

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

UTILIZACIÓN DE LA ASOCIACIÓN AVENA-RAIGRÁS-
CEBADA PASTOREADA A DIFERENTE NIVEL DE
ASIGNACIÓN POR VACAS LECHERAS
SUPLEMENTADAS

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL
PRESENTA:

JOSE ENRIQUE RIVERA REYES



ABRIL DEL 2001

Chapingo, Estado de México



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bib. 95465

**UTILIZACIÓN DE LA ASOCIACION AVENA-RAIGRÁS-
CEBADA PASTOREADA A DIFERENTE NIVEL DE
ASIGNACION POR VACAS LECHERAS SUPLEMENTADAS**

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

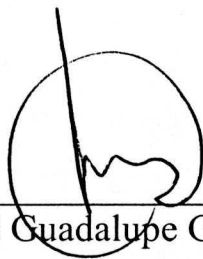
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR:



Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR:



Ph. D. José Guadalupe García Muñiz

ASESOR:



Dr. José Artemio Cadena Meneses

**UTILIZACIÓN DE LA ASOCIACIÓN AVENA-RAIGRÁS-
CEBADA PASTOREADA A DIFERENTE NIVEL DE
ASIGNACIÓN POR VACAS LECHERAS SUPLEMENTADAS**

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

PRESIDENTE:



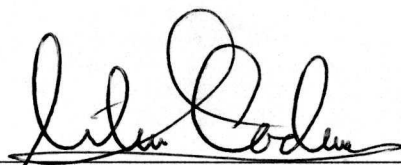
Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR:



Ph. D. José Guadalupe García Muñiz

ASESOR:



Dr. José Artemio Cadena Meneses

DEDICATORIAS

A mis padres : María † y Miguel †

A mis hermanos: Sergio, Cirana, Rocio, Luz, Pepe, Pablo

A mis tías: Juana † y Benita

A mis cuñados y mis sobrinos

A todos mis amigos.

A mis compañeros de posgrado

A los compañeros de Teatro

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias y a la SAGAR por su apoyo para la realización y conclusión de la maestría.

Al Consejo, Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo durante mis estudios.

Al Posgrado en Producción Animal y al Departamento de Zootecnia de la UACH.

Al IR Ricardo Améndola M. por su dirección, quien a pesar de la distancia hicimos buen equipo para la culminación de este trabajo.

Al Ph D. Pedro Arturo Martínez por su dirección y apoyo para la culminación del trabajo.

Al Dr. Guadalupe García Muñiz y Artemio Cadena por sus acertadas sugerencias y comentarios para la mejora de este trabajo.

Al CIR-Golfo Centro por su apoyo para mi superación profesional, especialmente al Dr. Heriberto Román y la Dirección de Administración.

A la C.P. Luz Ma. Vázquez C. por su puntual y desinteresado apoyo.

A todos aquellos que contribuyeron a la realización de esta tesis: Meche, Pepe, Gianga, Toño, Adriana, Alondra, Leo, Esme , al personal de La Huerta, a los grupos 6º A y B de zootecnia de la generación 2,000.

Sinceramente
Gracias

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos Generales:

Nombre: José Enrique Rivera Reyes

Lugar de Origen: Córdoba, Veracruz.

Fecha de nacimiento: 16 de Julio de 1969

Formación Académica

Primaria: Instituto Guadalupe. Córdoba, Ver. (1975-1981)

Secundaria: Colegio Hispano- Mexicana Córdoba, Ver. (1981-1984)

Bachillerato: Colegio Hispano – Mexicana Córdoba Ver. (1984-1986)

Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México (1986-1991)

Profesión: Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Desempeño profesional

Jefe de operaciones y servicios del Campo Experimental “La Posta”
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias ,
Paso del Toro, Ver. (1993-1998)

RESUMEN

Rivera, R. J. E.; R. D. Améndola, M.

UTILIZACIÓN DE LA ASOCIACIÓN AVENA-RAIGRÁS-CEBADA PASTOREADA A DIFERENTE NIVEL DE ASIGNACIÓN POR VACAS LECHERAS SUPLEMENTADAS

(Abril , 2001)

Se evaluó efecto de cuatro asignaciones diarias de forraje (ADF) (2.2, 4.1, 6.0 y 7.6 Kg MS 100 KgMS 100Kg PV⁻¹d⁻¹) sobre utilización y carga animal de una asociación avena-raigrás-cebada, comportamiento ingestivo, consumo y producción de leche. La ADF determinó ($P<0.01$) altura y masa del forraje residual y desaparecido, grado de defoliación, carga animal y componentes del comportamiento ingestivo, así como ($P<0.05$) consumo y producción individual. El consumo de forraje fue determinado por el tamaño de bocado, que se redujo con la ADF, a consecuencia de mayores cambios en masa a través del periodo de ocupación. Tiempo de pastoreo y número de bocados se redujeron en la menor ADF. En la ADF 4.1 se presentó una compensación en consumo incrementando tasa de bocados y tiempo de pastoreo. Se concluyó que la ADF afectó las variables medidas a través de la tasa a la que cambió la masa de forraje.

Palabras clave: asignación, avena, raigrás anual, cebada, pastoreo, utilización

ABSTRACT

Rivera, R. J. E.; R. D. Améndola, M.

UTILISATION OF AN ASSOCIATED OATS-RYEGRASS-BARLEY SWARD GRAZED AT DIFFERENT ALLOWANCE LEVELS BY SUPPLEMENTED DAIRY COWS

(April, 2001)

The effect of four daily herbage allowance (DHA) levels (2.2, 4.1, 6.0 , 7.6 Kg DM 100 Kg LW⁻¹ d⁻¹) on utilisation, stocking rate, grazing behaviour, intake and milk production of Holstein-Friesian cows was evaluated. Grazing was on a mixed pasture: oats-annual ryegrass-barley. DHA determined ($P<0.01$) sward height, residual and disappeared herbage mass, defoliation rate, stocking rate, grazing behaviour; and ($P<0.05$) intake and daily milk production. Forage intake was determined by bite size which decreased as DHA was decreased, due to a greater rate of changes in forage mass through the grazing session. Grazing and total daily number of bites decreased with DHA too. Cows at the DHA level of 4.1 kept total intake from falling by increasing biting rate and grazing time. It was concluded that ADF determined milk production, sward utilisation and intake through its effect on the rate at which forage mass changes occur.

Key words: Forage allowance, oat, annual ryegrass, barley, grazing, utilisation.

	CONTENIDO	Página
	INDICE DE CUADROS.....	vi
	INDICE DE FIGURAS.....	viii
1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1	PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO.....	5
2.1.1	Producción de leche en pastoreo.....	6
2.2	CULTIVOS INVERNALES.....	10
2.2.1	Avena, cebada y raigrás anual.....	10
2.2.2	Asociaciones.....	12
2.3	UTILIZACIÓN DE PRADERAS EN PASTOREO.....	14
2.4	ACTIVIDADES DE BOVINOS EN PASTOREO.....	17
2.5	CONSUMO DE FORRAJE EN PASTOREO.....	21
2.5.1	Comportamiento ingestivo en bovinos.....	22
2.6	FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO POR EL ANIMAL EN PASTOREO.....	27
2.6.1	Del animal.....	27
2.6.1.1	Raza.....	28
2.6.1.2	Edad y peso.....	28
2.6.1.3	Estado productivo y fisiológico.....	28
2.6.1.4	Experiencia.....	29
2.6.2	Factores de la pradera y del manejo del pastoreo.....	30
2.6.2.1	Masa de forraje.....	31

2.6.2.2	Estructura de la pradera y manejo del pastoreo.....	32
2.6.2.3	Composición botánica y morfológica.....	38
2.6.2.4	Calidad.....	39
2.6.2.5	Contaminación del forraje.....	40
2.6.3	Suplementación con concentrado y ensilado de maíz.....	40
2.7	HIPÓTESIS.....	45
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1	DURACIÓN Y LOCALIZACIÓN.....	46
3.2	PRADERAS.....	46
3.3	ANIMALES Y MANEJO.....	47
3.4	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	48
3.5	MANEJO DEL PASTOREO.....	49
3.6	DETERMINACIONES.....	49
3.6.1	Masa de forraje.....	49
3.6.1.1	Técnicas indirectas.....	50
3.6.1.2	Muestras de referencia.....	51
3.6.1.3	Estimación de masa de forraje ofrecido y residual.....	52
3.6.2	Muestras para determinación de composición botánica, morfológica y química del forraje ofrecido y residual.....	53
3.6.3	Variables calculadas con base en masa de forraje.....	53
3.6.3.1	Cálculo del área de pradera a asignar por tratamiento.....	53
3.6.3.2	Asignación diaria de forraje.....	54
3.6.3.3	Consumo.....	54
3.6.4	Carga animal.....	55

3.6.5	Comportamiento ingestivo.....	55
3.6.6	Evolución de la estructura de la pradera a través del periodo de ocupación.....	56
3.6.7	Composición botánica, morfológica y calidad del forraje.....	56
3.6.8	Producción de leche.....	57
3.7	MANEJO DE LOS DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	58
3.7.1	Técnicas indirectas de muestreo para estimar masa de forraje.....	58
3.7.2	Análisis de las variables de respuesta.....	59
3.7.2.1	Masa, composición botánica y morfológica total, y calidad del forraje residual, grado de defoliación , consumo, carga animal, producción de leche, actividades de pastoreo, y variables de comportamiento ingestivo.....	59
3.7.2.2	Variables de respuesta relacionadas con la evolución de la estructura de la pradera.....	60
3.7.2.3	Variables de respuesta relacionadas con el comportamiento ingestivo...	60
3.7.3	Modelos y análisis de regresión.....	61
4.	RESULTADOS.....	62
4.1	TÉCNICAS Y MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA MASA DE FORRAJE OFREICIDO Y RESIDUAL.....	63
4.2	VARIABLES MEDIDAS EN LA PRADERA.....	64
4.2.1	Forraje ofrecido.....	64
4.2.1.1	Masa de forraje ofrecido.....	64
4.2.1.2	Asignación efectiva.....	65
4.2.1.3	Estructura de la masa de forraje ofrecido.....	66
4.2.1.4	Calidad de la masa de forraje ofrecido.....	71
4.2.2	Forraje residual.....	73

4.2.2.1	Altura del residual, masa de forraje residual y grado de defoliación total.....	73
4.2.2.2	Composición botánica y morfológica de la masa de forraje residual....	75
4.2.2.3	Calidad de la masa de forraje residual.....	77
4.2.3	Forraje desaparecido.....	77
4.2.3.1	Composición botánica y morfológica del forraje desaparecido.....	77
4.3	EVOLUCIÓN DE LA MASA DE FORRAJE DURANTE LA PRIMERA HORA Y MEDIA DEL PERIODO DE OCUPACIÓN.....	80
4.3.1	Altura de la pradera y masa de forraje total.....	80
4.3.1.1	Masa de forraje por estratos.....	82
4.3.2	Composición botánica y morfológica de la masa de forraje.....	87
4.3.2.1	Masa de cada especie por estrato.....	90
4.3.2.2	Masa de hoja y tallo.....	92
4.3.3	Calidad de la masa de forraje.....	94
4.4.	VARIABLES MEDIDAS EN LOS ANIMALES.....	96
4.4.1	Actividades de las vacas en el área de pastoreo y confinamiento.....	96
4.4.2	Comportamiento ingestivo a través del período de ocupación.....	99
4.4.2.1	Evolución de los componentes del comportamiento ingestivo a través del periodo de ocupación.....	99
	Proporción del tiempo dedicado al pastoreo a través del período de ocupación.....	99
	Evolución de la tasa de bocado a través del período de ocupación.....	101
	Evolución del número de bocados a través del período de ocupación..	104
4.4.3	Componentes del comportamiento ingestivo por nivel de asignación.....	105
4.4.4	Consumo por las vacas.....	108

4.5	CARGA ANIMAL Y PRODUCCIÓN DE LECHE.....	111
5.	DISCUSIÓN.....	112
5.1	ESTIMACIONES DE MASA DE FORRAJE.....	112
5.2	CARACTERÍSTICAS DE LA MASA DE FORRAJE.....	112
5.3	EFFECTO DE LA ASIGNACIÓN.....	114
6.	CONCLUSIONES.....	118
7.	LITERATURA CITADA.....	120
8.	ANEXOS.....	131

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Asignación diaria de forraje ($\text{Kg MS } 100 \text{ Kg PV}^{-1}\text{d}^{-1}$) en función de ciclos y lotes de animales.....	48
Cuadro 2. Modelos empleados para la estimación de la masa de forraje ofrecido total, ofrecido $>5\text{cm}$ y residual de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada por vacas lecheras suplementadas.....	64
Cuadro 3. Masas de forraje ofrecido y asignaciones diarias de forraje efectivamente aplicadas en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	66
Cuadro 4. Composición botánica y morfológica en % de la masa total de forraje ofrecido de una asociación avena-cebada-raigrás pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones a partir de dos tipos de muestreos).....	67
Cuadro 5. Modelos para relacionar calidad (Y) con componentes botánicos (X) específicos en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	73
Cuadro 6. Calidad ($\text{g Kg } \text{MS}^{-1}$) de muestras de componentes morfológicos de una asociación avena-raigrás cebada.....	73
Cuadro 7. Altura medida con regla de pradera, masa de forraje residual, desaparecido y grado de defoliación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	74
Cuadro 8. Composición química de la masa de forraje residual de una asociación avena-cebada-raigrás pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	77
Cuadro 9. Masa de componentes botánico-morfológicos en el estrato 0-5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	88
Cuadro 10. Masa de componentes botánico-morfológicos en el estrato 5-10 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	89

Cuadro 11	Masa de componentes botánico-morfológicos en el estrato >10 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	90
Cuadro 12	Tiempo (min) dedicado a diferentes actividades por vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación.....	97
Cuadro 13	Proporción (%) del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo por vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación-avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación.....	100
Cuadro 14	Tasa de bocados (bocados min ⁻¹) por intervalos del período de ocupación de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación.....	103
Cuadro 15	Número de bocados en intervalos del período de ocupación de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación diaria de forraje.....	104
Cuadro 16	Número de bocados totales en diferentes períodos de tiempo de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación diaria de forraje.....	105
Cuadro 17	Componentes de comportamiento ingestivo de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación diaria de forraje.....	106
Cuadro 18	Consumos en Kg de MS 100 Kg PV ⁻¹ de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación.....	110
Cuadro 19	Carga animal y producción individual de leche diaria en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Etapas de la producción vegetal y animal en sistemas de pastoreo.....	14
Figura 2.	Densidad por estrato de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones).....	69
Figura 3.	Distribución vertical de la composición botánica y morfológica de una asociación avena-cebada-raigrás pastoreada a diferente asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones).....	70
Figura 4.	Calidad por estrato de la masa de forraje ofrecido de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	72
Figura 5.	Composición botánica y morfológica de la masa de forraje residual de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	76
Figura 6.	Tendencias en composición botánica y morfológica de la masa de forraje desaparecido en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	78
Figura 7.	Tendencias en calidad del forraje desaparecido de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	79
Figura 8.	Cambios en altura y masa total de forraje presente a través de la parte inicial del período de ocupación en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	80
Figura 9.	Cambios en la masa de forraje presente por encima de 5 cm y en el estrato 0-5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	82
Figura 10.	Cambios en la masa de forraje presente en los estratos >5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	84

Figura 11. Cambios en la densidad de forraje presente en los estratos > 5 cm a diferentes momentos de la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	86
Figura 12. Grado de utilización de componentes botánico morfológicos presentes por encima de 10 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada por vacas lecheras suplementadas (Promedio de las asignaciones 6.0 y 7.6 Kg MS 100 Kg PV ⁻¹ d ⁻¹	89
Figura 13. Cambios en la masa por especie presente en el estrato 0-5 cm y > 5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	91
Figura 14. Cambios en la masa de hoja y tallo presente en el estrato 0-5 cm y > 5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas.....	93
Figura 15. a) Calidad del forraje ofrecido y promedio por estrato de cuatro asignaciones y tres momentos al inicio del período de ocupación , de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas b)Calidad del forraje por encima de 10 cm a difernte grado de utilización de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de 4 asignaciones).....	95
Figura 16. Componentes del comportamiento ingestivo de vacas lecheras suplementadas pastoreando cultivo invernal avena-cebada-raigrás a diferente nivel de asignación.....	106

1. INTRODUCCION

El consumo de forraje por animales en pastoreo tiene un gran efecto sobre su desempeño productivo (Poppi *et al.*, 1987, Ungar, 1996) y depende principalmente de la cantidad diaria de forraje disponible a la que tiene acceso el animal (Sheath y Clarck, 1996). El consumo de forraje podría ser el criterio más apropiado sobre el cual se deberían basar muchas decisiones de manejo en el corto plazo (como el manejo del pastoreo) dentro de un período o estación (Ungar, 1996; Sheath y Clarck, 1996). Las determinaciones de consumo pueden usarse para la toma de decisiones acerca de la carga animal, que está involucrada en el diseño de sistemas y las decisiones de manejo a largo plazo, y es un factor determinante de la producción animal por hectárea (Sheath y Clarck, 1996). La información sobre las relaciones entre carga y nivel de producción es requerida por productores y economistas (Burns *et al.*, 1989).

La información enfocada a establecer el intervalo de cargas animales apropiadas dentro de cualquier sistema enfrenta dificultades. Puesto que carga animal relaciona número de animales a unidades de superficie y no a la cantidad de forraje de calidad, los resultados presentan restricciones para su interpretación (Bransby, 1989) y su extrapolación podría ser limitada (Burns *et al.*, 1989). La cantidad de forraje puesta a disposición de los animales se describe comúnmente en términos de masa (masa de forraje en oferta), asignación diaria de forraje o masa de forraje remanente después del pastoreo (residual) (Poppi *et al.*, 1987).

Debe tenerse presente que no es posible maximizar el consumo por animal o el consumo por unidad de terreno y la producción animal por hectárea en el mismo sistema (Sheath y Clarck, 1996). Un mayor nivel de consumo por animal requiere de una baja eficiencia en

la utilización de la pastura. En el otro extremo a altos niveles de consumo por unidad de terreno, una alta proporción de los nutrientes consumidos podrían ser usados para cubrir los requerimientos de mantenimiento y por lo tanto no ser usados para producción (baja eficiencia de conversión) (Hodgson, 1990).

La relación entre tasa de consumo y disponibilidad del forraje podría definirse como una “respuesta funcional”. Se ha demostrado ampliamente que la forma de esta función es una curva. Sobre una base diaria, el consumo es limitado por los procesos postingestivos, por el tiempo de pastoreo y por la tasa de consumo durante la actividad de pastoreo. Dentro de periodos de pastoreo activo, la tasa de consumo es limitada por las propiedades morfológicas y espaciales de la vegetación (Ungar, 1996). Muchos atributos de la pastura se han usado para describirla en términos de su disponibilidad hacia los animales en pastoreo. Burns *et al.* (1989) enumeran dentro de estas: la altura de la pradera, la densidad del forraje, la masa por unidad de área y la composición botánica y morfológica.

Ungar (1996) en una revisión establece que aun a pesar de que algunos de estos atributos de las pasturas podrían correlacionarse bien con la tasa de consumo, debido a la complejidad del proceso de pastoreo, ninguno de ellos por sí mismo es una variable explicatoria adecuada. En el corto plazo, la tasa de consumo se considera como el producto del peso de cada bocado y la tasa de bocado. Ungar (1996) describe la complejidad de las relaciones funcionales entre tasa de consumo y estructura de la pradera (altura, densidad, madurez, morfología, resistencia). La estructura de la pradera determina el área y la profundidad de bocado, de las cuales depende el peso del bocado, a su vez el peso del bocado y la estructura de la pradera afectan la cantidad de

movimientos mandibulares masticatorios y movimientos de mandíbula compuestos que determinan la tasa de bocado.

