 kg MS ha⁻¹ (Sánchez *et al.*, 1996). Esta situación podría estar implicando un problema en el manejo de la carga animal, donde en el período de mayor disponibilidad se está subutilizando la pradera (sobra forraje) y en el período de menor crecimiento una sobreutilización (falta de forraje), forzando a los animales a realizar un mayor grado de defoliación (Aguirre y Ayala, 1989). Esto implica que se esté consumiendo material de menor valor nutrimental (Ruiz *et al.*, 1990), disminuya el consumo (Dougherty *et al.*, 1992), por lo que el desempeño productivo de los animales será menor (Minson, 1990). En el Cuadro 2.2. se reportan las masas de forraje ofrecido y residual, donde se puede ver la marcada estacionalidad de ambas variables.

2.3.4. Forraje desaparecido

Hodgson (1979) menciona que la masa de forraje desaparecida en sistemas de pastoreo con ciclos de pastoreo cortos puede considerarse un estimador del consumo de materia seca. Es una variable que se estima a partir de la masa de forraje previa al pastoreo, menos la masa de forraje presente inmediatamente después del pastoreo. Por lo que directa e indirectamente se encuentra afectada por las características climáticas entre las diferentes estaciones del año.

La mayor masa de forraje desaparecido muestra una relación muy estrecha con la masa de forraje ofrecido (Cuadro 2.2.). Ruiz *et al.* (1990), Rivera *et al.* (1992) y Durán y Chavarría (1994) muestran que conforme es mayor la masa de forraje ofrecido aumenta el forraje desaparecido, aún manejándose una misma asignación. De acuerdo a Poppi *et al.*

(1987) y Hodgson (1990) la masa de forraje ofrecido es el principal factor que va a estar determinando el consumo, logrando el máximo a una altura de 40 cm del dosel del tapiz.

Sánchez *et al.* (1996) reportan las mayores masas de forraje desaparecido se dan en los meses de julio y agosto con 2987 y 2950 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Mientras que las menores entre noviembre y febrero, promediando 1520 kg MS ha⁻¹, lo que corresponde con la mayor y menor disponibilidad de forraje.

2.3.5. Composición botánica y morfológica

Avendaño (1978) y Jiménez (1983) reportan una diferencia en el comportamiento en producción de materia seca a través del año, entre una pradera de gramíneas puras y una asociada con leguminosas. Esta diferencia en la curva de acumulación provoca cambios en la composición botánica a través del año. Aguirre y Ayala (1989), trabajaron de marzo a julio, período en que el se inicia y se llega a alcanzar las máximas tasas de acumulación de materia seca, encontraron que conforme avanzó el período experimental alfalfa disminuyó proporcionalmente en la pradera, en un 13%, mientras que la proporción de ovinillo incrementó en un 25.8%. Apaseo *et al.* (1990) reportan que conforme la temperatura disminuye existe un cambio en la composición botánica, comunicando que cuando ovinillo presentó una mayor proporción se tiene una menor disminución en la acumulación de materia seca, coincidiendo con lo reportado por Julián (1996).

Cuadro 2.2. Masa de forraje ofrecido (FO, kg MS ha⁻¹), forraje residual (FR, kg MS ha⁻¹) y forraje desaparecido (FD, kg MS ha⁻¹), en praderas permanentes de alfalfa y ovillo, en Chapingo, México.

Referencia	Período	FO	FR	FD
Aguirre y Ayala (1989)	marzo - julio	6156	----	----
Apaseo <i>et al.</i> (1990)	agosto - marzo	4155	2034	2121
Apaseo <i>et al.</i> (1990)	enero - marzo	3862	1888	1974
Ruiz <i>et al.</i> (1990)	abril - agosto	2583	1183	1692
Rivera <i>et al.</i> (1992)	diciembre - mayo	2097	993	1104
Durán y Chavarría (1994)	junio - diciembre	7306	2971	4335
Sánchez <i>et al.</i> (1996)	anual	3476	1414	2062

La composición botánica se ve también afectada por el período de descanso (Ruiz *et al.*, 1990 ; Rivera *et al.*, 1992), a períodos de descanso cortos se incrementa la proporción de malezas, mientras que la alfalfa se ve favorecida a períodos de descanso largos. El ovillo a períodos cortos de descanso (21 días) y largos (42 días) tiende a desaparecer, en el primer caso se atribuye a un efecto en la disminución de reservas para el rebrote y en el segundo a un efecto de sombreado, causado por la alta proporción de alfalfa.

A través de año Sánchez *et al.* (1996) reportan un incremento en la proporción de alfalfa y material muerto de noviembre a febrero, mismo período en que el ovillo y las malezas presentan las menores proporciones en la pradera.

Estos cambios en la composición botánica originan cambios en la composición morfológica. De manera general Aguirre y Ayala (1989) reportan una relación hoja : tallo

en ovillo y alfalfa de 2.4 : 1 y 1.15 : 1, respectivamente. Ruiz *et al.* (1990) a diferentes periodos de descanso encontraron que la relación hoja : tallo, tanto en alfalfa como en ovillo se ven disminuidas conforme se incrementa el periodo de descanso, siendo menor la relación en la leguminosa que en la gramínea. En promedio la relación para la leguminosa fue de 1.6 : 1, 1.06 : 1, 0.8 : 1 y 0.8 : 1, y en la gramínea de 3.4 : 1, 3.7 : 1, 1.3 : 1 y 2.2 : 1, para los periodos de descanso de 21, 28, 35 y 42 días, respectivamente (Ruiz *et al.*, 1990). Estos mismos autores reportan que el tratamiento de 35 días es el que tiene la mayor densidad de gramínea y de sus componentes, mientras que el de 42 días presenta la mayor densidad de hoja y tallo de alfalfa y material muerto.

En el forraje residual Ruiz *et al.* (1990) encontraron que la hoja es el componente que más disminuye, en relación con el forraje ofrecido. Aguirre y Ayala (1989) reportan una reducción de la hoja de alfalfa en un 70%, 25% de la lámina foliar de ovillo y, un incremento de 44% en el tallo de alfalfa y de 30.5% en el de ovillo. Ruiz *et al.* (1990) reportan un efecto contrario para el material muerto y malezas, incrementando su porcentaje conforme el estrato del tapiz es más bajo.

2.3.6. Proteína cruda y digestibilidad de la materia seca

Con base en las diferencias en las tasas de acumulación de materia seca y composición botánica y morfológica a través del año, se originan cambios en la composición nutricional, ya que entre especies vegetales y estructuras existe diferencia (Orcasberro y Fernández, 1982 ; Jiménez, 1988 ; Morales, 1995).

Sánchez *et al.* (1996) reportan los mayores porcentajes de digestibilidad en el forraje ofrecido de noviembre a marzo (74.2% en promedio) y las menores de mayo a

septiembre (69.8%), con un promedio anual de 72.1%. En el contenido de proteína cruda del forraje ofrecido los mismos autores reportan una media anual de 21.6%, fluctuando de 16.4% a 27.1%, para junio y enero, respectivamente; de noviembre a marzo comunican un valor de 24.4% y de mayo a septiembre de 18.9%.

El resultado en el forraje residual va a depender del grado de defoliación que se alcance. Sin embargo, en promedio Sánchez *et al.* (1996) reportan una digestibilidad promedio de 62.7%, mientras que de noviembre a marzo el promedio reportado es de 65.2% y de mayo a septiembre de 59.8%. En cuanto al contenido de proteína cruda el promedio reportado es de 17.1%, variando de 12.7 a 20.9%, para junio y enero, respectivamente.

Ruiz *et al.* (1990), quienes evaluaron diferentes períodos de descanso (21, 28, 35 y 42 días), determinaron el contenido de proteína cruda y digestibilidad de la materia seca en 4 estratos de la pradera, de manera general encontraron que a medida que se incrementa el período de descanso se disminuye el contenido de proteína cruda y digestibilidad en el forraje ofrecido, un mismo comportamiento reportan Rivera *et al.* (1992). En estratos superiores estas variables presentan mayores valores, asociándose con la diferencia en la composición morfológica y del estado de madurez; en estratos inferiores es mayor la proporción de tallo, con mayor proporción de pared celular y grado de lignificación que las hojas (Orcasberro y Fernández, 1982; Minson, 1990; Morales, 1995), y a mayor período de descanso mayor estado de madurez. En el forraje residual el comportamiento fue similar. En el Cuadro 2.3. se puede observar el comportamiento de la composición nutrimental, del forraje ofrecido y residual, en las praderas permanentes alfalfa y ovillo través del año.

Cuadro 2.3. Proteína cruda (PC, %) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS, %) del forraje ofrecido y residual en una praderas permanentes de alfalfa y ovinillo, en Chapingo, México.

Referencia	Período	Forraje ofrecido		Forraje residual	
		PC	DISMS	PC	DISMS
Aguirre y Ayala (1989)	marzo - julio	18.3	64.5	13.6	56.4
Apaseo <i>et al.</i> (1990)	agosto - marzo	20.4	67.7	15.9	56.5
Ruiz <i>et al.</i> (1990)	abril - agosto	23.2	76.1	----	----
Rivera <i>et al.</i> (1992)	diciembre - mayo	18.2	65.7	----	----
Durán y Chavarría (1994)	junio - diciembre	19.3	70.6	15.7	58.3
Sánchez <i>et al.</i> (1996)	anual	21.6	72.1	17.1	62.7

2.3.7. Producción de leche

Aguirre y Ayala (1989) evaluaron la producción de leche en pastoreo durante el periodo de marzo a julio, y encontraron una tendencia a disminuir la producción conforme avanzaba el periodo experimental, aunque este efecto se explicó por el hecho de que los animales estaban en la parte final de su período lactacional. Al inicio del trabajo encontraron un valor promedio de 17.0 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹, y en julio de 9.4 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹. En promedio por vaca reportan una producción de 13.44 kg de leche. Con la carga animal marejada (3.1 vacas ha⁻¹) y el promedio de producción de leche obtuvieron 41.66 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹, lo que implica 15207 kg de leche ha⁻¹ año⁻¹.

Apaseo *et al.* (1990), para el periodo de agosto a marzo, reportan una producción promedio de 12.34 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹, con 3.68% de grasa. Considerando la carga animal empleada (2.13 vacas ha⁻¹) y la producción individual por día, al año se obtendrían

9593.73 kg de leche ha^{-1} . La diferencia entre los resultados de Aguirre y Ayala (1989) y Apaseo *et al.* (1990) reflejan la estacionalidad de las praderas.

Sánchez *et al.* (1996) para vacas en producción bajo pastoreo y sin suplementación reportan en promedio 13.55 kg de leche $\text{vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$, con fluctuaciones a través del año que van de 11.33 a 18.1 kg de leche y una producción total de 19215 kg de leche $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, con un máximo de 21113 y un mínimo de 17317, conteniendo 3.69% de grasa.

2.3.8. Problemas asociados a las praderas permanentes

Améndola (1996) menciona que existen problemas que limitan la adopción del sistema de producción de leche en pastoreo.

a) Baja persistencia de las praderas.- Este problema es menor en las praderas con zacate ovillo que en aquellas con raigrás ; se ha tratado de resolverlo realizando prácticas de resiembra, sin embargo no se han tenido resultados favorables.

b) Carga animal.- Debido a la variación en la producción de materia seca (por factores climáticos, de suelo, manejo y de especies utilizadas) y por la escasa experiencia de pastoreo de productores y técnicos, falla el ajuste de la carga animal, observándose excesos o faltas de carga.

c) Timpanismo.- Es un problema que se presenta en cualquier época del año, pero llega a ser mayor durante el invierno. Este problema es uno de los impedimentos para que los productores adopten el sistema de pastoreo.

d) Menores producciones y pobre condición corporal, comparándolo con el sistema de producción estabulado. Cuadra *et al.* (1980) reportan que vacas en producción de leche

bajo pastoreo presentaron una menor producción en comparación de vacas bajo estabulación (12.8 vs 15.2 l vaca⁻¹ d⁻¹), atribuyéndoselo a una disminución en el consumo de nutrimentos.

2.4. Alternativas para cubrir el déficit de forraje en el período invernal

Para salvar el problema de déficit de forraje en el período otoño - invierno Hughes *et al.* (1980), Wheeler (1981), Jiménez (1988), Muslera y Ratera (1991) mencionan una serie de alternativas.

2.4.1. Modificación de la curva de distribución de la producción

Con esto lo que se busca es tratar de explotar las diferentes respuestas que presentan las plantas a los factores ambientales. Las prácticas más comunes para lograr este objetivo son la aplicación de fertilizantes y riego.

La utilización del riego incrementa la producción en la pradera, pero tiene alta repercusión en los costos de producción, los cuales sólo pueden recuperarse por una eficiente utilización de la materia seca extra obtenida (Christian, 1987). Wheeler (1981) menciona que el riego ayuda a disminuir la pérdida en la tasa de crecimiento y el valor nutrimental. Sin embargo, su uso se ve limitado por factores físicos, económicos y/o razones sociopolíticas, por lo que muchas veces su uso se destina para cultivos más redituables que las praderas.

La aplicación de fertilizantes (principalmente nitrogenados), favorecen el crecimiento vegetal, haciendo la planta más accesible para los animales en pastoreo. Sin embargo, se disminuye la concentración de carbohidratos solubles, esto posiblemente

altera la nutrición animal e incrementa la incidencia de desordenes metabólicos, cuando la fertilización es excesiva (Christian, 1987). El mismo autor afirma que la fertilización nitrogenada llega a acelerar la senescencia y la acumulación de materia muerta. El mayor impacto se tiene con aplicaciones a fines del invierno debido fundamentalmente a los bajos contenidos de nitratos en el suelo y al inicio del crecimiento vegetal (CERBAS, 1995).

2.4.2. Estacionalización de la producción

Una alternativa es estacionalizar la producción de leche, haciendo que coincida con el período de mayor disponibilidad de materia seca. Debido a la necesidad del producto y su escasez, es necesario producirla diariamente y durante todo el año, por lo que no se podría adoptar un sistema en el cual se produjera en el período de abundancia de forraje y se dejara de producir durante el período de escasez.

2.4.3. Utilización de subproductos agrícolas y agroindustriales

Esta práctica presenta tres problemas principales; la calidad del producto algunas veces es de regular a baja, es un gasto adicional y están disponibles únicamente en ciertos periodos del año.

2.4.4. Suplementación

Christian (1987) menciona que a las vacas en pastoreo es necesario suplementarlas en periodos cortos y en el tiempo crítico para que mantengan la lactación. Pero esta práctica puede llegar a ser substitutiva en vez de suplementativa si no se maneja

con cuidado ; representa mayores costos, que algunas veces no se llegan a manifestar en un incremento proporcional en la producción, trayendo como consecuencia una reducción en las utilidades.

2.4.5. Conservación de forrajes

Los dos principales métodos para conservar el forraje en nuestro país son el ensilaje y el henificado. Jiménez (1988) los clasifica como la mejor alternativa para solucionar el problema de falta de forraje. El mismo autor menciona que la técnica a emplear está determinada por el clima, tradición cultural, cultivos forrajeros en explotación, conocimiento técnico - práctico, infraestructura disponible, maquinaria y tipo de ganado. Algunas de sus características son:

2.4.5.1. Ensilaje

Es una técnica que permite conservar el forraje en forma semejante al estado físico que tenía la planta al momento del corte. Al almacenarse se desarrolla una fermentación láctica, manteniendo un pH ácido. McDonald y Whittenbury (1970), clasifican las pérdidas que se pueden obtener en este procedimiento en cuatro formas diferentes.

- a) Pérdidas a nivel de campo llegando a ser entre 1 y 6.4%.
- b) Pérdidas en el silo por respiración entre 2 y 4%.
- c) Pérdidas por fermentación que fluctúan entre 5 y 7%.
- d) Pérdidas por lavado de nutrientes, en promedio 6% variando entre 2 y 10%.

Unas de las desventajas del ensilaje en la alimentación de vacas en producción de leche es su bajo nivel de proteína, por lo que se hace necesaria la suplementación con este nutrimento, trayendo como consecuencia un aumento en el costo de la alimentación. Otra desventaja es que tiende a disminuir la concentración de grasa en la leche (Jiménez, 1988).

2.4.5.2. Henificado

Es una técnica que permite conservar el forraje en forma deshidratada, manteniendo un nivel de humedad entre un 15 y 20% (Jiménez, 1988). Según Christensen (1970), el éxito de ésta técnica es su baja pérdida de nutrientes, éstas se clasifican en.

- a) Pérdidas por respiración las cuales ascienden hasta un 10-15%.
- b) Pérdidas durante el marchitamiento, varían de acuerdo al material, reportándose valores que van de 2 a 35%.
- c) Pérdidas en la desecación, en promedio se habla de 15% en condiciones favorables y de 25% en desfavorables.

La desventajas de ambos métodos de conservación son: 1) incrementan los costos de producción, 2) su valor nutrimental es muy variado, por lo que para tener buenos resultados generalmente debe suplementarse, 3) los cultivos deben de ser de temporal, para disminuir los costos, esto acarrea problemas durante el proceso, haciéndolo en algunas regiones impráctico e incosteable, 4) los excedentes henificables se presentan en la época de mayor producción que coincide con la temporada de lluvias, lo que genera alta probabilidad de pérdidas totales.

2.4.6. Cultivos forrajeros invernales

Existen características deseables en algunos cereales para utilizarlos con la finalidad de proveer forraje durante el período invernal como: resistencia a bajas temperaturas, rápido desarrollo, buen valor nutrimental y alta productividad (Hughes *et al.*, 1980). De acuerdo con Lovett y Matheson (1974), Martínez y García (1976), Winter y Thompson (1987) y Hadjichristodoulou, (1991) los cultivos invernales que generalmente se recomiendan son avena (*Avena* sp.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), centeno (*Secale cereale* L.), triticale (*Triticum durum* Desf. * *Secale cereale* L.) y raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.).

Wheeler (1981) sostiene que estos cultivos deben considerarse como complementarios a las praderas perennes y no como suplementarios, teniendo la finalidad de proveer alimento de buena calidad en suficiente cantidad en el invierno, reduciendo los costos de producción.

2.5. Cultivos forrajeros

2.5.1. Avena

2.5.1.1. Características generales

Según De Candolle, citado por Díaz (1953) la avena es originaria de la Europa Oriental y fue introducida en México por los españoles.

Merlo y Robles (1990) y López (1991) mencionan que el cultivo de la avena ocupa el 5° lugar en la producción mundial de cereales, teniendo la producción de grano poco interés, ya que únicamente un 5% de la producción es industrializada. Es de mayor importancia su utilización en la alimentación del ganado, se aprovecha tanto el grano

como el forraje, en pastoreo directo o conservada, sola o en asociación con otras gramíneas o leguminosas (López, 1991).

2.5.1.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con Merlo y Robles (1990) y López (1991) comprende la siguiente clasificación :

Familia : Gramineae (Poaceae)

Subfamilia : Festucoideae

Tribu : Aveneae

Especies cultivadas : Diploides ($2n = 14$) : *A. strigosa*, *A. brevis* y *A. nudibrevis*.

Tetraploides ($2n = 28$) : *A. abyssinica*.

Hexaploides ($2n = 48$) : *A. sativa*, *A. byzantina* y *A. nuda*.

La clasificación de las avenas hexaploides se basa en la articulación de la primera y segunda flor de la espiguilla, el carácter desnudo o vestido del grano y la morfología de la arista (López, 1991). Según cita este autor *A. sativa* pudo originarse de la avena silvestre (*A. fatua*), mientras que *A. byzantina* se originó de *A. sterilis*, ambas hexaploides.

2.5.1.3. Descripción botánica

Díaz (1953), Merlo y Robles (1990) y Machado *et al.* (s/f) describen a la avena como una planta anual C3. Tiene una raíz fibrosa más larga que otros cereales, entre 10 y 25 cm de profundidad. Tallo herbáceo y erguido, de aproximadamente 60 cm de largo en estado vegetativo y 90 cm en estado reproductivo; nudos llenos y entrenudos huecos

cuyo diámetro varía de 0.32 a 0.64 cm. Sus hojas (5 a 10 por tallo), en promedio miden 25 cm de largo y 1.6 cm de ancho, son de color verde intenso y con lígula membranosa de forma oval, sin aurículas. Su inflorescencia es una panoja de 25 a 35 cm de largo, compuesta y sus espiguillas (de 23 a 25 mm) se componen de dos a cuatro flores, de las cuales dos son fértiles.

2.5.1.4. Clima

Básicamente la avena se caracteriza por desarrollarse en la estación del año fría, se obtiene la mayor producción en climas templados fríos, secos o húmedos, sin llegar a los extremos, recomendándose cultivarse durante el invierno. Un clima cálido y húmedo impide un buen comportamiento productivo de la avena, debido a que se favorece la incidencia de organismos patógenos. La planta deja de crecer cuando la temperatura alcanza los 0°C y empieza a darse la mortalidad a los -10°C para las variedades de primavera y de -14°C para las de invierno, la temperatura mínima, óptima y máxima para su crecimiento son 4.8, 25-31 y 31-37°C, respectivamente (Díaz, 1953; Merlo y Robles, 1990; López, 1991).

2.5.1.5. Fotoperiodo

De la fase de emergencia al espigado la avena requiere que la relación horas luz sea baja, la duración de horas luz óptima va a depender de la variedad, mientras que para la fase reproductiva se necesitan de 15 a más horas luz. La duración de cada fase del ciclo productivo es también influenciada por la temperatura (López, 1991).

2.5.1.6. Suelo

En comparación con otros cultivos forrajeros ésta se adapta mejor a suelos ácidos, compactados o sueltos, pH entre 5 y 7, no resiste suelos salinos, se tiene las mayores producciones en suelos limosos y de aluvión (Merlo y Robles, 1990; López, 1991).

2.5.2. Raigrás anual

2.5.2.1. Origen

Es nativo de las regiones del mediterráneo, sur de Europa, norte de Africa y Asia menor (Hughes *et al.*, 1980).

2.5.2.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo a Gould (1979) corresponde la siguiente clasificación :

Familia : Gramineae (Poaceae)

Subfamilia : Festucoideae

Tribu : Festuceae

Género : Lolium

Especie : *L. multiflorum* Lam.

2.5.2.3. Descripción botánica

Planta anual, algunas veces toma un hábito bianual, el raigrás var. Westerwolds se caracteriza por ser netamente anual, floreciendo en el año de establecimiento (Hughes *et al.*, 1980, Muslera y Ratera, 1991). Sus hojas son glabras de color verde ligeramente

oscuro, envés brillante y nervaduras apenas visibles. La vaina cubre el tallo, presenta dos aurículas largas y lígula poco visible. Las hojas aparecen enrolladas en la vaina. Los tallos son cilíndricos y la base es de color rojizo. Presenta un crecimiento amacollado, compacto y de poca lignificación. Su inflorescencia es erecta en forma de espiga, con espiguillas planas sésiles, delgadas y débiles, dispuestas en posición alternante a lo largo del tallo. Sus semillas presentan una arista.

2.5.2.4. Clima

Hughes *et al.* (1980) mencionan que no es una planta que resista un invierno como otras gramíneas, ni calores y sequías extremas. Durante el verano su crecimiento es lento, atribuyéndoselo a su no tan denso sistema radical y a las elevadas temperaturas, siendo su óptimo entre los 18 y 20°C (Muslera y Ratera, 1991). Su crecimiento se manifiesta entre los 6 y 30°C, temperaturas por abajo o por arriba lo detienen (CIPES, 1983).

2.5.2.5. Suelo

Según Hughes *et al.* (1980) se adapta a un amplio rango de suelos, desarrollándose mejor en suelos con fertilidad de media a elevada, con buena humedad, no soportando el encharcamiento y suelos secos. El nitrógeno es un elemento esencial para su desarrollo, por lo que es necesario que durante el invierno se adicione para que pueda expresar su potencial productivo (Muslera y Ratera, 1991).

2.6. Los cereales como forraje

La inclusión de los cultivos forrajeros no es una práctica nueva, hay reportes de su evaluación desde finales del siglo pasado, en donde se comunica su estudio en sistemas agropecuarios, estudiándolos desde el punto de vista de doble propósito (Redmon *et al.*, 1995). Estos mismo autores mencionan que en 1956 en Argentina, Australia, Islas Británicas, Nueva Zelandia, Sudáfrica y Uruguay ya se investigaba su uso para la producción animal.

2.6.1. Ventaja de los cultivos forrajeros

2.6.1.1. Rápido crecimiento

Para Wheeler (1981) esta es una característica importante porque proporciona materia seca de forma rápida en un lapso de tiempo corto. Debido a lo anterior, el terreno queda disponible para otra actividad, dando la oportunidad de diversificar las actividades. Tal y como lo propone Alvim (1987), recomendando el cultivo forrajero de clima templado para el período de secas y, el de mijo, sorgo u otro para ensilar en el período de lluvias, ya que ambas son especies forrajeras de ciclo corto.

2.6.1.2. Producción por unidad de área

Wheeler (1981) sostiene que la altura de dosel de la planta, forma, disposición y orientación de las hojas y el sistema radical generan diferencias, las cuales pueden llegar a generar que se produzca de 2 a 3 veces más materia seca que en las praderas permanentes.

2.6.1.3. Calidad del forraje

Wheeler (1981) asocia la calidad del forraje con la digestibilidad y contenido de proteína. Este autor señala que son mayores estas características en los cultivos forrajeros que en las de praderas perennes, en el mismo período, además de tener como característica de ser más estables que las praderas permanentes en su valor nutrimental conforme se incrementa su madurez. Para Goic (1988) los cultivos forrajeros tienen importancia como fuente de alimento en el período invernal, no tanto por su alta disponibilidad, si no mas bien como un alimento de valor nutrimental adecuado.

2.6.1.4. Uso del agua

Wheeler (1981) menciona que existen tres aspectos que diferencian las praderas permanentes y los cultivos forrajeros: eficiencia en el uso del agua proporcionada, exploración de los horizontes del suelo profundos y, captación del agua de lluvia. Por lo que se considera que son más eficientes los cultivos forrajeros en el uso del agua.

2.6.1.5. Control de malezas

Una rotación de cultivos anuales en la pradera ayuda a controlar malezas perennes y se puede reducir la incidencia de enfermedades, además de que también pueden ser utilizados como abonos verdes (Thompson *et al.*, 1991).

2.6.2. Desventajas de los cultivos forrajeros

2.6.2.1. Daño a las características físicas del suelo

Según Wheeler (1981) estos daños son provocados por el pisoteo, presentándose principalmente en suelos recién abiertos a la labranza y en los muy húmedos. Otro problema se presenta en suelos propensos a erosionarse y en pendientes, ya que el constante laboreo y otras prácticas relacionadas con el cultivo pueden incrementar el riesgo de erosión (Wheeler, 1981; Alvim, 1987).

2.6.2.2. Desperdicio de materia seca

Wheeler (1981) menciona que se presenta principalmente en suelos muy húmedos, resultando una baja utilización, es mayor en algunas ocasiones en cultivos forrajeros que en praderas perennes. El mismo autor menciona que es el resultado de una mayor disponibilidad de forraje.