De acuerdo a Ungar (1996) la respuesta funcional es una relación estática y es por lo tanto estrictamente instantánea. El que cada bocado tomado por el animal afecte la masa y modifique la estructura en un momento determinado no significa necesariamente que el peso del bocado o la tasa de consumo instantáneo deban cambiar con cada bocado. Mientras el animal selecciona bocados de áreas que no hayan sido defoliadas previamente el peso por bocado y la tasa de consumo pueden mantenerse. Sin embargo en algunos sistemas de pastoreo (rotacional o en franjas) el área disponible para el animal es cercana o aun menor que el área potencial de bocados diarios. Consecuentemente, las condiciones iniciales de la pradera no son representativas a las que el animal se enfrenta en un día y una respuesta funcional estática que intente predecir la tasa de consumo diaria no se podrá aplicar. Por esta razón, los estudios de consumo en este tipo de sistemas deben tratar de relacionar la tasa de consumo diario con la asignación de forraje. La asignación diaria de forraje no dice nada acerca de la estructura de la pradera y por lo tanto, las relaciones asignación-consumo no son muy generalizables. Podría asumirse que la asignación influye el consumo a través de sus efectos sobre la tasa a los que los animales defolian progresivamente horizontes sucesivos dentro del dosel de la pradera.

En tales sistemas de pastoreo, la respuesta de algunos componentes del comportamiento ingestivo (como peso de bocado o tiempo de pastoreo) podrían explicarse no solamente por la estructura de la pradera a la que el animal se enfrenta en un determinado momento, sino también por otro tipo de factores (inducidos por manejo) . Con pastoreo en franjas, Hodgson y Jamieson (1979b) encontraron que el peso de bocado al inicio de

una sesión de pastoreo fue mayor si la asignación de forraje y por lo tanto el área suministrada eran bajas. También con pastoreo en franjas Le Du *et al.* (1979) encontraron que a bajas asignaciones los animales abandonaron cualquier intento por pastorear próximo al nivel del suelo, esperando la apertura de la siguiente franja. La distribución de los períodos de actividad de pastoreo podrían ser afectados por la forma (en término de áreas y tiempos de pastoreo permitidos) en que se ofrece el forraje a los animales (Hodgson, 1990). Las tasas de consumo a través del día podrían no ser las mismas con pastoreo en franjas (Barret *et al.*, 2000) que con pastoreo continuo (Gibb *et al.*, 1997).

La alimentación suplementaria es otro factor que afecta la relación entre el suministro de forraje y el consumo. La reducción del consumo de la pradera pastoreada cuando los animales son suplementados se conoce como tasa de sustitución. Como lo muestran Krysl y Hess (1993) en su revisión, aun a pesar de que este efecto involucra principalmente una reducción en el tiempo de pastoreo, la alimentación suplementaria podría afectar también otros componentes del comportamiento ingestivo. La asignación de forraje ejerce una mayor influencia sobre la tasa de sustitución (Dixon y Stockdale, 1999).

En México es poca la información disponible sobre la utilización de cultivos invernales asociados en pastoreo con vacas lecheras, representando una limitante importante para el diseño y manejo de sistemas en que se vea involucrado este recurso. Este experimento tiene el propósito de evaluar el efecto de diferentes asignaciones diarias de forraje sobre la utilización del cultivo invernal avena-raigras-cebada, el consumo y el comportamiento ingestivo de vacas recibiendo ensilado de maíz y concentrado como alimentos suplementarios.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO

La producción de leche en México ha presentado tendencias al crecimiento, sin embargo sus volúmenes no han sido suficientes para satisfacer la demanda interna que ha presentado un marcado crecimiento a partir de la década de los años sesenta (Améndola *et al.* 2000); esta situación ha requerido que la actividad se considere prioritaria.

La producción de leche entre 1972 y 1984 presentó un crecimiento relativamente constante; la participación de leche en polvo importada en el consumo nacional aparente durante los años setenta había sido menos del 10%, lo que permitió el crecimiento sostenido de la producción nacional; sin embargo, a partir de 1980 se nota un escalamiento en la participación de leche importada y una desaceleración de la producción nacional (SAGAR, 2000a), esta situación se presenta por la implementación de dos medidas gubernamentales para proteger el consumo del producto en los sectores de menor ingreso: a) la aplicación de subsidios al consumo a través de grandes importaciones del producto y b) la regulación de precios sin considerar los costos de producción.

Con el objeto de modernizar el marco comercial, en 1989 el esquema de precio controlado es cambiado por un esquema de precio flexible. Durante el período 1990-1998, la producción presentó una tasa de crecimiento media anual del 3.9%, lo que muestra que su evolución general ha sido positiva. En 1999 la producción fue de 8,887 millones de litros (SAGAR, 2000b). En 1990 las importaciones de leche en polvo representaban el 46% en relación al volumen de producción; sin embargo en 1998 representaron únicamente el 15.8%. (SAGAR, 2000a).

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, en sistemas que van desde el tecnificado hasta los de subsistencia en una misma región, distinguiéndose de forma general cuatro sistemas: el especializado, el semiespecializado, el de doble propósito y el familiar o de traspatio (SAGAR, 2000a). El sistema de producción especializado fue el que se contrajo menos a finales de los años ochenta y aportó la mayor parte del crecimiento de los años noventa (50%), probablemente por el alto grado de integración y la reducción de los precios de los componentes más importantes de la dieta del ganado. En ese mismo período el crecimiento de los sistemas semiespecializado y familiar fue mucho menor que el del especializado (30%), sin que la mano de obra familiar constituya una ventaja comparativa de estos sistemas. El doble propósito que se consideraba el más competitivo y de mayor potencial, redujo su participación en la producción nacional en un 20% (SAGAR, 2000a ; Améndola *et al.* 2000).

2.1.1 Producción de leche en pastoreo

Para el productor el mayor incentivo para incrementar la producción es el margen de ganancia obtenido, el crecimiento de esta actividad en nuestro país en términos de producción durante los últimos 15 años se puede explicar en 84% en función del precio internacional de la leche en polvo deshidratada (Améndola *et al.* 2000), y es claro que con la apertura de mercados el precio internacional va a tener mayor impacto ante la presencia de una mayor competencia.

El mayor reto es enfrentar la competencia con bajos costos de producción, cabe señalar que los costos de alimentación en el sistema de producción especializado - sobre el que se ha basado mayormente el crecimiento de la actividad durante los años noventa- son del mismo orden que el precio pagado al productor en otros países (Améndola *et al.* 2000) siendo necesaria una reducción en éstos de forma tal que permitan ser competitivo. Países como Estados Unidos, -en donde la producción de leche ha dependido en gran medida de los subsidios, bajos precios en granos y sus sistemas de producción con alto grado de insumos son modelos del sistema especializado en México- han mostrado una tendencia a reducir costos, teniendo como alternativa más viable la máxima utilización de forrajes en la alimentación de las vacas (Cherney y Mertens, 1998).

A nivel de los grandes productores mundiales Australia y Nueva Zelanda presentan precios de producción muy inferiores al precio medio de producción del litro de leche en los Estados Unidos, con base a estudios de la organización de Cooperación y Desarrollo Económico. Estos dos países también poseen un precio de venta promedio sensiblemente inferior al que reciben los productores de la Comunidad Europea. El equivalente en subsidio a la producción (ESP) por tonelada de leche en la Comunidad Europea y Estados Unidos representa un porcentaje elevado del valor de la producción. Nueva Zelanda tiene un ESP relativo muy bajo (en % del valor de la producción), al cual se le agrega un precio de producción muy bajo (Mayorga, 1996). Es importante destacar que los sistemas de producción de leche en Nueva Zelanda están basados en el pastoreo de praderas con un bajo uso de insumos alimenticios o suplementos (Hodgson, 1996a). Los productores neozelandeses han adquirido su renombre por el manejo que

hacen de las praderas; sus habilidades administrativas, aunados a condiciones climáticas y de suelo favorables, así como a la adopción de tecnologías que les permiten ahorrar en mano de obra, los ha habilitado para mantener la rentabilidad de sus sistemas de producción, a costa de reducciones en las ganancias reales (Parker, 1996 b).

La producción de leche en sistemas de pastoreo tiene potencial en nuestro país. El sistema de doble propósito en regiones tropicales caracterizado por su baja adopción tecnológica y nivel extensivo representa un potencial enorme para producción de leche mediante el uso de tecnología apropiada, un aspecto importante a mejorar en este sistema es el manejo de praderas (Carrizales, 1997). La producción de leche en pastoreo en las zonas templadas ofrece una opción más sustentable que los sistemas tradicionales de lechería especializada y familiar en México, debido a su mayor factibilidad económica, uso más eficiente de los recursos, reducción de los efectos negativos sobre el medio ambiente y mejoras en la salud animal (Améndola, 1997). Sin embargo, este tipo de sistemas son relativamente nuevos en nuestro país y el paquete que hasta el momento se ha difundido es aún muy incompleto y carece de definición en aspectos de capital importancia. La eficiencia de la producción de leche en pastoreo en clima templado en los países del hemisferio sur fue la referencia para intentar desarrollar sistemas de ese tipo en México. A comienzo de los años noventa FIRA empezó a difundir un paquete tecnológico basado en experiencias de instituciones como INIFAP, UACh y el mismo FIRA. En 1997 en Chapingo se inició un proyecto con el objetivo de resolver las principales limitaciones y convertirlo en una opción sustentable para solucionar la crisis de rentabilidad, y a través de la investigación proponer soluciones para los principales problemas que limitan su eficiencia (Améndola, 1997).

Sánchez *et al.* (1996) en una revisión de los trabajos de investigación realizados sobre pastoreo de la asociación alfalfa-ovillo, en la región de Chapingo, Estado de México, resalta estacionalidad en la producción, reflejado en las tasas de acumulación con valores máximos en verano y otoño y mínimos en invierno (78.1 y 42.2 Kg MS ha⁻¹ día⁻¹ respectivamente) determinado por las variaciones en los factores climáticos, siendo la producción forrajera 65% mayor en verano que en invierno. Los valores de masa de forraje ofrecido, máximo y mínimo son de 4,985 y 2,467 Kg MS ha⁻¹ para los meses de julio y enero respectivamente, por lo que los autores estiman que conservando la asignación diaria de forraje a un nivel constante de 8 Kg MS 100 KgPV⁻¹ d⁻¹ la carga animal debería presentar variaciones a través del año, siendo mayor en julio con 3.4 U.A. ha⁻¹ y menor en enero con 1.6 U.A. ha⁻¹.

Las unidades productivas basadas en el pastoreo son entidades complejas y dinámicas que incluyen componentes biofísicos, sociales y financieros (Parker, 1996a). Un manejo exitoso de pasturas debe balancear los requerimientos de los animales con las fluctuaciones estacionales y anuales en la producción de la pastura. El manejo de la calidad y cantidad de la pastura llega a ser más crítica conforme se incrementa la variación en la producción y la intensificación de la explotación. La variación acentúa los déficit y excesos de pastura y mayores cargas animales hacen al sistema más sensible a tales variaciones (Sheath *et al.*, 1987). Esto indica una limitante para sistemas de producción de leche en pastoreo, en el que se tenga como objetivo producir leche fluida a través de todo el año, una alternativa propuesta para superar este problema ha sido incluir en el sistema la rotación de las praderas perennes con cultivos invernales. El problema de la estacionalidad es generalizado en el país, teniéndose los mayores valores

de producción de leche en los meses de agosto y septiembre y los más bajos en enero-febrero (Sagar, 2000); aunque la tendencia es a cada vez menor estacionalidad ya que la tasa relativa de crecimiento de la producción es mucho mayor en los meses de invierno que en los de verano (SAGAR, 2000a).

2.2 CULTIVOS INVERNALES

Se denomina cultivo invernal a praderas temporales que cumplen exitosamente la misión de reforzar las necesidades de forraje en las épocas críticas, cuando las especies perennes disminuyen su productividad. Son de fácil instalación y manejo y constituyen de por sí una cosecha de alta productividad en un período corto de tiempo. Sus costos de instalación son superiores a los de las praderas permanentes, desde que éstas son amortizadas de acuerdo a su longevidad, por lo que para ser realmente rentables deben ofrecer altos rendimientos de forraje de calidad en las épocas críticas (Carámbula, 1977). En nuestro país se reporta su uso en varias regiones (La Laguna, Estado de México, Sonora, Nuevo León, Michoacán, Chihuahua), en algunas en sistemas de producción de leche y en otras para engorda de bovinos, usados en corte o por pastoreo (Farias, 1983; Hernández y Eguiarte, 1992; García *et al.*, 1994; Osio, 1983; Esqueda *et al.*, 1995).

2.2.1 Avena, cebada y raigrás anual

La avena forrajera (*Avena sativa* L.) es de alta precocidad, rusticidad y rendimiento (Farias, 1983). Las temperaturas mínimas, máximas y óptimas para esta especie son 4-5, 31-37, y 25-31 °C respectivamente, requiriendo de por lo menos 800 mm de agua para

su desarrollo (SEP, 1982). Las fechas de siembra en la región de La Laguna son del 15 de septiembre al 31 de octubre, preparándose el terreno con barbecho, rastra y cruzado, y una fertilización a la siembra de 90 unidades de nitrógeno y 100 de fósforo (Farias, 1983).

Sáenz (1978) observó mayor rendimiento de materia seca digestible y proteína en avena que centeno, cebada y triticale en el estado de Nuevo León.

Esqueda *et al.* (1995) evaluaron la producción de seis variedades de avena en 3 fechas de siembra (31 de agosto, 14 de septiembre, y 18 de septiembre) en el Valle de Juárez, Chihuahua, reportando como la variedad más rendidora a la Coker con un rendimiento promedio de 12 ton. de MS ha⁻¹ de octubre a mayo. El máximo rendimiento de todas las variedades se obtuvo en primavera, siendo afectada la producción por las bajas temperaturas en invierno. La fecha de siembra no tuvo un fuerte efecto sobre la producción acumulada de forraje. En todas las variedades los contenidos de proteína cruda fluctuaron de 32-15%, y los de digestibilidad de 65-90% de otoño a primavera respectivamente.

Morales (1995) evaluó las variedades de avena Coker, Calibre y Saia en Chapingo, México en período invernal y con pastoreo a una asignación de 8% con vaquillas. Coker resultó la más precoz y productiva de las tres, con una mejor capacidad de rebrote, y con valores de forraje ofrecido de 4,200 Kg MS ha⁻¹.

La Cebada (*Hordeum vulgare* L) tiene un mayor intervalo de adaptación a temperatura, siendo las mínimas, máximas y óptima de 3-4, 40-50 y 28-40° C respectivamente (SEP, 1982). En una evaluación de 4 variedades de cebada forrajera en Nuevo León en ciclo invernal, se reportan rendimientos de materia seca de 6.9, 6.3, 5.5, y 4.7 toneladas de

MS por hectárea para las variedades Puebla, Celaya, Cerro Prieto y Centinela, respectivamente. El rendimiento de materia seca estuvo directamente relacionado con el rendimiento medio de tallos y hojas y negativamente con el de espigas (Flores, 1977).

El raigrás anual, o ballico italiano (*Lolium multiflorum* L.) es conocido por su buena productividad y calidad. Su cultivo permite dar una solución a la escasez de pasto temporal, particularmente al inicio y final del invierno, dentro de sus principales características se pueden mencionar su fácil implantación, crecimiento rápido, adaptación a gran variedad de suelos, baja tolerancia a sequía, capacidad de crecimiento con bajas temperaturas, fácil explotación y elevada calidad. Originalmente esta especie es diploide, aunque se han desarrollado variedades tetraploides (Delgado, 1983). Raigras anual y perenne en el norte del país detienen su crecimiento cuando la temperatura media fluctúa entre los 25-30 °C (Lizárraga, *et al.*, 1981). Los días efectivos de pastoreo del ballico en el norte del país son 150 (Aguayo *et al.*, 1976). Flores *et al.* (1992) en el sur de Sonora obtuvieron rendimientos con ballico anual de 15 a 16 ton. de MS ha⁻¹. La fecha de siembra no afectó considerablemente la producción por hectárea y el contenido de proteína cruda fue mayor en fechas tardías.

2.2.2 Asociaciones

La asociación avena-raigras permite obtener altos rendimientos tempranos de avena y altos rendimientos de ballico distribuidos durante el ciclo invernal (Farias, 1983).

Osio (1983) en Apodaca, N.L. obtuvo una mayor ganancia de peso individual, mayor rendimiento por hectárea y un mejor rebrote (dado por el ballico) con la mezcla NKGM

(avena, cebada, trigo y raigras anual) en pastoreo rotacional con suplementación en comparación con avena sola. Garza (1996) no encontró diferencia en la ganancia de peso de becerros en Mina, N.L. en praderas de raigras anual en monocultivo, y asociado con trébol Huban. Lizárraga *et al.* (1980) en el estado de Sonora variando las proporciones de cebada y raigras en asociación, encontraron que al manejar 100% de cebada se obtiene un mayor rendimiento al primer corte por un rápido desarrollo de la cebada, pudiendo hacerse una utilización más pronta, sin embargo la cebada declina su rendimiento en cortes posteriores. La mayor velocidad de crecimiento inicial de la cebada permite una producción de forraje más precoz o temprana si se compara con ballico; sin embargo su producción declina en mayor proporción a medida que avanza la temporada de crecimiento y aumenta la temperatura ambiental. El raigras anual es capaz de crecer mejor con temperaturas relativamente altas, por lo que se prolonga su utilización durante la primavera. Al utilizar la mezcla en proporción 50-50 se acortan los días al primer corte, incrementando en esta forma el ciclo productivo de la pradera. De acuerdo con el número de cortes efectuados, la utilización de mezclas de ballico-cebada ofrece la posibilidad de alcanzar cerca de 200 días de pastoreo en el ciclo invernal.

De los trabajos realizados en Chapingo, México, García *et al.*, 1994 observaron producciones netas mayores en dos especies de avena solas y combinadas con dos variedades de raigras anual, que las reportadas por Sánchez *et al.* (1996) en praderas de alfalfa-ovillo, reportando una producción media general de esas forrajeras de 10.7 ton MS ha⁻¹ en un período de 184 días. Améndola y Morales (1997) reportan mayores rendimientos de forraje de la asociación avena-raigras sobre los respectivos

monocultivos. Cortez (1998) comparó praderas de alfalfa-ovillo y cultivo invernial de avena- raigras con dominancia de cebada no sembrada (que determinó una baja cantidad de hoja y digestibilidad de la asociación), en pastoreo con vacas lecheras, y no encontró diferencias en carga promedio y producción diaria de leche por hectárea entre los dos tipos de recurso forrajero. Martínez (1999) reporta rendimientos superiores de materia seca en cultivo invernial comparada con praderas alfalfa-ovillo, lo que significó en un aporte de dos terceras partes de la producción neta de forraje en invierno, mostrando además mejores características de utilización.

2.3 UTILIZACIÓN DE PRADERAS EN PASTOREO

El proceso fundamental en todo sistema de producción de alimentos es la captura de la energía solar y el suministro de nutrientes del suelo para la producción de tejido vegetal. Las plantas deben ser consumidas por los animales y convertidos en producto animal útil (Figura 1). Cada una de estas etapas tiene su propia eficiencia la cual puede ser influenciada por el manejo, y en conjunto estas eficiencias determinan el nivel de la producción lograda (Hodgson, 1990).

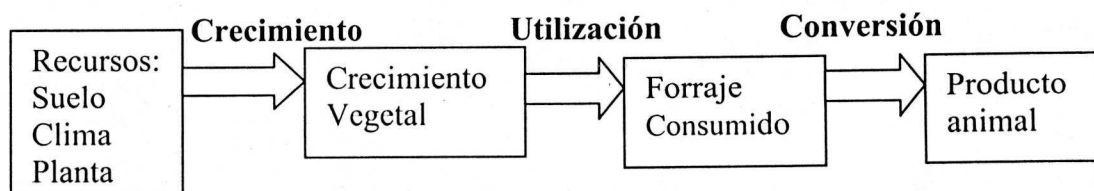


Figura 1. Etapas de la producción vegetal y animal en sistemas de pastoreo (Adaptado de Hodgson, 1990)

Manejar adecuadamente un sistema de pastoreo en su conjunto requiere un claro entendimiento de la pastura, su disponibilidad, y la respuesta animal a disponibilidades cambiantes de pastura para lograr consumos y desempeño animal adecuado (Sheath *et al.*, 1987).

La eficiencia de pastoreo se puede definir de dos formas, como el forraje consumido en cada defoliación expresado como la proporción de la masa de forraje originalmente presente o como el forraje consumido expresado como una proporción de la acumulación de forraje sobre el mismo período de tiempo, ya sea para una sola defoliación o una serie de estas. Para una sola defoliación o pastoreo, la primera definición es sinónimo de grado de defoliación (Hodgson, 1979). La eficiencia de utilización de forraje se incrementa conforme el consumo por unidad de área -producto del consumo por animal y el número de animales por unidad de área- se incrementa (Hodgson, 1990). En cultivos invernales donde el costo de producción del forraje es relativamente mayor al de praderas perennes se debe buscar una alta utilización evitando altos niveles de desperdicio (Hedges *et al.*, 1973).