2.6.2.3. Costo de producción de forraje

Comparando las praderas perennes y los cultivos forrajeros, estos últimos resultan más costosos (inversión en semillas, labranza, siembra, control de malezas y fertilización), siendo justificados por su mayor producción Wheeler (1981). En comparación con otras alternativas para solucionar el déficit de alimento en invierno son más económicos. Para Carámbula (1987) la característica que debe tener un cultivo forrajero para que sea rentable es tener alto rendimiento de materia seca y elevado valor nutricional en el momento que las praderas permanentes no lo pueden aportar y propone como una

alternativa para hacerlos más su utilización bajo doble propósito, para esto la producción de grano va a depender de la intensidad de uso del forraje.

2.6.2.4. Establecimiento

En suelos con pendientes medianas y elevadas, expuestos a la erosión se tiene dificultad para su establecimiento.

2.6.2.5. Alteraciones metabólicas

Existen diferentes estudios donde se evalúa el efecto de los cultivos forrajeros en el animal, siendo el principal problema la toxemia de los pastos o hipomagnesemia y en segundo lugar el envenenamiento con nitratos (Fernado y Carter, 1970 ; Grunes *et al.*, 1970; Mayland *et al.*, 1976; Elkins *et al.*, 1977; Mathers *et al.*, 1982; Ohno y Grunes, 1985; McDowell *et al.*, 1994).

Winter (1994) considerando la interacción cultivo forrajero : animal, concluye que esta va a depender de la fecha de siembra, intensidad de pastoreo, fecha del último pastoreo, la variedad, así como de la interacción entre ellos.

2.7. Siembra de cultivos forrajeros

La cantidad de semilla requerida para la siembra va a depender del tipo de cultivo y del objetivo del mismo. Cuando se trate de monocultivos la densidad de siembra básicamente dependerá del género o especie a sembrar, mientras que cuando se trata de cultivo asociado la proporción de semilla estará en relación de las especies a asociar. Existen características que van determinar el tipo de siembra a llevar acabo, dentro de las

más importantes se citan la disponibilidad de forraje y el objetivo del cultivo, cuando se tiene déficit de forraje en un amplio período del año lo recomendable es una asociación, empleando en ella el raigrás anual con algún cereal, ya que este último tiende a ser más precoz que el raigrás, sin embargo el este tiene un ciclo productivo mayor que los cereales. Cuando se trate de déficit de forraje por un período corto, una emergencia y/o a parte del forraje se desea obtener grano lo recomendable es emplear un monocultivo (Lizárraga *et al.*, 1980; Hernández *et al.*, 1984; Reyes y Meráz, 1989; Melgoza *et al.*, 1991; Hernández y Eguiarte, 1992). En el Cuadro 2.4. se muestran algunas densidades de siembra empleadas en los cultivos forrajeros.

Melgoza y *et al.* (1991) con la finalidad de ampliar el período de aportación de forraje durante el invierno, estudiaron 5 diferentes proporciones de siembra de un cultivo asociado, consistente en raigrás anual - avena. La mejor proporción fue 50 y 50% ($P < 0.05$) produciendo 12.5 t MS ha⁻¹ en 6 cortes, seguida de las proporciones 75-25 y 100-0 (raigrás - avena), las cuales rindieron 11.4 y 10.8 t MS ha⁻¹, respectivamente. Al respecto de este punto Thompson *et al.* (1991) encontraron en la asociación raigrás anual - cebada, que a medida que se incrementó la producción de raigrás se tenía una reducción en la producción de cebada.

En una asociación similar Lizárraga *et al.* (1980) evaluaron 5 proporciones de siembra raigrás - cebada (100-0, 0-100, 85-15, 70-30 y 50-50, respectivamente), tomando como base 50 kg de semilla por hectárea de raigrás y 100 de cebada. Encontraron una respuesta más rápida en los cultivos con mayor proporción de siembra de cebada y, a partir del 3 corte en adelante el mejor comportamiento correspondió a los

cultivos con mayor proporción de raigrás, resultando en una mayor producción neta de forraje ($P<0.05$).

Cuadro 2.4. Densidades de siembra en monocultivo para cultivos forrajeros.

Género	Densidad (kg S ha ⁻¹)	Referencia
cebada	100	Lizárraga <i>et al.</i> (1980)
cebada	67	Lovett y Matheson (1974)
cebada y avena	200	Hernández y Eguiarte (1992)
cebada y avena	200	Hernández <i>et al.</i> (1984)
avena	90	Esqueda <i>et al.</i> (1995)
avena	80	Guss <i>et al.</i> (1982)
avena	142	Fernando y Carter (1970)
avena, cebada, trigo y centeno	67 y 135	Lovett y Matheson (1974)
avena y trigo	90	Dann <i>et al.</i> (1983)
raigrás anual	40	Flores <i>et al.</i> (1992)
raigrás anual	35	Martínez y García (1976)
raigrás anual	50	Lizárraga <i>et al.</i> (1980)
raigrás anual	45	González y De los Santos (1984)

Los autores relacionan sus resultados con la temperatura ambiental, encontrando que a medida que esta empieza a incrementar la temperatura la cebada disminuye su crecimiento, mientras que el raigrás aumenta su tasa de crecimiento conforme avanza su

edad y la temperatura, obteniendo un máximo en el 5° corte, para después caer ligeramente. Concluyen que una proporción de siembra 50-50 es la mejor, ya que se acortan los días al primer corte, alargando el período productivo, dando un tiempo de utilización del cultivo de 200 días.

2.8. Efecto de la temperatura en los cultivos forrajeros

El efecto que tiene la temperatura en la producción de forrajes es fundamental, ya que parte de la disminución en la tasa de crecimiento de las praderas permanentes durante el período invernal se explica por una baja temperatura ambiental, la cual provoca alteraciones fisiológicas en la planta (Salisbury y Ross, 1994). Una de las características que se han encontrado en los cultivos forrajeros es su adaptabilidad y mayores tasas de crecimiento durante el período invernal.

Para llevar acabo un buen establecimiento del cultivo es necesario contar con semilla de buena calidad, tener una cama de siembra bien preparada, suficiente humedad y temperatura y época de siembra adecuadas (Lovett y Matheson, 1974; Fowler, 1982; Hill *et al.*, 1985; Hill y Pearson, 1985; Tripathi *et al.*, 1985). El efecto de la temperatura en la germinación de semillas de trigo fue evaluado por Tripathi *et al.* (1985) encontrando que es necesario tener temperaturas elevadas en la cama de siembra para que se de un mayor porcentaje de germinación y esta sea más rápida. Con una temperatura de 39.5°C se tiene una germinación de 89.6% en 11 días, mientras que con 27.3°C ésta es de 74.2% y culmina en 15 días. Estos resultados implican que en siembras tardías se reduce la germinación e incrementa el tiempo de germinación, encontrando que el trigo sembrado entre finales de diciembre y mitad de enero presenta una reducción en la producción entre

el 30 y 40%, con respecto a aquel que se siembra alrededor del 20 de noviembre , debiéndose a un retraso en la germinación y una pobre emergencia.

La temperatura ambiental también juega un papel importante en la germinación y tasa de crecimiento inicial, resultados reportados por Hill *et al.* (1985) demuestran que la temperatura ambiental adecuada para tener un buen porcentaje de germinación es más bien baja, evaluaron la germinación de raigrás anual bajo 7 temperaturas ambientales, la mayor germinación se tiene en las temperaturas de 18/13 ,21/16 y 24/19°C (temperatura del día/temperatura de la noche) y con temperaturas constantes entre 10 y 25°C ; el ritmo de crecimiento inicial fue menor a temperaturas mayores de 30°C.

El efecto de la temperatura ambiental en la tasa de crecimiento del raigrás anual fue estudiado por Hill y Pearson (1985) bajo condiciones de invernadero. Encontraron que a rangos de temperaturas bajas (15/10, 18/13 y 21/16°C), se tuvo el mayor crecimiento ($P<0.05$) en comparación con temperaturas elevadas (24/19 y 30/25°C). Esto puede relacionarse con un mayor número de tallos, debido a que el rendimiento está en función del número de tallos por su peso, los mismos autores reportan una mayor cantidad de tallos ($P<0.05$) a temperaturas bajas (15/10°C) y menor a temperaturas elevadas (30/25°C, 47.0 tallos por maceta contra 13.6), reportándose el mismo efecto en la cantidad de hojas por maceta (138.2 vs 45.9, $P<0.05$).

Fowler (1982) evaluó cuatro variedades de trigo y dos de centeno en seis fechas de siembra (1 y 15 de agosto, 1 y 15 de septiembre y, 1 y 15 de octubre), y encontró que a medida que la siembra se realiza más hacia el invierno se tiene una reducción en el peso seco aéreo de las plantas y se disminuye la sobrevivencia de las plantas en el período invernal, sufriendo más las variedades de trigo (100 y 97% de sobrevivencia para centeno

contra 66 y 83% para las variedades de trigo). Con base en esto recomiendan la siembra del trigo invernal de 4 a 6 semanas al inicio del período de lluvias, concluyendo que la producción en las diferentes fechas de siembra se ve fuertemente influenciada por la temperatura.

2.9. Rendimiento de forraje en cultivos forrajeros

El rendimiento de forraje en los cultivos forrajeros es influenciado por diferentes factores, tales como la temperatura, humedad, respuesta de la germinación, época de establecimiento, variedad, densidad de siembra, fertilidad del suelo, aplicación de fertilizantes y manejo del cultivo (Lovett y Matheson, 1974; Blunt y Fisher, 1976; Esqueda *et al.*, 1991; Flores *et al.*, 1992).

Generalmente cuando se evalúan diferentes forrajeras se hace con la finalidad de encontrar la que mejor se adapte a las condiciones de dicha región y explotación, con este objetivo Hernández *et al.* (1984) y Hernández y Eguiarte (1992) evaluaron el rendimiento de forraje de avena, cebada, triticale y raigrás anual, bajo corte; en ambos experimentos encontraron una mayor producción del raigrás, seguido de la avena y cebada. En el primer trabajo el rendimiento del raigrás (17.85 a 21.15 ton MS ha⁻¹) se vio favorecido por un período productivo más largo que los cereales (avena var. Cuauhtémoc 11.98 y var. Chihuahua 9.99 t MS ha⁻¹ y, cebada var. Centinela 11.60), dando oportunidad de dar un corte más.

Lizárraga *et al.* (1991) aparte de determinar la mejor variedad de raigrás anual, evaluaron la severidad y rendimiento por cosecha. No encontraron diferencia entre severidades ni variedades, pero si entre cortes, donde el segundo tuvo el peor

rendimiento (entre 1.56 y 1.84 t MS ha⁻¹), el máximo rendimiento se presentó en el quinto (entre 3.10 a 3.60 t MS ha⁻¹). La producción neta de forraje de las variedades fue de 14.14, 13.42, 14.16 y 13.14 t MS ha⁻¹ para la variedad Italiana, Holandés, Americano y Gulf respectivamente.

Hill y Pearson (1985) evaluaron dos diferentes frecuencias de cosecha del cultivo en dos variedades de raigrás (8 y 4 semanas); no encontraron diferencia ($P > 0.05$) entre frecuencias de corte respecto a producción neta de forraje (24.1 vs 28.61 gr MS/maceta), número de tallos (47.4 vs 53.2) y número de hojas (170 vs 168.1) (variedad Ucivex y Tama, respectivamente). Sin embargo, entre variedades y frecuencias de cosecha el comportamiento fue diferente; a bajas frecuencias de cosecha fue mejor la variedad Tama, la cual tuvo un peso seco total de 21.5 contra 12.9 gr MS maceta⁻¹ de Ucivex, 41.7 tallos vs 25.2 y 122.5 hojas vs 71.2.

Lovett y Matheson (1974) buscando el cultivo forrajero que se adaptara mejor a las condiciones de Australia, evaluaron bajo corte cebada, trigo, avena y centeno, durante tres años, encontrando que cebada tendió a presentar el mayor rendimiento, seguida por avena y centeno, siendo trigo el que presentó el peor comportamiento. Sin embargo, la producción estacional de avena y trigo fue más uniforme, notándose que su producción tendió a incrementar en la segunda cosecha (Cuadro 2.5.).

Blunt y Fisher (1976) en Australia estudiaron la respuesta de 10 variedades de avena bajo pastoreo y evaluaron tres momentos al corte (60, 74 y 88 días después de la germinación). Encontraron una respuesta de las variedades al tiempo de corte muy variable, existiendo variedades muy tempranas con ciclo productivo corto y otras a la inversa tardías pero con ciclo productivo largo y consideraron como más recomendables

las variedades con producción uniforme a través del ciclo productivo y alta producción. Con base a sus resultados los autores concluyen que la variedad Swan fue la mejor por presentar el mayor rendimiento. Sin embargo, este se concentra en la primer cosecha, por lo que se considera una variedad temprana. La variedad Trisperina no presentó diferencia en rendimiento siendo más estable su producción a través del ciclo productivo, por lo que la decisión de cual variedad sembrar va a depender de las necesidades del productor.

Cuadro 2.5. Rendimiento (kg MS ha⁻¹) de cuatro cultivos forrajeros en monocultivo bajo corte.

Cultivo	Cosecha 1	Cosecha 2	Total
Cebada	2994.0	1436.0	4430.0
Avena	1805.7	2102.0	3907.7
Trigo	1575.3	2123.3	3698.6
Centeno	2536.0	1220.7	3756.7

Fuente : Lovett y Matheson (1974).

En México Esqueda *et al.* (1991) evaluaron bajo corte 6 variedades de avena (Tamo, Horicon, Walken, Cocker 227, Cusihiuriachi y Nora) tomando como criterio para hacer el corte la altura de la pradera y no el intervalo de tiempo. Encontraron mayor rendimiento ($P < 0.05$) con la variedad Cocker 227, no diferenciándose de las variedades Walken y Tamo (12,374, 12,158 y 11,484 kg MS ha⁻¹, respectivamente).

Otro factor que se maneja como influyente en la producción de forraje es la fecha de siembra, Flores *et al.* (1992) evaluaron tres fechas de siembra en el raigrás anual (19 de octubre, 5 y 17 de noviembre), sin encontrar efecto ($P > 0.05$) en el rendimiento de forraje entre las diferentes fechas (15.9, 15.5 y 15.7 t MS ha⁻¹, respectivamente).

2.10. Producción de leche

La inclusión de los cultivos forrajeros invernales en un sistema de producción de leche bajo pastoreo es con la finalidad de complementar las bajas tasas de crecimiento de las praderas permanentes durante este período, no representa de ninguna manera una sustitución. Un ejemplo es el sistema descrito por Alvim (1987) quien propone su utilización en el período de secas (déficit de forraje), mientras que para el período de lluvias esta misma área puede ser empleada para la siembra de mijo, sorgo, maíz u otro forraje para conservar, esto es posible ya que ambas son especies forrajeras de ciclo corto. Las ventajas que el autor atribuye a estas especies y su inclusión en el sistema son:

- a) Distribución uniforme de la producción de leche a través del año.
- b) Reducción del uso de concentrados.
- c) Adición de materia orgánica al suelo.
- d) Efecto residual positivo de la adición química sobre la producción del cultivo del verano siguiente.

Existen reportes donde se manejan los cultivos forrajeros como monocultivo o en asociación ; en Brasil Alvim (1987) reporta la utilización de avena y raigrás, generalmente en monocultivo. La avena se utiliza principalmente bajo corte y se emplea en aquellas explotaciones que tienen suficiente mano de obra, mientras que el raigrás se explota la mayoría de las veces bajo pastoreo. La diferencia en la forma de manejarlas se origina en el hábito de crecimiento. El autor menciona incrementos de 20% en la producción de leche, en comparación con aquellos sistemas que no suplementan y la misma producción que aquellos que utilizan concentrados, sin reportar cambio en peso, que es una variable importante en la que pueden presentarse diferencias.

La respuesta animal al pastoreo de una asociación o un monocultivo puede ser diferente tal y como lo reportan Coser y Gardner, citado por Alvim (1987). Los animales que pastorearon el monocultivo (avena) tuvieron una caída más drástica en su producción conforme avanzó el período de evaluación, mientras que los que pastorearon la asociación (avena - raigrás) mantuvieron su curva de producción más estable, característica que dependió de raigrás, ya que la curva de las vacas que pastorearon monocultivo de raigrás tuvo un comportamiento similar a las de la asociación, solo que con menor nivel de producción.

Jahn *et al.* (1989) evaluaron la producción de leche en pastoreo con una pradera permanente, más avena y suplementación con ensilado de maíz ($9.2 \text{ kg animal}^{-1}$) ó concentrado ($2.2 \text{ kg animal}^{-1}$). No encontraron diferencias ($P>0.05$); en promedio los resultados fueron: $13.4 \text{ l vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en hato, $4894.5 \text{ l vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$, $15.7 \text{ l vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en línea y $11559 \text{ l vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con una carga de $2.5 \text{ vacas ha}^{-1}$.

En el norte de nuestro país se han hecho evaluaciones empleando básicamente el monocultivo de raigrás anual, estudiando variedades (González y De los Santos, 1984), carga animal soportada (Martínez y García, 1976) y costos de producción (Carmona *et al.*, 1976). En cuanto a variedades (Golfo y Común) no se encontró diferencia en las producción de leche, numéricamente la carga de 8 vacas ha^{-1} fue superior a 6 y 10 vacas ha^{-1} y, en cuanto a costo, el litro de leche obtenido bajo pastoreo tuvo una reducción del 39.1% en comparación del litro de leche producido en estabulación, esta reducción se vio favorecida por la disminución en los costos de alimentación (73.4 unidades porcentuales). En el Cuadro 2.6. se muestra la carga animal y la producción de leche obtenida en vacas pastoreando cultivos forrajeros.

La fertilización nitrogenada es un factor fundamental para obtener buenas producciones de forraje, pero Fernando y Carter (1970) encontraron que puede ser contraproducente para el comportamiento animal. Evaluaron el consumo de vacas productoras de leche en pastoreo de avena, donde encontraron que a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno se disminuye el consumo ($11.42 \text{ kg MS vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ con 35 kg N ha^{-1} a 7.98 kg MS con 178 kg N ha^{-1}), esta respuesta se lo atribuyen a un mayor contenido de humedad (14.39% de MS vs 11.96% con 35 y 178 kg N ha^{-1} , respectivamente) y a una menor apetecibilidad debido a su mayor concentración de sustancias nitrogenadas (0.22 contra 0.66% de nitrógeno en forma de nitratos). En cuanto a producción de leche no encontraron diferencia, sin embargo el cambio en peso de las vacas que pastoreaban en la parcela con mayor dosis de nitrógeno fue negativo ($-0.85 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$), mientras que en el caso de 35 kg N ha^{-1} se registró incremento de peso ($0.62 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ d}^{-1}$).

2.11. Producción de carne

La producción de carne se puede dividir en dos sistemas, estos van a ser en base del destino del animal, uno es producción de carne para el mercado (engorda de toretes, vaquillas y vacas de desecho) ó cría de reemplazos y mantenimiento de vacas secas.

Gardner *et al.* (1982) al evaluar la producción de carne de toretes en el período invernal bajo pastoreo de avena, con tres diferentes cargas (2.5 , 2.9 y 4.9 u.a. ha^{-1}), concluyen que es buena alternativa, la cual puede sustituir el sistema comúnmente empleado de suplementación ensilado + concentrado, obteniéndose una mejor respuesta con una carga de 2.9 u.a ha^{-1} , produciendo 83 kg PV ha^{-1} en 84 días de pastoreo.

Cuadro 2.6. Resultados obtenidos en la producción de leche empleando cultivos forrajeros.

Cultivo	Carga animal	Producción (l vac ⁻¹ d ⁻¹)	Producción (l ha ⁻¹)	Referencia
avena	2.5 vac./ha	13.4	11559	Jahn <i>et al.</i> (1989) ¹
raigrás	7.15 u.a/ha	13.1	9272.8	Carmona <i>et al.</i> (1976) ²
raigrás	10 vac./ha	12.06	9646.1	Martínez y García (1976) ³
raigrás	8 vac./ha	14.88	10834.3	Martínez y García (1976)
raigrás	6 vac./ha	12.07	6807.8	Martínez y García (1976)
raigrás Común	6 vac./ha	---	6426.0	González y De los Santos (1984) ⁴
raigrás Golfo	6 vac./ha	---	6208.0	González y De los Santos (1984)
raigrás (2 h de pastoreo)	6.1 vac./ha	10.1	---	Alvim y Gardner, citado por Alvim (1987)

¹Promedio de tres periodos experimentales 1980 a 1983.

²Periodo experimental 771 días.

³Periodo experimental 95 días.

⁴Periodo experimental 91 días.

Blunt y Fisher (1976) utilizaron avena bajo pastoreo, los animales eran toretes Brahaman × Shorthorn de 2 años de edad ; evaluaron la ganancia diaria de peso (GDP) y la producción por hectárea con dos diferentes cargas (4.3 vs 5.7 cabezas ha⁻¹). No encontraron diferencia en la GDP (0.65 vs 0.64 kg PV, respectivamente), pero la producción por hectárea fue superior con mayor carga (373 vs 477 kg PV ha⁻¹ en 19 semanas).

Con el objetivo de evaluar la respuesta de avena en dos sistemas de pastoreo (rotativo y continuo) Ustarroz y Brunetti (1995) pastorearon novillos de 2 años, no encontrando diferencia en la GDP entre los sistemas.

En la Comarca Lagunera, Carmona *et al.* (1976) estimaron el costo de producción de cría de vaquillas de reemplazo, pastoreando raigrás anual durante el período invernal. Para ello emplearon dos cargas, 5.4 u.a. ha⁻¹ al inicio del experimento y 6.1 u.a. ha⁻¹ al final, encontraron una GDP menor en vaquillas con PV inferior a 200 kg (0.673 kg PV vaquilla⁻¹ d⁻¹) que en vaquillas con más de 200 kg PV (0.775 kg PV vaquilla⁻¹ d⁻¹). Considerando las reducciones en los costos de alimentación y mano de obra, el costo de producción se redujo en un 27.4% en comparación con la cría en estabulación.

Con lo que respecta al comportamiento de vacas secas y su posterior producción de leche, pastoreando durante la estación invernal en monocultivo de raigrás, Martínez y García (1976) no encontraron un efecto negativo en la producción de leche en la siguiente lactancia, con respecto a la anterior, la variación encontrada se puede atribuir a efecto del número de lactancia. En el costo de alimentación de la vaca se presentó una reducción de 70.96%, cuando no se les suministra ningún concentrado y de 27.76% cuando se les suplementa.

2.12. Doble propósito de los cultivos forrajeros

La utilización de doble propósito de los cultivos forrajeros implica el aprovechamiento del forraje y del grano. La respuesta a la producción de grano va a depender de varios factores tales como genotipo, número de cosechas, intensidad de

pastoreo, fertilidad del suelo, aplicación de fertilizantes, humedad (Dunphy *et al.*, 1982; Dann *et al.*, 1983; Reyes y Meráz, 1989; Esqueda y Rubio, 1991; Redmon *et al.*, 1995).

Redmon *et al.* (1995) evaluaron el costo de utilización de los cultivos forrajeros en doble propósito. Encontraron que la producción de grano aporta al sistema un 59% del retorno neto total y el restante 41% proviene de los animales (carne). Sin embargo, esta proporción puede verse afectada si el manejo no es el adecuado, según los autores un aspecto importante es la intensidad de defoliación, ya que pastoreos intensos acaban con tejido fotosintético y por ende con la capacidad fotosintética del cultivo, con lo que se afecta el rendimiento de grano.

Kiesslbach y Sprague (1926 ; citado por Redmon *et al.*, 1995) encontraron una reducción de 11 a 47% en la producción de grano en trigo pastoreado, esta disminución la dividen en: 19% a menor número de espigas, 13% a menor número de granos por espiga y el 21% a la pérdida de peso del grano. Los factores que influyeron fueron : la severidad del pastoreo, densidad de siembra, fecha del último pastoreo, fertilidad del suelo y bajo contenido de humedad del suelo. Sin embargo, Dann *et al.* (1983) con trigo y avena bajo pastoreo no encontraron efecto en el número de espigas por unidad de área, pero sí en el número y peso de granos por espiga, atribuyéndoselo a que el pastoreo disminuye el nivel de la actividad fotosintética.

Cuando en la avena los pastoreos son moderados su efecto en la producción de grano puede ser positivo, Reyes y Meráz (1989) lo atribuyen a que se estimula el amacollamiento y por ende el número de espigas por unidad de área.

El efecto de la severidad de pastoreo puede ser contrarrestado por la aplicación de nitrógeno después del pastoreo, Dann *et al.* (1983) reportan incrementos en la producción entre 7 y 19%, con respecto al testigo no fertilizado.

Esqueda y Rubio (1991) evaluaron 14 variedades de avena para doble propósito bajo corte, el rendimiento de forraje varió entre 3000 y 4000 kg MS ha⁻¹, sin embargo no se obtuvo grano. Los autores explican el resultado adverso por falta de humedad y otras condiciones climáticas.

Redmon *et al.* (1995) sugieren que las investigaciones futuras sobre la utilización de doble propósito en trigo se deben encaminar hacia la obtención de mejores líneas, estudiar el efecto aditivo de la falta de precipitación en la primavera, efecto de las heladas y el pisoteo.

2.13. Fertilización

De acuerdo a Marek y Frank (1984) y Salisbury y Ross (1994) la deficiencia de nitrógeno (N) en la planta va a afectar de manera negativa la tasa de crecimiento. Mucho del N en la hoja de la planta se encuentra dentro del cloroplasto, formando parte de la clorofila y de proteínas. La ribulosa bifosfato carboxilasa oxidasa (RUBISCO) es la enzima encargada en las plantas C3 de llevar a cabo la fijación de CO₂, su estructura está formada en un 60% por N, al existir baja concentración del mineral se ha encontrado una disminución en el número de cloroplastos, de clorofila y de enzima RUBISCO, con lo que se afecta la actividad fotosintética y la tasa de crecimiento vegetal. Cuando el N no se encuentra en cantidades adecuadas las proteínas de las partes viejas de la planta se

hidrolizan y movilizan a los tejidos jóvenes, donde pasa a formar parte de aminoácidos, enzimas, clorofila, ciertas vitaminas y hormonas (Herrera y Montaña, 1980).

Los principios antes expuestos se ponen de manifiesto en los resultados obtenidos por Guss *et al.* (1982), quienes evaluaron el comportamiento productivo de la avena a 5 dosis de fertilización nitrogenada y dos niveles de fósforo (P) y potasio (K), encontraron que a medida que se aumenta la dosis de fertilización se incrementó el rendimiento de forraje, existiendo una diferencia de 53.1% en el rendimiento entre las dosis de 0 y 160 kg N ha⁻¹, mientras que cuando no se adiciona P y K la diferencia es solo de 12.9%. Estos mismos autores obtuvieron un comportamiento inverso en el porcentaje de materia seca, existiendo una diferencia de 6.08 unidades porcentuales entre las dosis de N antes señaladas. Los comportamientos antes señalados también fueron obtenidos por Herrera y Montaña (1980).

Tanto Cook y Lovett (1974) como Wilman y Wright (1978a) encontraron un efecto positivo del nivel de nitrógeno aplicado en la densidad de tallo, si a esto se le suma el efecto del N de incrementar la densidad de la hoja (Wilman y Wright, 1983) la consecuencia es una mayor producción, partiendo de que el rendimiento es función del número de tallos por su peso.