La eficiencia de conversión de forraje ingerido a producto animal aumenta progresivamente conforme el consumo por animal aumenta (Hodgson, 1990; Phillips, 1988). El consumo de forraje individual y el consumo por unidad de área están inversamente relacionados, al menos hasta niveles de utilización que no afecten negativamente la tasa de crecimiento del forraje. Esto significa que las eficiencias de los procesos de utilización y conversión a producto animal están probablemente inversamente relacionados (Hodgson, 1990).

El enlace entre los componentes animal y de la pradera de un sistema de pastoreo es la presión de pastoreo definida como el número de animales entre la cantidad de forraje disponible por unidad de superficie (Leaver, 1983). Este término está directamente relacionada con la carga animal, que es la misma expresión pero considerando un período de tiempo sustancial determinado como una estación de pastoreo o un año (Hodgson, 1990). La presión de pastoreo es probablemente el factor más importante que controla la producción de leche a partir del forraje. Una desventaja del empleo de la carga animal es que sólo relaciona el número de animales con la superficie, sin considerar la cantidad o la producción de forraje en esa superficie. Un buen indicador del balance entre la demanda y el suministro del forraje es la asignación, cantidad de forraje por unidad de peso vivo animal. La presión de pastoreo y la asignación son variables inversamente relacionadas (Hodgson, 1990).

Al incrementar la carga animal en praderas templadas, aumenta la utilización y salida de energía metabólica utilizable por hectárea (Phillips, 1988). La carga animal se relaciona inversamente con el consumo y el desempeño animal (Leaver, 1983; Hodgson, 1990).

La producción por hectárea declina a la misma tasa a ambos lados del pico máximo de producción por hectárea, una baja producción por hectárea puede ser el resultado de una baja eficiencia de utilización del forraje a cargas bajas, o por otro lado, una consecuencia de una baja eficiencia de conversión del alimento debido a un pobre desempeño animal con cargas altas. En vacas lecheras estas relaciones pueden no ser tan definidas debido a que estas pueden hacer uso de sus reservas corporales para amortiguar los efectos de incrementar la carga (Leaver, 1983; Hodgson, 1990).

2.4 ACTIVIDADES DE BOVINOS EN PASTOREO

Desde el punto de vista de etología animal las principales actividades diarias de bovinos en praderas son pastoreo, rumia y descanso, las últimas incluyen también cualquier requerimiento social (Coleman *et al.*, 1989; Houpt, 1991; Phillips, 1993).

La fracción del día dedicada a cada categoría depende de las características de la pradera, condiciones climáticas, estado del animal y manejo del pastoreo (Coleman *et al.*, 1989; Arnold y Dudzinski, 1979; Kilgour y Dalton, 1984).

El ganado bovino es esencialmente diurno, la mayor parte de la actividad del pastoreo es durante el día, por períodos y de forma grupal (Hodgson, 1990; Houpt, 1991). Los períodos de pastoreo pueden variar durante el día; sin embargo se distinguen los dos más importantes y bien definidos por su duración e intensidad, uno alrededor del amanecer y el otro durante la última parte de la tarde alrededor de la puesta de sol (Hafez y Bouissou, 1975; Kilgour y Dalton, 1984; Hodgson, 1990; Houpt, 1991). Otros períodos menos definidos, más cortos y de menor intensidad podrían presentarse durante otros momentos del día y durante la noche, la presentación y duración de éstos podría estar influenciado por algunos factores climáticos y la presión de pastoreo (Hafez y Bouissou, 1975; Arnold y Dudzinski, 1979; Phillips, 1993). Las vacas en producción tienen típicamente cinco períodos por día, vacas con menores requerimientos en relación a su peso tienen períodos de comida más cortos (Phillips, 1993).

El ganado trata de distribuir sus comidas durante las horas de luz, sin embargo cuando los requerimientos son altos como en vacas lecheras o la duración del día es corta es muy probable la presentación de períodos de pastoreo nocturnos (Arnold y Dudzinski, 1979; Phillips, 1993). El tiempo dedicado a pastoreo nocturno puede incrementarse con los requerimientos nutricionales de los animales, con la presión de pastoreo, con

reducciones en la duración del día o durante épocas calurosas (Kilgour y Dalton, 1984; Houpt, 1991; Phillips, 1993), y puede reducirse por la suplementación (Houpt, 1991). La proporción de pastoreo nocturno está significativamente relacionada con el tiempo total de pastoreo, negativamente con la latitud y duración del día, siendo este último el más importante. Generalmente en latitudes mayores a 35° los periodos entre pastoreo disminuyen conforme los días se hacen más cortos, hasta encontrar animales que durante el invierno sólo pastorean en el día (Arnold y Dudzinski, 1979).

Cada hato opera bajo sus propias “reglas”, por lo general las vacas actúan al unísono en sus patrones de pastoreo (Kilgour y Dalton, 1984). Sin embargo el patrón de comportamiento de pastoreo de cada miembro del hato es relativamente estereotipado (Hafez y Boiussou, 1975), y se pueden presentar periodos del día cuando todos los animales en un rebaño o hato estarán pastoreando y otros periodos cuando solamente parte del rebaño lo haga (Arnold y Dudzinski, 1979).

El tiempo dedicado a pastoreo por bovinos en regiones templadas es bastante amplio y va desde valores mínimos observados de 4 hasta más de 13 horas, siendo más común un intervalo de 5-9 horas diarias (Hafez y Bouissou, 1975; Kilgour y Dalton, 1984; Poppi *et al.*, 1987; Coleman *et al.* 1989; Holmes, 1989; Hodgson, 1990; Houpt, 1991; Phillips, 1993).

El tiempo de pastoreo varía significativamente entre días, con menor variación entre días consecutivos que entre días separados (Hafez y Bouissou, 1975). El tiempo de pastoreo se incrementa con la edad del animal hasta alcanzar el tamaño adulto en que se estabiliza. Grupos de animales cuyos tiempos de pastoreo potenciales difieren podrían interactuar socialmente si pastorean juntos, con el resultado de que los tiempos de pastoreo potenciales serían modificados. A este fenómeno se le llama facilitación social

(Arnold y Dudzinski, 1979), siendo fuerte en bovinos (Haupt, 1991). Este fenómeno puede operar, por ejemplo, después de un período de rumia y descanso, el hato podría ser estimulado a reiniciar el pastoreo al copiar a la primera vaca que inicia el pastoreo, el nivel de producción de hato podría así estar controlado si la primera vaca en reiniciar la actividad de pastoreo es baja o alta productora. Una solución práctica es dividir el hato con base en su nivel de producción (Kilgour y Dalton, 1984). Con pastoreo rotacional donde el área es pequeña podría haber menos espacio por animal e incrementar la interacción social, pero esto no parece afectar grandemente la producción (Phillips, 1993).

Los principales factores ambientales que afectan el desempeño de vacas lecheras son el clima y la duración del fotoperíodo. En condiciones frías, húmedas y con viento el tiempo de pastoreo y por lo tanto las tasas de consumo se reducen. Conforme el fotoperíodo se hace más cortos, se puede reducir el tiempo de pastoreo (Leaver, 1983). Después de una sesión o período de pastoreo el rumiante se retira a un lugar seguro para rumiar. La rumia no es un proceso continuo, al igual que el pastoreo se realiza por períodos (Phillips, 1993).

No hay distinción del patrón diurno de rumia como en el pastoreo, ya que es grandemente influenciado por el patrón de este último; puesto que relativamente poco pastoreo se lleva a cabo en la noche, mucha de la rumia se lleva a cabo entonces (Arnold y Dudzinski, 1979). La mayor parte de la rumia (62-83%) se lleva a cabo estando el animal echado (Arnold y Dudzinski, 1979).

El número de períodos de rumia reportados va desde 8 (Phillips, 1993), hasta 20 (Kilgour y Dalton, 1984), la longitud de los períodos de rumia pueden variar desde uno hasta cien minutos cada uno (Arnold y Dudzinski, 1979), con un promedio de 34 -45

min (Kilgour y Dalton, 1984; Phillips, 1993) con un patrón regular de masticación, normalmente entre 60-70 bocados por minuto y bajo control voluntario (Phillips, 1993). El tiempo de rumia invertido en cada bolo es de alrededor de un minuto (Kilgour y Dalton, 1984), la madurez del forraje puede afectar el número de masticaciones por cada bolo (Arnold y Dudzinski, 1979).

El tiempo dedicado a rumiar puede variar en un intervalo de 1.5 a 10.5 horas por día (Arnold y Dudzinski, 1979), con valores más frecuentes entre 5 y 9 horas (Arnold y Dudzinski, 1979; Phillips, 1993). Un mayor consumo de forraje implica a su vez un mayor tiempo dedicado a la rumia y menor al reposo (Gibb *et al.*, 1999). El alimento suplementario podría reducir el tiempo de rumia, los concentrados generalmente lo reducen (Arnold y Dudzinski, 1979; Kilgour y Dalton, 1984).

El reposo ocupa alrededor de la mitad del día de una vaca, cuando se le quita la oportunidad de reposar lo compensará con un mayor tiempo cuando tenga posibilidad de hacerlo, este comportamiento compensatorio indica la necesidad de descanso, de hecho, cuando se le priva tanto de descansar como de comer, el ganado descansa más tiempo que el que come cuando se le da oportunidad de hacerlo (Houpt, 1991). La media mañana y media tarde son tiempos de reposo, una hora después de la puesta de sol la mayoría del ganado está echado, aunque generalmente se levanta a pastorear en la noche (Houpt, 1991). El tiempo dedicado a reposo (parado sin hacer nada) varía enormemente entre animales. En áreas pequeñas las actividades de las vacas difieren de la de áreas grandes donde los animales pueden caminar más por curiosidad. Es generalmente aceptado que una vaca adulta duerme muy poco, una pose típica de dormir es cuando una vaca está echada con sus cuatro patas pegadas al cuerpo debajo de ella, la barbilla reposando en el suelo y la cabeza vuelta hacia su parte trasera. Si el animal no está

cómodo no puede dormir (Kilgour y Dalton, 1984). Los sitios escogidos para descanso están influidos por el ambiente físico, clima y en donde los animales han pastoreado, pudiendo ser elegidos por que proporcionen comodidad del frío o calor, la mayor parte del reposo (67-83%) lo efectúan echados (Arnold y Dudzinski, 1979).

El ganado consume agua de 2 a 4 veces al día durante verano y sólo una o dos veces al día en invierno (Houpt, 1991; Holmes 1989) y puede depender de la temperatura, la alimentación y la resistencia (sed) del ganado (Phillips, 1993). El agua es bebida entre períodos de pastoreo y frecuentemente en el área de preordeña (Kilgour y Dalton, 1984). Las vacas lecheras excretan sus heces de 8 a 14 veces al día, la mitad en la noche, 10-15 % durante la rutina de ordeña y el resto durante del pastoreo diurno. Los animales generalmente orinan 4-12 veces al día (Holmes, 1989).

2.5 CONSUMO DE FORRAJE EN PASTOREO

Las variaciones en el consumo de forraje por rumiantes en pastoreo tienen una gran influencia sobre el desempeño animal (Poppi *et al.*, 1987; Coleman *et al.*, 1989). Muchos factores influyen el consumo y se pueden clasificar como nutricionales y no nutricionales. La relación entre consumo y disponibilidad de forraje para un animal es curvilínea, distinguiéndose dos secciones de la curva, en su parte ascendente la capacidad del animal para cosechar la pastura (factores no nutricionales) parecen ser los más importantes en limitar consumo. En su sección asintótica los factores nutricionales como digestibilidad, tiempo de permanencia del alimento en el rumen y concentración de productos metabólicos parecen ser importantes (Poppi *et al.*, 1987). Hodgson (1990) plantea que el consumo es influido por tres factores principales: El

impulso de comer, que refleja la demanda actual del animal por nutrientes, principalmente energía; la sensación de saciedad física, que es función del grado de distensión del tracto digestivo; y las restricciones de comportamiento que limitan la tasa de consumo potencial y que podría estar relacionado tanto a características de la pradera como del animal; pudiendo considerarse en términos del balance entre los efectos metabólicos, físicos y de los controles de conducta, todos los cuales podrían ser influidos por un conjunto de variables de la planta y el animal (Hodgson, 1985).

Chilibroste *et al.* (1997) señalan que el llenado de rumen no es el principal factor que determine el final de una sesión de alimentación en pastoreo. El inicio y término de una sesión de alimentación del animal no es respuesta de una sola señal o factor, sino de una combinación de varias.

2.5.1 Comportamiento ingestivo en bovinos

El modelo mecánico explica el consumo de forraje en pastoreo a través de las variables más importantes del comportamiento ingestivo, de acuerdo a este modelo el consumo por día es el producto del consumo por cada bocado y el número total de bocados tomados en un día; el número total de bocados es el producto de la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo total, o bien el consumo puede ser determinado del tiempo de pastoreo multiplicado por la tasa de consumo, la cual es el producto del consumo por bocado y tasa de bocado (Hodgson, 1985; Poppi *et al.*, 1987; Coleman *et al.*, 1989; Phillips, 1993; Ungar, 1996).

El consumo por bocado es sinónimo de tamaño de bocado o masa de bocado y constituye la respuesta primaria y más importante del animal a las condiciones de la pradera, mide la habilidad del animal para cosechar y ejerce una gran influencia sobre

desempeño animal (Chacón y Stobbs, 1976; Chacón *et al.*, 1978; Leaver, 1983; Hodgson, 1985; Hodgson, 1996b).

El bocado es definido como una serie de movimientos de la cabeza y parte de la boca que precede e incluye el corte, arrancado y llevado del forraje hacia la boca, los componentes de conducta asociados a la toma de bocado son la búsqueda y manipulación. La búsqueda incluye el movimiento del animal a través de su ambiente de pastoreo y todos los procesos de conocimiento y sensoriales vinculados con la decisión de tomar un bocado en un sitio determinado de la pradera (Ungar, 1996). La manipulación del bocado comprende los movimientos de la cabeza y parte de la boca para reunir o coleccionar forraje, el arrancado, masticado y tragado del mismo (Ungar, 1996). Para tomar un bocado se requiere de movimientos de mandíbula, un barrido de lengua más allá de la abertura de la boca para coleccionar el forraje hacia la boca y movimientos para el aseguramiento del forraje. Los movimientos de cabeza son para alcanzar nuevos sitios de bocado y para arrancar el forraje coleccionado (Ungar, 1996).

El barrido de lengua es un mecanismo extremadamente importante para aumentar el área efectiva por bocado en el ganado. La efectividad potencial de la lengua depende primeramente de la altura a la que el forraje está siendo pastoreado. Las unidades estructurales de la planta fuera del área cubierta por la abertura de la boca pero dentro del desplazamiento de la lengua pueden ser pastoreados si su longitud es suficiente para alcanzar la boca del animal. Características del forraje como dureza y diferenciación vertical modificarán la respuesta y por lo tanto la efectividad del barrido de lengua. La lengua no es usada indiscriminadamente; la amplitud del barrido de lengua aumenta con la altura de la pradera y el número de barridos de lengua por bocado disminuye con la

densidad de la pradera. La lengua podría ser importante también en el aseguramiento del forraje en la boca durante el arrancado (Laca *et al.*, 1992; Ungar, 1996).

Una vez que el animal ha colectado el forraje en su boca lo comprime contra el rodete dentario y lo arranca con un tirón de la cabeza hacia arriba cortándolo con ayuda de los incisivos bajos (Hodgson, 1985; Phillips, 1993; Ungar, 1996) esto se repite por lo general entre 30 y 70 veces por minuto. Asociado a los bocados de pastoreo hay movimientos de masticación ocasionados o movimientos de la lengua y labios para acomodar el forraje dentro de la boca (Phillips, 1993).

El tamaño de un bocado puede considerarse como un cierto volumen -producto del área y profundidad del bocado- aunque de manera más precisa sería el volumen equivalente del arreglo espacial de la pradera que es ocupada por el forraje ingerido (Poppi *et al.*, 1987; Hodgson, 1990; Ungar, 1996; Phillips, 1993). La caracterización más simple del volumen del bocado podría ser un cilindro de área y profundidad superficial definida, siendo el área definida por la anchura del paladar y la distancia entre el paladar y la lengua cuando la boca toca la pradera, y la profundidad, que podría estar ampliamente determinada por la altura de la pradera y otros factores (Phillips, 1993; Ungar, 1996). El área de bocado podría verse también como el área total de unidades estructurales de la planta pastoreadas a cierto nivel dividido entre el número total de bocados tomados y la profundidad como la diferencia entre las alturas medias inicial y residual de las mismas unidades estructurales de la planta (Ungar, 1996).

No todos los componentes de conducta son mutuamente excluyentes, por ejemplo un animal puede masticar y caminar (búsqueda) al mismo tiempo. Si el animal está pastoreando una pradera abundante de alta calidad, la búsqueda podría no limitar el proceso de pastoreo durante períodos de pastoreo activo y la ecuación de consumo se

reduce a la relación entre el peso por bocado y el tiempo de manipulación. Lo último está ligado inextricablemente, a simple vista, por una relación positiva entre el tiempo de masticado y el peso por bocado (Ungar, 1996).

El tiempo por bocado incluye todos los movimientos de cabeza y mandíbula usados para aprehender, arrancar y masticar el forraje (Laca *et al.*, 1994). La relación entre los movimientos masticatorios y de aprehensión dependerán del tamaño de bocado, entre más pesado sea requerirá mayor masticación y por lo tanto la tasa de aprehensión de bocados disminuye (Hodgson, 1985; Ungar, 1996).

La conexión entre el bocado individual y la tasa de consumo se puede definir aritmética o funcionalmente. La definición aritmética establece que la tasa de consumo en un período de tiempo determinado es el producto del peso medio del bocado y la tasa de bocado media sobre un cierto período. El pastoreo viéndolo en una escala de tiempo de unas cuantas horas o un día abarca períodos de pastoreo activo y períodos de rumia y otras actividades, por lo que la ecuación de consumo para estas escalas de tiempo se puede definir como el producto del peso promedio de bocado, la tasa media de bocado durante períodos de pastoreo activo y el tiempo dedicado a pastorear. Este modelo de tasa de consumo no da información acerca de la relación funcional entre sus componentes, y el objetivo sería establecer la relación empírica entre ellas. La respuesta entre tasa de bocado y tiempo de pastoreo con peso por bocado es generalmente negativa. La definición funcional de tasa de consumo se basa en una presupuestación de tiempo, definiendo el tiempo requerido para llevar a cabo cada uno de los componentes asociados a la conducta de la toma de bocado y el peso de éste. La tasa de consumo es la relación entre el peso del bocado con el tiempo requerido para tomarlo (Ungar, 1996).

Laca *et al.* (1992) consideran que las variaciones en el área de bocado implican una adaptación de conducta para limitar la fuerza necesaria para arrancarlo. Ungar (1996) desarrolló más esta hipótesis indicando que los animales en pastoreo deben gastar energía para arrancar y masticar el forraje. La cantidad de energía gastada es función de las propiedades químicas del material vegetal, mismas que varían considerablemente entre plantas y especies. El autor sugiere que la fuerza necesaria para arrancar un bocado podría ser un factor determinante de la masa del bocado. Se considera que esta fuerza debería estar relacionada al área (en sección) del material vegetal a lo largo de la línea de arrancado y por lo tanto del área de bocado. No se esperaría que la profundidad de bocado en sí misma afectara la fuerza requerida para arrancarlo, aunque podría tener un efecto indirecto si hay diferenciación estructural en el plano vertical. De acuerdo a esta hipótesis, hay un límite para la fuerza ejercida por el animal para arrancar el forraje abarcado. Una vez que este límite se alcanza, los animales deberían de responder a mayores incrementos en la densidad de la pradera o resistencia del forraje reduciendo el área de bocado para mantener una fuerza de arranque constante (Ungar, 1996).

Cuando el consumo por bocado se reduce habrá una correspondiente reducción en la tasa de consumo a menos que se diera un incremento compensatorio en la tasa de bocado. El consumo diario de forraje también podría verse afectado a menos que cualquier reducción en tasa de consumo pueda ser compensado por un incremento en el tiempo de pastoreo (Hodgson, 1990).