El nitrógeno tiene un efecto positivo en la velocidad de recuperación del peso seco de la raíz y de la vaina, las que son más afectadas por la defoliación ; la velocidad de crecimiento de la lámina foliar no presenta el mismo comportamiento, notándose una influencia más marcada del forraje residual que de la dosis de fertilización (Cook y Lovett, 1974).

Un resultado similar obtuvieron Marino *et al.* (1995) relacionando la dosis de fertilización y la tasa de acumulación de forraje (TAF) y la producción neta de forraje (PNF) encontraron que el comportamiento es de aumentos decrecientes, teniéndose la mayor respuesta para ambas variables en avena y raigrás a dosis de fertilización de 50 kg N/ha, mientras que a 100 y 150 kg N ha⁻¹ se disminuye la eficiencia notablemente, pero se permite alcanzar la mayor TAF (Cuadro 2.7.).

Cuadro 2.7. Tasa de acumulación de forraje a cuatro dosis de fertilización.

Cultivo	N0	N50	N100	N150
raigrás	30.08 ± 9.72	64.42 ± 7.95	97.34 ± 11.42	----
avena	54.6 ± 4.39	129.4 ± 5.78	154 ± 4.75	205.9 ± 11.23

Fuente : Marino *et al.* (1995).

Barocio (1978) evaluó el efecto de N y P, ambos a tres niveles (40, 80 y 120 kg N ha⁻¹ y, 30, 60 y 90 kg P₂O₅ ha⁻¹) en 3 variedades de avena, notó una respuesta lineal positiva al nivel de fertilización, siendo superior (P<0.05) la dosis 120-90.

Los momentos más recomendables para realizar la fertilización nitrogenada es al momento de la siembra y después de cada pastoreo, de esta forma es como se han podido obtener los mayores resultados en el rendimiento de forraje (Blunt y Fisher, 1976). La dosis a aplicar va a depender de diversos factores, dentro de los que se pueden mencionar el genotipo, fertilidad del suelo, época del año, fuente de nutriente, características físicas del suelo, manejo del cultivo, humedad del suelo y temperatura. Cook y Lovett (1974) con base en sus resultados recomiendan realizar la fertilización nitrogenada al momento

de la siembra y al final del invierno o después de cada pastoreo, con ello se favorece la velocidad de crecimiento del rebrote.

Wilman y Wrigh (1978a) encontraron que a mayor dosis de fertilización nitrogenada del día 6 al 21, después de la cosecha, se obtiene una mayor producción de materia seca, no así su porcentaje, ya que este baja a mayores niveles de nitrógeno, esto último también es obtenido por Fernando y Carter (1970) y Guss *et al.* (1982). En el Cuadro 2.8. se presentan diferentes dosis de fertilización empleadas, en tanto en el Cuadro 2.9. se muestran los resultados en el rendimiento de materia seca en avena a diferentes dosis de N.

Cuadro 2.8. Dosis de fertilización utilizadas en los cultivos forrajeros.

Cultivo	Formula	Dosis postcosecha (kg N ha ⁻¹)	Referencia
avena	60-60-00	60	Esqueda y Rubio (1991)
avena	60-60-00	60	Esqueda <i>et al.</i> (1991)
avena	20-11-00	112	Lovett y Matheson (1974)
avena-raigrás	80-40-00	60	Melgoza <i>et al.</i> (1991)
avena-cebada-triticale	100-80-00	100	Hernández <i>et al.</i> (1984)
trigo	30-80-60	---	Tripathi <i>et al.</i> (1985)
cebada-raigrás	90-00-00	200	Thompson <i>et al.</i> (1991)
raigrás	100-100-00	60	Flores <i>et al.</i> (1992)

Cuadro 2.9. Rendimiento de forraje (t MS ha⁻¹) en avena a diferentes dosis de fertilización nitrogenada (kg N ha⁻¹).

Dosis de nitrógeno	Rendimiento	Referencia
0	3.28	Guss <i>et al.</i> (1982)
40	4.63	Guss <i>et al.</i> (1982)
80	5.46	Guss <i>et al.</i> (1982)
120	5.72	Guss <i>et al.</i> (1982)
160	6.99	Guss <i>et al.</i> (1982)
0	2.37	Herrera y Montaña (1980)
100	3.7	Herrera y Montaña (1980)
200	4.19	Herrera y Montaña (1980)
300	5.06	Herrera y Montaña (1980)
400	5.82	Herrera y Montaña (1980)
0	1.4	Blunt y Fisher (1976)
90	2.62	Blunt y Fisher (1976)
90×2	6.99	Blunt y Fisher (1976)
180	3.29	Blunt y Fisher (1976)
45×4	4.71	Blunt y Fisher (1976)
270	4.08	Blunt y Fisher (1976)

2.14. Composición nutrimental

Goic (1988) considera a los cultivos forrajeros como una fuente de alimento adecuada para el período invernal, no tanto por su disponibilidad, si no más bien como un alimento de alto valor nutrimental. Sin embargo, este depender del género, variedad,

fertilización, estado de madurez, intervalo entre cosechas, composición morfológica y período del año en que se sembró.

Flores *et al.* (1992) y Lizárraga *et al.* (1991) determinaron el contenido de proteína cruda (PC) en variedades de raigrás anual sin encontrar diferencias, los valores reportados varían entre 22.48 y 23.97%. Esqueda *et al.* (1995) encontraron diferencias entre variedades de avena ; en los cinco cortes que evaluaron las variedades Cocker y Walken fueron las que tuvieron mayor concentración de proteína, la cual vario entre 16.7 y 32.1% para Cocker y entre 14.7 y 31.1% para Walken.

Un efecto directo de la fertilización nitrogenada es el incremento en la concentración de proteína, tal y como lo demuestran los trabajos de Fernando y Carter (1970), Barocio (1978), Herrera y Montaña (1980), Guss *et al.* (1982) e indirectamente Droushiotis y Wilman (1978) y Marino *et al.* (1995b). El nitrógeno en la planta se trasloca de manera orgánica formando parte de la glutamina, asparagina, glutamato y aspartato, mientras que el nitrógeno en la forma de NO_3^- y NH_4^+ es menor (Salisbury y Ross, 1994), en cambio cuando exista un exceso de N, la concentración de N en forma de NO_3^- y NH_4^+ se incrementa. Esto trae como consecuencia un mayor contenido de proteína cruda, aunque en realidad el incremento es en N no protéico, mismo que puede afectar el desempeño animal (Fernando y Carter, 1970). En el Cuadro 2.10. se presentan el efecto de la dosis de fertilización nitrogenada y la concentración de diferentes formas del N en la planta.

Existe un efecto negativo en el contenido de proteína conforme se incrementa el estado de madurez del cultivo o planta, Herrera y Montañó (1980) mencionan que cuando la planta entra a la fase reproductiva ocurre una alta tasa de transferencia de N de las partes vegetativas a la semilla, llegando a transferir hasta un 85% del nitrógeno antes de morir y, al mismo tiempo el sistema radical de la planta disminuye su capacidad de absorber el nitrógeno del suelo, llegando a absorberse en esta etapa solo un 10% del N. Estos principios pueden explicar los resultados obtenidos por Lizárraga *et al.* (1980), Lizárraga *et al.* (1991) y Esqueda *et al.* (1995), quienes encontraron en promedio una diferencia entre la primera y última cosecha de 70.6, 17.8 y 31.3% de PC, respectivamente. Belyea *et al.* (1978) reportan el mismo comportamiento, en 105 días se cayó la concentración de proteína en el forraje de trigo en 23.12%. En el Cuadro 2.11. se muestra el contenido de proteína cruda promedio de un cultivo forrajero en monocultivo y asociado.

Cuadro 2.10. Contenido de nitrógeno (%), nitrógeno en forma de NO_3^- y proteína cruda (%) en avena a diferentes dosis de fertilización nitrogenada (kg N ha^{-1}).

Dosis	Nitrógeno	N - NO_3^-	Proteína cruda
35.6	2.50	0.22	15.63
89	3.14	0.39	19.63
178	3.80	0.66	23.75

Fuente : Fernando y Carter (1970).

La proporción de componentes en la pradera también influye en el contenido total de proteína, Morales (1995) encontró mayor concentración de proteína cruda en hojas

que en tallo, vaina e inflorescencia en la avena var. Cocker (Cuadro 2.12.). El contenido de proteína disminuyó en los pastoreos sucesivos, esto puede estar relacionado con la disminución de hojas e incremento de tallo e inflorescencia al avanzar la estación de pastoreo.

Cuadro 2.11. Contenido de proteína cruda en forraje de raigrás, cebada y mezclas de ambos en el promedio de 7 períodos de corte.

Cultivo	Corte							Media
	1	2	3	4	5	6	7	
raigrás	26.6	25.2	19.6	18.3	10.2	12.0	09.8	17.4
cebada	27.3	22.5	20.0	19.6	10.8	10.6	06.2	17.6
R75 - C25	27.0	21.4	18.7	19.1	15.2	07.6	10.2	17.0
R50 - C30	28.5	21.2	16.6	21.7	14.5	09.7	08.1	17.2
R50 - C 50	26.4	25.4	19.0	21.0	16.1	10.4	05.7	17.7
Media	27.2 _a	23.1 _b	18.8 _c	19.9 _c	13.4 _d	10.1 _e	8.0 _e	

_{a,b,c,d,e} medias con distintas literal son diferentes ($P < 0.05$).

R = raigrás ; C = cebada.

Fuente : Lizárraga *et al.* (1980).

Cuadro 2.12. Proporción estructural y concentración de proteína cruda (PC, %) por estructura de la avena var. Cocker en el forraje ofrecido y residual.

Componente	PC (ofrecido)	Proporción (%)	PC (residual)	Proporción (%)
hoja	14.2	46.8	11.3	30.5
tallo	5.2	16.3	4.6	42.7
vaina	7.2	26.5	6.2	23.8
inflorescencia	6.9	10.4	6.6	3.0
planta completa	11.3	100	10.4	100

Fuente : Morales (1995).

Droushiotis y Wilman (1987) determinaron la digestibilidad de la materia seca en cebada, con 4 intervalos entre cortes en diferentes etapas fenológicas de la planta, encontrando que el tratamiento con 4 cortes (3 al momento en que es visible el primer entrenudo y el último con el grano en estado lechoso), tuvo una digestibilidad promedio mayor (66.5%), en comparación con el tratamiento en el que solo se hizo un corte (con el grano en estado lechoso) con 45.6%. Los mismos autores determinaron la digestibilidad al momento de la emergencia, emergencia total, aparición de material muerto y solo material muerto, donde se encontraron valores de 74.0, 66.5, 57.2 y 44.2% de digestibilidad, respectivamente.

Flores *et al.* (1992) encontraron diferencias en digestibilidad *in vitro* entre variedades de raigrás, resultando con mayor digestibilidad ($P < 0.05$) la variedad Italiano (77.2%) que Tetraploide (75.8%). Estos mismos autores no encontraron diferencia entre fechas de siembra (entre octubre y noviembre). Este mismo comportamiento presentó avena, según datos reportados por Esqueda *et al.* (1995), existiendo mayor diferencia entre variedades en las primeras cosechas que entre las primeras cosechas en una misma variedad. Sin embargo se constató una reducción en la última cosecha, la variedad Cocker presentó las más altas digestibilidades (entre 67.5 y 89.9%).

La fertilización nitrogenada también presenta un efecto positivo en la digestibilidad, Wilman y Wright (1978a) aplicaron 0 y 140 kg N ha⁻¹, encontrando que la digestibilidad empieza a diferenciarse entre tratamientos del día 6 de aplicación en adelante, obteniendo en promedio una diferencia en la digestibilidad entre tratamientos de 1.1 unidades porcentuales en raigrás anual (74.1 vs 76.0%). Con la aplicación de N en las tres primeras semanas se redujo la proporción de fibra detergente neutro (FDN),

incrementó el contenido de PC, por lo que se alcanzó mayor contenido celular, todo esto conjugado llevó a mayor digestibilidad.

Entre componentes de la planta existen diferencias en digestibilidad, debido a la estructura anatómica ; Morales (1995) obtuvo mayor digestibilidad de lámina foliar que de vaina, tallo e inflorescencia, tanto en forraje ofrecido como en residual (Cuadro 2.13.), sin embargo esta cayó en los pastoreos sucesivos (descenso de 28.3%).

Cuadro 2.13. Proporción estructural y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS %) por estructura de la avena var. Cocker en el forraje ofrecido y residual.

Componente	DIVMS (ofrec.)	Proporción (%)	DIVMS (resid.)	Proporción (%)
hoja	72.2	46.8	74.3	30.5
tallo	39.6	16.3	41.6	42.7
vaina	50.8	26.5	49.4	23.8
inflorescencia	42.7	10.4	39.7	3.0
planta completa	66.8	100	78.9	100

Fuente : Morales (1995).

Wilman y Daly (1978a) concluyen que la reducción en la digestibilidad conforme avanza el estado de madurez se debe al incremento en la proporción de la pared celular y a una reducción en la digestibilidad de la pared celular, celulosa y hemicelulosa. De la segunda a la quinta semana de rebrote la reducción en la digestibilidad está más influenciada por el incremento de la proporción de la pared celular que a una reducción de digestibilidad de la misma, los autores infieren que la pared celular puede disminuir el potencial del consumo de forraje.

Un resultado similar fue obtenido por Belyea *et al.* (1978) quienes evaluaron la digestibilidad a diferentes estados fisiológicos de la planta, encontrando una disminución paulatina hasta el estado lechoso (a 56 días de emergencia), cayendo de 90.59 a 64.84%, para después incrementar a 72.07 y 71.22%, en estado masoso y grano seco, este incremento se lo atribuyen a una mayor concentración de carbohidratos altamente digestibles.

Wilman y Wright (1978b) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada (0 y 140 kg N ha⁻¹) en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) en los primeros 21 días de rebrote en raigrás anual. Encontraron diferencias a partir del sexto día en adelante, teniendo mayor reducción el tratamiento con fertilización, en promedio la concentración fue de 39.1% para el tratamiento sin nitrógeno y 36.8% de FDN para el tratamiento con 140 kg N ha⁻¹, asociando este resultado con un aumento en la proporción de proteína cruda, concluyen que en las 3 primeras semanas de rebrote se presenta un mayor incremento en el contenido celular.

En el cultivo asociado raigrás - cebada Thompson *et al.* (1991) encontraron que el contenido de FDN fue disminuyendo en cortes sucesivos, en el primero, segundo y tercer corte el contenido fue de 56.3, 54.9 y 48.0%, respectivamente.

La FDN tiende a incrementar en los primeros 27 días de edad del trigo, de esta fecha al día 50 su aumento es más rápido (de 56.73 a 67.99%), para después volver a disminuir (de 67.99 a 58.79%). Belyea *et al.* (1978) lo explican por diferencias fisiológicas entre etapas, teniendo la mayor concentración de FDN cuando se presenta el crecimiento reproductivo, disminuyendo posteriormente a efecto de la producción del grano. Este comportamiento fue parecido al encontrado en la digestibilidad de la materia

seca, encontrando un coeficiente de correlación de 0.71, entre el contenido de FDN (x) y la digestibilidad de la materia seca (y).

Cuando existe un desequilibrio energético entre lo proporcionado por la dieta y las necesidades de mantenimiento y producción de los animales se afecta negativamente el nivel de producción y el cambio de peso (Riquelme, 1978). Este mismo autor señala que la pérdida de peso de los animales, especialmente en las vacas lecheras, es un mecanismo fisiológico que se utiliza para suplir en parte las deficiencias energéticas y tratar de mantener el nivel de producción. En general se considera que el tejido corporal contiene aproximadamente 4.7 Mcal kg^{-1} y que puede utilizarse para producción de leche con una eficiencia de 82%. Por lo tanto, la pérdida de 1 kg de peso vivo equivale a 3.87 Mcal EN, suficiente para proporcionar la energía requerida para producir 5.6 kg de leche con 3.5% de grasa, la magnitud de aumento de peso dependerá de la energía disponible por encima de los requerimientos mencionados y se estima que se requieren $6.5 \text{ Mcal EN kg}^{-1}$ de incremento de peso vivo.

Cuadra *et al.* (1980) observaron que los consumos de una vaca para producir 8.7 y 18.3 kg de leche son 10.78 y 15.60 kg MS día^{-1} y, 49.9 y 72.1 kg MV día^{-1} .

Goic (1988) reporta un contenido de energía digestible para los cultivos forrajeros de 2.5 Mcal por kilogramo de materia seca, en promedio. Mientras que Belyea *et al.* (1978) a diferentes edades en el forraje de trigo determinaron un comportamiento descendente en el valor de energía neta de lactación hasta los 105 días de edad (estado lechoso, Cuadro 2.14.), para incrementar en las siguientes dos etapas sin que existiera diferencia [de 1.01 a 1.24 y $1.20 \text{ Mcal (kg MS)}^{-1}$].

Con base a los resultados del Cuadro 2.14., los autores recomiendan cosechar el forraje entre el estado de bota y panoja inicial, ya que es cuando presenta las concentraciones adecuadas de PC y EN_L para soportar altas producciones de leche.

2.15. Concentración mineral en los cultivos forrajeros

Existen diferentes estudios donde se pone de manifiesto la hipomagnesemia uno de los problemas que Wheeler (1981) mencionó como desventaja del pastoreo de cultivos forrajeros. Este problema se asocia a la concentración mineral en estos cultivos, y es frecuentemente reportado en animales bajo el esquema de producción que los incluye como fuente de alimentación.

La hipomagnesemia es una alteración metabólica causada por un déficit de Mg en el suero sanguíneo. Las vacas productoras de leche en su período de producción requieren de 0.43 a 0.77% de Ca, 0.90 a 1.00% de K y 0.20 a 0.25% de Mg (McDowell *et al.*, 1994). Los animales están propensos a desarrollar esta enfermedad cuando la concentración del Mg es menor de 0.20% de Mg y/o cuando la relación $K (Ca + Mg)^{-1}$ es igual o mayor a 2.2 (Grunes *et al.*, 1970; Elkins y Hoveland, 1977; Cherney y Robinson, 1985).

Existen diversos factores que van a estar relacionados con la concentración mineral en los cultivos forrajeros, los estudios se han enfocado principalmente hacia los que afectan la concentración del K, Ca, Mg, Al y N, ya que son los que están más relacionados con la incidencia de este problema metabólico. Los factores que juegan un papel importante son: la fertilización (dosis y fuentes), humedad del suelo, temperatura ambiental, concentración de O_2 , la especie y variedad, edad y número de cosecha.

Stewart *et al.* (1981) evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada en la concentración mineral de trigo en el período invernal, y encontraron que la concentración del N y K están muy relacionadas y varían de acuerdo a la dosis de fertilización, la temperatura ambiental y humedad del suelo, disminuyendo a bajas dosis de fertilización y temperaturas. No encontraron diferencias en la concentración del Mg, Ca y P por efecto de la dosis de fertilización, bajando su concentración a inicios del incremento de la temperatura ambiental.

Cuadro 2.14. Fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad *in vitro* (DIV), proteína cruda (PC) y energía neta de lactación (EN_L) en forraje de trigo.

Corte					
Fecha	Estado	FDN (%)	DIV (%)	PC (%)	EN _L (Mcal/kg MS)
31-3-76	emergencia	46.10 ^a	90.59 ^e	30.90 ^a	1.77 ^c
7-4-76	vegetativo inicial	46.15 ^a	93.36 ^e	26.30 ^{ab}	1.83 ^c
14-4-76	vegetativo final	46.63 ^a	93.53 ^e	22.45 ^b	1.83 ^c
21-4-76	bota	53.10 ^a	89.22 ^{de}	20.87 ^{bc}	1.67 ^{de}
26-4-76	panoja inicial	56.73 ^{ab}	83.12 ^{cd}	15.31 ^{cd}	1.49 ^{cd}
10-5-76	panoja media	61.45 ^{bc}	78.89 ^c	11.26 ^{de}	1.33 ^{bc}
19-5-76	panoja final	67.99 ^c	67.51 ^{ab}	10.27 ^{de}	1.01 ^a
25-5-76	estado lechoso	60.30 ^{bc}	64.84 ^a	8.99 ^{de}	1.08 ^{ab}
1-6-76	estado masoso	58.77 ^b	72.07 ^b	8.49 ^e	1.24 ^{ab}
15-6-76	semilla seca	59.79 ^b	71.22 ^{ab}	6.78 ^e	1.20 ^{ab}

^{a,b,c,d,e} medias con la misma literal entre columna no son diferentes (P>0.05).

Fuente : Belyea *et al.* (1978).

La fertilización con K y Mg también juega un papel importante en la concentración de estos minerales, Ohno y Grunes (1985) encontraron que la concentración de K se incrementó a medida que la dosis de este mineral aumentaba y la humedad fue menor, afectando de manera negativa el consumo de Mg y Ca; mientras que la dosis de Mg no afectó el consumo de K y Ca, pero aumentó su concentración en la parte aérea de la planta a mayor dosis de fertilización, sin efecto del nivel de humedad. La disminución de la concentración del Mg en la parte aérea en la planta a medida que se incrementaba la dosis de fertilización, se debió a una reducción en la traslocación de la parte radical a la parte aérea. Un comportamiento similar fue reportado por Mercik *et al.* (1987).

La forma en como se aplique el N también tendrá efectos sobre la concentración mineral en el trigo ; Cox y Reisenauer (1977) y Mathers *et al.* (1982) encontraron que el consumo de nutrientes catiónicos (Ca^{++} , Mg^{++} , Mn^{++} o Zn^{++}) se incrementó de acuerdo a su concentración en la solución. Sin embargo, a excepción del K^{+} , tendieron a disminuir con la adición de NH_4^{+} , esto se explicó por efecto del cambio del pH en el suelo (Rossi *et al.*, 1988).

En suelos inundados se encontró una reducción en la concentración de Mg y K en comparación de suelos sin inundación ($P < 0.01$), obteniéndose valores de 1.8 a 2.1 y 34.4 y 39.3 g kg^{-1} , respectivamente. Entre pastoreos también se encontraron diferencias, resultando más afectado el rebrote que la primer cosecha, sin embargo la concentración del Mg nunca fue menor a la requerida para que se presentara la enfermedad. Este resultado puede relacionarse con la concentración de O_2 , Elkins y Hoveland (1977) y Elkins *et al.* (1977) reportan que a medida que la concentración de O_2 en el suelo

disminuye también lo hace el contenido de Mg. Por lo que se puede concluir que suelos con pobre drenaje alteran la concentración mineral (Mg), siendo más propensos a que se incremente la incidencia de hipomagnesemia.

La temperatura ambiental también juegan un papel importante en la concentración mineral de la planta, Cherney y Robinson (1985) detectaron que a bajas temperaturas existe una disminución en la concentración de Mg^{++} y K^+ , teniendo una concentración de 1.6 y 1.9 g kg⁻¹ y 32.2 y 37.7 g kg⁻¹, al primer corte y en el rebrote, respectivamente. Elkins y Hoveland (1977) encontraron que a temperaturas de 12°C el consumo de K, Ca y Mg es mayor que a 16°C.

Cuando ocurren temperaturas favorables para que se presente una mayor velocidad de crecimiento (18°C), al inicio de esta etapa la concentración del K se incrementa a la misma tasa de crecimiento, no así la concentración de Mg y Ca, por lo que en este período existe un gran riesgo de incidencia de hipomagnesemia, debido a un incremento en la relación $K (Ca + Mg)^{-1}$ (Mathers *et al.*, 1982).

Elkins y Hoveland (1977) evaluaron el contenido mineral de raigrás anual y de centeno a dos temperaturas y cinco concentraciones de O₂. Encontraron que centeno a alta concentración de O₂ incrementa el contenido de K y la relación $K (Ca + Mg)^{-1}$, mientras que en raigrás el comportamiento del K y Ca es similar, por lo que se tiene una relación $K (Ca + Mg)^{-1}$ baja. Entre variedades de raigrás Moseley y Baker (1991) encontraron diferencia siendo superior Bb 2067 que RvP en el contenido de Mg, Ca, P, K y N en un 35.86, 13.6, 22.87, 180 y 16.61%, respectivamente. Esto se reflejó en una mayor incidencia y mortalidad a causa de la hipomagnesemia en animales que pastoreaban RvP. Smith *et al.* (1982) evaluaron la concentración de 7 minerales en 3 variedades de

raigrás anual en relación con el uso del agua, no encontraron diferencia entre variedades en el N, P, K y Na, pero sí en Mg, Ca y S. Además la concentración de Ca tuvo una relación positiva con el uso de agua y la del Mg tendió a presentarla. Esto se explica por lo mencionado por Salibury y Ross (1994), quienes afirman que el movimiento del Ca está relacionado con la tasa de transpiración, al ser mayor ésta, el consumo del mineral y su transporte (flujo de masas) se ven favorecidos.

Con base en sus resultados y considerando la relación $K (Ca + Mg)^{-1}$ Mayland *et al.* (1976) concluyen que el centeno es el menos riesgoso, siguiéndole la avena, cebada y el trigo.

Cuadro 2.15. Composición mineral (%) de trigo, cebada, avena, centeno y raigrás anual.

Cultivo	K	Mg	Ca	P	N	$K (Ca/Mg)^{-1}$
Trigo Tahtcher	4.7 ^{ab}	0.21 ^b	0.80 ^c	0.22 ^b	2.9	2.1 ^{ab}
Trigo Lemhi	4.1 ^{ab}	0.21 ^b	0.69 ^d	0.20 ^b	2.8	2.0 ^{ab}
Trigo Moran	3.7 ^b	0.21 ^b	0.68 ^d	0.21 ^b	2.8	1.8 ^{bc}
Cebada Vale	5.0 ^a	0.27 ^a	0.61 ^d	0.22 ^b	2.8	2.4 ^a
Avena Overland	4.9 ^{ab}	0.28 ^a	0.95 ^b	0.21 ^b	2.9	1.8 ^{bc}
Centeno	4.0 ^{ab}	0.29 ^a	1.13 ^a	0.28 ^a	2.0	1.3 ^c
Raigrás Tama	3.46	0.33 _B	1.05 _{AB}	0.42	5.77	2.5
Raigrás Moata	2.75	0.30 _B	0.88 _B	0.36	5.16	2.3
Raigrás Paroa	3.44	0.45 _A	1.20 _A	0.44	5.65	2.1

^{a,b,c} Medias con distinta literal por columna son diferentes ($P < 0.05$).

_{A,B} Medias con distinta literal por columna son diferentes ($P < 0.01$).

Fuentes : Mayland *et al.* (1976) y Smith *et al.* (1982).

2.16. HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas para el siguiente trabajo son:

- a) La asociación avena - raigrás presenta mayor producción neta de forraje en el período invernal que la pradera asociada alfalfa - zacate ovillo.
 - b) La capacidad de carga en el período invernal es mayor en el tratamiento con pastoreo complementario cultivo - pradera que en el tratamiento de pradera sola.
 - c) La producción de leche es mayor en el tratamiento con pastoreo complementario cultivo - pradera que en el tratamiento de pradera sola.
-

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y duración del experimento

El experimento se llevó acabo en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México; en la tabla agrícola "La Huerta 2", el cual se ubica a los 19° 29' de Latitud Norte y a los 98° 54' de Longitud Oeste y a una altitud de 2240 msnm (García, 1988). El experimento se llevó a cabo del 24 de enero al 23 de marzo de 1997.