2.6 FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO POR EL ANIMAL EN PASTOREO

Tal como se discutió en puntos anteriores, las variaciones en el consumo de forraje por rumiantes en pastoreo resultan de efectos de factores que en función de su origen se pueden clasificar como del medio, del animal, de la pradera y del manejo. Sin embargo, es necesario destacar que, tal como lo plantean Burns *et al.* (1989) e Hirata (1996), estas relaciones son dinámicas, ya que en tanto pastorea, el animal introduce cambios en las características de la pradera, y a su vez estos cambios afectarán su comportamiento ingestivo y por lo tanto su consumo. Los efectos del medio que afectan en forma especial el tiempo de pastoreo, han sido discutidos en el punto 2.4. En los siguientes puntos se discutirán efectos del animal, de la pradera y del manejo.

2.6.1 Del animal

El consumo y comportamiento ingestivo está en función de características de las especies pero también la individualidad inherente es un factor importante en pastoreo. Muchas de las diferencias en consumo entre animales se relacionan con características anatómicas como largo o ancho de la quijada, y características de los mecanismos de aprehensión del forraje. Estas características resultan en diferencias en tamaño potencial del bocado, tasa de bocado o eficiencia selectiva (Hafez y Bouissou, 1975). Por otra parte, el uso social del espacio, la jerarquía social y la facilitación social pueden influir el consumo de animales en pastoreo (Arnold y Dudzinski, 1979).

2.6.1.1 Raza

Las diferencias en patrones de pastoreo de razas se relacionan a la adaptación con el clima y la capacidad del tracto ingestivo, sin embargo la individualidad se manifiesta dentro de razas marcando diferencias (Hafez y Bouissou, 1975).

2.6.1.2 Edad y peso

Animales con diferente edad y peso pueden presentar diferencias en las variables del comportamiento ingestivo. Ferrer Cazcarra y Petit (1995) reportan diferencias en componentes del comportamiento ingestivo de bovinos debido al tamaño del animal. Los animales más jóvenes presentaron mayor selectividad y probablemente menor profundidad de bocado que animales viejos, pudiendo ser una ventaja en praderas cortas e inaccesibles, la tasa de bocado tendió a aumentar y tiempo de pastoreo a disminuir con la edad de los animales.

Animales de bajo peso por desnutrición previa es probable que muestren mejora en la actividad de pastoreo y consumo de forraje por unidad de peso vivo comparado con animales bien alimentados. Una boca grande es una ventaja al enfrentar una vegetación alta debido al gran tamaño de unidades individuales de la planta, por el contrario animales de boca pequeña podrían tener una mejor capacidad para mantener su consumo en vegetaciones cortas. Diferencias entre especies animales en cuanto a estructura y tamaño de partes de la boca podrían tener un mayor impacto sobre selectividad que sobre consumo (Hodgson, 1985).

2.6.1.3 Estado productivo y fisiológico

El estado productivo y fisiológico en el que se encuentre un animal puede afectar el consumo de forraje en pastoreo de éste, por variaciones en los requerimientos

nutricionales, o por limitaciones de tipo física como podrían ser el llenado abdominal por el feto en vacas preñadas o por grasa en animales gordos (Houpt, 1991).

El consumo por unidad de peso vivo puede ser similar entre animales de diferente tamaño, edad y estado productivo o fisiológico, pero con niveles de requerimiento por unidad de peso vivo similares (Hodgson y Jamieson, 1981).

Las vacas en producción presentan un mayor consumo que vacas secas, a su vez vacas con mayor nivel de producción consumen más forraje que vacas con menores niveles. Vacas altas productoras podrían ser incapaces de lograr un consumo adecuado aun con incrementos en el tiempo de pastoreo, siendo más susceptibles a reducciones en consumo por variaciones en condiciones de la pradera (Phillips y Leaver, 1985c; Gibb *et al.*, 1999).

2.6.1.4 Experiencia

La experiencia en pastoreo particularmente en etapas tempranas del animal podría alterar su conducta posterior (Phillips, 1993). La experiencia de manipular el forraje influye el subsiguiente comportamiento. Animales pastoreando praderas diferentes muestran preferencia o hábitos de consumo similares a los desarrollados en su aprendizaje de pastoreo (Forbes, 1988). Animales jóvenes con poca experiencia en pastoreo tienen una respuesta pobre y más estable para compensar el consumo por cambios en las condiciones de la pradera, en comparación con animales más viejos (Hodgson y Jamieson, 1981). Los animales jóvenes conocen el tipo de alimento a consumir por modelos sociales, ya que esta información es transferida de generación en generación. El becerro aprende a seleccionar lo que debe comer por aprendizaje visual de lo que hace su madre (Provenza y Balph, 1988).

2.6.2 Factores de la pradera y del manejo del pastoreo

Tal como se vio en el apartado 2.5 algunas características de la pradera pueden afectar la cantidad ingerida por bocado (CIB). En la medida que, debido a condiciones adversas de la pradera, se reduzca la CIB, este efecto suele ser acompañado la mayor parte de las veces (pero no siempre) por incrementos en la tasa de bocados y en el tiempo de pastoreo. Por lo general estos incrementos no logran compensar la reducción en CIB, y por lo tanto el consumo se reduce. Dentro de las características de las praderas que han sido estudiadas en relación al consumo se destacan la masa de forraje, su composición botánica y morfológica, aspectos de su estructura (disposición vertical de componentes) como son la altura y densidad de hojas, y en algunos casos su composición química (en particular la digestibilidad). El resultado -tasa de consumo diario, tasa de ingestión o cantidad ingerida por bocado- es afectado por la interacción de estos factores entre sí y con el efecto que el propio animal al defoliar ejerce sobre ellas. Por esta razón ninguno de estas características explica por sí misma el desempeño animal, aunque en condiciones particulares alguna de ellas pueda ejercer un papel determinante. Ello implica que para interpretar los resultados alcanzados por diferentes investigadores, es de fundamental importancia tomar en cuenta las características de las praderas y del manejo del pastoreo en que se generaron. En este sentido, Laca *et al.* (1992b) concluyen que aun en praderas homogéneas la accesibilidad del forraje no puede ser descrita con un único atributo, siendo necesario conocer al menos altura y densidad de la pradera para poder predecir el tamaño de bocado. Por otra parte, al comparar reportes de diferentes investigadores resulta de fundamental importancia tomar en cuenta las técnicas empleadas, ya que por ejemplo pequeñas diferencias en la altura de muestreo pueden generar grandes diferencias en la respuesta estimada.

2.6.2.1 Masa de forraje

Se entiende por masa de forraje la medición instantánea del peso total de forraje por unidad de área, preferentemente determinado a nivel de suelo (Hodgson, 1979). La respuesta a la masa de forraje es asintótica. Burns *et al.* (1989) indican que niveles de masa de forraje mayores a 2 ton MS ha⁻¹ en praderas templadas y mayores a 4 ton MS ha⁻¹ en praderas subtropicales los animales pueden alcanzar buenos niveles de consumos en un tiempo de pastoreo aceptable (6- 9 h). En cambio, si la masa disminuye por debajo de estos niveles disminuye la CIB, aunque la tasa de consumo podría mantenerse temporalmente por incrementos en el tiempo de pastoreo y el número de bocados. Sin embargo, Jamieson y Hodgson (1979a) reportaron que con disminuciones en masa de forraje a niveles críticos, bajo pastoreo continuo, los animales no lograron compensar las reducciones en CIB por lo que el consumo fue menor.

De acuerdo a Burns *et al.* (1989) la marcada asociación entre masa y respuesta animal se debe a que la tasa de ingestión se podría reducir hasta 4 veces, mientras que el tiempo de pastoreo sólo se podría duplicar en casos extremos. Por esta razón cuando la masa de forraje alcanza niveles muy restrictivos para la aprehensión, su correlación con consumo es alta ($r=0.97$).

Esta respuesta ocurre cuando intervalos de cargas son evaluadas, dando la relación esperada de disminuciones de ganancia diaria de peso con incrementos en carga animal (Burns *et al.*, 1989).

2.6.2.2 Estructura de la pradera y manejo del pastoreo

La masa por sí misma no es un buen indicador de la facilidad con que el animal puede realizar la cosecha. Con producciones de forraje similares la producción animal puede variar dependiendo de la estructura del dosel y del valor nutritivo del forraje (Chacón *et al.*, 1978). El manejo del pastoreo en términos del sistema utilizado -continuo o rotacional-, la presión de pastoreo y la suplementación modifican la respuesta en comportamiento ante determinadas características de la pradera.

El arreglo espacial del material vegetal dentro de la pradera puede tener una influencia considerable sobre la tasa de consumo y comportamiento ingestivo (Black y Kenney, 1984). Las principales variables que describen el dosel o la estructura de la pradera - altura y densidad- están íntimamente relacionadas, existe una estrecha correlación negativa entre la altura del horizonte sobre el nivel del suelo y la densidad del forraje dentro del dosel, así mismo existe una correlación positiva entre la altura y la masa de forraje (Hodgson, 1981).

El área efectiva de bocado de un animal en pastoreo es resultado de la interacción de la altura y la resistencia a la ruptura ofrecida por las unidades de la planta. El número y amplitud de movimientos de barrido de lengua por bocado parecen particularmente relevantes en determinar su área. El número de barridos de lengua es afectado negativamente por la densidad mientras que la amplitud está relacionada positivamente con altura; la tasa de consumo puede ser mayor en praderas menos densas y más altas que en cortas y densas con la misma masa (Black y Kenney, 1984). Los animales responden a la densidad de la pradera (relacionada con resistencia a la ruptura) ajustando el número y amplitud de los movimientos de lengua para reunir, tan efectivamente como sea posible, la sección de bocado más grande que pueda ser arrancada con determinado

esfuerzo. La altura también afecta la profundidad de bocado y es mejor indicador de la disponibilidad instantánea que la masa. Las variaciones en profundidad de bocado son más importantes en controlar consumo que las variaciones en área del mismo, así la altura de la pradera es la variable que más influye en el consumo por bocado debido a que determina la profundidad de la mordida. Los efectos de altura y densidad de la pradera sobre peso por bocado son esencialmente aditivos (Hodgson, 1996b). Allden y Whittaker (1970) señalan que la tasa de consumo está más estrechamente relacionada con la altura de los macollos que con la masa, siendo un indicativo de la facilidad con que el forraje puede ser aprehendido, ya que el tamaño de bocado se incrementa linealmente con la longitud de los macollos, por lo general durante la etapa vegetativa la altura de los macollos está determinada por las hojas más jóvenes del mismo y son las que contribuyen mayormente a la composición de la dieta (Alcock *et al.*, 1985). De tal forma que la composición de la dieta de animales en pastoreo puede no ser necesariamente producto de una selección activa por parte de los animales hacia ciertos componentes sino más bien producto de la disposición de estos dentro de la pradera (Dougherty *et al.*, 1988b).

Bajo pastoreo continuo la pradera se mantiene en una condición estática a través de la estación de pastoreo y es a ésta a la que el animal se enfrenta cada vez que pretende cosechar el forraje, bajo este esquema la altura puede ser un indicador práctico de manejo para predecir consumo (Baker, 1985; Hodgson, 1985), debajo de una cierta altura crítica el tamaño de bocado se reduce presentándose entonces cierto incremento en tasa de bocado para poder compensar tasa de consumo, si no es suficiente la compensación se presentan incrementos en tiempo de pastoreo; mayores reducciones en altura inevitablemente reducirán el consumo al resultar insuficientes las compensaciones

(Phillips y Leaver, 1985c), el tiempo de pastoreo se correlaciona negativamente con masas y altura de la pradera.

En praderas templadas bajo pastoreo continuo la altura crítica debajo de la cual se reduce el consumo de vacas lecheras reportada en diversos trabajos de investigación van desde valores de 5 cm (Leaver, 1983; Le Du *et al.*, 1981; Gibb *et al.*, 1999) hasta de 8-10 cm (Allden y Whittaker, 1970; Le Du *et al.*, 1979).

El consumo de forraje está relacionado positivamente con asignación (Stockdale, 1985); el consumo de forraje por animales en pastoreo cae progresivamente con disminuciones en asignación aunque sólo una proporción de la asignación sea totalmente consumida (Barthram, 1981). Algunos autores han reportado incrementos lineales de consumo con incrementos en asignación a niveles relativamente bajos (Baker, 1985); Stuth *et al.* (1981) señalan una relación lineal positiva entre asignación y tasa de desaparición, conforme la asignación excede 6-9 Kg MS (100 Kg PV⁻¹) la eficiencia de defoliación disminuye; Penning *et al.*, 1986 reportan incrementos en consumo hasta niveles de asignación de más de 5 veces la cantidad de forraje ingerida por borregos; Dougherty *et al.* (1992) señalan aumentos lineales en consumo con aumentos en asignación en períodos de pastoreo de una hora en praderas de festuca, agregan que el consumo disminuye marcadamente cuando la asignación es menos de dos veces el consumo; en este mismo sentido, Le Du *et al.* (1979) destacan que la depresión del consumo por vacas lecheras en pastoreo por franjas ocurre cuando la eficiencia de pastoreo excede un valor de 0.5, más allá de ese punto se espera una mayor depresión en producción de leche.

Bajo pastoreo rotacional las condiciones de la pradera a las que se enfrenta el animal varían a través del período de ocupación por el efecto de la remoción de material en un

período de tiempo relativamente corto, la tasa a la que cambian las condiciones se ven incrementadas con la presión de pastoreo. Hodgson (1981) señala que en pastoreo por franjas tamaño de bocado y tasa de consumo están relacionados con altura y con masa total de forraje y negativamente con la densidad de forraje en el horizonte pastoreado. El uso de un término adicional ya sea masa o densidad no mejora la regresión de tamaño de bocado y tasa de consumo. La tasa de consumo en un punto en el tiempo puede ser influido por la tasa a la que las condiciones de la pradera están cambiando así como por las condiciones en ese momento. En otras palabras la respuesta de consumo tiene un componente dinámico y otro estático.

En pastoreo rotacional se observa otro tipo de respuesta que en pastoreo continuo. Bajo pastoreo por franjas la asignación de forraje afecta la tasa y grado de cambio de las condiciones de la pradera a través del período de ocupación, por lo que variaciones en tamaño de bocado o tasa de consumo en el tiempo se relacionan a cambios paralelos en condiciones de la pradera -masa, estructura- y a su vez cambios en asignación (Jamieson y Hodgson, 1979b; Hodgson, 1981; Hodgson, 1985; Dougherty *et al.*, 1988a, b; Greenwood y Demment, 1988).

Bajo pastoreo rotacional la tasa de bocado disminuye a través de una sesión de pastoreo indistintamente del manejo que se de al animal (Chilibroste *et al.*, 1997).

Animales confinados en áreas pequeñas pastorean sistemáticamente removiendo primeramente la mitad alta del dosel antes de empezar a pastorear el horizonte bajo (Laca *et al.*, 1994) siendo la defoliación uniforme por estratos sucesivos (Hodgson, 1981). La oportunidad de que una hoja sea pastoreada es el resultado de su localización vertical dentro de la pradera más que de su tamaño. Los animales generalmente consumen el material más digestible (hojas de estratos superiores) y evitan el de menor

digestibilidad (vaina). Bajos niveles de consumo de forraje asociados frecuentemente con una baja masa de forraje puede ser el resultado de falta de disposición a pastorear hacia el estrato con mayor contenido de pseudotallos y material muerto (Barthram, 1981; Barthram y Grant, 1984). Dougherty *et al.* (1992) encontraron que vacas defoliando festuca detenían el pastoreo cuando se enfrentaban con la barrera de pseudotallos determinando el horizonte de pastoreo por arriba de esta (>8 cm).

Meijs y Hoekstra (1984) indican que el estrato de la pradera de 0-4 cm no fue defoliado por los animales, aun con niveles muy bajos de asignación, en el mismo sentido Ungar *et al.* (1991) observaron una renuencia de animales a pastorear praderas artificiales con alturas iguales o menores a 4 cm.

En condiciones de pastoreo rotacional, el consumo está altamente relacionado con la altura del forraje residual (Stockdale, 1985; Baker, 1985; Forbes, 1988; Kristensen, 1988), y la altura del ofrecido sólo puede ser una primera aproximación para definir respuesta animal (Hodgson, 1985).

Bajo pastoreo rotacional pueden ocurrir disminuciones en consumo de vacas lecheras cuando la altura del residual es por debajo de 8-10 cm (Baker *et al.*, 1981; Leaver, 1983).

La duración y periodicidad del pastoreo pueden ser alteradas marcadamente por cambios en asignación; las vacas no siempre continuarán intentando compensar ante condiciones difíciles para la cosecha por incrementos en tiempo de pastoreo. Se ha observado bajo un manejo rotacional en franjas un mecanismo de condicionamiento al manejo, en el cual los animales no compensan disminuciones en consumo ocasionados por restricciones del forraje (baja altura) disponible con mayor tiempo de pastoreo, simplemente abandonan cualquier intento de pastorear el horizonte cercano al suelo en

espera de una nueva franja (Chacón y Stobbs, 1976; Le Du *et al.*, 1979, Jamieson y Hodgson, 1979b).

Stockdale y King (1983) encontraron que el tiempo de pastoreo aumentó conforme la asignación de vacas lecheras en pastoreo por franjas disminuyó hasta 32 Kg MS vaca⁻¹ día⁻¹, y con mayores disminuciones el tiempo de pastoreo se vio disminuido, a su vez el tiempo de rumia de las vacas aumentó con la asignación mientras que el descanso no fue afectado. Estos autores sugieren que el tiempo de pastoreo puede ser un indicativo práctico de consumo bajo este tipo de manejo.

Bajo un manejo rotacional la forma en que se proporcionan las áreas de pastoreo en términos de tiempo permitido, hora del día, pueden tener efecto sobre el comportamiento ingestivo de los animales

Chilibroste *et al.* (1997) mencionan incrementos significativos en consumo, con incrementos en el tiempo de permanencia permitido en la pradera por incrementos en la proporción de tiempo invertido en comer activamente y en el llenado del rumen. El tiempo de pastoreo y el consumo son mayores con mayores períodos de ayuno previo, reduciéndose por el efecto de llenado del rumen, sin embargo el tamaño de bocado no se modifica por el ayuno. Dougherty *et al.* (1988b) indican una disminución en la motivación para comer en los animales al final de sesiones de pastoreo cortas (4 h), así como consumo y comportamiento ingestivo similares entre sesiones matutinas y vespertinas. Gibb *et al.* (1998) reportan efectos significativos de la hora del día en que las vacas inician a pastorear sobre tamaño de bocado y tasa de consumo en períodos de una hora. El período de ayuno previo al pastoreo por novillos puede interrumpir la alternancia normal pastoreo-rumia, incrementar tiempo de pastoreo y consumo, y

disminuir el tiempo de rumia, sin embargo no se afecta el tamaño de bocado pero sí la masticación del forraje (Greenwood y Demment, 1988).

2.6.2.3 Composición botánica y morfológica

Las diferentes fracciones de la planta son consumidas en cantidades diferentes a pesar de tener digestibilidades de la materia seca similares (Laredo y Minson, 1973). Dentro de una comunidad vegetal los dos tipos de preferencia observada son entre especie y entre componentes (Arnold y Dudzinski, 1979). Entre más variable sea la pradera mayor oportunidad habrá de seleccionar (Coleman *et al.*, 1989). En praderas con pocas especies y de aceptación similar la dieta puede reflejar la disponibilidad de las especies. El material consumido en comparación al ofrecido y residual es por lo general más alto en nitrógeno, fosfatos y energía bruta, pero más bajo en fibra (Arnold y Dudzinski, 1979). Cuando la masa es de moderada a abundante, la calidad de la dieta será más alta que el promedio del dosel, debido a que los animales pastorean selectivamente forraje verde en lugar de muerto, y hoja verde en lugar de tallo. La diferencia es menor si la calidad entre hoja y tallo es similar. Cuando la masa de forraje es limitada, la calidad de la dieta tiende a ser similar a la de la pradera por disminución en el pastoreo selectivo (Burns *et al.*, 1989).

Prache (1997) señala diferencias en la regresión entre tamaño de bocado de ovejas y altura de la pradera o masa por hectárea en las diferentes etapas de la pradera (vegetativa o reproductiva).