3.2. Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köeppen, modificada por García, la formula climática de la región de estudio es Cb (w_o) (w) (i')g, correspondiendo a un clima templado con verano fresco largo, con una temperatura media anual entre 12 y 18°C, la del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente entre 6.5 y 22°C ; un cociente precipitación/temperatura menor a 43.2, por lo que constituye el subtipo más seco de estos climas, con una precipitación del mes más seco menor a 40 mm y menos del 5% de la lluvia total corresponde al período invernal, con poca oscilación de la temperatura media mensual (entre 5 y 7°C) y marcha de la temperatura tipo ganges. La precipitación anual es de 636.5 mm y la temperatura media anual de 15.2°C, siendo mayo el mes más caliente (17.9°C) y enero el mes más frío (11.8°C) (García, 1988). Las figuras 3.1. y 3.2. hacen referencia al comportamiento de la temperatura, y precipitación durante el período experimental y promedio de 32 y 33 años, en Chapingo, Estado de México.

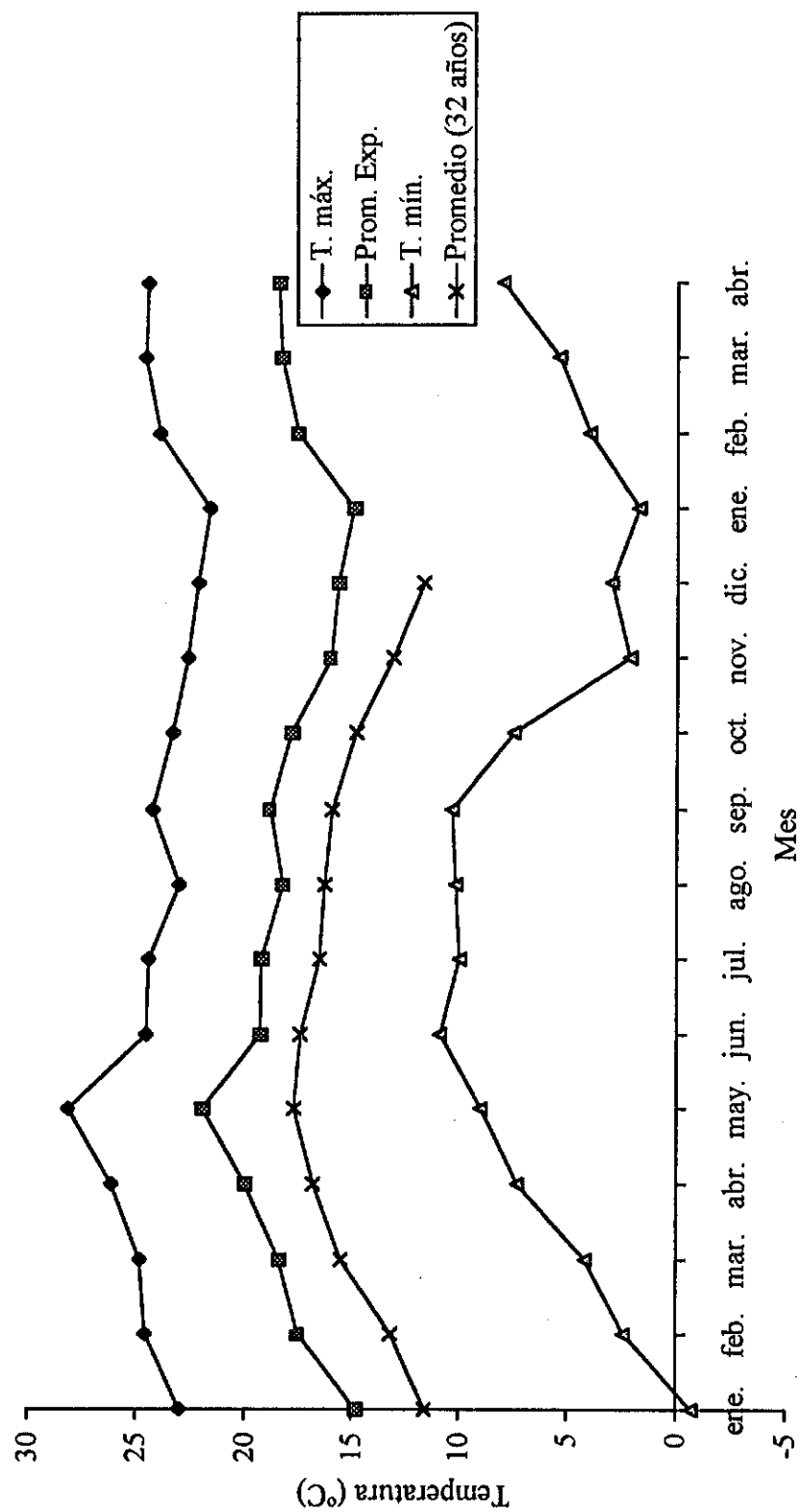


Figura 3.1. Temperatura máxima, mínima y promedio de enero de 1996 a abril de 1997 y, promedio de 32 años, en Chapingo, Estado de México.

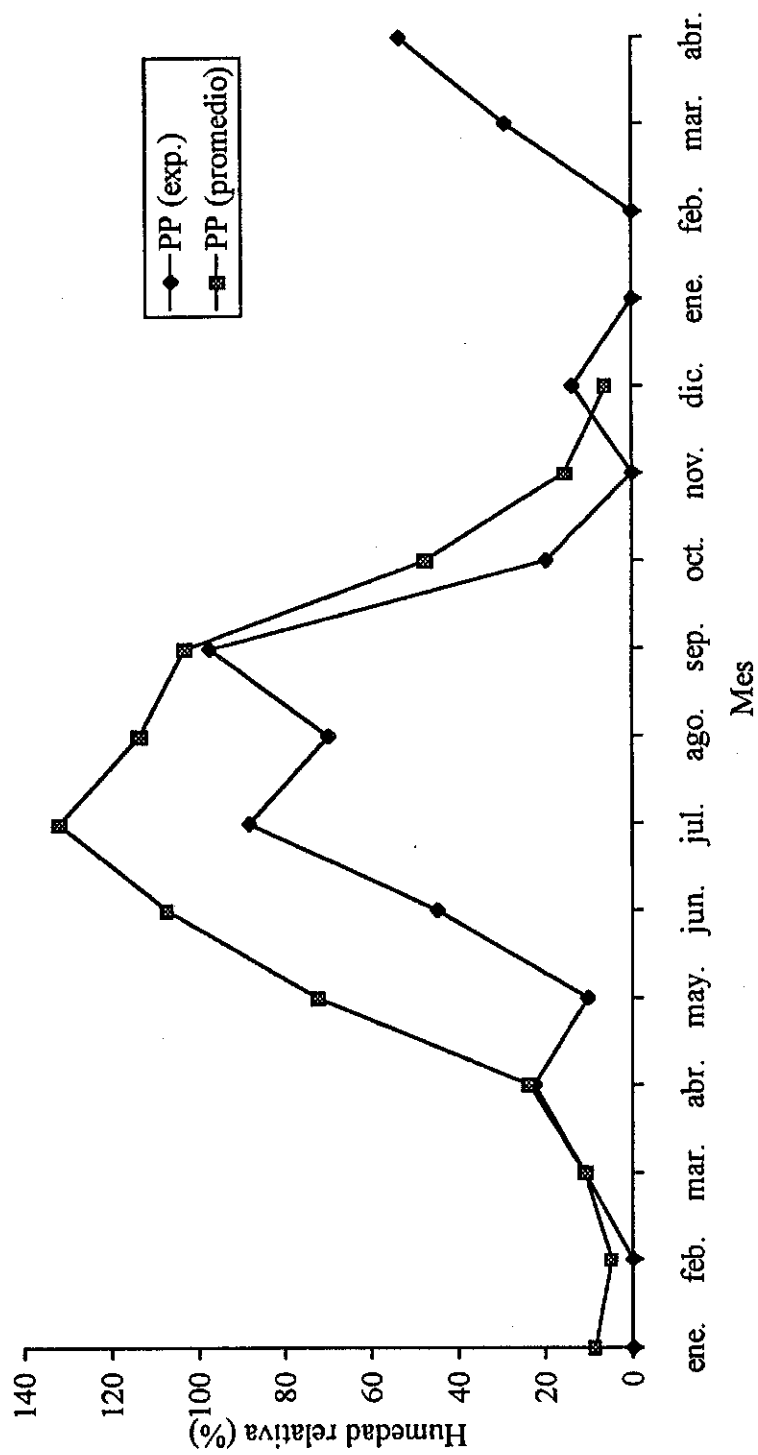


Figura 3.2. Precipitación total mensual de enero de 1996 a abril de 1997 y promedio de 33 años, en Chapingo, Estado de México.

3.3. Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos, el tratamiento 1 (T1) considerado "testigo". consistió exclusivamente en el pastoreo de pradera permanente en tanto que en el tratamiento 2 (T2) los animales pastorearon cultivo forrajero entre la ordeña de la mañana y la ordeña de la tarde, y pradera permanente entre la ordeña de la tarde y la de la mañana del día siguiente.

3.4. Diseño experimental

Se empleó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. La unidad experimental fue un lote de 4 vacas (cada una de ellas en diferente etapa de lactación) y las áreas de cultivo y pradera que pastorearon. Los bloques en el terreno se ubicaron en los extremos norte y sur del área experimental (en el apéndice Figura A1. se presenta un plano de la misma).

3.5. Establecimiento de la pradera permanente

Como pradera permanente se sembró una asociación alfalfa (*Medicago sativa*) - ovillo (*Dactylis glomerata*) var. Potomac. Las variedades de alfalfa fueron Valenciana cv. Aragón y ABT.

3.5.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se llevó acabo en el mes de enero de 1996, las labores fueron : 1 barbecho, 1 rastreo, 2 pasos de rulo y un paso de nivelación.

3.5.2. Siembra

Se inicio en el mes de febrero con el trazado de las parcelas para posteriormente ser sembradas. La superficie sembrada para el experimento fue de 1.84 ha, para ello se empleó una densidad de siembra de 12 kilogramos de semilla pura viable por hectárea (kg SPV ha⁻¹) de alfalfa y de 15 kg SPV ha⁻¹ de ovillo. La siembra se realizó manualmente al voleo, tapándose con rastrillo.

3.5.3. Riego

El riego de nascencia se aplicó el 22 de febrero de 1996, el de descoste se hizo 7 días posteriores, estabilizándose la frecuencia de riego del tercero en adelante, el intervalo que se uso fue de 20 días entre riegos, interrumpiéndose en el mes de junio y continuando en octubre.

3.5.4. Cosecha

Hasta el 7 de octubre la forma de cosecha fue mecánica, iniciándose el pastoreo el 8 de enero. El primer corte se dio a los 69 días de haber recibido el riego de nascencia, posteriormente la frecuencia fue de 61 días, en promedio.

3.6. Cultivo forrajero

El cultivo forrajero que se sembró fue la asociación avena (*Avena sativa*) var. Cocker - raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.) var. Westerworlds cv. Barspectra.

3.6.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se hizo el mes de octubre con 1 barbecho y 2 pasos de rastra.

3.6.2. Siembra

La siembra se llevó acabo el 14 de octubre de 1996 en una superficie de 1.72 ha, para ello se empleó una sembradora "Dobledanse" para labranza cero. Se sembraron 50 kg SPV ha⁻¹ de avena y 22 kg SPV ha⁻¹ de raigrás anual. El tapado de la semilla se realizó con un paso de rastra de ramas, el 15 del mismo mes.

3.6.3. Fertilización

Se aportó fósforo y nitrógeno; las fuentes utilizadas fueron el superfosfato de calcio triple (00-46-00), para proporcionar el fósforo, y urea (46-00-00), para el nitrógeno.

El superfosfato se aplicó los días 5 y 6 de octubre, antes del primer paso de rastra. La dosis empleada fue de 60 kg P ha⁻¹, la forma de aplicación fue manual y al voleo.

La primera aplicación de nitrógeno fue al momento de la siembra, haciéndose con la sembradora a una dosis de 50 kg N ha⁻¹, una segunda fertilización se llevo acabo el 13 de noviembre, al tiempo que la avena presentaba 3 hijatos planta⁻¹, se utilizó una dosis de 54 kg N ha⁻¹, en este caso se hizo manualmente y al voleo. Una tercera aplicación se llevó a cabo el 15 y 16 de febrero de 1997, a una dosis de 60 kg N ha⁻¹, siendo de igual forma que la fertilización anterior.

3.6.4. Riego

El riego de nascencia se hizo el 16 de octubre, el de descostre fue el 25 de octubre, el tercero 8 días después y posteriormente alrededor de cada 20 días, hasta finalizar el trabajo.

3.7. Animales

Se utilizaron 16 vacas Holstein de primera y segunda lactancia (13 y 3 vacas, respectivamente), provenientes de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia. Las vacas se escogieron de modo de contar con igual número de ellas en las cuatro siguientes etapas de lactación : primer, segundo y tercer tercio de lactación y secas. Al comienzo del experimento el peso vivo de las vacas fluctuó entre 437 y 616 kg. En el apéndice Cuadro A.7. se presenta el peso vivo inicial, número de lactancias y días en leche al inicio del experimento de cada vaca.

3.8. Período experimental

Previo a la fase experimental los animales se encontraban en condiciones de estabulación por lo que recibieron 15 días de adaptación al pastoreo de praderas y cultivos. Durante el invierno de 1997, se evaluaron dos ciclos de pastoreo, el primero entre el 24 de enero y el 5 de febrero y el segundo entre el 3 y el 23 de marzo.

Entre el 6 de febrero y el 2 de marzo los animales pasaron a otro experimento, donde pastorearon solamente cultivo forrajero y recibieron $3 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de alimento concentrado comercial.

3.9. Manejo

3.9.1 De la fuente de forraje

Para el manejo del pastoreo, por medio de cerco eléctrico fijo se establecieron cuatro potreros en pradera permanente y tres potreros en cultivo forrajero. El pastoreo se manejó en franjas diarias empleando cerco eléctrico móvil. En pradera permanente se utilizó una asignación diaria de forraje (ADF) de 6.5 kg MS (100 kg PV)⁻¹ día⁻¹, durante el ciclo 1 y una ADF de 7.0 kg MS (100 kg PV)⁻¹ día⁻¹, durante el ciclo 2. La diferencia obedeció a la menor disponibilidad de forraje que se presentó en el ciclo 1. En cultivos forrajeros las ADF empleadas fueron 9.5 y 10.5 kg MS (100 kg PV)⁻¹ día⁻¹, en función de la baja relación hoja : tallo.

En el caso del T2 el 60% de la ADF se proporcionó en cultivo forrajero y el 40% restante en pradera permanente, esta decisión se basó en la distribución de tiempos de pastoreo reportada por Hodgson (1990) para becerros, Apaseo *et al.* (1990) para vacas lecheras en Chapingo y Améndola (datos sin publicar) para vaquillas de reemplazo. Al pasar a la pradera alfalfa - ovinillo pastoreaban en el mismo potrero que las del T1 en diferente franja.

3.9.2. De los animales

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día, la ordeña de la mañana se realizó entre las 7 y 9 h y la de la tarde entre las 15 y 17 h. Se empleó una maquina ordeñadora móvil de dos plazas y un solo recipiente.

El agua se suministró diariamente en bebederos móviles y como suplemento se emplearon únicamente sales minerales (una mezcla de sal común con magnafoscal).

El manejo reproductivo del hato, consistió en la detección de celos, inseminación artificial 12 h después de detectado el calor, un primer diagnóstico de gestación a los 60 días post-inseminación, un segundo diagnóstico a los 90 días, el secado se hizo a los 7 meses de gestación, las revisiones post-parto fueron a los 10 y 15 días, programándose más en caso de que el animal presentase algún problema infeccioso, haciéndose en este caso lavados intrauterinos con oxitetraciclina. Estas variables no fueron analizadas estadísticamente.

Para controlar la mastitis previo a la ordeña se lavó las ubres con agua iodada y se hacía la prueba de taza de fondo negro, cuando esta enfermedad se presentó se controló con antibiótico.

La incidencia de timpanismo en el ciclo de pastoreo 2 fue elevada ; como medida de prevención se empleo una asignación de 7 kg MS (100 kg PV)⁻¹ d⁻¹ y, el área asignada se dividió en franjas pequeñas con la finalidad de controlar el consumo. Cuando se presentaron casos de timpanismo se aplicó timpakaps.

3.10. Variables de respuesta

3.10.1. Forraje ofrecido y residual

El forraje ofrecido (FO) es la masa total de forraje disponible por unidad de área, se expresa en kg MS ha⁻¹. Se determinó cortando la cantidad de forraje existente en una superficie muestreando a ras del suelo (Hodgson, 1979). Esta variable se determinó de 2 a 3 días antes de que entraran los animales a pastorear en el potrero, repitiéndose cada 2 ó 3 días. En la última semana del segundo ciclo de pastoreo se determinó diariamente.

El forraje residual (FR) es la masa de forraje remanente luego de una defoliación, se expresa en kg MS ha⁻¹ y se determina de igual forma que la masa de forraje ofrecida (Hodgson, 1979). Se determinó 2 ó 3 días después de haber ingresado al potrero y después de haberlo abandonado. Durante la última semana del segundo ciclo los muestreos se hicieron diariamente.

Se emplearon dos técnicas de muestreo, cuando la altura del forraje era inferior a 50 cm (aproximadamente) se empleó la técnica indirecta por medio del capacitanciometro (Moreno y Méndez, 1992); en caso contrario se muestreo directamente, utilizando el método descrito por t'Mannetje (1978), se empleó un cuadro de 50 × 50 cm, cortando la muestra a ras de suelo. El número de muestras tomadas por potrero fue de 9, tomadas al azar en la superficie del potrero, este número fue determinado por medio de la formula de muestras bietápicas de Stein (Steel y Torrie, 1985), con un alfa de 0.05 y intervalo de confianza de 10% de la media.

3.10.2. Composición botánica y morfológica

Se utilizaron dos técnicas para muestrear el material para determinar la composición botánica y morfológica. Cuando se empleó el muestreo directo de la masa de forraje, una vez pesadas las muestras se submuestreó cada una de ellas formando una única submuestra para la separación en alfalfa, ovillo y maleza, en la pradera permanente y en avena, raigrás y cebada, en el cultivo forrajero. Estas a su vez en lámina foliar u hoja, tallo y pseudotallo, inflorescencia y material muerto. Cuando el muestreo fue indirecto se tomaron 3 muestras cortando de varios puntos del potrero a ras de suelo, posteriormente se mezclaron y se tomó una submuestra, siguiendo el mismo procedimiento que en el

muestreo directo. Cada componente identificado fue secado en una estufa de circulación forzada de aire a 100°C por 24 h para obtener su peso seco y con base en este calcular las proporciones de componentes.

3.10.3. Variables de respuesta calculadas

Con el objetivo de estimar la respuesta, tanto del cultivo como de la pradera, a los efectos del clima, animal y manejo; y describir la relación cultivo-animal, pradera-animal, se determinaron las siguientes variables.

3.10.3.1. Forraje desaparecido (FD)

Es un indicador de la masa de forraje que ha sido cosechada, expresándose en kg MS/ha. Se calcula restando la masa de forraje residual a la masa de forraje ofrecido (Hodgson, 1979). Este mismo autor considera que en periodos de ocupación cortos puede considerarse un estimador del consumo.

$$FD = FO - FR$$

3.10.3.2. Tasa de desaparición de forraje (TDF)

Es el forraje desaparecido por unidad de tiempo y peso vivo (PV) del animal en pastoreo, se expresa en kg MS/100kg de peso vivo por día [kg MS (100kg PV)⁻¹d⁻¹]. Es un indicador de la tasa de consumo individual de forraje, para calcularlo se toma en cuenta el forraje desaparecido, el periodo de ocupación (PO) y el peso vivo total (Améndola, 1995).

$$TDF = \frac{FD}{(PV_{Total}) (PO)} (100)$$

3.10.3.3. Grado de defoliación (GD)

Es la expresión del forraje removido en función de la masa original de forraje (Hodgson, 1979). Es un indicador de eficiencia de cosecha, se expresa en porcentaje y se calcula por la formula :

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

3.10.3.4. Carga animal (CA)

Hodgson (1979) la define como el número de animales por unidad de superficie por tiempo. Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula (Améndola, 1995):

$$CA = \frac{\text{No. de vacas}}{\text{superficie}} \times \frac{P.O}{C. P}$$

Donde:

CA = Carga animal (unidades animal por superficie ó vacas por superficie).

P.O = Período de ocupación.

C. P = Ciclo de pastoreo.

3.10.4. Variables relacionadas con la utilización del forraje

Con la finalidad de relacionar las características del forraje ofrecido y residual con las variables estimadoras del consumo y eficiencia de utilización del forraje, se realizaron ecuaciones de regresión, simples y múltiples. Como variables dependientes se tomaron las variables las variables estimadoras del consumo y eficiencia de utilización y, como variables independientes las que caracterizan al forraje ofrecido y residual, así como entre las variables estimadoras del consumo y el GD. Se discutirán aquellas que sean significativas ($P < 0.05$) y con un $r^2 > 0.7$.

3.10.5. Producción de leche

Para esta variable se midió la leche producida en cada ordeña, por lote, realizándose 12 registros de pesado de leche a través del período experimental, para que por medio de ecuaciones de regresión estimar la producción de leche por peso por lote de animales.

3.10.6. Tiempo de cosecha efectiva y rumia

Durante los días 18, 19 y 20 de marzo se determinó el tiempo que los animales dedicaron a cosecha efectiva y a rumiar a través de todo el día, por medio de un registro visual, empleando un intervalo de 5 minutos entre observaciones.

De acuerdo a los resultados reportados por Cowan (1975) el día se dividió en 5 períodos, con base en el tiempo dedicado a cosecha efectiva, comparando entre períodos y tiempo total dedicado a cosecha y rumia entre tratamientos.

3.11. Procesamiento de muestras para el laboratorio

Durante el segundo ciclo de pastoreo se tomaron muestras para determinar la composición nutrimental del forraje ofrecido y residual. La muestra se formó cortando a ras de suelo pequeñas cantidades de forraje en el área a pastorear. Las muestras obtenidas se secaron en una estufa de circulación forzada de aire a 55°C, hasta tener peso constante. Posteriormente se molieron en un molino de cuchillas, con una rejilla con tamaño de orificios de 1 mm.

3.12. Análisis de laboratorio

Para determinar la composición nutrimental de los componentes de la pradera se realizaron los siguientes análisis de laboratorio.

3.12.1. Proteína cruda

Para la determinación se empleó el método microkejdahl para la determinación de nitrógeno total, expresado en porcentaje (Sosa, 1979). Utilizando el factor 6.25 para estimar el contenido de proteína cruda.

3.12.2. Fibra detergente neutro

Se utilizó el procedimiento descrito por Van Soest, reportado por Sosa (1979), expresándose en porcentaje.

3.12.3. Digestibilidad *in situ*

El método empleado fue el descrito por Ruiz y Ruiz (1990), para ello se emplearon 3 vacas fistuladas en el rumen, incubando las muestras por 48 horas.

3.12.4. Grasa en leche

Se determinó empleando el Método Gerber descrito por Santos (1995). Esta prueba se realizó a la leche obtenida en el ordeño de la mañana de los días 18, 19 y 22 de marzo.

3.13. Análisis estadístico

Las variables FO, FR, FD, TDF, GD, carga animal y producción de leche, se analizaron empleando un diseño experimental en bloques al azar generalizado con dos repeticiones en arreglo de parcelas divididas, donde parcela grande fue el tratamiento y parcela chica el ciclo de pastoreo. Mientras que para las variables de composición nutrimental, dado que solo se determinaron en el ciclo de pastoreo 2, se analizaron en bloques al azar generalizado. Los datos se procesaron por medio del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1988), empleando el comando GLM, analizándose en parsimonias.

El modelo estadístico utilizado entre tratamientos para parcelas divididas es :

$$Y_{ijkl} = M + B_i + T_j + E_{ij} + C_k + BC_{ik} + TC_{jk} + BTC_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor de la variable de respuesta.

M = Media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error asociado al i-ésimo bloque y j-ésimo tratamiento.

C_k = Efecto del k-ésimo ciclo de pastoreo.

BC_{ik} = Efecto de la interacción del i-ésimo bloque y k-ésimo ciclo de pastoreo.

TC_{jk} = Efecto de la interacción del j-ésimo tratamiento y k-ésimo ciclo de pastoreo.

BTC_{ijk} = Efecto de la interacción del i-ésimo bloque, j-ésimo tratamiento y k-ésimo ciclo de pastoreo.

E_{ijkl} = Error experimental.

Cuando se analizó por potrero se empleó el mismo diseño, donde el potrero fue parcela grande y el ciclo de pastoreo parcela chica, el modelo correspondiente es :

$$Y_{ijkl} = M + B_i + P_j + E_{ij} + C_k + BC_{ik} + PC_{jk} + BPC_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor de la variable de respuesta.

M = Media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

P_j = Efecto del j-ésimo potrero.

E_{ij} = Error asociado al i-ésimo bloque y j-ésimo potrero.

C_k = Efecto del k-ésimo ciclo de pastoreo.

BC_{ik} = Efecto de la interacción del i-ésimo bloque y k-ésimo ciclo de pastoreo.

TC_{jk} = Efecto de la interacción del j-ésimo potrero y k-ésimo ciclo de pastoreo.

BTC_{ijk} = Efecto de la interacción del i-ésimo bloque, j-ésimo potrero y k-ésimo ciclo de pastoreo.

E_{ijkl} = Error experimental.

El modelo correspondiente al bloques al azar generalizado es:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + B_iT_j + E_{ijk}$$

Donde :

Y_{ijk} = Valor de la variable de respuesta.

M = Media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

T_j = Efecto del j-ésimo tratamiento.

B_iT_j = Efecto de la interacción entre el i-ésimo bloque y j-ésimo tratamiento.

E_{ijk} = Error experimental.

La comparación de medias se hizo por medio de la prueba de Tukey con un alfa del 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Consideraciones generales del trabajo

Tal como se especifico en el capítulo referente a materiales y métodos, se contó con dos fuentes de forrajes, constituidas por asociaciones de diferentes especies, cuya principal diferencia es el ciclo de crecimiento. Por un lado se empleó la asociación avena-raigrás anual, de ciclo de crecimiento corto. De la superficie sembrada aproximadamente 1.11 ha provenía de haber sido sembrada con cebada para grano (ciclo de verano), y 0.61 de avena para forraje. Dadas las condiciones climáticas en el mes de septiembre no se pudo realizar la cosecha del grano de la cebada a tiempo, por lo que una gran parte de la producción cayó al suelo, germinando junto con la avena y raigrás, cuando estos fueron sembrados. Mientras que en la superficie sembrada con avena no se tuvo tal problema, ya que se cosechó antes de que madurara. Esto hizo que se tuviera una superficie de cultivo forrajero con características muy distintas, por un lado una asociación cebada-avena-raigrás anual y en la otra avena-raigrás anual. La superficie con cebada se dividió en dos potreros (por cuestiones de operatividad en el manejo del pastoreo), al momento de hacer el análisis estadístico se consideró como uno solo (potrero 1, P1), comparándolo contra el potrero de avena-raigrás (potrero 2, P2).

La otra fuente de forraje, de ciclo productivo largo, se constituyó por la asociación alfalfa y ovinillo, donde al igual que en el cultivo forrajero se dividió en potreros con diferentes características, en este caso estuvo dada por las diferentes variedades de alfalfa empleadas, donde en el potrero 1 y 2 (P1 y P2) se utilizó una misma partida de semilla de la variedad Aragón, el potrero 3 (P3) estuvo formado por las variedades

Aragón y ABT y, el potrero 4 (P4) por una partida de semilla de Aragón diferente a la de los potreros anteriores. Los potreros 1, 2, y 3 fueron sembrados tras una pradera vieja de alfalfa y ovilla que recibió en el ciclo de primavera anterior una avena forrajera de mínimo laboreo. Por su parte el potrero 4 que había contado con la misma pradera de alfalfa y ovilla fue sembrado empleando laboreo convencional con avena en el ciclo otoño-invierno 1994-95 y maíz en el ciclo primavera-verano 1995.

Las praderas se manejaron con períodos de descanso diferentes, en el primer ciclo de pastoreo tenían aproximadamente 80 días de no haber sido utilizadas, mientras que en el segundo en promedio fue de 36 días, esta situación sumada a las condiciones climáticas influyó a que entre ciclos de pastoreo se contara con praderas de características diferentes.

Los resultados obtenidos en este trabajo principalmente se contrastan con los reportados en trabajos previos, en la misma región. Para comparar lo obtenido en el cultivo forrajero se emplean los trabajos realizados por García *et al.* (1994), quienes evaluaron dos especies de avena (*A. byzantina* y *A. sativa*) con dos variedades de raigrás anual (Westerwolds y Matador), en monocultivo y asociación; los datos obtenidos se comparan con los reportados por estos autores para la *A. byzantina* (si bien la variedad empleada en este trabajo es de la especie *A. sativa*, presenta un comportamiento más parecido al de *A. byzantina*). Otro trabajo que se utiliza es el de Morales (1995) quien evaluó 2 variedades de *Avena sativa* (Cocker y Calibre) y una de *A. strigosa* (Saia) en monocultivo. Se comparan los resultados con los reportados por este autor para la variedad Cocker. Morales y Améndola (1997) evaluaron la tasa de crecimiento de avena var. Cocker y raigrás anual var. Westerwolds, solos y en asociación. Dorantes (1997)

estudió la asociación *Avena sativa* var. Cocker y raigrás anual var. Westerwolds con cuatro diferentes leguminosas, empleando como testigo la asociación de *Avena sativa*-raigrás anual con fertilización nitrogenada.

Los resultados arrojados por la pradera permanente se comparan principalmente con 3 fuentes : Rivera *et al.* (1992) quienes evaluaron 4 períodos de descanso (21, 28, 35 y 42 días) entre diciembre y mayo, en una pradera de aproximadamente 4 años de edad, empleando una asignación de $8 \text{ kg MS } (100 \text{ kg PV})^{-1} \text{ d}^{-1}$ y 7 días de ocupación ; Apaseo *et al.* (1990) quienes estudiaron la producción de leche de vacas Holstein en una pradera alfalfa y ovillo de 1 y 2 años de edad, evaluando el período de agosto a marzo (para fines de comparación solo se consideraron los datos promedios de los meses de enero, febrero y marzo) ; y Sánchez *et al.* (1996) quienes recopilaron la información de 23 trabajos en pastoreo en pradera de alfalfa y ovillo realizados en Chapingo (al igual que en el trabajo anterior, para fines de comparación se utilizaron los promedios de los tres primeros meses del año, ya que es el período de estudio que abarca el presente trabajo).

En el cultivo forrajero se analizan los datos tomando en cuenta dos fuentes de variación: entre potreros, si bien no esta contemplado en los objetivos esto se hizo debido a la diferencia en composición botánica entre potreros, donde la cebada (especie no sembrada en el potrero 1) jugó un importante papel, y entre ciclos de pastoreo, ya que se contó un forraje en diferente estado de madurez entre ciclos de pastoreo, dado que en el segundo ciclo en el potrero 1 bloque norte se tenía un forraje con 37 días más en estado de madurez que en el primer ciclo.

En el caso de la pradera permanente se considera adicionalmente como fuente de variación los tratamientos, por la diferencia que se puede esperar por el efecto de que los

animales del tratamiento a evaluar (vacas que consumían cultivo forrajero por la mañana, T2), mostraran un comportamiento diferente a las del tratamiento testigo (vacas que consumían solamente alfalfa-ovillo, T1).

4.2. Análisis del cultivo forrajero

El forraje ofrecido en el potrero 1 fue 52% superior ($P < 0.01$) a la del potrero 2 (Cuadro 4.1.), característica asociada a una mayor ($P < 0.01$) proporción de cebada que de avena y raigrás anual (Cuadro 4.2.). De acuerdo a McCartney y Vaage (1994) la cebada es de ciclo más corto que la avena, por lo que presenta mayores tasas iniciales de crecimiento y alcanza en menor tiempo etapas más avanzadas de desarrollo fenológico. El promedio del forraje ofrecido en el P1 fue superior a los reportados por otros autores en el mismo sitio para la asociación avena-raigrás (García *et al.*, 1994 ; Morales, 1995 ; Dorantes, 1997), en tanto que para el caso del P2 ese promedio se asemeja a dichos reportes.

La rapidez con que se presentaron los cambios de estado fenológico en la cebada impidió que se aprovechara el cultivo en el momento adecuado, como resultado de lo cual en el caso del P1 se pastoreó un cultivo demasiado maduro, en tanto que en el P2 se hizo en estado predominantemente vegetativo. Esta diferencia se refleja en las diferencias entre potreros en lo que se refiere a composición morfológica (Cuadro 4.3.), ya que el forraje en el P1 presentó mayor porcentaje de tallo ($P < 0.01$) y menor de hoja ($P < 0.05$) y, tendió ($P = 0.195$) a tener mayor porcentaje de inflorescencia, así como mayor ($P < 0.01$) porcentaje de material muerto y menor de material vivo (Cuadro 4.4.). Las características de composición morfológica del forraje del P2 se corresponden en términos generales a

las comunicadas por Morales (1995), en tanto que de acuerdo a lo indicado por Poppi *et al.* (1987) resultaron claramente desfavorables para la utilización bajo pastoreo en el caso del potrero 1.

Cuadro 4.1. Forraje ofrecido (FO), forraje residual (FR) y forraje desaparecido (FD) en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	FO	FR	FD
	(kg MS ha ⁻¹)		
Potrero 1	8687 _a	5608 _a	3079 _a
Potrero 2	5711 _b	4009 _b	1702 _a
Pr > F	0.004	0.006	0.129
ciclo 1	7401 _a	4541 _a	2859 _a
ciclo 2	6998 _a	5076 _a	1922 _b
Pr > F	0.469	0.277	0.020

^{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

Las diferencias en composición morfológica se reflejaron en la composición química del forraje. De acuerdo a Orcasberro y Fernández (1982) y Minson (1990) los tallos presentan mayor contenido de fibra y menor contenido de proteína cruda y generalmente menor digestibilidad que la hoja. A su vez con el avance en la maduración es más marcado el deterioro en las características nutrimentales en el caso del tallo que en el de las hojas (Orcasberro y Fernández, 1982 ; Minson, 1990). Tomando en cuenta lo anterior y considerando las diferencias en composición morfológica reportadas en el

Cuadro 4.3., era de esperarse que el forraje del P2 presentara menor contenido de FDN ($P<0.05$), no explicándose el porque no se encontró diferencia ($P>0.05$) en el contenido de PC y digestibilidad (Cuadro 4.5.). El contenido de FDN y comportamiento de la digestibilidad entre potreros corresponde al reportado por Belyea *et al.* (1978).

Cuadro 4.2. Composición botánica en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido			Forraje residual		
	avena	raigrás	cebada	avena	raigrás	cebada
	(%)					
Potrero 1	33.54 _b	7.42 _a	58.96 _a	40.13 _b	4.02 _a	54.85 _a
Potrero 2	89.47 _a	8.75 _a	1.75 _b	90.99 _a	8.16 _a	0.00 _b
Pr > F	0.000	0.733	0.000	0.005	0.372	0.001
ciclo 1	51.36 _b	7.43 _a	32.82 _a	64.18 _a	8.97 _a	26.65 _a
ciclo 2	74.98 _a	7.96 _a	13.35 _b	77.60 _a	8.06 _a	14.24 _a
Pr > F	0.009	0.205	0.005	0.112	0.795	0.183

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P<0.05$).

Cuadro 4.3. Proporción de lámina foliar, tallo (y pseudotallo) e inflorescencia en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido			Forraje residual		
	lámina	tallo	inflorescencia	lámina	tallo	inflorescencia
	(%)					
Potrero 1	29.67 _b	59.01 _a	11.18 _a	17.08 _b	71.53 _a	11.31 _a
Potrero 2	43.88 _a	45.37 _b	5.15 _a	35.01 _a	55.26 _b	9.21 _a
Pr > F	0.013	0.000	0.195	0.027	0.005	0.514
ciclo 1	43.28 _a	47.56 _a	5.74 _b	26.43 _a	67.95 _a	6.12 _a
ciclo 2	30.31 _b	56.84 _b	10.38 _a	22.73 _a	57.04 _a	18.30 _a
Pr > F	0.0071	0.014	0.029	0.643	0.198	0.067

^{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

La diferencia encontrada en el forraje ofrecido se mantiene en el forraje residual ($P < 0.01$), siendo superior en un 40% en el potrero 1 con respecto al potrero 2, mientras que el FD tendió ($P = 0.129$) a ser superior (Cuadro 4.1.). De acuerdo con Hodgson (1979) en sistemas de pastoreo con períodos de ocupación cortos el FD puede considerarse un estimador del consumo al igual que la tasa de desaparición de forraje, mientras que el grado de defoliación representa la eficiencia de utilización. En este caso al existir tendencia en el FD trajo como consecuencia una tendencia ($P = 0.123$) en la TDF, a favor del P1 en 1.27 unidades (Cuadro 4.6.). Sin embargo, considerando el consumo de una vaca de 500 kg de peso vivo, produciendo 17 kg de leche con 4% de grasa al día y ganando 0.250 kg diarios, en el NRC (1989) se estima un consumo de 2.96% de su peso

vivo. El resultado obtenido en el potrero 1 es 1.03 veces superior al reportado por el NRC, por lo que se puede considerar que en este potrero existió un error de muestreo, el cual pudo deberse a una sobreestimación del forraje ofrecido, subestimación del FR o de ambos. Esto se asume debido a la dificultad que presentaba el cultivo para muestrearse, problema ocasionado por su mayor estado de madurez, debido a la alta proporción de cebada, lo que causó inexactitud en los bordes de la muestra colectada, provocando errores de muestreo. Por otra parte debe también considerarse que la varianza del forraje desaparecido es alta (y por tanto es baja la precisión de su estimación, ya que Corsten (1972) señala que la varianza de una diferencia es igual a la suma de las varianzas de las variables de la diferencia (FO y FR).

Cuadro 4.4. Proporción de material vivo y muerto en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido		Forraje residual	
	vivo	muerto	vivo	muerto
	(%)			
Potrero 1	76.78 _b	23.24 _a	69.34 _a	30.58 _a
Potrero 2	86.05 _a	13.97 _b	77.12 _a	22.90 _a
Pr > F	0.003	0.003	0.514	0.514
ciclo 1	86.87 _a	13.14 _a	84.05 _a	16.11 _a
ciclo 2	75.76 _a	24.17 _a	61.17 _a	38.85 _a
Pr > F	0.168	0.169	0.164	0.164

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Cuadro 4.5. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás, en el mes de marzo, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido			Forraje residual		
	PC	FDN	DISMS	PC	FDN	DISMS
	(%)					
Potrero 1 (P1)	11.76 _a	57.19 _a	71.26 _a	9.96 _a	58.73 _a	64.64 _a
Potrero 2 (P2)	11.12 _a	53.97 _b	71.60 _a	9.07 _a	56.44 _a	67.58 _a
Pr > F	0.273	0.030	0.769	0.286	0.108	0.219
BNP1	11.55 _a	57.27 _a	73.23 _{ab}	9.45 _a	559.66 _a	61.94 _b
BSP1	12.34 _a	57.11 _a	69.25 _{bc}	10.54 _a	57.79 _a	67.29 _{ab}
BNP2	10.41 _a	55.59 _{ab}	68.69 _c	7.91 _a	58.09 _{ab}	65.50 _{ab}
BSP2	11.97 _a	52.34 _b	74.55 _a	10.30 _a	54.79 _b	69.71 _a

_{a,b,c} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Minson (1990) menciona que en la medida que se incrementa el estado de madurez se disminuye la proporción de hoja en la masa de forraje y según Stobbs (1973) y Minson (1990) a medida que esta relación es menor se disminuye el consumo de forraje, debido a tres factores: incremento en la proporción de tallo; una caída en el consumo tanto de hoja como de tallo, la hoja debido a una disminución en su densidad (Forbes, 1988) y del tallo por su dureza para cortarlo y masticarlo (Poppi *et al.*, 1987; Minson, 1990) y, a una disminución en las tasas de digestión y pasaje de la dieta. De acuerdo con esto, de haber encontrado una diferencia se esperaría que hubiera sido a favor del potrero 2, dado que presentó mayor ($P < 0.05$) proporción de lámina y menor

($P < 0.01$) de tallo (Cuadro 4.3.). El FR es superior al promedio reportado por García *et al.* (1994) y Morales (1995), mientras que el FD es superior al comunicado por Morales (1995) y en promedio similar al reportado por García *et al.* (1994), al igual que el GD (Cuadro 4.6.).

Con lo que respecta a la selección de la dieta Poppi *et al.* (1987), Minson (1990) y Dougherty *et al.* (1992) coinciden en señalar que a medida que la proporción de lámina foliar es superior a la de tallo se favorece el consumo, ya que el animal selecciona principalmente la lámina foliar respecto al tallo, dándose más la selección conforme el estado de madurez es más avanzado, aunque el consumo tiende a caer, a efecto de la selectividad. En el Cuadro 4.3. se puede observar tal comportamiento, considerando el cambio en las proporciones en los componentes morfológicos en el FO y FR, se puede considerar que los animales del P1 fueron más selectivos hacia lámina foliar con respecto a tallo, mientras en el P2, con un menor estado de madurez el cambio en la proporción de componentes entre el forraje ofrecido y residual fue menor.

En el Cuadro 4.7. se puede observar que entre potreros no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en el forraje ofrecido con base en lámina foliar ; si bien el potrero 2 presentó mayor ($P < 0.01$) porcentaje de lámina foliar, el potrero 1 presentó mayor ($P < 0.01$) forraje ofrecido total (Cuadro 4.1.) ; esto anuló la posible diferencia. La eficiencia de utilización del cultivo forrajero tendió ($P = 0.084$) a ser superior en el P1 (Cuadro 4.8.), lo que es consecuencia de la tendencia ($P = 0.063$) encontrada en el FD, esta situación puede corresponder, como ya se señaló, a un posible error de muestreo. Tanto el GD y TDF promedio obtenidos en el presente trabajo con similares a los reportados por Morales (1995).

Cuadro 4.6. Grado de defoliación (GD), tasa de desaparición de forraje (TDF) y carga animal (CA) en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]	CA (vacas ha ⁻¹)
Potrero 1	34.83 _a	3.99 _a	4.73 _a
Potrero 2	31.15 _a	2.72 _a	2.86 _b
Pr > F	0.570	0.123	0.001
ciclo 1	38.41 _a	4.00 _a	4.09 _a
ciclo 2	27.57 _a	2.71 _a	3.58 _a
Pr > F	0.321	0.224	0.544

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

Cuadro 4.7. Forraje ofrecido (FO), forraje residual (FR) y forraje desaparecido (FD) con base en lámina foliar en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	FO	FR	FD
	(kg MS ha ⁻¹)		
Potrero 1	2631 _a	1005 _a	1626 _a
Potrero 2	2678 _a	1458 _a	1220 _a
Pr > F	0.867	0.252	0.063
ciclo 1	3100 _a	1284 _a	1816 _a
ciclo 2	2209 _b	1179 _a	1030 _b
Pr > F	0.001	0.464	0.020

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

Cuadro 4.8. Grado de defoliación (GD) y tasa de desaparición de forraje (TDF) con base en lámina foliar en el cultivo forrajero avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]
Potrero 1	64.53 _a	2.05 _a
Potrero 2	45.94 _a	3.04 _a
Pr > F	0.084	0.971
ciclo 1	63.92 _a	2.58 _a
ciclo 2	46.54 _a	1.51 _a
Pr > F	0.286	0.165

^{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

Entre ciclos de pastoreo no se encontró diferencia (P>0.05) en la masa de forraje total (Cuadro 4.1.), sin embargo cuando se analiza la masa de forraje total con base en lámina foliar se tiene un 40% más (P<0.01) en el ciclo 1 que en ciclo 2 (Cuadro 4.7.), esto esta influido por una mayor (P<0.01) proporción de cebada en este ciclo, que debido a su estado de madurez ayudó a que se tuviera una mayor (P<0.01) proporción de lámina foliar (Cuadro 4.3.). Stobbs (1973), Forbes (1988) y Minson (1990) mencionan que a medida que avanza el estado de madurez, como se puede observar en el Cuadro 4.4. donde el material muerto tiende (P = 0.169) a ser superior, se cambia la relación hoja tallo, tendiendo a ser inferior a uno, esto se puede observar en el Cuadro 4.3., donde en el ciclo 1 la relación es 0.91 y en el ciclo 2 de 0.53, cuestión que de acuerdo a Stobbs (1973) y Minson (1990) afecta el consumo, ya que el animal tiene que seleccionar más su

dieta, lo que obliga a disminuir el tamaño de bocado, incrementar la tasa de bocados y tiempo de pastoreo, pudiendo no llegar a ser suficiente para que el animal consuma el alimento requerido para cubrir sus requerimientos.

El mayor estado de madurez en el ciclo 2 y de acuerdo a lo mencionado anteriormente, se esperaría que las variables estimadoras del consumo favorecieran al ciclo de pastoreo 1, sin embargo en la TDF y ni en el GD se encontró diferencia ($P>0.05$) entre ellos (Cuadro 4.6.), pero si entre el FD ($P<0.05$, Cuadro 4.7.), a favor del ciclo 1, que es el que presenta la mayor masa de forraje ofrecido.

En el cultivo forrajero es importante hacer notar que la incidencia de la cebada influyó para que se tuviera una gran masa de forraje, tanto ofrecido como residual, esto vino a afectar la composición morfológica, debido al cambio que se da conforme avanza el estado de madurez.

La carga animal es una variable que es respuesta directa del rendimiento en masa de forraje por unidad de área, ciclo de pastoreo, período de ocupación y número o peso de animales (Améndola, 1995). Para el presente caso el factor que más influye en esta variable es el rendimiento de la masa de forraje, ya que se empleó un ciclo de pastoreo similar e igual período de ocupación y número de animales. Según Hodgson (1990) esta es una de las principales variables a manejar para tener respuesta en la producción animal y de la pradera, ya sea en respuesta individual o por unidad de área.

La carga animal fue mayor ($P<0.01$) en el potrero 1 que en el 2 (4.73 vs 2.86 vacas ha^{-1} , respectivamente, Cuadro 4.6.). Carmona *et al.* (1976) pastoreando raigrás anual manejaron una carga de 7.15 vacas ha^{-1} ; mientras que Martínez y García (1976), en su estudio manejaron 3 cargas (6, 8 y 10 vacas ha^{-1}), en una pradera de raigrás anual,

donde la mejor respuesta se obtuvo con una carga de 8 vacas ha^{-1} . Jahn *et al.* (1989) manejando vacas productoras de leche en una pradera permanente, más cultivo forrajero (avena) y suplementadas con ensilado o concentrado resultó una carga de 2.5 vacas ha^{-1} . El resultado que se encontró en el presente trabajo resultó tener relación con el rendimiento de forraje, el potrero 1 superó ($P < 0.01$) en masa de forraje al 2.

Las altos valores de forraje ofrecido pueden derivarse de errores en el muestreo, lo que se demuestra con las elevadas TDF, donde tasas de 3.53, 3.99 y 4.00 kg MS (100 kg PV) $^{-1} \text{ d}^{-1}$ no se pueden alcanzar. Estas grandes tasas de desaparición están influenciadas por la presencia de la cebada, ya que donde no se encontró las tasa de desaparición se encuentran dentro de las estimadas [2.71 kg MS (100 kg PV) $^{-1} \text{ d}^{-1}$, en el potrero 2, Cuadro 4.6.].

4.3. Análisis de la pradera permanente

El forraje ofrecido en el ciclo de pastoreo 2 fue 22% superior ($P < 0.05$) a la del ciclo 1 (Cuadro 4.9.), característica asociada a una mayor ($P < 0.01$) proporción de alfalfa y menor de ovido (Cuadro 4.10.), este comportamiento concuerda con lo obtenido por Hill y Pearson (1985) quienes alcanzaron un mayor rendimiento cuando se tuvo una mayor cantidad de tallos, al existir mayor proporción de alfalfa en el ciclo 2 y por la característica de sus tallos, se favorece una mayor masa de forraje ofrecido, aunque la proporción de tallo entre ciclos no presentó variación ($P > 0.05$, Cuadro 4.11.). De acuerdo con Avendaño (1978), Jiménez (1983) y Sánchez *et al.* (1996) este mayor rendimiento se puede explicar por una mejor condición climática, en el mes de marzo se

empiezan a incrementar las temperaturas y la relación horas luz, lo que viene a favorecer la tasa de acumulación de materia seca.

El forraje ofrecido obtenido en ambos ciclos de pastoreo son superiores a las comunicadas por Aguirre y Ayala (1989) para su lote 1, Ruiz *et al.* (1990) y Apaseo *et al.* (1990), y al promedio reportado por Sánchez *et al.* (1996).

Con respecto a la composición botánica, se observa en el Cuadro 4.10. que en lo que se refiere a la proporción alfalfa : ovillo la única diferencia encontrada fue entre ciclos. De acuerdo a Julián (1996) y Sánchez *et al.* (1996) lo que se esperaría sería un efecto contrario en la composición botánica entre ciclos, donde la alfalfa superara al ovillo y malezas en el período climático más crítico. Es probable que en el presente trabajo haya incidido el largo período de descanso previo al ciclo 1, lo que sumado a la incidencia de heladas en diciembre y enero, provocó la caída de hojas de alfalfa, reduciendo la proporción de esta especie en la composición botánica, este efecto se aprecia en la diferencia ($P < 0.01$) entre ciclos en la proporción vivo : muerto (Cuadro 4.12.).

En cuanto a composición morfológica Apaseo *et al.* (1990) reportan una mayor relación hoja : tallo al promedio obtenido en el presente trabajo, sin embargo ambas son superiores a 1, por lo que de acuerdo a Poppi *et al.* (1987), Forbes (1988) y Minson (1990) resultaron favorables para la utilización bajo pastoreo, debido a que facilitan el consumo de forraje.

Cuadro 4.9. Forraje ofrecido (FO), forraje residual (FR) y forraje desaparecido (FD) en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	FO	FR	FD
	(kg MS ha ⁻¹)		
Tratamiento 1*	4470 _a	2293 _a	2177 _a
Tratamiento 2	4605 _a	2383 _a	2222 _a
Pr > F	0.627	0.724	0.880
ciclo 1	4080 _b	2277 _a	1803 _a
ciclo 2	4995 _a	2399 _a	2596 _a
Pr > F	0.033	0.748	0.083
Potrero 1	4043 _b	2230 _a	1813 _a
Potrero 2	4133 _b	2844 _a	1289 _a
Potrero 3	4917 _a	2984 _a	1933 _a
Potrero 4	5432 _a	2871 _a	2561 _a

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

Como ya se indicó para el ciclo de pastoreo 1 el largo período de descanso, sumado a las bajas temperaturas (Figura 3.1.), ocasionó que se acumulara un mayor (P<0.01) porcentaje de material muerto en este ciclo (Cuadro 4.12), estos resultados son similares a los comunicados por Apaseo *et al.* (1990) y Sánchez *et al.* (1996). De manera

general se puede afirmar que la composición nutrimental del forraje ofrecido fue bastante uniforme (Cuadro 4.13.).

Cuadro 4.10. Composición botánica en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido			Forraje residual		
	alfalfa	ovillo	maleza	alfalfa	ovillo	maleza
	(%)					
Tratamiento 1*	76.27 _a	23.15 _a	0.53 _a	67.95 _a	30.58 _a	0.53 _a
Tratamiento 2	73.50 _a	25.38 _a	0.84 _a	63.30 _a	34.42 _a	0.75 _a
Pr > F	0.422	0.525	0.443	0.351	0.367	0.777
ciclo 1	67.86 _b	31.23 _a	1.32 _a	53.86 _b	44.27 _a	0.74 _a
ciclo 2	81.33 _a	17.91 _b	0.25 _b	76.53 _a	21.74 _b	0.55 _a
Pr > F	0.003	0.004	0.019	0.038	0.028	0.805
Potrero 1	78.28 _a	21.16 _a	0.72 _b	68.55 _a	27.38 _a	4.08 _a
Potrero 2	72.25 _a	25.64 _a	2.12 _a	59.99 _a	38.17 _a	0.94 _b
Potrero 3	76.10 _a	23.56 _a	0.32 _b	74.02 _a	25.38 _a	0.19 _b
Potrero 4	75.41 _a	24.09 _a	0.01 _c	75.67 _a	24.34 _a	0.00 _b

_{a,b,c} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

El promedio de PC obtenido en el presente trabajo es similar al reportado por Durán y Chavarría (1994), pero inferior al comunicado por Apaseo *et al.* (1990) y al promedio obtenido por Sánchez *et al.* (1996). El porcentaje de proteína que presenta la pradera alfalfa - ovillo se puede considerar elevado para este tipo de animales, para vacas de 500 kg peso vivo, produciendo 17 kg de leche con 4% de grasa y ganando 0.250 kg diarios NRC (1989) estima un requerimiento de 13.5% de proteína cruda, sin considerar que por efecto de la selectividad la concentración de proteína cruda en la dieta puede ser mayor que en la del forraje ofrecido (Sánchez *et al.*, 1996).

En el forraje residual no se encontró diferencia ($P > 0.05$), por lo que al relacionarlo con la diferencia ($P < 0.05$) encontrada en el forraje ofrecido (Cuadro 4.9.), influye para que en las variables estimadoras del consumo se observe efecto : se encontró tendencia en FD ($P = 0.083$, Cuadro 4.9.) y efecto en TDF ($P < 0.05$) y en la eficiencia de utilización de la pradera ($P = 0.054$, Cuadro 4.14.) a favor del segundo ciclo de pastoreo. El valor de GD obtenido en el ciclo de pastoreo 2 tiende a considerarse elevado y riesgoso para vacas productoras de leche, ya que implica un consumo en horizontes inferiores del tapiz y de acuerdo a Avendaño (1986), Ruiz *et al.* (1990) y Dougherty *et al.* (1992) a mayor profundidad se incrementa el porcentaje de tallo y material muerto, disminuyendo la composición nutrimental del forraje y el consumo de forraje, lo que afecta negativamente la producción de leche y la condición corporal.