En praderas tropicales con una menor densidad que las templadas, la razón hoja:tallo tiene mayor influencia sobre el tamaño de bocado (Stobbs, 1973a, b; Chacón y Stobbs, 1976; Chacón *et al.*, 1978).

Chacón y Stobbs (1976) evaluando la defoliación progresiva de praderas tropicales por vacas mencionan que en las primeras etapas de defoliación los animales seleccionaron principalmente hoja del estrato superior de la pradera; el tamaño de bocado disminuyó progresivamente con disminuciones en la cantidad de hoja, incrementándose tasa y número de bocados. En las últimas etapas de defoliación, tiempo de pastoreo y número de bocados disminuyeron junto con un tamaño de bocado reducido, resultando en bajos consumos, este comportamiento se puede deber a una falta de deseo de cosecha. En esta etapa el tallo y material senescente en la dieta aumentó notablemente.

2.6.2.4 Calidad

La calidad del forraje de una pradera está relacionada directamente con su composición botánica y morfológica.

Améndola y Sánchez (1999) mencionan relaciones positivas entre la digestibilidad del forraje y el consumo, la variación en esta relación es alta y mayor aún bajo condiciones de pastoreo, esta relación no es necesariamente adjudicable a factores de digestión sino a variables asociadas con ingestión.

Cuando los factores no nutricionales o ligados a la facilidad de realizar la cosecha no son limitantes para el consumo, los factores nutricionales como el tiempo de permanencia del forraje en el rumen y la concentración de productos metabólicos parecen ser importantes. A bajos niveles de asignación los factores no nutricionales son determinantes del consumo (Poppi *et al.*, 1987). El consumo se relaciona linealmente de manera positiva con calidad (Leaver, 1983; 'tMannetje y Ebersohn, 1980), la principal variable de calidad que afecta consumo es digestibilidad (Poppi *et al.*, 1987); y su importancia disminuye cuando excede valores de 65% ('tMannetje y Ebersohn, 1980).

El tiempo de pastoreo está inversamente relacionado con la calidad. Chacón *et al.* (1978) indican que la disponibilidad de forraje y su calidad (contenido de nitrógeno y digestibilidad *in vitro*) en lo alto de la pradera fueron los dos factores más importantes que influyeron el desempeño de novillos en praderas tropicales.

2.6.2.5 Contaminación del forraje

El forraje disponible en pastoreo llega a ser contaminado generalmente con heces, orina y suelo, aumentando el rechazo por los animales hacia el forraje. Se ha estimado que si no hubiera descomposición, el estiércol de una vaca podría cubrir un área de 80-200 m² en una estación de pastoreo, aunque éste es un valor máximo debido a que adicional a los efectos climáticos, la descomposición se da por invertebrados, actividad microbiológicas y las aves. Normalmente las heces se descomponen en 3-4 meses bajo un manejo de pastoreo intensivo. El rechazo de pastura debido a contaminación podría representar de 6-10 veces el área de la mancha de estiércol aunque esto depende del clima (menos rechazo en condiciones secas) y la presión de pastoreo (menos rechazo bajo altas presiones). El rechazo de forraje alrededor de las heces se presume es debido al olor (Leaver, 1983).

El bovino es más sensible que el ovino a la presencia de su propio estiércol (Forbes y Hodgson, 1985b).

2.6.3 Suplementación con concentrado y ensilado de maíz

Baker (1985) señala que los objetivos de suplementar animales en pastoreo serían: eliminar el riesgo de bajos consumos durante períodos de bajo crecimiento de forraje y mantener alta carga animal, incrementar la confiabilidad en alimentos conservados, por su ventaja de altos rendimientos bajo corte, incrementando la producción por hectárea,

asegurar que la producción individual se mantenga cuando la severidad de pastoreo impuesta reduzca la producción.

Los alimentos suplementarios se ofrecen a animales en pastoreo para mantener o incrementar los consumos diarios totales y el desempeño animal. Son necesarios debido a que el forraje pastoreado frecuentemente falla para suministrar los requerimientos necesarios. Las respuestas en producción de leche a suplementos sólo son moderados en el corto plazo, sin embargo frecuentemente los beneficios financieros son obtenidos a mayor plazo (Leaver, 1985).

El consumo de suplementos puede conducir a reducciones en el consumo de forraje por los animales en pastoreo. Las causas de la sustitución del consumo de forraje por el de suplemento son múltiples y su acción conjunta es compleja. Sin embargo tres factores que interactúan entre sí resultan muy importantes: la composición del suplemento, el nivel de suplementación y la oferta de forraje. La sustitución es mayor con forrajes conservados que con concentrados y este efecto sustitutivo será mayor cuanto más alto sea el consumo de forraje sin suplementación. La reducción en consumo se asocia a cambios en comportamiento ingestivo, entre los cuales destaca la reducción en tiempo de pastoreo. La respuesta puede variar por el manejo del pastoreo (Améndola y Sánchez, 1999).

En condiciones de amplia disponibilidad de forraje en la pradera los suplementos podrían reducir el consumo total de alimento. Cuando los requerimientos de animales en pastoreo exceden al forraje disponible el consumo total es probable que se incremente. Esto es a cargas altas o durante restricciones temporales en el crecimiento del forraje. De esta manera los suplementos pueden incrementar la carga animal y la producción por hectárea, también proporciona una forma de evitar fluctuaciones en el

patrón de crecimiento y valor nutritivo del forraje (Leaver *et al.* 1968). La suplementación de vacas lecheras bajo condiciones de forraje restringido es viable financieramente (Le Du y Newberry, 1987).

La respuesta promedio en producción de leche es solo de 0.3 Kg adicionales por Kg de concentrado. La razón de esta pobre respuesta es la alta tasa de sustitución de concentrado por forraje consumido, cuando existe amplia disponibilidad de forraje. Conforme el nivel de concentrado aumenta, el tiempo de pastoreo disminuye y en muchos casos el incremento en el consumo total de MS es menor a 0.2 Kg MS por Kg de concentrado y cantidad del forraje disponible. La tasa de consumo por minuto disminuye conforme la vaca llega a ser más selectiva y el tiempo de pastoreo normalmente se incrementa alrededor de 9 horas en un día, con una consecuente disminución en consumo (Leaver, 1983). Dougherty *et al.* (1988b) no encontraron efecto sustitutivo, ni sobre comportamiento ingestivo de diferentes niveles de grano de maíz molido en novillos, en sesiones de pastoreo de sólo 4 horas.

Fisher *et al.* (1996) reportan efecto de la densidad de la pradera, pero no del tipo de suplemento (fibroso o energético) sobre consumo de forraje.

La suplementación proteínica afecta el tiempo de pastoreo, animales sin suplementar pastorean 1.5 horas diarias más que los suplementados. El tipo de proteína suplementaria y la hora de suministrarla no afectó esta respuesta. La suplementación con almidones presenta respuestas variables (Krysl y Hess, 1993).

Los efectos de los factores que influyen la tasa de sustitución de suplementos podría estar parcialmente relacionado a la diferencia entre consumo de nutrientes del forraje y requerimientos del animal; cuando esta diferencia es negativa (a baja asignación) la tasa de sustitución de forraje es baja, cuando el balance es positivo la sustitución es alta

(Meijs y Hoekstra, 1984). Moore *et al.* (1999) señalan que el consumo de forraje puede deprimirse con la suplementación cuando la relación entre nutrientes digestibles totales: proteína cruda es menor a 7 como en el caso de forrajes mejorados, y puede aumentar cuando dicha relación es mayor a 7 como en el caso de praderas nativas o en rastros.

Phillips y Leaver (1985a) reportan incrementos en el consumo de MS reducciones en el tiempo de pastoreo, e incrementos en el tiempo de rumia con la suplementación con heno, manteniéndose el tamaño de bocado y la composición de la leche de vacas.

Una manera de evitar reducciones en consumo al ofrecer forrajes conservados como suplemento es proporcionándolo en el mismo potrero (Phillips, 1988).

El ensilado de maíz consistentemente tiene un alto contenido de energía, pero bajo contenido de proteína, minerales y vitaminas, y es por lo tanto un complemento nutricional adecuado a forraje con contenido variable de energía y proteína. El ensilado de maíz puede ser consumido generalmente en preferencia al forraje pastoreado, lo cual restringirá su uso como alimento amortiguador. Las tasas de sustitución de forraje por ensilado son generalmente igual o menor a uno; con evidencia de mayores sustituciones a mayores niveles de suplementación. La producción de leche se incrementa por la oferta de ensilado de maíz cuando la pastura es restringida, pero se deprime cuando el forraje es ampliamente disponible y el ensilado de maíz es incluido en un alto nivel en la dieta o el ensilado de maíz es ofrecido a un nivel restringido durante la noche. Si el ensilado de maíz se incluye a una tasa o nivel moderadamente alto en la dieta ofrecer un suplemento proteico incrementará la producción de leche (Phillips, 1988). Ofrecer ensilado de maíz a vacas lecheras como alimento amortiguador en pastoreo permite mantener altas cargas y altos consumos de materia seca, así como una alta producción de sólidos de leche (Phillips y Leaver, 1985b).

Bajo contenido de materia seca, bajo pH, alto amoníaco, desbalance de nutrientes y falta de disponibilidad de proteína son factores que deprimen el consumo de ensilado. La suplementación con ensilado deprime el consumo de forraje, aunque en situaciones en las que hay deficiencia marginal de proteína, los concentrados altos en proteína algunas veces pueden llevar a incrementar el consumo (Forbes, 1995).

Deswysen *et al.* (1987) mencionan que el nivel de consumo voluntario de ensilado de maíz se relaciona positivamente con el tiempo permitido de consumo de ensilado al animal, y tiempo diario de masticación.

Harb *et al.* (1985) reportan incrementos en el consumo de ensilado por vacas en producción al restringir el número de comederos y el ofrecimiento de material.

Mayne *et al.* (1985) mencionan que no hay efecto de la introducción de ensilado de maíz sobre la producción por vaca, aún bajo condiciones de baja disponibilidad de forraje.

Martínez (1999) reporta que la inclusión de ensilado en la dieta no afectó la producción individual de leche, composición, contenido de urea, ni condición corporal de las vacas y permitió aumentar la carga animal, incrementándose la producción de leche por hectárea en praderas de avena- raigras en Chapingo, México.

2.7 HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas en el trabajo fueron:

- **La asignación diaria de forraje afecta la tasa y la forma en que la pradera es defoliada progresivamente a través del período de ocupación.**
- **La asignación diaria de forraje afecta el grado de utilización de la asociación avena-raigrás-cebada.**
- **La asignación diaria de forraje afecta el comportamiento ingestivo, consumo de forraje proveniente de la asociación y el consumo total por vacas lecheras.**
- **La asignación diaria de forraje afecta la carga animal así como el desempeño productivo de vacas lecheras pastoreando la asociación avena-raigrás-cebada.**

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DURACIÓN Y LOCALIZACION

El experimento se llevó a cabo entre enero y abril de 1999 en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, con una ubicación de 19° 29' N, 98° 53' W y 2,250 msnm.

La fórmula climática correspondiente a la región es, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988): Cb (w₀) (w) (i')g , descrito como clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con verano fresco largo, precipitación del mes más seco menor a 40 mm y con menos del 5% de la lluvia total en el período invernal, poca oscilación térmica, con marcha de la temperatura tipo ganges la precipitación promedio anual es de 637 mm, la temperatura media anual es de 15.2 °C, siendo mayo el mes de mayor temperatura (17.9 °C) y enero el más frío (11.8 °C).

Los suelos del lugar corresponden a la serie Xaltepa, descritos como suelos profundos, de colores negros, ligeramente pedregosos y texturas medias, a medida que se profundiza la textura cambia a gruesa y el color a pardo. Estos suelos tienen una capacidad media de retención de humedad, son de neutros a muy ligeramente alcalinos y medianamente ricos en materia orgánica (Cachón *et al.*, 1974).

3.2 PRADERAS

Se utilizaron 3 hectáreas con una asociación de avena cv. Coker 234, más raigras anual cv. Westerwolds común , más cebada cv. Esmeralda, sembrada durante la primera semana de noviembre de 1998 con 60 , 25 y 40 Kg SPV por hectárea, respectivamente.

La elevada precipitación que se presentó en octubre y noviembre de 1998 impidieron sembrar temprano, debido al retraso en la fecha de siembra se incluyó cebada en la asociación, que al ser más precoz que avena permite tener forraje disponible a inicios de invierno para el primer ciclo de pastoreo (Cortez, 1998; Lizárraga, 1980). Con frecuencia quincenal, a partir de la siembra se aplicaron riegos por aspersión, para dar una lámina de 67 mm por riego. A la siembra se fertilizó con la fórmula 150-60-00, empleando nitrato de amonio y superfosfato triple; luego de cada pastoreo se fertilizó con 150 Kg de $N\ ha^{-1}$ en forma de nitrato de amonio.

3.3 ANIMALES Y MANEJO

Se emplearon 16 vacas de la raza Holstein-Friesian de 2.66 ± 0.18 partos, peso vivo (PV) de 560 ± 17 Kg, 185 ± 30 días en lactación, y una producción de leche de 22.70 ± 1.57 Kg vaca⁻¹ día⁻¹ (promedio del período experimental). Se formaron 4 grupos de 4 vacas cada uno equilibrados en cuanto a edad, producción lechera previa, días en lactación y peso vivo.

Las vacas fueron suplementadas con 3 Kg de concentrado comercial con un contenido de proteína cruda (PC), grasa y fibra cruda de 22.1, 4.0 y 12.9 g Kg MS⁻¹, respectivamente, y 4.9 Kg de MS de ensilado de maíz con una composición de PC, Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Acido y Nutrientes Digestibles Totales de 8.3, 54.5, 32.9 y 33.2 g Kg MS⁻¹, respectivamente, por animal diariamente.

Las vacas se ordeñaron dos veces al día, entre las 7 y las 8:20 y entre las 15 y las 16:20 horas.

El concentrado se proporcionó en partes iguales durante cada ordeña. El ensilado se suministró en los potreros empleando comederos portátiles ofreciéndose el 50 % después de cada ordeña. Para efectos de la suplementación con ensilado se acondicionaron áreas en los extremos de los potreros y los animales se mantuvieron confinados en dichas áreas (sin acceso a la pradera), durante el tiempo necesario para que consumieran un mínimo de 80% del ensilado ofrecido (en promedio 8 horas diarias), el residual del ensilado se pesó en la mañana y en la tarde.

Las vacas se pesaron periódicamente cada semana , el peso previo al inicio de cada ciclo se utilizó para el ajuste de asignación, así como para los cálculos de las variables donde intervino peso vivo.

3.4 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluaron cuatro niveles de asignación diaria de forraje definidos inicialmente como 2.5, 4.5, 6.5 y 8.5 Kg. MS (100 Kg PV)⁻¹ d⁻¹ durante cuatro ciclos de una semana.

Se empleó un diseño en Cuadro Latino, considerando ciclos y lotes de animales; por razones operativas el diseño se modificó en el último ciclo (Cuadro 1). Las unidades experimentales estuvieron constituidas por los lotes de animales y el área de pradera correspondiente en cada ciclo de medición.

Cuadro 1. Asignación diaria de forraje (Kg MS 100 kg PV⁻¹ d⁻¹) en función de ciclos y lotes de animales.

CICLO	F E C H A S	L o t e d e a n i m a l e s			
		A	B	C	D
1	22 al 28 de Febrero	2.5	8.5	4.5	6.5
2	6 al 12 de Marzo	4.5	6.5	8.5	2.5
3	16 al 22 de Marzo	8.5	2.5	6.5	4.5
4	10 al 16 de Abril	8.5	4.5	2.5	6.5

3.5 MANEJO DEL PASTOREO

Se empleó un sistema de pastoreo en franjas en el que el 50% del área diaria se asignó entre la ordeña de la mañana y la de la tarde, y el 50% restante entre la ordeña de la tarde y la ordeña de la mañana del día siguiente. Las franjas de los 4 lotes se ubicaron dentro de un mismo potrero, empleándose para la subdivisión un cerco eléctrico móvil. Para el cálculo de la superficie diaria que debía asignarse a cada lote se realizaron muestreos del forraje ofrecido al comienzo y al cuarto día de cada ciclo, la metodología empleada en esos muestreos se describe en 3.6.1 y 3.6.2.1. El experimento comprendió el segundo y tercer pastoreo de los cultivos, los potreros habían recibido durante el mes de enero el primer pastoreo (60.2 ± 1.7 días después de la siembra); durante la fase experimental los períodos de descanso tuvieron una duración promedio de 46.6 ± 2.5 días.

3.6 DETERMINACIONES

3.6.1 Masa de forraje

Las estimaciones de masas de forraje ofrecido se hicieron el primer y cuarto día de cada ciclo en tanto que las de masas de forraje residual se llevaron a cabo el tercer y séptimo día del ciclo.

Las masas de forraje ofrecido y residual se estimaron empleando técnicas de doble muestreo. De acuerdo a Lantinga *et al.* (2000) el principio general del doble muestreo consiste en efectuar observaciones indirectas (altura, densidad, capacitancia, u otras variables relacionadas con la masa de forraje) en un alto número de muestras en la parcela, en tanto que las observaciones directas (corte) únicamente se realizan en un número limitado de muestras. A partir de las muestras cortadas se calcula la ecuación de

regresión entre las observaciones indirectas y la masa de forraje y esta ecuación se emplea para estimar la masa de forraje de la parcela a partir del alto número de observaciones indirectas. El objetivo del doble muestreo es alcanzar niveles aceptables de precisión a menor costo.

3.6.1.1 Técnicas indirectas

En una revisión sobre este tema, Toker (1980) concluyó que ninguna técnica indirecta ha probado ser superior sobre las demás en una amplia gama de condiciones, por esta razón en el experimento se emplearon 5 técnicas indirectas descritas por Lantinga *et al.* (2000).

Regla de pradera (*Sward stick*): A partir del modelo presentado por Hodgson (1990), se empleó una regla de fabricación propia (adaptada al porte de las praderas de avena-ballico anual) consistente en un eje graduado en centímetros a lo largo del cual se desplaza un dispositivo que porta una lengüeta transparente (un triángulo equilátero de 1 cm de lado); se registró como altura del dosel al punto al que al descender el dispositivo, la lengüeta transparente hacía el primer contacto con una hoja viva.

Disco descendente (*Falling disk*). Se empleó un disco de 50 cm de diámetro y 485 g de peso que se desliza a lo largo de un eje graduado en centímetros, a partir de la descripción proporcionada por Lantinga *et al.* (2000). El disco se dejó descender suavemente desde una altura en donde no se tenía contacto con la pradera, hasta que este reposó sobre el dosel, registrándose la altura a la que se detuvo.

Plancha ascendente (*Rising plate*). Este equipo de fabricación neozelandesa (Jenquip®), consiste de una plancha y un bastón central graduado. La altura comprimida de la pradera se estima al hacer descender el bastón central mientras la plancha está

apoyada sobre el dosel, el equipo está provisto de un contador automático con graduaciones de 0.5 cm (Jenquip®. 2000).

Medidor de capacitancia electrónica. Se empleó un capacitómetro de sensor único “*Pasture probe*” (Design Electronics®, 1985), consistente en un bastón sensor y un procesador electrónico. La técnica se basa en la asociación que existe entre la masa de forraje y los cambios que ocurren en la capacitancia del sistema al introducir el sensor en la pradera (Moreno y Méndez, 1992).

Estimación visual comparativa. Se empleó la técnica propuesta por Haydock y Shaw (1975), aplicada por dos observadores independientes. Al emplear esta técnica la estimación visual no se realiza en términos absolutos (Kg MS ha^{-1}) sino relativos a una escala de 10 puntos (muestras de referencia).

El número de observaciones indirectas por unidad experimental fue de 50 para la regla y el disco descendente, 100 para la plancha ascendente y el capacitómetro, y 25 para la estimación visual.

3.6.1.2 Muestras de referencia

Se tomaron entre 8 y 12 muestras de referencia en cada muestreo. En los muestreos de forraje ofrecido de los ciclos 1 y 2, las muestras de referencia fueron franjas de 1.75 m^2 que se cortaron con un equipo Gravely® provisto de barra segadora de 1 m de ancho. La altura de corte de este equipo era muy irregular por lo que luego del corte se uniformizaba a 5 cm de altura con una podadora Truper® tipo snapper rotativa con 52 cm de ancho de corte. La masa de forraje por debajo de 5 cm se estimó cortando a ras de suelo muestras de $0.9 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$. En los muestreos de forraje ofrecido de los ciclos 3 y

4 las muestras de referencia se tomaron con marcos de 0.9 m × 0.3 m que se cortaron en dos estratos (mayor a 5 cm y de 0 a 5 cm) con una seteadora Stihl® con una charola adaptada para la colecta del material . En los muestreos de forraje residual, las muestras de referencia se tomaron con marcos de 0.9 m × 0.3 m que se cortaron a ras de suelo.