Cuadro 4.11. Proporción de lámina foliar y tallo (y pseudotallo) en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido		Forraje residual	
	lámina	tallo	lámina	tallo
	(%)			
Tratamiento 1*	54.66 _a	44.69 _a	34.61 _a	65.41 _a
Tratamiento 2	59.83 _a	39.38 _a	37.30 _a	62.72 _a
Pr > F	0.053	0.173	0.500	0.500
ciclo 1	59.44 _a	39.61 _a	37.69 _a	62.23 _a
ciclo 2	54.06 _a	46.06 _a	34.14 _a	65.79 _a
Pr > F	0.478	0.218	0.121	0.121
Potrero 1	61.90 _a	37.29 _{ab}	39.10 _a	60.90 _a
Potrero 2	62.91 _a	35.43 _b	25.03 _a	74.90 _a
Potrero 3	50.46 _a	47.86 _a	35.28 _a	64.74 _a
Potrero 4	52.96 _a	45.07 _{ab}	43.68 _a	56.34 _a
Pr > F	0.143	0.099	0.100	0.100

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

Cuadro 4.12. Proporción de material vivo y muerto en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido		Forraje residual	
	vivo	muerto	vivo	muerto
	(%)			
Tratamiento 1*	73.94 _a	26.08 _a	58.62 _a	41.40 _a
Tratamiento 2	74.90 _a	25.12 _a	55.65 _a	44.37 _a
Pr > F	0.855	0.855	0.484	0.484
ciclo 1	65.41 _b	34.52 _a	50.86 _b	49.06 _a
ciclo 2	82.49 _a	17.53 _b	63.20 _a	36.72 _b
Pr > F	0.007	0.007	0.006	0.006
Potrero 1	95.12 _a	4.89 _b	60.07 _b	39.93 _a
Potrero 2	72.70 _b	27.32 _a	41.99 _b	58.02 _a
Potrero 3	70.44 _b	29.58 _a	63.49 _a	36.53 _b
Potrero 4	72.79 _b	27.14 _a	67.95 _a	32.07 _b

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

Cuadro 4.13. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (D/SMS) en el forraje ofrecido y forraje residual en la pradera alfalfa-ovillo, en el mes de marzo, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido			Forraje residual		
	PC	FDN	D/SMS	PC	FDN	D/SMS
	(%)					
Tratamiento 1	18.61 _a	43.08 _a	74.46 _a	14.10 _a	54.50 _a	61.65 _a
Tratamiento 2	18.30 _a	43.86 _a	74.55 _a	13.88 _a	53.92 _a	62.91 _a
Pr > F	0.509	0.490	0.976	0.561	0.646	0.172
Potrero 1	18.92 _{ab}	44.37 _a	74.72 _a	13.97 _b	52.85 _b	62.91 _a
Potrero 2	17.91 _c	45.13 _a	75.33 _a	13.44 _b	56.64 _a	61.85 _a
Potrero 3	18.06 _b	43.99 _a	73.41 _a	13.82 _b	56.46 _a	59.89 _a
Potrero 4	19.15 _a	40.79 _b	74.20 _a	15.01 _a	52.05 _b	63.01 _a

_{a,b,c} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Sánchez *et al.* (1996) obtuvieron una mayor selectividad en el período invernal a favor de alfalfa, al mismo tiempo que también encontraron una mayor proporción de esta especie en el forraje ofrecido. Dado que en este período alfalfa domina los horizontes superiores de la pradera (López, 1995), buena parte de esta selectividad podría considerarse pasiva, en función de lo indicado por Hodgson (1990). En el forraje residual, al igual que en el forraje ofrecido, se encontró efecto ($P < 0.05$) en la composición botánica (Cuadro 4.10.), existiendo mayor proporción de alfalfa en el ciclo 2 y menor de ovillo, lo que concuerda con lo reportado por Sánchez *et al.* (1996), ya que alfalfa tiene

una respuesta más rápida, en la tasa de acumulación de materia seca que ovillo, cuando las condiciones climáticas se van mejorando al salir del invierno. Con esto se puede observar que en ambos ciclos los animales seleccionaron alfalfa en contra de ovillo, siendo más marcada la selección en el ciclo 1, lo que coincide con el resultado reportado por Cortés (1989) y Sánchez *et al.* (1996).

Poppi *et al.* (1987), Forbes (1988), Dougherty *et al.* (1992) y Minson (1990) señalan que hoja por la facilidad de ser separada, menor dureza para masticarse, mejor composición nutrimental y facilidad de aprehensión, es más seleccionada que tallo por el animal en pastoreo. Estas estructuras en el forraje ofrecido no presentaron diferencia ($P > 0.05$) entre ciclos de pastoreo (Cuadro 4.11.), sin embargo en el forraje residual en el ciclo de pastoreo 1 existió tendencia ($P = 0.121$) a tener mayor proporción de hoja y menor de tallo, lo que puede ser efecto del menor forraje ofrecido (Cuadro 4.9.). Sin embargo, las determinaciones de la composición morfológica en el FO y FR permiten afirmar que la preferencia por la lámina fue similar en ambos ciclos de pastoreo, existiendo un mayor rechazo por tallo en el ciclo 1, tal vez asociado a un mayor estado de madurez, ya que venía de un largo periodo de descanso (80 días).

Entre las praderas permanentes pastoreadas por los animales de los diferentes tratamientos no se encontró efecto ($P > 0.05$) en el forraje ofrecido, residual y desaparecido (Cuadro 4.9.); ni en el GD y TDF (Cuadro 4.14.). En el forraje ofrecido esto era de esperarse, ya que generalmente las vacas del T2 entraban en el mismo potrero que las vacas del T1, solo en caso de que la superficie restante del potrero fuera pequeña pastoreaban en potreros diferentes. Mientras que las bajas asignaciones que se emplearon [6.5 y $7.0 \text{ kg MS}(100 \text{ kg PV})^{-1} \text{ d}^{-1}$] influyeron para que entre tratamientos no se

encontrara diferencia en las variables estimadoras del consumo y en el forraje residual, ya que en este caso y como lo menciona Poppi *et al.* (1987) y Hodgson (1990) la cantidad de forraje en oferta fue la que estuvo regulando el consumo. Entre tratamientos tampoco se pudo identificar alguna diferencia en cuanto a selectividad por alguna especie (Cuadro 4.10.) o estructura morfológica (Cuadro 4.11.), donde ambos prefieren alfalfa contra ovillo y hoja contra tallo, sin embargo las vacas del T2 tendieron a rechazar más tallo que las del T1.

Cuadro 4.14. Grado de defoliación (GD), tasa de desaparición de forraje (TDF) y carga animal (CA) en la pradera asociada alfalfa-ovillo, durante el periodo invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]	CA (vacas ha ⁻¹)
Tratamiento 1*	46.44 _a	3.29 _a	3.60 _a
Tratamiento 2	46.52 _a	3.18 _a	3.34 _a
Pr > F	0.992	0.822	0.202
ciclo 1	41.52 _a	2.83 _b	3.49 _a
ciclo 2	51.44 _a	3.64 _a	3.49 _a
Pr > F	0.054	0.048	0.594

^{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

Dado que los potreros fueron sembrados con diferentes variedades de alfalfa y a que provenían de diferentes cultivos previos, era de esperarse algunas diferencias entre ellos. Tal y como se puede ver en el Cuadro 4.9., el forraje ofrecido entre potreros fue

diferente ($P < 0.05$) presentando mayor forraje ofrecido los potreros 3 y 4, lo que se asocia con la tendencia ($P = 0.099$) a tener mayor proporción de tallo en estos potreros (Cuadro 4.11.). Sin embargo, esto no tiene relación directa con la composición nutrimental, como se hubiese esperado, ya que a mayor porcentaje de tallo se esperaría una disminución en la digestibilidad y proteína cruda y aumento de fibra (Orcasberro y Fernández, 1982 ; Minson, 1990).

Como se menciona en el apartado relacionado con el cultivo forrajero, en el presente trabajo el factor que más influyó en la carga animal es el rendimiento de forraje, ya que el ciclo de pastoreo, período de ocupación y número de animales fue igual. Entre ciclos era de esperarse diferencia, con base en el efecto ($P < 0.05$) encontrado en la masa de forraje ofrecido (Cuadro 4.9.), sin embargo esta no se dio, debido a que en el ciclo 2 la asignación fue superior a la del ciclo 1 [7.0 vs 6.5 kg MS (100 kg PV) $^{-1}$ d $^{-1}$, respectivamente], esto hizo que se tuviera mayor área por animal, anulando el efecto del mayor forraje ofrecido. Apaseo *et al.* (1990) para los meses de noviembre a marzo comunican una carga de 2.13 vacas ha $^{-1}$ y Sánchez *et al.* (1996), para los meses de enero, febrero y marzo, obtuvieron una carga promedio de 1.87 u.a. ha $^{-1}$, considerando una asignación constante de 8.5 kg MS (100 kg PV) $^{-1}$ d $^{-1}$.

Aunque la asignación de forraje en la pradera permanente puede considerarse baja en función de los promedios reportados por Sánchez *et al.* (1996), se obtuvieron valores elevados de TDF (estimador del consumo, Cuadros 4.9. y 4.14.). Esto probablemente influyó para que los animales no mostraran una selectividad por diferentes estructuras morfológicas o especies vegetales, ya que aparentemente los animales pastorearon hasta donde las condiciones del forraje remanente lo permitía. Aunque los valores de forraje

residual obtenidos son superiores a los reportados por Sánchez *et al.* (1996), presentaron una alta proporción de tallo (Cuadro 4.11.) y material muerto (Cuadro 4.12.), material que de acuerdo a Hodgson (1990) es rechazado por los animales al momento del pastoreo.

4.4. Relación cultivo forrajero pradera permanente

Al comparar la composición nutrimental del cultivo forrajero contra la pradera permanente, ésta última presentó mejor ($P < 0.01$) composición nutrimental en el forraje ofrecido (Cuadro 4.15.), siendo 6.88 y 3.19% de PC y DISMS, respectivamente, superior al cultivo forrajero y 11.58% menor en el contenido de FDN. Aunque esto no era de esperarse, ya que de acuerdo a Orcasberro y Fernández (1982) y Minson (1990) las leguminosas presentan mayor porcentaje de FDN, que las gramíneas. Los resultados corresponden a lo reportado por Jiménez (1988).

La diferencia en la composición nutrimental, entre el forraje ofrecido y el forraje residual, se puede observar que la selectividad, con base en la composición nutrimental, ejercida por los animales cuando pastoreaban en el cultivo forrajero fue baja, dado que la composición nutrimental entre ambas muestras de forrajes fue menor que en la pradera permanente, donde el animal mostró un consumo de la estructura de la planta con mejor composición nutrimental (Minson, 1990).

Cuadro 4.15. Proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) en el forraje ofrecido y forraje residual del cultivo forrajero avena-raigrás y en la pradera alfalfa-ovillo, en el mes de marzo, en Chapingo, México.

Fuente de variación	Forraje ofrecido			Forraje residual		
	PC	FDN	DISMS	PC	FDN	DISMS
	(%)					
Bloque norte	14.52 _a	49.68 _a	73.00 _b	11.06 _b	57.10 _a	61.90 _b
Bloque sur	15.16 _a	48.90 _a	74.78 _a	12.34 _a	54.73 _a	63.92 _a
Pr > F	0.108	0.506	0.017	0.008	0.081	0.037
avena-raigrás	11.57 _b	55.08 _a	71.30 _b	9.66 _b	57.62 _a	66.89 _a
alfalfa-ovillo	18.45 _a	43.50 _b	74.49 _a	13.90 _a	54.62 _b	62.13 _b
Pr > F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Cuando se estima el consumo con base en lámina foliar no se tiene efecto ($P > 0.05$), entre fuentes de variación (Cuadro 4.17.), lo que implica que los animales, tanto en la pradera permanente como en el cultivo forrajero, hicieron igual consumo y eficiencia de utilización de la lámina foliar.

El cultivo forrajero presentó mayor forraje ofrecido, pero no mayor carga animal ($P > 0.05$, Cuadro 4.18.) que la pradera de alfalfa - ovillo, debido a que en el primero se manejó mayor asignación que en la pradera.

Cuadro 4.16. Grado de defoliación (GD) y tasa de desaparición de forraje (TDF) con base en lámina foliar en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]
Bloque norte	58.16 _a	2.07 _a
Bloque sur	56.28 _a	2.27 _a
Pr > F	0.740	0.375
avena-raigrás	54.54 _a	1.92 _a
alfalfa-ovillo	59.91 _a	2.41 _a
Pr > F	0.454	0.100
ciclo 1	58.45 _a	2.27 _a
ciclo 2	55.99 _a	2.06 _a
Pr > F	0.786	0.336

^{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

Cuadro 4.17. Grado de defoliación (GD), tasa de desaparición de forraje (TDF) y carga animal (CA) en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y en el tratamiento pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]	CA (vacas ha ⁻¹)
Bloque norte	40.81 _a	3.33 _a	3.95 _a
Bloque sur	38.25 _a	2.99 _a	3.12 _a
Pr > F	0.638	0.457	0.087
avena-raigrás	36.16 _a	3.32 _a	3.69 _a
alfalfa-ovillo	42.90 _a	3.00 _a	3.34 _a
Pr > F	0.328	0.566	0.256
ciclo 1	40.84 _a	3.30 _a	3.81 _a
ciclo 2	38.22 _a	3.02 _a	3.44 _a
Pr > F	0.638	0.618	0.167

^{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

Cuadro 4.18. Carga animal promedio (CA) en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y en el tratamiento pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	CA (vacas ha ⁻¹)
Bloque norte	3.83 _a
Bloque sur	3.38 _b
Pr > F	0.038
avena-raigrás	3.60 _a
alfalfa-ovillo	3.60 _a
Pr > F	0.923
ciclo 1	3.60 _a
ciclo 2	3.59 _a
Pr > F	0.787

^{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

4.5. Análisis de variables relacionadas con la utilización del forraje

De acuerdo a Poppi *et al.* (1987) y Hodgson (1990), se pueden esperar ciertas relaciones entre la masa y las características del forraje ofrecido y el consumo de forraje por parte de los animales en pastoreo. En este trabajo las relaciones entre el forraje ofrecido y el consumo (caracterizado por el grado de defoliación y la tasa de desaparición de forraje) no fueron significativas, en cambio sí fueron significativas las relaciones de estas variables con la masa y composición de forraje residual (Cuadro 4.19.). Tratándose

de los mismos lotes de animales manejados con una misma asignación, el hecho de que el grado de defoliación se asociara negativamente con la masa de forraje residual expresada como masa total o masa de lámina verde (tanto para praderas como para cultivos forrajeros), estaría indicando que la descripción del forraje ofrecido en términos de masa y composición botánica y morfológica fue insuficiente para caracterizar las diferentes situaciones que enfrentaron los animales.

Por otra parte tomando en cuenta la relación entre el GD y el consumo individual de forraje propuesta por Hodgson (1990) se debería esperar que a mayor grado de defoliación se presentasen menores tasas de desaparición de forraje. En cambio se observa en el Cuadro 4.19. que la relación entre el grado de defoliación fue (tanto para praderas como cultivos) lineal y positiva y prácticamente con el mismo valor para los coeficientes en las diferentes situaciones. Para comprender esta relación, se debe tomar en cuenta que se trataba de los mismos lotes de animales manejados con una misma asignación, de ahí que las praderas o cultivos que presentaron mejores condiciones para la cosecha de forraje, mismas que en función de lo indicado por Poppi *et al.*, 1987, serían la proporción y cantidad de hoja verde, el diámetro de los tallos relacionado con su resistencia a la ruptura, la proporción de material muerto, y la disposición vertical o estructura del forraje, hayan permitido mayores consumos de forraje (y por tanto mayores TDF) y simultáneamente mayores eficiencias de utilización (y por tanto mayores GD). Algo similar encontraron Escobedo y Hernández (1997) al estudiar la composición de la dieta de novillos en praderas de alfalfa y ovillo. De esa forma se explica que la TDF haya sido menor en las situaciones en que los animales dejaron un residual con mayor proporción o cantidad de lámina; de alguna manera (imposible de detectar con las

determinaciones que se realizaron) esa lámina debió estar menos accesible que en las otras situaciones.

La diferencia encontrada entre variedades de alfalfa (Aragón y ABT) en la relación entre la masa de forraje residual y el grado de defoliación brinda evidencia circunstancial que apoya la suposición anterior. La relación entre masa de forraje residual y grado de defoliación fue similar entre tratamientos tratándose de praderas con alfalfa var. Aragón, en cambio en el caso del T1 al comparar las relaciones para las praderas de Aragón y ABT se observa que para una misma masa de forraje residual los grados de defoliación alcanzados con Aragón fueron claramente superiores. Ello implicaría que Aragón ofreció mejores condiciones para el consumo de las vacas que ABT. Dado que no existieron diferencias en composición botánica y se trató de praderas claramente dominadas por alfalfa (Cuadro 4.10.), la razón para la diferencia debería buscarse en las características de las variedades de alfalfa. Tomando en cuenta lo anterior las diferencias pueden deberse a la proporción hoja : tallo ya que dicha relación puede variar fuertemente entre variedades (Barajas y Tapia, 1991), o a la resistencia a la ruptura de los tallo, ya que aparentemente dicha resistencia a la ruptura define la profundidad del horizonte de pastoreo en alfalfa de acuerdo a lo reportado por Dougherty *et al.* (1989) .

La composición de las relaciones entre masa residual de lámina y grado de defoliación de lámina para cultivos y praderas evidencia una situación parecida a la anteriormente descrita, ya que para una misma masa residual los grados de defoliación son claramente superiores en praderas que en cultivos. Por otra parte la variación en grado de defoliación de lámina en cultivos fue mucho menor (varió entre 50 y 55%) que en praderas (varió entre 55 y 70%). Esto indica que de alguna manera, probablemente

asociada a la relación hoja : tallo (fue claramente superior en praderas frente a cultivos, Cuadros 4.10. y 4.3.) la lámina debió estar menos accesible en el caso de cultivos que en el caso de praderas. Con base en lo anterior es posible afirmar que, tal como lo indica Forbes (1988), para poder predecir el comportamiento ingestivo en los animales, se requieren descripciones completas del forraje ofrecido que incluyan determinaciones de su estructura. A una conclusión similar arribó Hernández (1997) estudiando la composición botánica de la dieta de novillos en praderas de alfalfa y ovillo.

En el caso de cultivos forrajeros no se esperaba la relación negativa entre la tasa de desaparición de forraje y la asignación diaria de forraje con base a lámina, ya que en función de lo indicado por Poppi *et al.* (1987) y Hodgson (1990) se hubiese esperado una relación positiva con incrementos decrecientes. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que dadas las masas de forraje ofrecido, la composición botánica y morfológica de las mismas, y las asignaciones empleadas, las mayores asignaciones de lámina ocurrieron en las situaciones con mayor proporción de cebada y menor relación hoja : tallo (potreo 1, ciclo 2, bloque norte). De esta forma y tomando en cuenta el efecto negativo de la proporción de tallo sobre el tamaño de bocado (Forbes, 1988), las mayores asignaciones de lámina coincidieron con situaciones de menor accesibilidad de la lámina y peores condiciones para el consumo.

Cuadro 4.19. Relaciones entre variables vinculadas a utilización de praderas y cultivos, en Chapingo, México.

Tratamiento	Variable(s) independiente(s)	Variable dependiente	B ₀	B ₁	r ²	n	Pr > F
PRADERA							
T2	F. R. ¹ (Aragón)	G.D. ²	88.19	-0.01	0.83	11	9.48*10 ⁻⁵
T1	F. R. (Aragón)	G.D.	90.34	-0.01	0.92	9	3.12*10 ⁻⁵
T1	F. R. (ABT)	G.D.	97.80	-0.02	0.95	9	8.46*10 ⁻⁶
T1	Hoja residual (kg ha ⁻¹)	G.D.	93.80	-0.02	0.90	18	4.17*10 ⁻⁷
	Tallo residual (kg ha ⁻¹)			-0.01			
	Material muerto (kg ha ⁻¹)			-0.01			
T1	Tallo residual (kg MS)	G.D.	114.9	-0.02	0.86	18	3.77*10 ⁻⁷
	Hoja residual (%)		5	-0.71			
T1	F.R. con base en hoja	G.D.	92.82	-0.04	0.80	24	4.71*10 ⁻⁴
T2	F.R. con base en hoja	G.D.	94.65	-0.03	0.74	17	3.58*10 ⁻⁴
T1	F.R.	T.D.F. ³	6.64	-0.001	0.78	18	1.43*10 ⁻⁶
T1	Tallo residual (kg MS)	T.D.F.	8.03	-0.001	0.74	18	3.48*10 ⁻⁵
	Hoja residual (%)			-0.050			
T1	Tallo residual (%)	T.D.F.	10.96	-0.067	0.81	18	4.03*10 ⁻⁶
	Hoja residual (kg MS)			-0.003			
T1	F.R. con base en hoja	T.D.F.	3.60	0.001	0.54	24	4.05*10 ⁻⁵
T2	F.R. con base en hoja	T.D.F.	3.81	0.001	0.72	17	4.40*10 ⁻⁴
T1	G.D.	T.D.F.	-0.15	0.07	0.92	24	1.63*10 ⁻¹³
T2	G.D.	T.D.F.	0.15	0.09	0.89	17	1.19*10 ⁻⁸
CULTIVO							
T2	F.R. con base en hoja	G.D.	63.24	-0.01	0.22	17	0.06
T2	G.D.	T.D.F.	0.15	0.07	0.98	17	4.94*10 ⁻¹⁴
T2	ADF ⁴ de hoja	T.D.F.	11.04	-1.40	0.81	9	0.007
	Material muerto (%)			-0.12			

¹F.R : masa de forraje residual (kg MS ha⁻¹).

²G.D : grado de defoliación (%).

³T.D.F : tasa de desaparición de forraje [kg MS(100 kg PV)⁻¹ día⁻¹].

⁴ADF : asignación diaria de forraje [kg MS(100 kg PV)⁻¹ día⁻¹].

4.6. Tiempo de cosecha efectiva y rumia

4.6.1. Tiempo de cosecha efectiva

Hodgson (1990) menciona que el consumo de forraje por animales en pastoreo es función del tamaño de bocado, número de bocados y tiempo dedicado al pastoreo. De acuerdo con las características de la pradera pueden presentarse diferentes efectos sobre el tamaño de bocado, en praderas templadas se ve más afectado por la altura de la pradera (Forbes, 1988 ; Hodgson, 1990) y en tropicales por la densidad (Stobbs, 1973 ; Forbes, 1988). Hodgson (1990) reporta que a medida que se incrementa la altura del tapiz el tamaño de bocado aumenta, disminuyendo la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo, mientras que el consumo presenta un efecto cuadrático con meseta, esta relación ya no se cumple cuando la pradera entra a la etapa reproductiva, debido a que existe elongación del tallo, lo que afecta la calidad de la pradera y el consumo (Forbes, 1988). Ante disminuciones en el tamaño de bocado el animal responde incrementando la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo, sin embargo puede darse el caso en que por factores internos y externos del animal este aumento no sea suficiente para que logre compensar la reducción en tamaño de bocado, por lo que disminuye el consumo diario de forraje (Safigueroa *et al.*, 1996).

Coincidiendo con el análisis hecho por Cowan (1975) el tiempo de pastoreo se dividió en 5 períodos en función dedicado a cosecha efectiva. Respecto al tiempo total de cosecha, el bloque norte superó al bloque sur en 91 minutos (Cuadro 4.20., $P < 0.05$). La diferencia surge de una mayor proporción de tiempo dedicado a cosecha al inicio de la mañana (P. 8-11h, $P < 0.01$) y al comienzo de la noche (P. 20-3, $P < 0.05$). Sin embargo el mayor tiempo de pastoreo no repercutió (como era de esperarse frente a una misma

ADF) en mayor GD ni TDF (Cuadro 4.17.) Esta diferencia probablemente se relacionó con factores estructurales del forraje de la pradera, ya que el bloque norte en el cultivo forrajero presentó menor ($P < 0.05$) cantidad de lámina foliar (Cuadro 4.3.), lo que por efecto de la selectividad, el animal pudo haber reducido su tamaño de bocado incrementando la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo.

Entre tratamientos se encontró efecto ($P < 0.01$) en el período de 20 a 3 h y en el de 3 a 8 h ($P < 0.05$) a favor del T1, y tendencia ($P = 0.061$) a favor del T2 en el período de 8 a 11 h ; sin embargo en el tiempo total de cosecha no se encontró diferencia ($P = 0.240$, Cuadro 4.20.). Esto implicaría que los animales del T2 compensaron el mayor tiempo dedicado a cosecha en la mañana (provocado por las condiciones desfavorables al consumo en el cultivo forrajero) reduciendo el tiempo de cosecha nocturno.

Chacon y Stobbs (1976) reportan un tiempo de cosecha promedio de 646 min. en otoño y 593 en primavera, en una pradera de *Setaria anceps*. Cowan (1975) con vacas lecheras pastoreando *Panicum maximum* en asociación con *Glycine wightii*, en clima cálido, encontró que el tiempo total dedicado a cosecha fue de 603 min. para el verano y 593 en invierno. Este último autor detectó diferencias estacionales en la distribución de pastoreo, ya que la proporción del tiempo de cosecha entre las 6 y 14 h fue 42.6% en invierno y 55.8 en verano. Hodgson (1990) trabajando con becerros reporta un tiempo de total de cosecha efectiva de 540 min., con 61.11% entre las 6 :30 y 13 :00 h, 33% del tiempo total entre las 17 y 20 h y el restante 5.6% de 23 :30 a 24 :00 h. Aguirre y Ayala (1989) trabajando con vacas lecheras en una pradera alfalfa-ovillo, reportan un comportamiento parecido al obtenido en este experimento, con un pico de cosecha por la mañana, después de la ordeña (7 a 11 a.m.), otro posterior a la ordeña de la tarde (17 a

20 h) y uno ligero de 22 a 24 h, el tiempo total de cosecha efectiva varió de 474 a 534 min. entre vacas (C.V. = 4.2%). El tiempo total de cosecha encontrado (en promedio generalmente inferior a 8 h día⁻¹) corresponde a los reportados de climas templados con condiciones de praderas y manejo relativamente favorables al consumo, ya que Hodgson (1990) reporta tiempo de cosecha que fluctúan entre 6 y 12 h día⁻¹ en función de la condición del tapiz (los mayores tiempos se asocian a las condiciones más desfavorables). Ello permitiría suponer que el nivel de consumo de forraje de las vacas fue relativamente adecuado, conforme a los resultados del Cuadro 4.17. Sin embargo, la distribución del tiempo de cosecha entre cosecha matutina y vespertina no se correspondió con reportes previos. En esos reportes se comunican en promedio 60 y 40% para cosecha matutina y vespertina, respectivamente (Apaseo *et al.*, 1990 ; Hodgson, 1990, Améndola, datos sin publicar), en tanto que en el presente trabajo la relación fue 44 y 56% (cosecha matutina y vespertina, respectivamente), para el caso del tratamiento 1.