Luego de registrar el peso fresco de las muestras de referencia, se tomaron de cada una de ellas dos submuestras. La primera submuestra se empleó para la determinación del porcentaje de materia seca en dos fases, en una primera fase de 24 minutos en horno de microondas (Daines e Ingpen, 1985), y una segunda fase de 7 horas a 59° C en estufa con circulación forzada de aire.

3.6.1.3 Estimación de masa de forraje ofrecido y residual

La segunda submuestra de forraje se secó a 59°C durante 72 horas en una estufa con circulación forzada de aire, y posteriormente se determinó el contenido de cenizas (A.O.A.C. 1990). Con base en el promedio de contenido de cenizas de muestras no contaminadas y el contenido de cenizas de cada muestra se estimó la contaminación con suelo y se calculó la masa de forraje de las muestras de referencia. A partir de esta información se calcularon ecuaciones de regresión múltiple entre la masa de forraje y las observaciones indirectas, el procedimiento seguido para escoger los modelos de regresión se describe en 3.7.1.

3.6.2 Muestras para determinación de composición botánica, morfológica y química del forraje ofrecido y residual

En el día 4 del ciclo (forraje ofrecido) y al día siguiente de haber terminado el ciclo (forraje residual), se cortaron 20 muestras a ras de suelo con ayuda de un aro de alambre de 25 cm de diámetro distribuidas homogéneamente en el potrero, las cuales se mezclaron para obtener una sola muestra con el fin de determinar la composición botánica, morfológica y química de la masa total de forraje ofrecido y residual.

3.6.3 Variables calculadas con base en masa de forraje

3.6.3.1 Cálculo de área de pradera a asignar por tratamiento

Los contenidos de materia seca obtenidas de las muestras secadas en microondas se emplearon para calcular la masa de forraje de las muestras de referencia y estas a su vez para calcular las ecuaciones de regresión lineal (calibración) de las técnicas indirectas. Para calcular el área a asignar a cada tratamiento se consideró el promedio de resultados de estimación de masa de forraje alcanzados con las diferentes técnicas indirectas en cada unidad experimental. La estimación de masa de forraje empleada para asignar áreas tuvo dos limitaciones importantes, en primer lugar no fue corregida para eliminar el efecto de contaminación con suelo en las muestras de referencia y en segundo lugar no se aplicó un análisis que permitiera escoger los mejores modelos para estimar la masa en función de las observaciones indirectas. Su empleo se justificó únicamente por el escaso tiempo disponible entre la toma de muestras y el inicio del pastoreo.

3.6.3.2 Asignación diaria de forraje

Con base en la estimación de masas de forraje descrita en 3.6.1.4 se calculó la asignación efectivamente empleada y ésta fue la que se usó como variable independiente en la presentación de resultados.

3.6.3.3 Consumo

Se estimó el consumo de forraje por cada unidad experimental como la diferencia de la cantidad de forraje ofrecido menos el residual, este método es apropiado para estimar el consumo en situaciones en las que los períodos de pastoreo son relativamente cortos, y las presiones de pastoreo altas (Lantinga *et al.*, 2000). De la misma forma el consumo de ensilado por la unidad experimental se estimó como la diferencia del ensilado ofrecido menos el residual. Para el consumo total se consideró el consumo de forraje más ensilado más concentrado. El consumo de forraje se expresó como consumo diario por unidad de peso vivo de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = [(FO - FR) \times S] \times PV^{-1} \times T^{-1} \times 100$$

Donde

C: consumo [Kg MS (100 Kg PV)⁻¹ d⁻¹]

FO: masa de forraje ofrecido (Kg MS ha⁻¹)

FR: masa de forraje residual (Kg MS ha⁻¹)

S: superficie asignada al lote (ha)

PV: peso vivo total del lote de animales

T: días de pastoreo involucrados entre la determinación de forraje ofrecido y forraje residual.

3.6.4 Carga animal

De acuerdo a Hodgson (1979) la expresión de la carga animal en sistemas de pastoreo rotativo con carga variable debe acotarse a un determinado período. El período considerado para calcular la carga animal fue el ciclo de pastoreo. Con base en el número de animales, la duración de los períodos de ocupación y descanso y las superficies utilizadas por cada tratamiento en cada ciclo, se calculó la carga animal de acuerdo a la siguiente expresión:

$$CA = N \times O \times [S \times (O + D)]^{-1}$$

Donde

CA: carga animal (animales ha⁻¹) en un ciclo completo de pastoreo de la pradera.

N: número de animales

O: período de ocupación (días)

D: período de descanso (días)

S: superficie (ha)

3.6.5 Comportamiento ingestivo

Las determinaciones de comportamiento ingestivo se realizaron los días 6 y 7 de cada ciclo. Durante sesiones de 48 horas se registraron por observación directa las actividades de cada animal a intervalos de 10 minutos (Hodgson, 1982). Las actividades consideradas fueron: pastoreo, consumo de ensilado, rumia, descanso, y otras actividades (bebida, consumo de sales minerales y actividades vinculadas a la ordeña).

La tasa de bocados se estimó registrando el tiempo empleado para tomar 100 bocados en diferentes momentos del día (Hodgson, 1982). Cada lote era medido por un solo observador, alternándose las determinaciones para los diferentes animales sin secuencia

preestablecida. El número de bocados se estimó multiplicando la tasa de bocado en cada momento por el tiempo dedicado al pastoreo respectivo.

El tamaño de bocado promedio se estimó como el cociente del consumo diario entre el número total de bocados diarios (de la unidad experimental).

3.6.6 Evolución de la estructura de la pradera a través del período de ocupación

La estructura de la pradera se caracterizó los días sexto o séptimo del ciclo antes del ingreso de los animales y luego de 30, 60 y 90 minutos de pastoreo. Para esta caracterización se efectuaron mediciones de altura con la regla de la pradera (3.6.1.1.) Además se tomaron muestras con un marco de 0.9×0.3 m dividiendo verticalmente el dosel en cuatro estratos a partir de la superficie del suelo (0 - 5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm y mayor a 20 cm). Se tomó una muestra por momento y tratamiento, la muestra se escogió por el método de parcela media (Thomson, 1983) de forma tal que respondiera simultáneamente al promedio de altura de la pradera y al promedio de estimación visual comparativa (3.6.1.1.) de la pradera obtenido por dos observadores. Las variables de respuesta relacionadas con la evolución de la estructura fueron: masa de forraje en cada momento (total, por estrato, por estrato y especie), masa de hoja y tallo por estrato. A partir de estas muestras se caracterizó la estructura del dosel del forraje ofrecido.

3.6.7 Composición botánica, morfológica y calidad del forraje

Las muestras de forraje secas (59° C durante 48 horas en estufa con circulación forzada de aire) y molidas (molino Wiley®, con malla de 1mm) obtenidas de los muestreos para composición (3.6.1.4) y de los muestreos de estructura (3.6.5) se sometieron a análisis microhistológico según la técnica modificada por Cortés,(1989) (Rivera, 2001) para

determinar la composición botánica y morfológica, y a espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS por sus siglas en inglés) (Intrasoft International©, 1999) para las determinaciones de calidad.

En el análisis microhistológico se consideraron los componentes morfológicos :hoja (lámina foliar emergida), y tallo (vaina + lámina foliar no emergida + tallo floral, en su caso) de cada una de las especies (avena, raigrás y cebada). Para la calibración de las lecturas de la técnica microhistológica se conformaron patrones de composición conocida, con base en los cuales se calcularon ecuaciones de regresión múltiple relacionando densidades obtenidas en la lectura de muestras con proporciones de la materia seca de cada uno de los componentes

Empleando la técnica NIRS® se estimaron las concentraciones de proteína cruda, (PC), fibra detergente neutro, (FDN), y fibra detergente ácido, (FDA). Para el análisis de las muestras de estructura en diferentes momentos del período de ocupación (3.6.5.), se conformaron muestras compuestas empleando como criterios la similitud en masa, altura y grado de defoliación en un determinado estrato.

Con base a los valores obtenidos en las masas de forraje ofrecido y residual se realizó el calculo de la composición de la masa de forraje desaparecido, por la formula :

$$\% \text{Desaparecido} = [\% \text{Ofrecido} - \% \text{Residual}(1 - \text{gd})] / \text{gd}$$

Donde gd= grado de defoliación fraccionario.

3.6.8 Producción de leche

La producción de leche individual se pesó el día 7 de cada ciclo y esta se consideró como el promedio individual diario del ciclo.

3.7 MANEJO DE LOS DATOS Y ANALISIS ESTADISTICO

3.7.1 Técnicas indirectas de muestreo para estimar masa de forraje

Para evaluar las diferentes técnicas se emplearon los errores estándar de regresión y los coeficientes de determinación de las regresiones lineales de cada técnica contra la masa de forraje en cada uno de los tres primeros ciclos. Las fuentes de variación consideradas fueron técnica, ciclo y las características de la masa de forraje considerada (forraje total en el ofrecido, forraje por encima de 5 cm en el ofrecido y forraje residual). Para el análisis de varianza se empleó el siguiente modelo:

$$Y = \mu + T_i + C_j + M_k + T*C + T*M + T*M*C + C*M + E_{ijk}$$

Donde:

Y = Desvío medio de regresión o r^2

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésima técnica ($i=1, 2, 3, 4, 5$)

C_j = Efecto del j -ésimo ciclo ($j=1, 2, 3, 4$)

M_k = Efecto de la k -ésima característica de la masa de forraje (k = ofrecido total, ofrecido >5 cm y residual)

E_{ijk} = Error experimental.

Los coeficientes de determinación y los errores estándar de regresión de las distintas técnicas no difirieron ($P>0.05$) entre sí y existió efecto ($P<0.05$) de la interacción técnica por ciclo, por lo que se procedió a seleccionar los mejores modelos de regresión lineal múltiple (diferentes técnicas) para cada combinación de característica de la masa de forraje y ciclo empleando el procedimiento Stepwise.

3.7.2 Análisis de las variables de respuesta

Para el análisis de las variables de respuesta se utilizaron tres modelos mixtos (Searle *et al.*, 1992) donde se consideraron efectos fijos y aleatorios, los fijos fueron asignación, tiempo transcurrido de iniciado el período de ocupación y como aleatorios se consideraron ciclo de medición, grupo de vacas y vaca anidada en grupo, a continuación se describe con que modelo fueron analizadas cada una de las variables de respuesta.

3.7.2.1 Masa, composición botánica y morfológica total, y calidad del forraje residual, grado de defoliación, consumo, carga animal, producción de leche, actividades de pastoreo, y variables de comportamiento ingestivo

Para estas variables únicamente se evaluaron los efectos de asignación como factor fijo y ciclo y grupo de vacas como aleatorios.

$$Y = \mu + C_i + G_j + A_k + E_{ijk} \quad (\text{Modelo 1})$$

Donde

Y = Variable de respuesta

μ = Media general

C_i = Efecto del i -ésimo ciclo ($i = 1, 2, 3, 4$)

G_j = Efecto del j -ésimo grupo de vacas ($j = 1, 2, 3, 4$)

A_k = Efecto de la k -ésima asignación ($k = 2.2, 4.1, 6.0$ y $7.6 \text{ Kg MS } 100 \text{ Kg PV}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

E_{ijk} = Error experimental

3.7.2.2 Variables de respuesta relacionadas con la evolución de la estructura de la pradera

Para estas variables se evaluó adicionalmente a las fuentes identificadas en el modelo 2 la fuente de variación del tiempo transcurrido del período de ocupación.

$$Y = \mu + C_i + G_j + A_k + T_l(A_k) E_{ijkl} \quad (\text{Modelo 2})$$

Donde

Y = Variable de respuesta

μ = Media general

C_i = Efecto del i -ésimo ciclo ($i=1,2,3,4$)

G_j = Efecto del j -ésimo grupo de vacas ($j=1,2,3,4$)

A_k = Efecto de la k -ésima asignación ($k= 2.2, 4.1, 6.0$ y 7.6 Kg MS $100 \text{ Kg PV}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

$T_l(A_k)$ = Efecto del l -ésimo tiempo de iniciado el período de ocupación ($l=1,2,3,4$; 0, 30, 60 y 90 min) anidado en la k -ésima asignación.

E_{ijk} = Error experimental

3.7.2.3 Variables de respuesta relacionadas con el comportamiento ingestivo

En comportamiento ingestivo además de las fuentes de variación identificadas para el modelo 2 se adiciona vaca anidada en grupo de vacas.

$$Y = \mu + C_i + G_j + V_k(G_j) + A_l + M_m(A_k) E_{ijklm} \quad (\text{Modelo 3})$$

Donde

Y = Variable de respuesta

μ = Media general

C_i = Efecto del i -ésimo ciclo ($i=1,2,3,4$)

G_j=Efecto del j-ésimo grupo de vacas (j=1,2,3,4)

V_k=Efecto de la k-ésima vaca anidada en el j-ésimo grupo(k= 1, 2 ,....., 16)

Al=Efecto de la k-ésima asignación (l=1,2,3,4)

T_m(Al)= Efecto del m-ésimo tiempo de iniciado el período de ocupación (m=1,2,3,4)
anidado en la l-ésima asignación .

Eijklm=Error experimental

3.7.3 Modelos y análisis de regresión

Se obtuvieron modelos de regresión relacionando asignación, tiempo transcurrido del período de ocupación así como las principales variables de características del dosel , con la utilización, comportamiento ingestivo , consumo, carga animal y producción de leche, así mismo para la relación entre composición morfológica y calidad del forraje y para la evolución de los componentes de cada especie a través del período de ocupación y la evolución de los componentes del comportamiento ingestivo.

4. RESULTADOS

4.1 TÉCNICAS Y MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA MASA DE FORRAJE OFRECIDO Y RESIDUAL

La estimación de masa de forraje fue de vital importancia puesto que de ella dependió el cálculo de las variables de utilización de la pradera, así como del consumo por las vacas. El uso del doble muestreo permitió una mejor operatividad en los muestreos, sin embargo fue necesario el uso de varias técnicas indirectas para la obtención de mejores modelos de estimación.

Bajo las condiciones de este trabajo se obtuvo un modelo general (modelo lineal múltiple) para cada caso o estimación (masa de forraje ofrecido total, masa por encima de 5 cm y masa de forraje residual). Para el caso de residual se obtuvo un modelo adicional para la estimación en el ciclo 4 porque se presentaron fallas en el uso de la regla de pradera. En el caso de masa por encima de 5 cm la inclusión de ciclo permitió obtener un mejor modelo .

Con las masas de forraje ofrecido por encima de 5 cm del suelo (>5 cm), ofrecido total y residual de las muestras de escala y sus respectivos valores de las técnicas indirectas (ver apartado 3.6) se obtuvieron modelos de regresión para el total de muestras, por ciclo y por muestreo de cada ciclo para cada técnica empleada y para las mejores combinaciones de estas.

Se realizó el análisis de varianza para los coeficientes de determinación (r^2) y desvíos medios de regresión (DMR), considerando los efectos de técnica, ciclo de muestreo, así como la interacción entre ambos. Los r^2 y los DMR de los modelos de cada técnica para el total de muestras no presentaron diferencias ($P>0.05$), lo cual indicó que ninguna

técnica fue mejor que otra. Los valores promedio de r^2 y DMR de las técnicas fueron 0.665 y 637 Kg MS ha⁻¹ respectivamente. Toker (1980) en una revisión acerca del uso de diversas técnicas indirectas señala que ninguna ha demostrado ser superior a otra bajo diferentes condiciones y que la elección de alguna de estas técnicas dependerá de las condiciones y necesidades para su aplicación.

Entre ciclos no hubo diferencia ($P>0.05$) en r^2 pero si ($P<0.05$) en DMR. La interacción ciclo por técnica fue significativa ($P<0.05$) indicando que la ponderación de las técnicas varió entre ciclos.

El uso de un modelo con varias técnicas indirectas dio como resultado un mayor r^2 y menores DMR que cualquiera de las técnicas por si solas; Gabriëls y Van Den Berg (1993) también obtuvieron modelos con un mayor r^2 ajustado con la combinación de técnicas que con el uso de una sola.

En el Cuadro 2 se presentan los valores de los modelos seleccionados para estimar las masas de forraje para cada muestreo. Con el fin de mejorar la operatividad en trabajos con esta clase con este tipo de praderas se sugiere el uso de las técnicas indirectas: regla de pradera, disco descendente, plancha ascendente y estimación visual como base en las estimaciones de masa. De acuerdo a Toker (1980) el capacitómetro presenta limitaciones en su uso y calibración debido a factores relacionados con el contenido de humedad del forraje.

La masa por encima de 5 cm puede ser un buen estimador en trabajos de este tipo por su mayor operatividad y reducción de posibilidad de sesgo, en este caso sus modelos presentaron mayores r^2 y menores DMR en relación a los modelos de masa total del ofrecido y del residual, puede ser un estimador práctico a partir de mediciones indirectas

para determinar la disponibilidad así como para realizar un ajuste de asignación más precisa.

Cuadro 2. Modelos empleados para la estimación de la masa de forraje ofrecido total, ofrecido >5cm y residual de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada por vacas lecheras suplementadas

	Forraje Total	ofrecido > 5 cm	Forraje Ciclos 1, 2 y 3	residual Ciclo 4
r^2	0.753	0.88	0.89	0.96
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Desvio medio de regresión	772	387	459	362
β_0 Intercepto	529	-684	588	-3
β_1 Regla de pradera	58.84	68.33	183.3	
β_1 Disco descendente (<i>Falling disk</i>)		32.71		202.3
β_1 Plancha ascendente (<i>Rising plate</i>)	61.09	74.53		
β_1 Estimación visual (Observador 1)			115.6	
β_1 Estimación visual (Observador 2)		136.06		
No. de muestras de calibración	65	65	31	17

4.2 VARIABLES MEDIDAS EN LA PRADERA

En ninguna de las variables medidas en la pradera se presentó efecto ($P > 0.05$) del ciclo de medición, ni del lote de vacas.

4.2.1 Forraje ofrecido

El forraje ofrecido se describió en términos de masa, composición botánica, morfológica y química.

4.2.1.1 Masa de forraje ofrecido

Los valores promedios de masa de forraje ofrecido total para los 4 ciclos de medición del 1 al 4 fueron $4,408 \pm 130$, $4,990 \pm 238$, $4,243 \pm 157$, $5,771 \pm 217$ y los de masa por encima de 5 cm (>5cm) $2,261 \pm 186$, $2,615 \pm 200$, $1,756 \pm 182$ y $3,002 \pm 311$ Kg MS ha⁻¹, respectivamente.

Aún cuando se observaron variaciones entre ciclos, las áreas utilizadas para los cuatro tratamientos dentro de cada ciclo fueron uniformes (Cuadro 3). No existió diferencia ($P>0.05$) en masa de forraje ofrecido total ni en la masa por encima de 5 cm entre los cuatro niveles de asignación.

Los valores encontrados para la masa de forraje ofrecido total se encuentran dentro del intervalo observado en algunos trabajos con este tipo de pradera en la misma región en invierno, que van desde 1,966 (avena-raigras con bajo nivel de fertilización) (Pérez, 1999) hasta 7,200 Kg MS ha⁻¹ (avena-raigras y cebada como invasora) (Cortez, 1998). Martínez (1999), quien trabajó en la misma área experimental con avena-raigras reporta masas promedio de forraje ofrecido de 5,890 Kg MS ha⁻¹; sin embargo las metodologías para estimar la masa de forraje fueron diferentes.

Estos valores de masa superan ampliamente el valor considerado como crítico para praderas templadas (2 ton MS ha⁻¹), debajo del cual masa puede representar una limitante para la cosecha del forraje (Burns *et al.*, 1989).

Como se aprecia en el Cuadro 3, la masa de forraje por encima de 5 cm de altura representó en promedio el 50 % de la masa total ofrecida, teniendo que prácticamente la mitad del forraje se encontró próximo al suelo en los primeros 5 cm de altura de la pradera, coincidiendo con lo señalado por Hodgson (1980).

4.2.1.2 Asignación efectiva

Con base en la estimación de masa de forraje ofrecido por encima de 5 cm de altura y total se calculó la asignación diaria de forraje efectivamente empleada. Las asignaciones objetivo y las asignaciones efectivamente empleadas se relacionaron a través de la ecuación de regresión:

$$AE = -0.0025 + 0.905(AO)$$

$$r^2 = 0.9984$$

donde AE = Asignación efectivamente empleada (KgMS 100KgPV⁻¹d⁻¹) y AO = Asignación objetivo (KgMS 100KgPV⁻¹d⁻¹). Las asignaciones efectivamente empleadas fueron 2.2, 4.1, 6.0 y 7.6 (Kg MS 100 Kg PV⁻¹ día⁻¹) (Cuadro 3). Las diferencias en ambos tipos de asignaciones de debió a una sobreestimación en la masa de forraje ofrecido para el ajuste del área asignada (Ver 3.6.2.1) atribuida a la contaminación por cenizas de las muestras cortadas por debajo de 5 cm y al procedimiento para su cálculo (modelos).

De aquí en adelante la asignación se presentará en base a los valores de asignación efectivamente empleada.

Cuadro 3. Masas de forraje ofrecido y asignaciones diarias de forraje efectivamente aplicadas en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

	Asignación propuesta inicialmente (Kg MS 100 Kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				
	2.5	4.5	6.5	8.5	Err. Std.
Masa >5 cm de altura (Kg MS ha ⁻¹)	2,244 a†	2,392 a	2,558 a	2,439 a	278
Masa total (Kg MS ha ⁻¹)	4,750 a	4,815 a	4,971 a	4,875 a	355
Asignación efectiva >5cm (Kg MS 100 Kg PV ⁻¹ día ⁻¹)	0.92 d	1.80 c	2.70 b	3.30 a	0.19
Asignación efectiva (Kg MS 100 Kg PV ⁻¹ día ⁻¹)	2.2 d	4.1 c	6.0 b	7.6 a	0.44

† Medias en igual fila con al menos una literal en común no son diferentes (t, α= 0.05)

4.2.1.3 Estructura de la masa de forraje ofrecido

En el Cuadro 4 se presentan los valores promedio de la composición botánica y morfológica de la masa total de forraje ofrecido para los cuatro ciclos de medición obtenidos a partir de dos tipos de muestras: las de composición botánica y las de estructura. A pesar de que ambos tipos de muestras se seleccionaron y cortaron por diferentes metodologías los valores de composición por ambos muestreos presentaron una alta correlación (r = 0.94) lo que permitió confirmar la representatividad de las

muestras para estructura. A partir de estas muestras se encontró que la composición botánica fue similar ($P>0.05$) a través de los ciclos y tratamientos.

No se detectó presencia de malezas. La técnica microhistológica no permite la identificación del material muerto, aunque cabe mencionar que Martínez (1999) reporta un bajo contenido de este (3.5 %) en praderas avena-raigrás, concentrado en el estrato basal.

Avena y cebada presentaron inflorescencia durante el período experimental, mientras que raigrás se mantuvo en etapa vegetativa. La especie con mayor proporción en el forraje ofrecido fue raigrás, seguido de avena, cebada fue la de menor. Avena y raigrás presentaron una razón hoja:tallo similar (0.9 y 1.1 respectivamente) ligeramente superior en raigrás; la especie con mayor proporción de tallos fue cebada, que causó una baja razón hoja-tallo (0.4). La proporción de hoja y tallo de la asociación fue en promedio entre de 44 y 56 según el tipo de muestra, con una razón hoja:tallo general de 0.80.

Cuadro 4. Composición botánica y morfológica en % de la masa total de forraje ofrecido de una asociación avena-cebada-raigrás pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones, obtenida a partir de dos tipos de muestreos)

	A v e n a				C e b a d a				R a i g r a s		
	i ¹	t ²	h ³	To ⁴	I	t	h	To	t	h	To
Muestras de composición botánica											
Media	1.7	13.3	15.2	30.2	2.7	16.8	7.8	27.3	20.3	22.1	42.4
Muestras de estructura											
Media	2.1	17.3	18.4	37.9	1.5	17.6	7.3	26.5	17.5	17.9	35.5
Error estándar de ciclo	1.1	0.9	3.1	3.0	0.9	2.6	0.9	3.2	2.7	3.2	2.3
Error estándar de asignación	1.3	1.2	3.2	3.1	1.0	2.7	1.2	4.0	3.8	2.9	2.9
i ¹ Inflorescencia	t ² tallo				h ³ hoja				To ⁴ Total de especie		

La composición botánica y morfológica fue diferente a lo reportado en trabajos anteriores (Cortez, 1998; Martínez, 1999) con una asociación similar. Cortez (1998)

reporta para el forraje ofrecido de la misma asociación -donde cebada fue invasora con avanzado estado de madurez al momento del pastoreo- una proporción promedio de 63, 8 y 29 % para avena, raigras y cebada , y una proporción de lámina, tallo e inflorescencia total de 37, 52 y 8% respectivamente, con variaciones entre ciclos de medición y potreros. Martínez (1999), determinó proporciones en el forraje ofrecido de avena y raigras de 58 y 42% y de hoja y tallo de 68 y 26%. Las diferencias en proporción de los componentes morfológicos se debió en parte a las diferencias en la composición botánica de los cultivos, puesto que cada especie presentó una diferente razón hoja-tallo. Una mayor proporción de cebada conduce a una menor proporción de hoja total por su baja razón hoja-tallo, lo que puede ser una limitante en la utilización en praderas que incluyan esta especie (Cortez ,1998).

Hodgson (1980), señala que en cualquier tipo de pradera hay una alta concentración de tejido vegetal próximo al nivel del suelo, tanto del dosel como de raíces, durante la etapa vegetativa las vainas foliares oseudotallos y el material muerto se concentran principalmente en los estratos bajos, mientras que la hoja viva en los estratos superiores. La estructura y la composición botánica del dosel de la pradera pueden ejercer un efecto directo sobre el consumo de forraje de animales en pastoreo, muy aparte de la influencia de la composición química y contenido nutricional del forraje por si mismo (Hodgson, 1990). La información acerca de la distribución de pseudotallos dentro del dosel, adicional a la altura puede ser un buen indicador de limitaciones en el consumo (Barthram, 1981).

La densidad del forraje por cada estrato obedeció a la función doble logarítmica

$$\text{Densidad} = e^{7.3489 - 1.1092 \ln \text{ altura media}} \quad r^2 = 0.84, \text{ disminuyendo conforme se incrementó la altura sobre el nivel del suelo (Figura 2).}$$

La densidad de forraje para cada estrato fue de 560, 170, 90 y 70 Kg MS ha⁻¹ cm⁻¹ para los estratos 0-5, 5-10, 10-20 y >20 cm respectivamente.

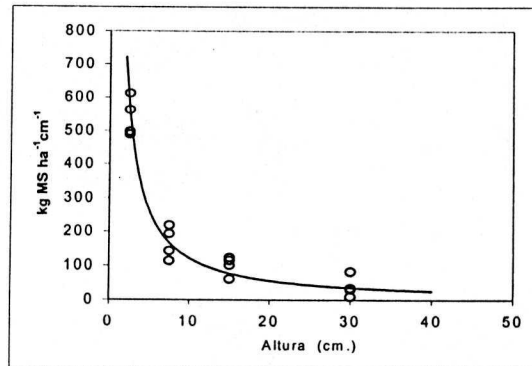
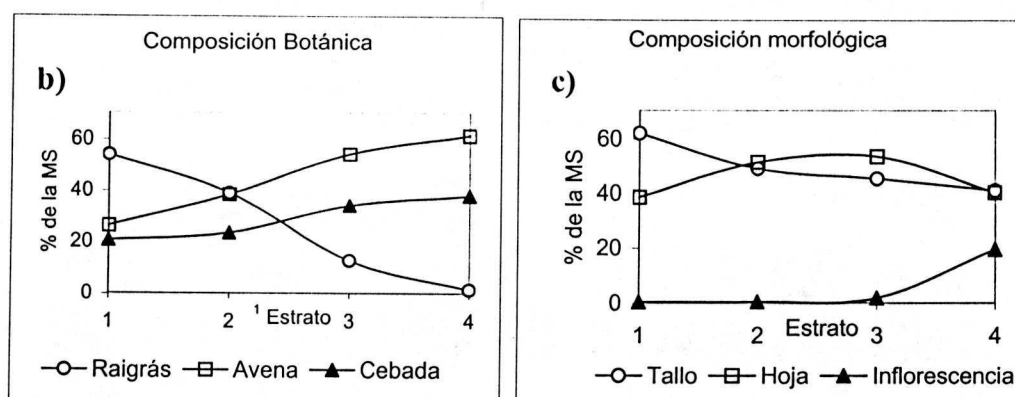
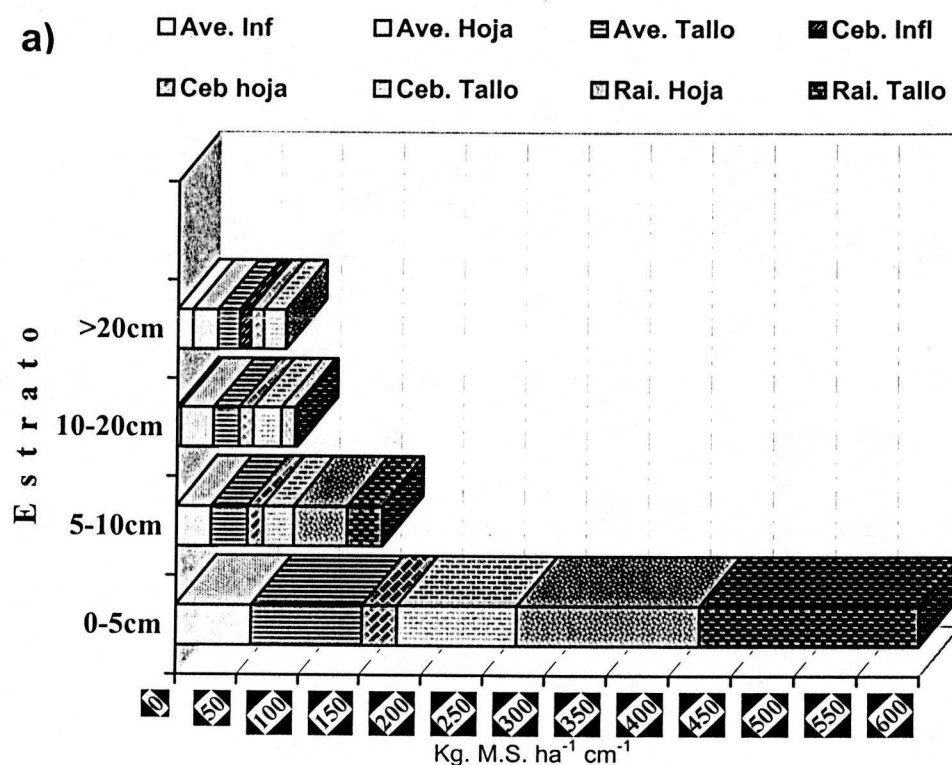


Figura 2. Densidad por estrato de una asociación avena-raigras-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones)

En la Figura 3 se presenta la distribución vertical de la masa de forraje total y por componentes botánicos y morfológicos. La densidad de todos los componentes exceptuando inflorescencia disminuyó con la altura sobre el nivel del suelo. La masa total de avena y cebada, así como la de cada uno de sus componentes tuvo una mayor distribución vertical dentro del dosel al encontrarse presentes en todos los estratos en comparación con raigras que se concentró en los primeros 10 cm del suelo, perfil en el que se tornó dominante, mientras que avena lo fue por encima de 10 cm del suelo (Figura 3).

En cada especie la distribución de sus componentes fue: mayor cantidad de tallos en la parte baja y hojas en la parte alta (Figuras 3a, c).



¹Estrato 1: 0 a 5 cm, Estrato 2: 5 a 10 cm, Estrato 3: 10 a 20 cm, Estrato 4: > 20 cm.

Figura 3. Distribución vertical de la composición botánica y morfológica de una asociación avena-cebada-raigrás pastoreada a diferente asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones)

El que avena y cebada se hayan presentado en etapa reproductiva, llevó a una mayor distribución de tallo e inflorescencias por arriba de los 20 cm del suelo. Raigras por

encontrarse vegetativo y por su hábito de crecimiento contribuyó con gran cantidad de hoja en los estratos basales .

Un dosel alto en praderas templadas puede implicar ventajas en su utilización, ya que permite una mejor distribución vertical de la masa total haciéndolo más accesible para la cosecha (efecto sobre tamaño de bocado) aunque la respuesta dependerá a su vez de la relación con otros factores como densidad (Hodgson, 1996; Ungar, 1996; Laca *et al.*, 1992b).

4.2.1.4 Calidad de la masa de forraje ofrecido

Los valores promedios de contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), y fibra detergente ácido (FDA) en gramos por Kg de materia seca para la masa de forraje ofrecido respectivamente fueron 200, 560, 239, 2.35. Los valores de PC y FDN fueron superiores a los reportados por Cortez (1998) de 185, y 435, y Martínez (1999) 147 y 464 , respectivamente, en este mismo tipo de asociación.

En la Figura 4 se presenta la composición química del forraje ofrecido por estratos. La calidad del forraje (PC, FDN y FDA) fue menor conforme se acercó al nivel del suelo; este comportamiento se asoció con una mayor cantidad de tallos en todas las especies, y la menor razón hoja:tallo (0.64) a mayor cercanía del suelo, mientras que la razón hoja:tallo se mantuvo entre 0.88 y 1.08 con alturas superiores a 10 cm.

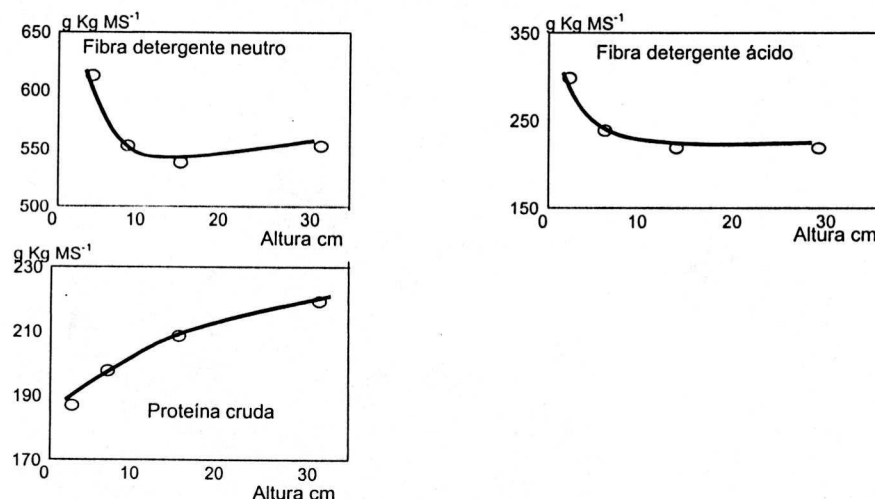


Figura 4. Calidad por estrato de la masa de forraje ofrecido de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones)

En el Cuadro 5 se presentan los modelos desarrollados por regresión para calidad del forraje sobre componentes botánicos. De acuerdo a los coeficientes de determinación (r^2) obtenidos en los diferentes modelos, entre el 64 y 90% de la variación en calidad se explicó en base a las variaciones en la proporción de sus componentes, principalmente tallos de avena y raigras, y hojas de cebada y raigras, confirmando la determinación de la composición morfológica sobre la calidad.

La variación se explica a las diferencias en composición química de cada uno de los componentes. En el Cuadro 6 se presentan algunas variables de calidad de muestras de los componentes morfológicos más importantes del cultivo. Se puede apreciar una menor calidad en tallo de todas las especies con relación a hoja, así como contrastes o diferencias notables entre el mismo componente de distinta especie.

Cuadro 5. Modelos para relacionar calidad (Y), con componentes botánicos (X) específicos en una asociación avena-raigras-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de cuatro asignaciones)

Componente botánico-morfológico	Proteína cruda g Kg MS ⁻¹			Fibra detergente ácido g Kg MS ⁻¹			Fibra detergente neutro g Kg MS ⁻¹		
	¹ Est.	² r ² Parc	³ Prob	Est.	r ² Parc	Prob	Est.	r ² Parc	Prob
Tallo de avena	-0.21	0.18	0.004	0.58	0.64	0.001	0.52	0.62	0.001
Hoja de cebada	0.22	0.04	0.061						
Tallo de raigras	0.13	0.65	0.001				-0.16	0.15	0.017
Hoja de raigras	0.10	0.03	0.142						
Intercepto	19.7			12.3			47.3		
Modelo		0.90	0.001		0.64	0.001		0.77	0.001
RSD	1.04			2.32			2.34		

¹Est :Estimadores ²r² parc : r² parcial ³Prob:Probabilidad

Cuadro 6. Calidad (g Kg MS⁻¹) de muestras de componentes morfológicos de una asociación avena-raigras-cebada

Componente	Proteína cruda	¹ FDA	² FDN
Hoja de avena	213	159	426
Hoja de cebada	262	223	452
Hoja de raigrás	199	176	468
Tallo de avena	120	307	690
Tallo de cebada	96	303	728
Tallo de raigrás	159	267	626

¹FDN : Fibra detergente ácido ²FDA: Fibra detergente neutro

4.2.2 Forraje residual

Para la descripción del forraje residual se analizaron los mismos atributos que para forraje ofrecido.

4.2.2.1 Altura del residual, masa de forraje residual y grado de defoliación total

La asignación diaria de forraje (ADF) presentó un efecto altamente significativo ($P<0.01$) sobre la altura del residual, la masa de forraje residual, forraje desaparecido y grado de defoliación. La masa de forraje residual disminuyó, mientras que la masa de forraje desaparecido y el grado de defoliación se incrementaron con disminuciones en

ADF. En los dos niveles más bajos de ADF, se tuvo un GD superior, mientras que en los más altos inferior al 50%. (Cuadro 7).

Dougherty *et al.* (1992) reportan aumentos lineales en forraje residual y disminuciones del mismo tipo en utilización con aumentos en la asignación en festuca con vacas angus.

Penning *et al.* (1986) reportan disminuciones en altura y masa residual de raigras pastoreado por borregos con disminuciones en asignación como se presentó en este caso.

La asignación de forraje modifica las características de la pradera después del pastoreo en términos de altura y residual (Dougherty *et al.*, 1988a). Los menores niveles de residual indican una mayor utilización de la pradera, reflejado en un mayor grado de defoliación, el cual es un buen indicador de la eficiencia de cosecha en pastoreos sencillos o en un período de ocupación en pastoreo rotacional (Hodgson, 1979).

Cuadro 7. Altura medida con regla de pradera, masa de forraje residual, desaparecido y grado de defoliación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

	Asignación (Kg MS 100 Kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
Altura (cm)	4.6 b†	7.0 b	12.6 a	13.8 a	1.6
Forraje residual (Kg MS ha ⁻¹)	1,792 c	2,141 c	2,991 b	3,392 a	165
Forraje desaparecido (Kg MS ha ⁻¹)	2,958 a	2,674 a	1,980 b	1,483 c	389
Grado de defoliación (%)	61 a	54 b	39 c	30 d	5.0

† Medias en igual fila con al menos una literal en común no son diferentes (t, $\alpha = 0.05$)

La ADF, altura, masa del forraje residual y grado de defoliación pudieron relacionarse a través de los modelos de regresión lineal:

$$\text{Altura con regla de pradera (cm)} = 0.3277 + 1.8437 (\text{ADF}) \quad r^2 = 0.9556$$

$$\text{Altura con regla de pradera (cm)} = 23.479 - 0.3098 (\text{Grado de defoliación}) \quad r^2 = 0.9766$$

$$\text{Masa de forraje residual (Kg MS ha}^{-1}\text{)} = 1025.4 + 312.27(\text{ADF}) \quad r^2=0.9744$$

$$\text{Masa de forraje residual (Kg MS ha}^{-1}\text{)} = 996.04 + 166.63 (\text{Altura}) \quad r^2=0.9869$$

$$\text{Grado de defoliación (\%)} = 75.654 - 5.96(\text{ADF}) \quad r^2=0.9814$$

$$\text{Grado de defoliación(\%)} = 75.952 - 3.1528 (\text{Altura}) \quad r^2=0.9766$$

4.2.2.2 Composición botánica y morfológica de la masa de forraje residual

La ADF presentó un efecto altamente significativo ($P<0.01$) sobre el porcentaje de cebada y un efecto significativo ($P<0.05$) sobre el de raigras en la masa de forraje residual. Para los componentes por especie ADF tuvo un efecto significativo ($P<0.05$) sobre el porcentaje de tallo de avena y de raigras. La proporción de hoja y tallo total de todas las especies no fue afectado ($P>0.05$) por el nivel de ADF (Figura 5; Anexo 1).