4.6.2. Tiempo dedicado a rumia

En tiempo total dedicado a rumia no se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$, Cuadro 4.21.). En la distribución del tiempo dedicado a rumia se observa que los animales del T2 dedicaron mayor tiempo a rumia entre las 11 y 15 h, lo que puede estar asociado con las características del forraje recientemente ingerido, ya que el cultivo forrajero presentó mayor ($P < 0.01$) proporción de FDN que la pradera y menor ($P < 0.01$) digestibilidad, factores que afectan la velocidad de pasaje e incrementan el tiempo de rumia (Lechner-Doll *et al.*, 1991). Phillips (1993) reporta que el tiempo que el animal

dedica a la rumia durante un día es de 510 min., tiempo superior en 105 min. al promedio obtenido en el presente trabajo.

Cuadro 4.20. Tiempo de cosecha efectiva en los tratamientos pastoreo del cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y pradera alfalfa-ovillo, en Chapingo, México.

Tratamiento	T.P total [‡]	P. 8-11 h	P. 11-15 h	P. 15-20 h	P. 20-3 h	P. 3-8 h
Bloque norte	510 _a	169 _a	72 _a	146 _a	121 _a	2 _a
Bloque sur	419 _b	124 _b	83 _a	133 _a	74 _b	5 _a
Pr > F	0.042	0.000	0.142	0.272	0.016	0.082
Tratamiento 1*	492 _a	137 _a	79 _a	137 _a	134 _a	5 _a
Tratamiento 2	435 _a	156 _a	76 _a	141 _a	61 _b	1 _b
Pr > F	0.242	0.061	0.781	0.782	0.001	0.033

_{a,b,c} Tiempos con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columnas, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

[‡] Tiempo en minutos.

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

Cuadro 4.21. Tiempo de rumia en los tratamientos pastoreo del cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y pradera alfalfa-ovillo, en Chapingo, México.

Tratamiento	T.P total [‡]	P. 8-11 h	P. 11-15 h	P. 15-20 h	P. 20-3 h	P. 3-8 h
Bloque norte	396 _a	14 _a	58 _a	28 _a	229 _a	61 _a
Bloque sur	399 _a	12 _a	53 _a	33 _a	257 _a	65 _a
Pr > F	0.923	0.607	0.468	0.504	0.112	0.728
Tratamiento 1*	378 _a	8 _a	44 _b	27 _a	245 _a	62 _a
Tratamiento 2	417 _a	18 _a	67 _a	33 _a	242 _a	64 _a
Pr > F	0.265	0.053	0.003	0.460	0.868	0.893

^{a,b} Tiempos con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columnas, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

[‡] Tiempo en minutos.

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

4.7. Contenido de grasa en leche

No se encontró diferencia ($P > 0.05$) en el contenido de grasa entre tratamientos, el promedio que se obtuvo fue de 3.43% (Cuadro 4.24.), el cual se considera bajo, con respecto al obtenido por Apaseo *et al.* (1990), Sánchez *et al.* (1996) y Aguirre y Ayala (1989), ya que ellos en pastoreo reportan promedios de 3.68, 3.69 y 4.2%, respectivamente. El valor obtenido por los últimos autores se considera elevado, lo atribuyeron al avanzado estado de lactación en que se encontraban las vacas.

4.8. Producción de leche

4.8.1. En cultivo forrajero

Al considerar solo los grupos que pastorearon el cultivo forrajero existió tendencia ($P = 0.132$) a producir más leche por hectárea cuando pastorearon en el potrero 2 (Cuadro 4.22.), esta diferencia quizá no se pueda atribuir a un mayor consumo, dado que únicamente se encontró tendencia ($P = 0.123$) a que la TDF fuese mayor en el potrero 1 (Cuadro 4.6.), si bien ya se han comentado posibles errores en la estimación de esta TDF. Es posible que esta tendencia esté más relacionada con el valor nutrimental de la dieta, ya que el forraje del potrero 2 presentó menor ($P < 0.05$) cantidad de FDN y tendió a ser más digestible. Entre ciclos de pastoreo existió efecto ($P < 0.01$) en producción de leche, en el ciclo 1 se produjo $15.89 \text{ kg de leche ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ más que en el ciclo 2. Esta diferencia se asocia con un probable mayor consumo de hoja en el ciclo 1 y que las TDF con base en hoja tendieron ($P = 0.165$) a ser mayores en un ciclo (Cuadro 4.8.). Por otra parte la diferencia puede también deberse a una producción a costa de las reservas corporales del animal, ya que la condición corporal fue en general superior en el ciclo 1 que en el ciclo 2, aunque esta fue una variable no evaluada fue notoria la pérdida de peso de los animales entre ciclos.

Cuadro 4.22. Producción de leche por hectárea en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo, durante el periodo invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	leche (kg ha ⁻¹ d ⁻¹)
Potrero 1	54.63 _a
Potrero 2	59.13 _a
Pr > F	0.132
Ciclo 1	64.83 _a
Ciclo 2	48.94 _b
Pr > F	0.000

_{a,b} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente (P<0.05).

4.8.2. En pradera permanente

La tendencia encontrada (P = 0.063) en la producción de leche por hectárea por día entre ciclos de pastoreo (Cuadro 4.23.) se puede atribuir a un mayor consumo de materia seca en el segundo ciclo (Cuadro 4.14.).

Cuadro 4.23. Producción de leche por hectárea en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	leche (kg ha ⁻¹ d ⁻¹)
Ciclo 1	54.73 _a
Ciclo 2	59.42 _a
Pr > F	0.063
Potrero 1	47.87 _c
Potrero 2	52.70 _{bc}
Potrero 3	58.73 _b
Potrero 4	71.01 _a

_{a,b,c} Medias con diferente subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

4.8.3. Entre tratamientos

No se encontró efecto ($P > 0.05$) en la producción de leche entre tratamientos (Cuadro 4.24.), lo que coincide con la ausencia de diferencias ($P > 0.05$) en la variable estimadora del consumo y del GD (Cuadro 4.17.). Mientras que entre ciclos de pastoreo existió tendencia ($P = 0.140$) a producirse más leche en el ciclo 1, esta tendencia pudo originarse en la producción a costa de las reservas corporales del animal, ya que aunque no se pesaron los animales durante el período experimental, fue notoria la pérdida de peso que sufrieron en los primeros días de iniciado el trabajo. Además la incidencia de timpanismo en el ciclo 2 y el mayor avance del período lactacional pudieron haber influido negativamente en la producción de leche en este ciclo.

Apaseo *et al.* (1990) pastoreando una pradera permanente asociada alfalfa-ovillo, reporta una producción de 26.28 kg de leche ha⁻¹ d⁻¹, Martínez y García (1976) comunican una producción de leche por vaca de 12.06, 14.88 y 12.07 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹, para las cargas de 10, 8 y 6 vacas ha⁻¹, respectivamente, pastoreando una pradera raigrás anual y Carmona *et al.* (1976) con una pradera similar y una carga de 7.15 ua ha⁻¹ obtuvieron 13.1 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹. Las producciones citadas son inferiores al promedio obtenido en el presente trabajo, ya que considerando la carga animal promedio de 3.6 vacas ha⁻¹ (Cuadro 4.18.), una producción de leche promedio de 56.53 kg de leche ha⁻¹ d⁻¹ y un período de lactación de 310 días, resulta una producción individual de 15.70 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹. Aguirre y Ayala (1989) y Sánchez *et al.* (1996) reportan producciones individuales de 13.44 y 14.8 kg de leche vaca⁻¹ d⁻¹, respectivamente, para vacas en pastoreo de praderas permanentes asociadas alfalfa-ovillo.

Cuadro 4.24. Producción de leche por hectárea y grasa en leche en el tratamiento cultivo forrajero avena-raigrás más pradera alfalfa-ovillo y en la pradera alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Fuente de variación	leche (kg ha ⁻¹ d ⁻¹)	Grasa (%)
Tratamiento 1 (T1)*	57.67 _a	3.49 _a
Tratamiento 2 (T2)	55.37 _a	3.38 _a
Pr > F	0.352	0.617
Ciclo 1	58.11 _a	-----
Ciclo 2	54.94 _a	-----
Pr > F	0.140	-----

_a Medias con igual subíndice, dentro de fuentes de variación por columna, no difieren estadísticamente (P>0.05).

*Tratamiento 1 = Pastoreo de pradera alfalfa - ovillo.

Tratamiento 2 = Pastoreo de cultivo forrajero avena - raigrás más pradera.

4.9. Aspectos generales

Dada la característica de la curva de la tasa de acumulación de forraje a través del año, en praderas permanentes en Chapingo (Sánchez *et al.*, 1996), es de esperarse que la inclusión de los cultivos forrajeros en la estación invernal, permita estabilizar la oferta de forraje y con ello mantener la carga animal en el sistema de producción animal en pastoreo a través del año, con base en que estos presentan una mayor tasa de acumulación de forraje que las praderas permanentes en esta época del año (Morales, 1995).

Considerando la diferencia en el forraje ofrecido en diferentes fechas de muestreo entre fuentes de variación, se pone de manifiesto la mayor tasa de acumulación de forraje de los cultivos forrajeros que la pradera alfalfa - ovinillo. Si tomamos en cuenta la fecha del primer pastoreo, el cálculo realizado significa que se alcanzaron tasas medias de acumulación de forraje del orden de $79.16 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Esta cifra es claramente superior a las reportadas para praderas de alfalfa-ovillo en el mismo período del año. Sin embargo, la presencia dominante de cebada (no sembrada) en la mayor parte del área de cultivo forrajero, impidió que esta ventaja se manifestara en términos de la productividad del sistema.

Tal como lo indican McCartney y Vaage (1994) cebada es más precoz que avena, y ésta a su vez más precoz que raigrás (Améndola y Morales, 1997). Esta mayor precocidad se manifiesta no solamente en mayores tasas iniciales de crecimiento sino que también en una maduración más temprana. Como consecuencia de lo anterior, al momento de iniciar el pastoreo el cultivo presentó una baja relación hoja : tallo (en promedio 0.6 : 1) y alta proporción de material muerto (en promedio 18.6%). Esta

situación se manifestó también en su composición nutrimental ya que el promedio de digestibilidad (71.4%) fue inferior a los reportados para cultivos de avena o asociaciones avena-raigrás (Orcasberro y Fernández, 1982 ; García *et al.*, 1994 ; Morales, 1995). Esta situación fue definida por la presencia de cebada,, ya que los valores encontrados en el área que no contó con presencia de cebada fueron claramente más favorables (0.9 : 1, para la relación hoja : tallo, 14% para el porcentaje de material muerto y 71.6% para la digestibilidad de la materia seca).

Debido a la baja relación hoja : tallo, y tomando en cuenta lo indicado por Stobbs (1973) se esperaba que la condición del cultivo fuese poco favorable para el consumo, por lo que se optó por manejar asignaciones diarias de forraje más elevadas que las inicialmente propuestas y mayores a las empleadas en las praderas de alfalfa-ovillo.

Debido a las altas asignaciones diarias de forraje empleadas, el grado de utilización del cultivo forrajero fue en general bajo (33%). No obstante lo anterior existen algunas evidencias que indican que el consumo de forraje en el cultivo forrajero pudo haber sido no satisfactorio. Si bien las tasas de desaparición de forraje en cultivo forrajero fueron elevadas en promedio $3.36 \text{ kg MS (100 kg PV)}^{-1} \text{ día}^{-1}$ existen dudas razonables sobre la precisión de dicha estimación dado que en general las mayores TDF correspondieron a las situaciones con las mayores proporciones de cebada y tallo, lo que pudo conducir a errores en los muestreos. Por el contrario las tasas de desaparición del componente preferido por los animales (hoja) fueron relativamente bajas [en promedio $1.92 \text{ kg MS (100 kg PV)}^{-1} \text{ día}^{-1}$]. En este sentido llama la atención el contraste con las praderas de alfalfa-ovillo, en tanto que las TDF fueron similares [el promedio en praderas fue $3.24 \text{ kg MS (100 kg PV)}^{-1} \text{ día}^{-1}$], las tasas de desaparición de hojas fueron superiores

en praderas [en promedio $2.41 \text{ kg MS } (100 \text{ kg PV})^{-1} \text{ día}^{-1}$]. En concordancia con la diferencia en tasas de desaparición de hojas, se constató que el tiempo dedicado al pastoreo en el cultivo fue mayor que en praderas, indicando limitaciones al tamaño de bocado en el primero. A su vez el tiempo dedicado a rumia en el período inmediatamente posterior, fue mayor en el caso de las vacas que consumieron cultivo forrajero, lo que de acuerdo a los señalado por Minson (1990) y Lechner-Doll *et al.* (1991) indicaría dificultades en la reducción del tamaño de partículas del forraje ingerido, lo que a su vez coincide con los mayores contenidos de FDN encontrados. Por último, el análisis de las relaciones entre variables vinculadas con la utilización del forraje, reveló que la accesibilidad de las hojas debió haber sido menor en cultivos que en praderas.

Las probables diferencias en consumo discutidas en el párrafo anterior, no se manifestaron en diferencias en producción de leche. Al respecto es necesario señalar, que dado que en el presente experimento no se registró (por carencia de infraestructura) el peso vivo de los animales, no es posible saber si, de acuerdo a lo indicado por (Wiktorsson, 1983), diferencias en el cambio de peso vivo contribuyeron para que no se presentaran diferencias en la producción individual de leche.

La necesidad de implementar mayores asignaciones diarias de forraje en cultivos que en praderas, impidió que la mayor tasa de acumulación de forraje de los primeros se manifestase en mayor capacidad de carga. Al no presentarse diferencia en la carga animal soportada ni en la producción individual de leche, tampoco se encontraron diferencias en la producción de leche por unidad de superficie. Es probable que en ausencia de cebada (que como ya se discutió, originó la necesidad de manejar mayores ADF y generó

condiciones desfavorables para el consumo de forraje) los resultados hubiesen sido diferentes.

De acuerdo a los promedios reportados por Sánchez *et al.* (1996), la carga animal promedio manejada en el presente experimento fue elevada (en promedio 3.6 vacas/ha). Por otra parte también los niveles de producción individual de leche pueden considerarse elevados (el promedio calculado corresponde a 15.7 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹) al compararlos con los reportados por Aguirre y Ayala (1989), Apaseo *et al.* (1990) y Sánchez *et al.* (1996). Como consecuencia de lo anterior la producción de leche/ha alcanzada fue elevada (en promedio 56.4 kg leche ha⁻¹ día⁻¹), particularmente considerando que tuvo lugar en el período invernal y sin empleo de suplementación. Dado que la elevada carga animal empleada puede reducir la producción posterior de las praderas, y la pérdida de condición corporal de las vacas puede afectar su desempeño reproductivo, se considera riesgoso extrapolar los resultados alcanzados.

Un aspecto poco favorable en el caso de sistemas basados en el pastoreo exclusivo de praderas de alfalfa-ovillo, es la alta concentración de proteína cruda del forraje. De acuerdo a lo reportado por Sánchez *et al.* (1996), el promedio de contenido de proteína cruda del forraje desaparecido es superior a 26% en los meses de octubre a abril. Por otra parte de acuerdo a los valores reportados por NRC (1989) para gramíneas y leguminosas en estado fresco, la degradabilidad en rumen de esta proteína debe ser elevada. En función de lo indicado por (Minson, 1990 ; Hafez, 1987) esta situación puede reducir por un lado, la eficiencia en la utilización de la energía, y por otro, la eficiencia reproductiva de los animales. Si bien ambas variables no se determinaron en el presente experimento, los resultados de análisis de laboratorio indican que la inclusión de cultivo

forrajero en el sistema, podría contribuir a solucionar (al menos parcialmente) esta situación, dado que además de reducir el contenido promedio de proteína cruda de la dieta, se reduciría su degradabilidad ruminal (de acuerdo a los valores indicados para gramíneas y leguminosas por NRC, 1989).

Tanto los grados de defoliación como las tasas de desaparición de forraje no se relacionaron con las masas de forraje ofrecido ni su composiciones botánicas y morfológicas. Esto indicaría que dicha caracterización fue insuficiente para poder predecir el comportamiento ingestivo de los animales. De acuerdo a lo propuesto por Forbes (1988) es probable que para poder realizar predicciones de ese tipo, hubiese sido necesario adicionar determinaciones de la estructura del forraje ofrecido.

5. CONCLUSIONES

La presencia dominante de cebada no sembrada determinó las características del cultivo forrajero, debido a la precocidad de esta especie, el cultivo presentó baja proporción de hoja, alta proporción de tallo y baja digestibilidad *in situ* de la materia seca.

En función de las características señaladas en el punto anterior, se manejaron mayores asignaciones diarias de forraje en el cultivo forrajero por lo que su eficiencia de utilización fue baja.

El pastoreo complementario de cultivo y pradera permitió que el contenido de proteína del forraje ofrecido fuese menor por tanto más adecuado respecto a los requerimientos de vacas lecheras.

La caracterización del forraje ofrecido en términos de masa, composición botánica y composición morfológica, fue insuficiente para predecir el comportamiento ingestivo de las vacas.

La carga promedio y la producción diaria de leche fueron elevadas (3.6 vacas ha⁻¹ y 56.5 kg de leche ha⁻¹) y no presentaron diferencia entre el tratamiento pastoreo de pradera permanente y el tratamiento pastoreo de cultivo forrajero más pradera.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar V., A. 1995. El impacto social y económico de la ganadería lechera en la región lagunera. 2a. Edición. Coahuila, Méx. p. 59.
- Aguirre H., A. y J. L. Ayala E. 1989. Producción de leche bajo pastoreo en una pradera asociada gramínea (*Dactylis glomerata* var. Potomac) y leguminosa (*Medicago sativa* var. Valenciana) en Chapingo, Edo. de México. Primera fase. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 121.
- Alvim, M. J. 1987. Aveia e azevem para producao de leite do Brasil. En : Diálogo XIX. Producción de pasturas para engorde y producción de leche. Molestinas, C. (ed.). IICA/BI/PROCISUR. Montevideo, Uruguay. pp : 205-269.
- Améndola M., R. D. 1995. Notas básicas de los cursos de producción y manejo de praderas. Sección de forrajes, Depto. de Zootecnia, UACH. Chapingo, Méx. (mimeo.). p. 48.
- Améndola M., R. D. and B. Morales M. 1997. Competition between oats and annual ryegrass under grazing. In : Proceeding of the XVIII International Grassland Congress. Winnipeg - Saskatoon, Canada 8 - 19 june. Saskatchewan, Canada. pp. 22 - 120.
- Améndola M., R. D. 1996. Adecuaciones al sistema de producción de leche en pastoreo. Proyecto de investigación. UACH. Chapingo, Méx. (Mimeo.). p. 26.
- 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. Chapingo, Méx. p. 133.

Avendaño M., J. C. 1978. Determinación de la curva de producción de gramíneas perennes en siembras puras. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p. 89.

Avendaño M., J. C., R. Borel y G. Cubillos. 1986. Período de descanso y asignación de forraje en la estructura y la utilización de varias especies de una pradera naturalizada. Turrialba. 36 (2) :137-148.

Barajas L., V. y N. Tapia A. 1991. Producción de forraje, digestibilidad y contenido de proteína cruda en nueve variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Nazareno, Etla, Oaxaca. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 141.

Barocio S., E. A. de la A. 1978. Influencia de la fertilización en la calidad y producción de avena forrajera. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 80.

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.

Blunt, C. G. and M. J. Fisher. 1976. Production and utilization of oats as forage for cattle in the Ord River Valley, Western Australia. Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry. 16 (78) : 88-93.

- 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.
- Cachón A., L. E., H. Nery G. y H. E. Cuanalo de la C. 1976. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Méx. p. 79.
- Carámbula, M. 1987. Producción de pasturas en Uruguay. En : *Diálogo XIX. Producción de pasturas para engorda y producción de leche*. Molestina, C. (ed.). IICA/BID/PROCISUR. Montevideo, Uruguay. pp. : 98-111.
- Carmona B., F., R. Guzmán I., F. García A. y F. Castrellón M. 1976. Prueba de producción de leche y desarrollo de becerras y vaquillas Holstein en praderas de ballico anual en la Comarca Lagunera. FIRA. México. p. 38.
- CERBAS. 1995. XIVa Reunión Latinoamericana de producción animal. 19o. Congreso Argentino de Producción Animal (26 de nov. al 1o. de dic. de 1995). Área de Producción Animal Unidad Integrada Balcarce, E.E.A., INTA/ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Arg. p. 21.
- CIPES. 1983. ¿Las praderas de rye grass sirven para intensificar la producción ganadera ?. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora. Sonora, Méx. p. 16.
- Cook, L. J. and J. V. Lovett. 1974. Response of oats to nitrogen and defoliation. *Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 14 : 373-379.
- Corsten, L. C. a. 1972. *Wiskundige statistiek*. Universidad Agrícola Wageningen. (Mimeo.). p. 130.

- Cortés A., M. 1989. Efecto de la asignación de forraje sobre la selectividad de bovinos pastoreando una pradera de alfalfa (*Medicago sativa* var. Valenciana) y zacate orchard (*Dactylis glomerata* var. Potomac). Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 65.
- Cowan, R. T. 1975. Grazing time and pattern of grazing of friesian cows on a tropical grass-legume pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15 : 32-37.
- Cox, W. J. and H. M. Reisenauer. 1977. Ammonium effect on nutrient cation absorption by wheat. Agronomy Journal. 69 (5) : 868-871.
- Cuadras S., C. E., V. M. Briseño de la H. y E. O. Riquelme V. 1980. Comparación de dos sistemas de producción de leche (estabulación vs pastoreo) en clima templado. Chapingo, Nueva Epoca. 25-26 : 52-59.
- Chacon, E. and H. Stobbs. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the esting behaviour of cattle. Australian Journal Agricultural Research. 27 : 709-727.
- Cherney, D. J. R. and D. L. Robinson. 1985. Influence of climatic factors and forage age on the chemical components of ryegrass related to grass tetany. Agronomy Journal. 77 (6) : 827-830.
- Christensen, B. H. 1970. Pérdidas durante la desecación. En: Conservación de forrajes. Wilkinns, R. J.(ed.). Acribia. Zaragoza, España. pp. 117-121.
- Christian, K. R. 1987. Matching pasture production and animal requirements. In: Temperate pasture. Wheeler, J.L., C. J. Pearson and G. E. Robards (ed.). Australian Wool Corporation / CSIRO. Australia. pp. 463 - 476.

- Dann, P. R., A. Axelsen, B. S. Dear, E. R. Williams and C. B. H. Edwards. 1983. Herbage, grain and animal production from winter-grazed cereal crops. *Australian Journal Experimental Agricultural Animal Husbandry*. 23 : 154-161.
- Díaz del P., A. 1953. Cereales de primavera. 1a. edición. Edt. Salvat editores, S. A. Barcelona, España. p. 458.
- Dougherty, C. T., N. W. Bradley, P. L. Cornelius and L. M. Lauriault. 1989. Ingestive behaviour of beef cattle offered different forms of lucerne (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science*. 44 : 335-342.
- Dougherty, C. T., L. M. Lauriault, J. E. Arias and P. L. Cornelius. 1992. Allowance-intake relations of cattle grazing vegetative tall fescue. *Grass and Forage Science*. 47 : 211-219.
- Droushiotis, D. N. and D. Wilman. 1987. Effect of harvesting programme and date on the forage yield, digestibility, nitrogen concentration, tillers and crop fractions of barley in Cyprus. *Journal Agricultural Science Cambridge*. 109 : 95-106.
- Dunphy, D. J., M. E. McDaniel and E. C. Holt. 1982. Effect of forage utilization on wheat grain yield. *Crop Science*. 22 (1): 106-109.
- Durán C., E. y G. Chavarria S. 1994. Cría de vaquillas de reemplazo bajo condiciones de pastoreo en zona templada. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 78.
- Escobedo S., J. J. y A. Hernández C. 1997. Digestibilidad y contenido de proteína de la dieta de novillos pastoreando praderas de alfalfa (*Medicago sativa*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*). Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 64.

- Elkins, Ch. B. and C. S. Hoveland. 1977. Soil oxygen and temperature effect on tetany potential of three annual forage species. *Agronomy Journal*. 69 (4) : 626-628.
- Elkins, Ch. B., C. S. Hoveland, R. L. Haaland and W. A. Griffey. 1977. Grass tetany more danger when soils are wet. *Crop and Soils Magazine*. 30 (2) : 13-14.
- Esqueda C. y H. O. Rubio A. 1991. Evaluación de variedades de avena para producción de forraje y doble propósito bajo condiciones de temporal en el estado de Chihuahua. Reunión de Investigación Pecuaria en México. Tamaulipas, Méx. p. 318.
- Esqueda C., M. H., H. O. Rubio A. y S. Flores M. 1991. La avena (*Avena sativa*) : Una alternativa para producción de forraje en praderas irrigadas. Reunión de Investigación Pecuaria en México. Tamaulipas, Méx. p. 320.
- Esqueda C., M. H., 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) : 74-86.
- Fernando, G. W. E. and O. G. Carter. 1970. The effect of level of nitrogen fertilizer applied to forage oats on the grazing behaviour of dairy cattle. In : XI International Grassland Congress. Surfers Paradise, Queensland, Australia 13-23 April. Norman, M. J. T. (ed.). Queensland, Australia. pp : 853-856.
- 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. 1988. Researching the plant - animal interface : the investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal Animal Science*. 66 : 2369-2379.

- Fowler, D. B. 1982. Date of seeding, fall growth, and winter survival of winter wheat and rye. *Agronomy Journal*. 74 (6) : 1060-1063.
- Gagliostro, G. A., F. J. Santini, S. E. Lavandera, D. H. Rearte y J. C. García. 1995. Suplementación de vacas lecheras con concentrados a base de cereales de diferente degradabilidad ruminal de sus carbohidratos no estructurales. 1. Producción y composición de la leche y ganancia de peso vivo. En: *Memorias XVIa Reunión Latinoamericana de Producción Animal. 19º Congreso Argentino de Producción Animal*. Mar del Plata, Argentina. pp. 501-503.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. E. García Editor. D. F., México. p. 217.
- 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, Méx. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 110.
- 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. Chapingo, Méx. p. 89.
- Gardner, A. L., A. C. Pires y L. de A. Carvalho. 1982. Relacao entre a disponibilidade de forragem de aveia e o ganho de peso de bezerros mesticos leiteiros. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 11 (1) : 53-69.
- Goic M., L. 1988. Tres sistemas de manejo invernal, para vacas lecheras con parición de otoño. *Agricultura Técnica (Chile)*. 48 (2) : 102-105.

- González P., M. y S. G. De los Santos V. 1984. Producción de leche con dos variedades de ballico italiano (*Lolium multiflorum*) en el sur de Tamaulipas. Reunión de Investigación Pecuaria en México. D.F., México. p. 28.
- González P., M. y S. G. De los Santos V. 1991. Producción de leche con dos variedades de ballico italiano (*Lolium multiflorum*) en el sur de Tamaulipas. Reunión de Investigación Pecuaria en México. D. F., Méx. p. 28.
- Gould, F. W. 1979. "A key to the genera of the Mexican grasses". The Texas A&M University System.
- Grunes, D. L., P. R. Stout and J. R. Brownell. 1970. Grass tetany of ruminants. *Advances in Agronomy*. 22: 331-374.
- Guss, A., N., D. Dessaune F., R. Mattos de C. y M. Borges de M. 1982. Efeito da adubacao quimica no rendimento da aveia forrageira (*Avena sp.*). *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 11 (1) : 143-150.
- Hadjichristodoulou, A. 1991. Dual purpose barley. *Rachis*. 10(1): 13-16.
- Hafez, E. S. E. 1987. Reproducción e inseminación artificial en animales. Edt. Interamericana McGraw - Hill. D. f., Méx. p. 693.
- Herrera G., R. y D. Montaña Ch. 1980. Respuesta a la fertilización nitrogenada en avena forrajera. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 78.
- 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.

- Hernández G., J., J. Eguiarte V. y J. Zamora B. 1984. Rendimiento de diferentes cultivos forrajeros de invierno en el Valle de Alvaro Obregón, Mich. En : Reunión de Investigación Pecuaria en México. D. F., México. pp. 100.
- Hernández Z., A. 1977. Composición botánica de la dieta de novillos en praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y orchard (*Dactylis glomerata* L.). Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 46.
- Hill, M. J. and C. J. Pearson. 1985. Primary growth and regrowth responses of temperate grasses to different temperatures and cutting frequencies. Australian Journal Agricultural Research. 36 : 25-34.
- Hill, M. J., C. J. Pearson and A. C. Kirby. 1985. Germination and seedling growth of prairie grass, tall fescue and italian ryegrass at different temperatures. Australian Journal Agricultural Research. 36 : 13-24.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and Forage Science. 34 : 11-18.
- Hodgson, J. 1990. Grazing management science into practice. Longman Scientific & Technical. New York, E.U. p. 203.
- Hughes, H. D., M. E. Heat y D. S. Metcalfe. 1980. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. En : Forrajes. Edt. CECSA. D.F., Méx. pp. 215-347.
- INEGI. 1986. X Censo general de población y vivienda, 1980. Resumen general, Vol. 6. D.F., México. p. 921.
- INEGI. 1995. Estados Unidos Mexicanos. Resultados Preliminares. Conteo 95 de población y vivienda. Aguascalientes, Méx. p. 301.

- ITESM. 1994. Diagnóstico y plan estratégico para los productores lecheros de la región lagunera. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Laguna. Coahuila, Méx. p. 125.
- 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. Chapingo, Méx. p. 100.
- Jiménez M., A. 1988. Conservación de Forraje para la alimentación del ganado. Dirección de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 94.
- Jiménez M., A. 1989. La producción de forrajes en México. FIRA-UACH. Chapingo, Méx. p. 100.
- Jiménez M., A. y P. A. Martínez H. 1984. Utilización de Praderas. Depto. de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 85.
- Julián B., A. 1996. Evaluación bajo pastoreo de diferentes asociaciones de gramíneas y leguminosas en su invierno, en Chapingo, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 84.
- Lechner-Doll, M., M. Kaske and W. V. Engelhardt. 1991. Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids. In : Physiological Aspect of Digestion and Metabolism in Ruminants : Proceedings

of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology. Edt. Academic Press, Inc. pp. 455-842.

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.

Lizárraga del G., G., F. Peñúñuri M., A. Aguayo A. y R. Garza T. 1991. Influencia de la altura de corte sobre la producción forrajera en ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam) y perenne (*L. perenne* L.). Técnica Pecuaria. 19 (40) : 31-39.

López B., L. 1991. Cultivos herbáceos, cereales, Vol. 1. Edt. Mundi - Prensa. Madrid, España. p. 539.

López G., I. 1995. Efecto del período 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. Chapingo, Méx. p. 109.

Lovett, J. V. and E. M. Matheson. 1974. Cereals for winter grazing on the Northern Tablelands of New South Wales. Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry. 14 (71) : 790-795.

Machado C., R., A. Pérez, C. Matías y H. Santana. S/F. Avena sativa. Nueva productora de forraje y grano en Cuba para seca. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Hoja desplegable.

Mannetje, L't. 1978. Measuring quantity of grassland vegetation. In: Measurement of grassland vegetation and animal production. Mannetje L't (ed.). CAB. Berkshire, Inglaterra. pp. 63-95.

- Marek, M. and R. Frank. 1984. Effect of nitrogen supply on net photosynthetic rate in barley leaves. *Photosynthetica*. 18 (2) : 219-225.
- Marino, M. A. , A. Mazzanti y H. E. Echeverria. 1995. Fertilización de cultivos forrajeros anuales de invierno en el sudeste boanerense. 1. Crecimiento y acumulación de forraje. En : XIVa Reunión Latinoamericana de producción animal. 19o. Congreso Argentino de Producción Animal (26 de nov. al 1o. de dic. de 1995). Área de Producción Animal Unidad Integrada Balcarce, E.E.A., INTA/ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Arg. pp. : 179-182.
- Marino, M. A. , A. Mazzanti y H. E. Echeverria. 1995. Fertilización de cultivos forrajeros anuales de invierno en el sudeste boanerense. 2. Concentración de nitrógeno en el forraje durante el crecimiento invierno-primaveral. En : XIVa Reunión Latinoamericana de producción animal. 19o. Congreso Argentino de Producción Animal (26 de nov. al 1o. de dic. de 1995). Área de Producción Animal Unidad Integrada Balcarce, E.E.A., INTA/ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Arg. pp. : 182-185.
- Martínez P., R. A. y F. García A. 1976. Alimentación de ganado lechero Holstein en praderas cultivadas de ballico en la Comarca Lagunera. En : Praderas cultivadas de invierno con ballico anual (*Lolium multiflorum*). Informe de investigación agrícola. CIANE-INIA-SAG. Coahuila, Méx. pp. 39-57.
- Mathers, A. C., B. A. Stewart and D. L. Grunes. 1982. Effect of a nitrification inhibitor on the K, Ca, and Mg composition of winter wheat forage. *Agronomy Journal*. 74 (3) : 569-572.

- Mayland, H. F., D. L. Grunes and V. A. Lazar. 1976. Grass tetany hazard of cereal forages based upon chemical composition. *Agronomy Journal*. 68 (4) : 665-667.
- McCartney, D. H. y A. S. Vaage. S. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Canadian Journal of Animal Science*. 74 : 91-96.
- Mc Donald, P. y R. J. Whittenbury. 1970. Pérdidas durante el ensilado. En: *Conservación de forrajes*. Edt. Acribia. Zaragoza, España. pp. 106-116.
- McDowell, L. R., J. H. Conrad, F. G. Hembry, L. X. Rojas, G. Valle y J. Velásquez. 1994. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 2a. Edición. Depto. de Zootecnia. Universidad de Florida. Florida, E. U. p. 76.
- 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, Méx. pp. 332.
- Merlo, H. y R. Robles S. 1990. *Producción de granos y forrajes*. 5a. edición. Edt. UTEHA Noriega Editores. D.F, Méx. pp : 299-318.
- Mercik, S., W. Stepien and T. Mercik. 1987. The effect of saturation of the soil absorbing complex with cations on the yield and chemical composition of grasses. *Acta Agrobotanica*. 40 (z. 1-2) : 73-86.
- Minson, D. J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. Edt. Academic Press, Inc. California, U.S. p. 483.
- Moseley, G. and H. Baker. 1991. The efficacy of a high magnesium grass cultivar in controlling hypomagnesemia in grazing animals. *Grass and Forage Science*. 46 : 375-380.

- Morales M., B. 1995. Evaluación de tres cultivares de avena forrajera bajo pastoreo en Chapingo, Méx. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 78.
- Moreno G., T. y L. R. Méndez F. 1992. Evaluación de un medidor de capacitancia y el método rango de peso seco en determinaciones de masa de forraje y composición botánica en praderas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 56.
- Muñoz R., M., P. Odermatt B. y J. R. Altamirano C. 1995. Retos y oportunidades del sistema leche ante la apertura comercial. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 53.
- Muslera P., E. y C. Ratera G. 1991. Praderas y forrajes; producción y aprovechamiento. Edt. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 673.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy of Science. Washington D.C., E.U. p. 157.
- Onho, T. and D. L. Grunes. 1985. Potassium - Magnesium interactions affecting nutrient uptake by wheat forage. Soil Science Society of American Journal. 49 : 685-690.
- Orcasberro, R. y S. Fernández R. 1982. Los forrajes en la alimentación de ovinos. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 96.
- Phillips, C. J. C. 1993. Cattle behaviour. Farming Press. New York, E.U. p. 212.
- Poppi, D.P., T. P. Hughes y P. J. Huiller. 1987. Herbage Intake by grazing ruminants. In: "Feeding livestock on pasture". Nicoll M.A. (ed.). New Zeland Society of Animal Production. Ocasional Publication N° 10. pp 115-139.

- Redmon, L. A., G. W. Horn, E. G. Krenzer Jr. and D. J. Bernardo. 1995. A review of livestock grazing and wheat grain yield : boom or bust ?. *Agronomy Journal*. 87 (2) : 137-147.
- Reyes, M.F. y D. F. Meráz. 1989. Producción de grano y forraje de avena con diferente número de pastoreos. En: *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*, del 11 al 14 de diciembre de 1989. pp. 113.
- Riquelme V., E. 1978. Alimentación práctica de vacas secas y vacas en producción. En : *Manual de ganado lechero*. M. Pérez D. (Ed.). Patronato para la investigación pecuaria. D.F., Méx. pp. 158-190.
- Rivera R., J. E., R. López R., J. C. Peralta E. y P. E. Alvarado M. 1992. Efecto del período de descanso sobre la estructura y utilización de una pradera asociada gramínea (*Dactylis glomerata* var. Potomac) leguminosa (*Medicago sativa* var. Valenciana). Quinta fase. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 106.
- Rossi, N., P. H. Nye, D. L. Grunes and C. A. Sanchirico. 1988. Prediction of the calcium to calcium plus magnesium ratio in soil-grown winter wheat forage. *Soil Science Society of American Journal*. 52 : 152-160.
- Ruiz F., C. A., M. de J. Castro M. y R. Roldán V. 1990. Efecto del período de descanso sobre la estructura y la utilización de una pradera asociada gramínea (*Dactylis glomerata* var. Potomac) leguminosa (*Medicago sativa* var. Valenciana). Tercera fase. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 130.

- Ruiz R., J. L. 1982. Estado actual de la producción y consumo de leche de vaca en México. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F, Méx. p. 67.
- 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. 1997. Boletín mensual de leche. VI (1) : p. 30.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Edt. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. D.F, Méx. p. 759.
- Sánchez B., R., M. Jiménez F., y G. Tenorio D. 1996. Parametrización del sistema de producción de leche en pastoreo y su evaluación económica. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 151.
- Santos M., A. 1995. Productos lácteos, análisis y elaboración. Depto. de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. pp. 20-27.
- Smith, G. S., G. J. Goold, C. M. Johnston and M. Upsdell. 1982. Water use and chemical composition of ryegrass (*Lolium*) cultivars. Plant and Soil. 69 : 21-29.
- Sosa de P., E. 1981. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, Méx. p. 115.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1980. Biostatística : Principios y procedimientos. Edt. McGraw Hill. Bogotá, Colombia. p. 622.

- Stewart, B. A., D. L. Grunes, A. C. Mathers and F. P. Horn. 1981. Chemical composition of winter wheat forage grown where grass tetany and bloat occur. *Agronomy Journal*. 73 (2) : 337-347.
- Stobbs, T. H. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 1. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal Agricultural Research*. 24 : 809-819.
- Thompson, D. J., D. G. Stout, T. Moore and Z. Mir. 1991. Yield and quality of forage from intercrops of barley and annual ryegrass. *Canadian Journal Plant Science*. 72 : 163-172.
- Torres B., I. B. 1991. La producción de leche en México (Sistemas de producción). *Memorias del Seminario Internacional Sobre Lechería Tropical, efectuado en Villahermosa, Tabasco. FIRA, Vol. 1. pp. 39-62.*
- Tripathi, R. P., A. K. Singh and R. K. Mishra. 1985. Effect of mulch-induced soil thermal regime on wheat emergence. *Field Crops Research*. 10 : 305-313.
- Ustarroz, E. y M. A. Brunetti. 1995. Evaluación de sistemas de pastoreo en avena. En : XIVa Reunión Latinoamericana de producción animal. 19o. Congreso Argentino de Producción Animal (26 de nov. al 1o. de dic. de 1995). Área de Producción Animal Unidad Integrada Balcarce, E.E.A., INTA/ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Arg. pp. :358-360.
- 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.

- Wilman, D. and M. Daly. 1978. Nitrogen and italian ryegrass. 4. Growth up to 14 weeks : proportion and digestibilities of cell wall, cellulose, hemicellulose and lignin. *Journal of the British Grassland Society*. 33 : 181-188.
- Wilman, D. and P. T. Wright. 1978. Dry-matter content, leaf water potential and digestibility of three grasses in the early stages of regrowth after defoliation with and without applied nitrogen. *Journal Agricultural Science Cambridge*. 91 : 365-380.
- Wilman, D. and P. T. Wright. 1978. The proportions of cell content, nitrogen, nitrate-nitrogen and water-soluble carbohydrate in three grasses in the early stages of regrowth after defoliation with and without applied nitrogen. *Journal Agricultural Science Cambridge*. 91: 381-394.
- Wilman, D. and P. T. Wright. 1983. Some effects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 53 (8) : 387-393.
- Wiktorsson, H. 1983. Plano general de nutrición para vacas lecheras. En : *Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción*. Broster, W. H. y H. Swan (comp.). Edt. AGT Editor, S. A. D. F., Méx. pp. 109-125.
- Winter, S. R. 1994. Managing wheat for grazing and grain. *Texas Agricultural Experiment Station*. The Texas A&M University System. p. 7.
- Winter, S.R. and Thompson, E.K. 1987. Grazing duration effects on wheat growth and grain yield. *Agronomy Journal*. 79:110-114.
- Winter, S.R. and Thompson, E.K. 1990. Grazing winter wheat : I. response of semidwarf cultivars to grain and grazed production systems. *Agronomy Juornal*. 82 : 33-37.

7. APENDICE

Cuadro A.1. Masa de forraje ofrecida (FO) y forraje residual (FR) en el cultivo forrajero asociado avena-raigrás, por potrero y fecha de muestreo, en Chapingo, México.

Potrero	Bloque	Fecha	FO (kg MS ha ⁻¹)	FR (kg MS ha ⁻¹)
1	N	28/1/97'	8579	4642
1	S	28/1/97'	7513	4312
3	N	5/2/97'	6784	5251
3	S	5/2/97'	6784	4604
1	N	6/3/97'	11436	9418
1	S	6/3/97'	6894	5628
1	N	10/3/97'	11436	7640
1	S	10/3/97'	6894	5972
2	N	13/3/97'	11940	7260
2	S	13/3/97'	6848	6267
3	N	19/3/97'	4174	3624
3	S	20/3/97'	5117	2525
3	N	19/3/97'	5382	3624
3	S	20/3/97'	5177	2525
3	N	19/3/97'	4381	3624
3	S	20/3/97'	4235	2525
3	S	21/3/97'	4236	2541

Cuadro A.2. Masa de forraje ofrecida (FO) y forraje residual (FR) en la pradera permanente asociada alfalfa-ovillo, complementaria al cultivo forrajero, por potrero y fecha de muestreo, en Chapingo, México.

Potrero	Bloque	Fecha	FO (kg MS ha ⁻¹)	FR (kg MS ha ⁻¹)
2	S	30/1/97'	3393	2538
3	N	2/2/97'	4922	3543
3	S	2/2/97'	4922	3632
4	N	7/2/97'	5642	2560
4	N	5/3/97'	6047	3197
4	S	5/3/97'	6047	3726
4	N	8/3/97'	5223	2751
4	S	8/3/97'	5223	3086
1	N	9/3/97'	5005	1910
1	S	9/3/97'	3157	2136
1	N	14/3/97'	5005	2113
1	S	14/3/97'	3157	1354
2	N	19/3/97'	4998	1096
2	S	19/3/97'	5744	1394
2	S	20/3/97'	5481	2113
2	N	21/3/97'	4998	3593
2	S	21/3/97'	5481	3265

Cuadro A.3. Masa de forraje ofrecida (FO) y forraje residual (FR) en la pradera permanente asociada alfalfa-ovillo, por potrero y fecha de muestreo, en Chapingo, Edo. de México.

Potrero	Bloque	Fecha	FO (kg MS ha ⁻¹)	FR (kg MS ha ⁻¹)
2	S	30/1/97'	3393	2538
3	N	2/2/97'	4922	3543
3	S	2/2/97'	4922	3632
4	N	7/2/97'	5642	2560
4	N	5/3/97'	6047	3197
4	S	5/3/97'	6047	3726
4	N	8/3/97'	5223	2751
4	S	8/3/97'	5223	3086
1	N	9/3/97'	5005	1765
1	S	9/3/97'	3157	2116
1	N	12/3/97'	5005	1846
1	S	12/3/97'	3157	2279
2	N	14/3/97'	5284	2047
2	S	14/3/97'	5807	2282
3	N	19/3/97'	4502	2141
3	S	19/3/97'	5119	1893
3	N	19/3/97'	4802	2141
3	S	19/3/97'	4329	1893
3	N	19/3/97'	5034	2141
3	S	19/3/97'	5702	1893
3	N	20/3/97'	5262	3355
3	S	20/3/97'	4298	2871
3	N	21/3/97'	5262	1874
3	S	21/3/97'	4298	1789

Cuadro A.4. Variables generadas con la masa de forraje en el cultivo forrajero asociado avena-raigrás, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Período	FD (kg MS área ⁻¹)	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]	CA (vacas ha ⁻¹)
P1N 18/1 - P1N 28/1*	56.09	45.89	4.82	4.55
P1S 18/1 - P1S 28/1	56.18	42.61	4.47	3.70
P3N 2/2 - P3N 5/2	23.66	22.58	2.03	4.20
P3S 2/2 - P3S 5/2	36.32	32.14	2.89	3.89
P1N 28/2 - P1N 6/3	15.11	17.65	1.76	6.50
P1S 28/2 - P1S 6/3	17.04	18.38	1.84	3.62
P1N 28/2 - P1N 10/3	28.43	33.20	3.32	6.50
P1S 28/2 - P1S 10/3	12.40	13.38	1.34	3.62
P2N 7/3 - P2N 13/3	33.56	39.20	3.92	6.12
P2S 7/3 - P2S 13/3	7.87	8.48	0.85	3.24
P3N 15/3 - P3N 19/3	9.58	13.17	1.12	2.52
P3S 15/3 - P3S 20/3	39.94	50.66	4.31	2.72
P3N 17/3 - P3N 19/3	30.65	32.66	3.58	2.40
P3S 17/3 - P3S 20/3	40.86	51.23	4.41	2.72
P3N 18/3 - P3N 19/3	13.18	17.26	1.54	2.40
P3S 19/3 - P3S 20/3	35.67	40.37	2.84	2.68
P3S 19/3 - P3S 21/3	35.36	40.02	2.82	2.68

* Potrero 1 del bloque norte del 18 de enero al 28 de enero.

Cuadro A.5. Variables generadas con la masa de forraje en la pradera permanente asociada alfalfa-ovillo, complementaria al cultivo forrajero, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Período	FD (kg MS/área)	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]	CA. (vacas ha ⁻¹)
P1 21/1 - P2S 30/1*	14.77	25.20	1.76	2.50
P3 2/2 - P3N 2/2	15.23	28.04	1.96	3.92
P3 2/2 - P3S 2/2	15.36	26.21	1.83	3.63
P4 2/2 - P4N 7/2	29.68	54.64	3.82	4.05
P4 27/2 - P4N 5/3	21.52	47.13	3.77	3.88
P4 27/2 - P4S 5/3	18.99	38.38	3.07	3.58
P4 2/3 - P4N 8/3	18.91	47.33	3.31	3.83
P4 2/3 - P4S 8/3	17.71	40.91	2.86	3.53
P1N 4/3 - P1N 9/3	24.71	61.84	4.33	3.67
P1S 4/3 - P1S 9/3	14.00	32.34	2.26	2.13
P1N 4/3 - P1N 14/3	23.09	57.78	4.04	3.67
P1S 4/3 - P1S 14/3	24.72	57.12	4.00	2.13
P2N 18/3 - P2N 19/3	29.51	78.08	5.17	3.24
P2S 17/3 - P2S 19/3	32.43	75.73	5.24	3.29
P2N 18/3 - P2N 21/3	10.62	28.11	1.86	3.24
P2S 19/3 - P2S 20/3	36.01	61.45	4.30	3.24
P2S 19/3 - P2S 21/3	23.69	40.43	2.83	3.24

* Potrero 1 de 21 de enero al 30 de enero del potrero 2 sur.

Cuadro A.6. Variables generadas con la masa de forraje en la pradera permanente asociada alfalfa-ovillo, durante el período invernal, en Chapingo, México.

Período	FD (kg MS área ⁻¹)	GD (%)	TDF [kg MS (100 kg PV) ⁻¹ d ⁻¹]	CA (vacas ha ⁻¹)
P1 21/1 - P2S 30/1*	36.27	25.20	1.76	2.55
P3 2/2 - P3N 2/2	42.51	28.04	1.96	3.51
P3 2/2 - P3S 2/2	37.72	26.21	1.83	3.70
P4 2/2 - P4N 7/2	82.85	54.64	3.82	4.02
P4 27/2 - P4N 5/3	52.67	47.13	3.30	4.40
P4 27/2 - P4S 5/3	55.24	38.38	2.69	4.54
P4 2/3 - P4N 8/3	52.71	47.33	3.31	3.80
P4 2/3 - P4S 8/3	58.88	40.91	2.86	3.92
P1N 4/3 - P1N 9/3	72.09	64.73	4.53	3.64
P1S 4/3 - P1S 9/3	47.46	33.00	2.31	2.37
P1N 4/3 - P1N 12/3	70.29	63.11	4.42	3.64
P1S 4/3 - P1S 12/3	40.03	27.81	1.95	2.37
P2N 11/3 - P2N 14/3	68.23	61.26	4.29	3.85
P2S 11/3 - P2S 14/3	87.37	60.71	4.25	4.36
P3N 15/3 - P3 N 19/3	58.41	52.45	3.67	3.28
P3S 15/3 - P3S 19/3	67.93	63.01	4.41	3.85
P3N 17/3 - P3N 19/3	65.86	55.43	4.14	3.28
P3S 17/3 - P3S 19/3	60.94	56.27	3.33	3.85
P3N 18/3 - P3N 19/3	71.60	57.49	4.50	3.28
P3S 18/3 - P3S 19/3	80.19	66.79	5.21	3.85
P3N 19/3 - P3N 20/3	47.20	36.26	2.97	3.28
P3S 19/3 - P3S 20/3	30.09	33.20	1.95	3.85
P3N 19/3 - P3N 21/3	83.82	64.38	5.27	3.28
P3S 19/3 - P3S 21/3	52.83	58.37	3.43	3.85

* Potrero 1 de 21 de enero al 30 de enero del potrero 2 sur.

Cuadro A.7. Identificación de las vacas empleadas en el trabajo experimental.

Vaca	Peso vivo (kg)	No. de parto	Días en leche	Tratamiento*	Bloque
P180	445	1	20	T1	Norte
P18	530	1	172	T1	Norte
O-157	616	2	226	T1	Norte
P22	575	1	seca	T1	Norte
P164	477	1	41	T1	Sur
P89	498	1	165	T1	Sur
O-188	516	2	237	T1	Sur
P189	565	0	seca	T1	Sur
P112	528	1	39	T2	Norte
P108	462	1	214	T2	Norte
P70	437	1	167	T2	Norte
P64	513	1	seca	T2	Norte
P126	497	1	64	T2	Sur
P84	510	1	165	T2	Sur
O-24	539	2	261	T2	Sur
P69	547	1	seca	T2	Sur

*T1 = Pastoreo de pradera permanente.

T2 = Pastoreo de pradera permanente más cultivo forrajero.

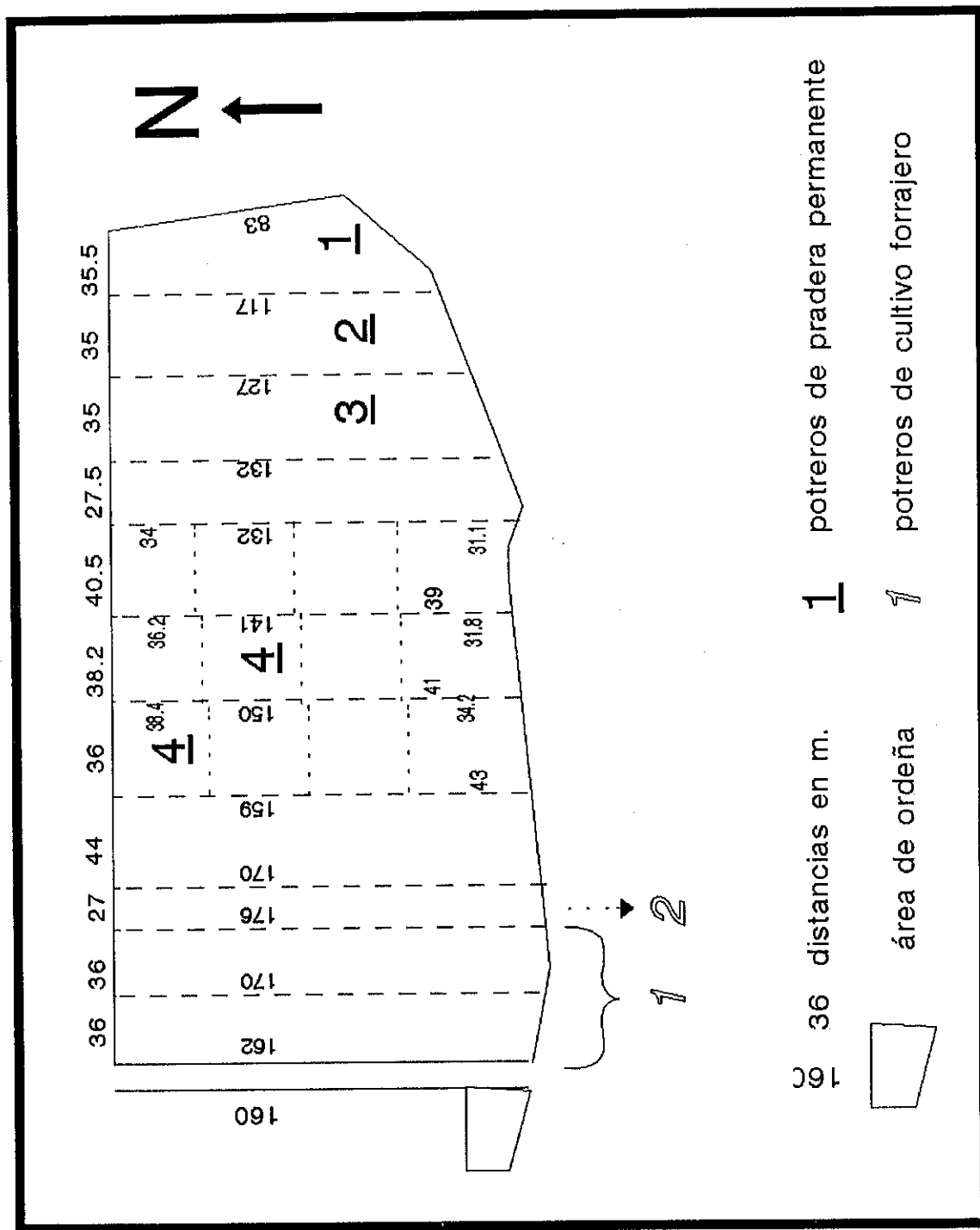


Figura A1. Plano del área experimental