La diferente composición botánica del forraje ofrecido con respecto del forraje residual fue consecuencia de la selectividad realizada por las vacas al momento de pastorear.

La especie mayormente removida de la pradera en todos los niveles de ADF fue avena, que aparentemente fue defoliada de manera sistemática. Esto se explica por su distribución dentro del dosel; su mejor razón hoja:tallo, así como la mayor calidad de su tallo la hicieron más defoliada que cebada que también se encontró en estratos altos.

La proporción de raigras tendió a aumentar con menores ADF, mientras que la de cebada aumentó con la ADF. Raigras debido a su ubicación en los estratos inferiores fue el componente predominante en el residual de las ADF bajas, mientras que con mayores ADF la cebada rechazada en estratos superiores contribuyó con buena parte a la masa del forraje residual.

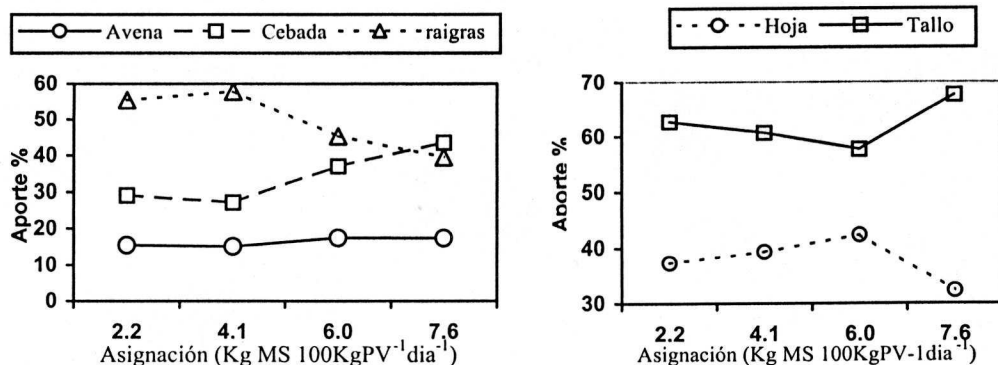


Figura 5. Composición botánica y morfológica de la masa de forraje residual de una asociación avena-raigras-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

La hoja fue mayormente removida que el tallo en todos los casos, en este sentido Forbes y Hodgson (1985a) detectaron una disminución en la proporción de hoja y un incremento en el de tallo y material muerto en la masa de forraje residual respecto al ofrecido. Con la ADF más alta se observó un claro aumento en la proporción de tallos, producto de una mayor selectividad. El aporte de tallo de cada especie fue diferente en cada caso (mayor cantidad de tallos de cebada con la ADF más alta y mayor de raigras en la más baja).

Cortez (1998) reporta un ordenamiento en la importancia de las proporciones de las especies en el residual similar a la del ofrecido, siendo avena la especie predominante en ambos casos, seguido de cebada y raigras, a su vez Martínez (1999) reporta a avena como la especie con mayor presencia, y raigras en segundo término tanto en ofrecido como en residual. A diferencia de ellos, en este trabajo varió la jerarquía de las proporciones de las especies en el residual respecto al ofrecido, lo que muestra que las preferencias fueron diferentes.

4.2.2.3 Calidad de la masa de forraje residual

El nivel de ADF tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de FDN, FDA y EM de la masa de forraje residual. La calidad de la masa de forraje residual fue menor que la del ofrecido en términos de PC, FDN, y FDA para todos los niveles de ADF. La calidad del residual disminuyó (mayor contenido de FDN y FDA) con disminuciones en la ADF (Cuadro 8). La disminución se debió a una mayor utilización de los estratos en donde fue mayor la calidad del forraje.

Cuadro 8. Composición química de la masa de forraje residual de una asociación avena-cebada-raigras pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

	Asignación (Kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
Proteína cruda (g Kg MS ⁻¹)	167 a†	171 a	180 a	182 a	9.8
¹ FDN (g Kg MS ⁻¹)	644 a	644 a	604 a	596 b	18.3
² FDA (g Kg MS ⁻¹)	291 a	292 a	269 b	261 b	8.8

†Medias en igual hilera con al menos una literal en común no son diferentes (t , $\alpha = 0.05$)

¹FDN: Fibra Detergente Neutro

²FDA: Fibra Detergente Ácido

4.2.3. Forraje desaparecido

En el Cuadro 6 se presentaron los valores de la masa de forraje desaparecido, a continuación se presentan sus atributos.

4.2.3.1. Composición botánica y morfológica del forraje desaparecido

La composición botánica del forraje desaparecido (Figura 6) que puede considerarse como una estimación de la composición de la dieta, se caracterizó por mayor aporte de avena y raigrás conforme la ADF fue mayor, mientras que con cebada sucedió lo contrario.

El mayor aporte de avena en relación a cebada particularmente en las dos ADF mayores señala una preferencia por avena sobre cebada, en el caso de raigrás aún cuando presentó

mejor razón hoja:tallo su aporte al forraje desaparecido se vio limitado debido a su localización dentro del dosel. A la menor ADF, el aporte al forraje desaparecido por las tres especies es muy similar, lo que indica una defoliación por parte de los animales más sistemática y homogénea. En la composición morfológica (Figura 6) también fueron evidentes los cambios en los aportes relativos. A las dos ADF más altas el aporte es fundamentalmente de hoja, perdiendo importancia relativa a favor de tallo conforme la ADF fue más restrictiva.

Los cambios en los aportes relativos tanto en base a composición botánica como como morfológica responde a lo indicado por Burns *et al.* (1989) quienes señalan que la selectividad ejercida por el animal en pastoreo se ve disminuida bajo limitaciones en la cantidad de forraje.

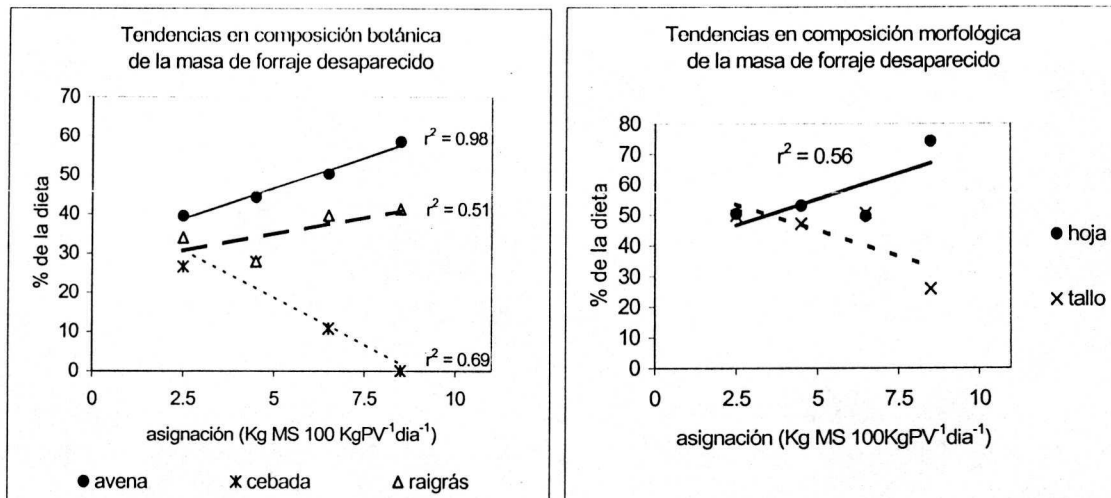


Figura 6. Tendencias en composición botánica y morfológica de la masa de forraje desaparecido en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

La calidad del forraje desaparecido se incrementó (mayor contenido de PC y menores de FDN y FDA) conforme la asignación fue mayor. La posibilidad de una mayor

selectividad por parte de las vacas en pastoreo al ofrecer mayor ADF se resolvió no solo en el mayor aporte de alguna especie sobre otras, sino que en forma paralela se dio la posible cosecha por parte de las vacas de forraje de mayor calidad (Figura 7).

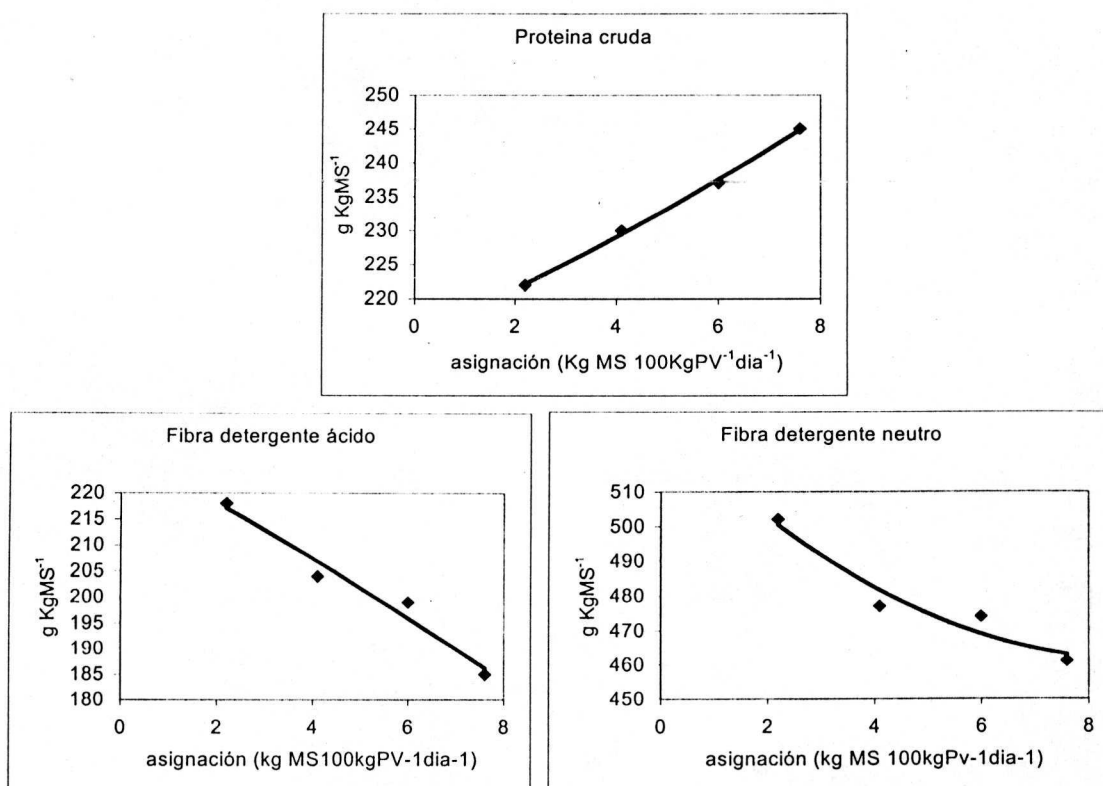


Figura 7. Tendencias en calidad del forraje desaparecido de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

4.3 EVOLUCION DE LA MASA DE FORRAJE DURANTE LA PRIMERA HORA Y MEDIA DEL PERIODO DE OCUPACION

Los atributos con los que se describió la evolución del forraje ofrecido en la primera hora y media de pastoreo se describen a continuación.

4.3.1 Altura de la pradera y masa de forraje total

Los cambios en altura y masa de forraje presente fueron determinados ($P < 0.01$) tanto por la ADF como por el tiempo transcurrido del período de ocupación (TI), ambos atributos mostraron una tendencia paralela a la ADF y TI (Figura 8; Anexo 2).

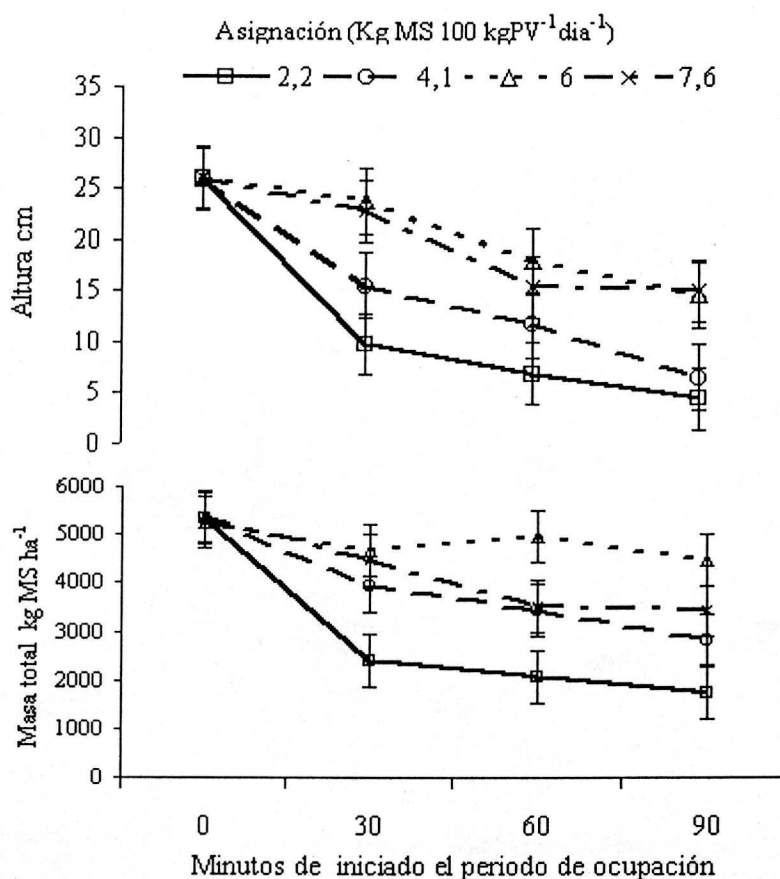


Figura 8. Cambios en altura y masa total de forraje presente a través de la parte inicial del período de ocupación en una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

La tasa de defoliación, definida como el forraje consumido o desaparecido de la pradera por unidad de tiempo (masa por unidad de área por unidad de tiempo) durante un período de defoliación (Hodgson, 1979), fue mayor con la menor ADF durante la primera media hora del período de ocupación. Para masa total de forraje presente la tasa de defoliación en esta primera media hora fue de 108 Kg MS ha⁻¹ min⁻¹. Para ese momento en la ADF más baja, ya se había removido más del 50% de la masa de forraje total (masa con mayor disponibilidad), explicando su posterior disminución.

Allden y Whittaker (1970) observaron incrementos de hasta siete veces en tasa de consumo al pasar de una altura del residual de 3.7 a 7.7 cm, cuando se mantenía la altura superior a 7.7 cm la tasa de consumo se mantuvo constante.

El efecto del tiempo transcurrido del período de ocupación fue similar en todas las ADF's, la tendencia fue a reducir la tasa de desaparición (en altura y masa) luego de pasada la primera media hora.

La masa de forraje y altura del cultivo durante la primera hora y media del período de ocupación en la sesión matutina se relacionaron con la asignación y el tiempo transcurrido del período de ocupación con los modelos :

$$MT = 1,503.17 + 1,454.65 (ADF) - 120.26 (ADF)^2 - 3,010.08 (T) + 1,072.75(T)^2 \quad r^2=0.8212$$

$$M5 = 1,964.97 + 123.09(ADF) - 2786.08(T) + 1,053.75(T)^2 \quad r^2=0.9119$$

$$A = 17.29 + 1.74 (ADF) - 18.34(T) + 5.2(T)^2 \quad r^2=0.8913$$

del mismo modo masa pudo relacionarse con la altura :

$$\text{Masa total (Kg MS ha}^{-1}\text{)} = 1,436.47 + 149.92 (\text{Altura cm}) \quad r^2=0.8791$$

$$\text{Masa} > 5\text{cm (Kg MS ha}^{-1}\text{)} = -315.31 + 102.84(\text{Altura cm}) \quad r^2=0.9035$$

4.3.1.1 Masa de forraje por estratos

Al desglosar la masa total de forraje presente a través de la primera hora y media del período de ocupación en masa en los primeros 5 cm (0-5cm) con respecto del suelo y masa por arriba de los 5 cm (> 5cm) con respecto del suelo, se encontró que tanto ADF como el TI tuvieron efecto ($P<0.01$) en la masa > 5cm, y masa en los primeros 5 cm solo respondió a cambios en la ADF ($P<0.01$) (Figura 9; Anexo 3). La masa > 5cm tuvo una evolución parecida a masa total, con una mayor tasa de defoliación con menor ADF durante la primera media hora de pastoreo. La masa de forraje en todos los momentos fue menor con las ADF más bajas.

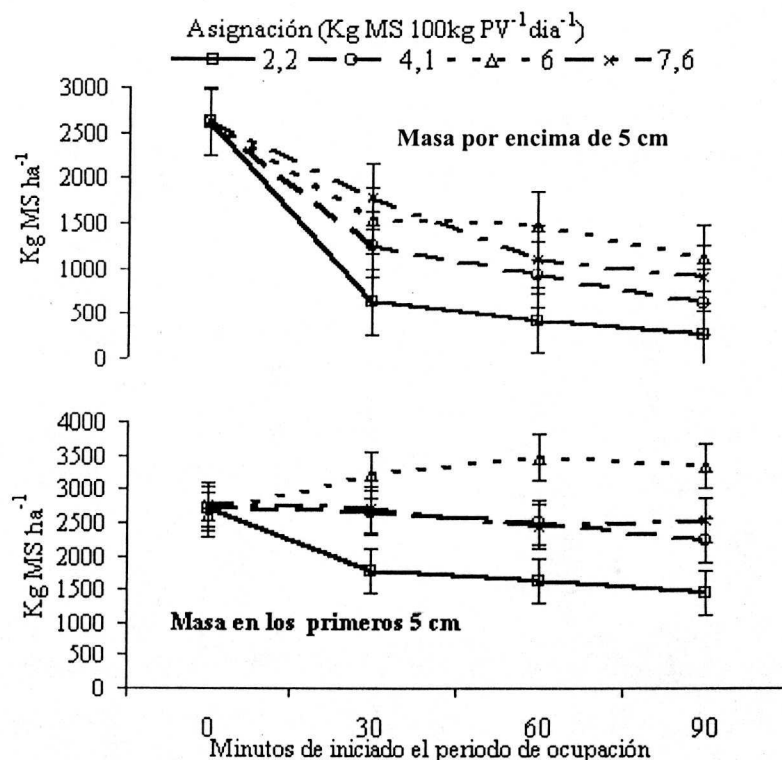


Figura 9. Cambios en la masa de forraje presente por encima de 5 cm y en el estrato 0-5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

Solamente la menor ADF ocasionó una menor cantidad de masa de forraje presente desde la primera media hora del período de ocupación. Con la ADF de 4.1 también se presentó una disminución, aunque de mucho menor magnitud hacia el final del período evaluado. Cuando la ADF fue de 6 o superior las vacas no llegaron a cosechar dentro de los 5 cm más cercanos al suelo. El aparente incremento en la masa en ese estrato pudo deberse al pisoteo y a errores de muestreo ocasionados por la gran variabilidad en masa de ese estrato.

Con una ADF de 2.2 las vacas en la primera media hora cosecharon entre 50 y 75% del forraje presente por arriba de 5 cm, lo que forzó a una cosecha dentro de los 5 cm más cercanos al suelo. Mientras que las vacas con mayor ADF mantuvieron su actividad de cosecha prácticamente en el forraje presente por encima de 5 cm sin una drástica caída en la tasa de defoliación luego de la primera media hora.

Al analizar la tasa de defoliación del forraje por arriba de los 5 cm del suelo con base a tres estratos: 5-10, 10-20 y >20 cm, la ADF determinó ($P < 0.05$) variaciones en la masa de forraje presente en los primeros dos estratos (5-10 y 10-20), mientras que el TI presentó efecto ($P < 0.01$) en los tres estratos (Figura 10, Anexo 4).

Los cambios de masa entre asignaciones fueron más parecidas conforme se incrementó la altura del estrato. Con menor altura se presentaron cambios menos marcados en la masa en las ADF altas. La ADF más baja presentó la menor masa en todos los estratos en todos los momentos.

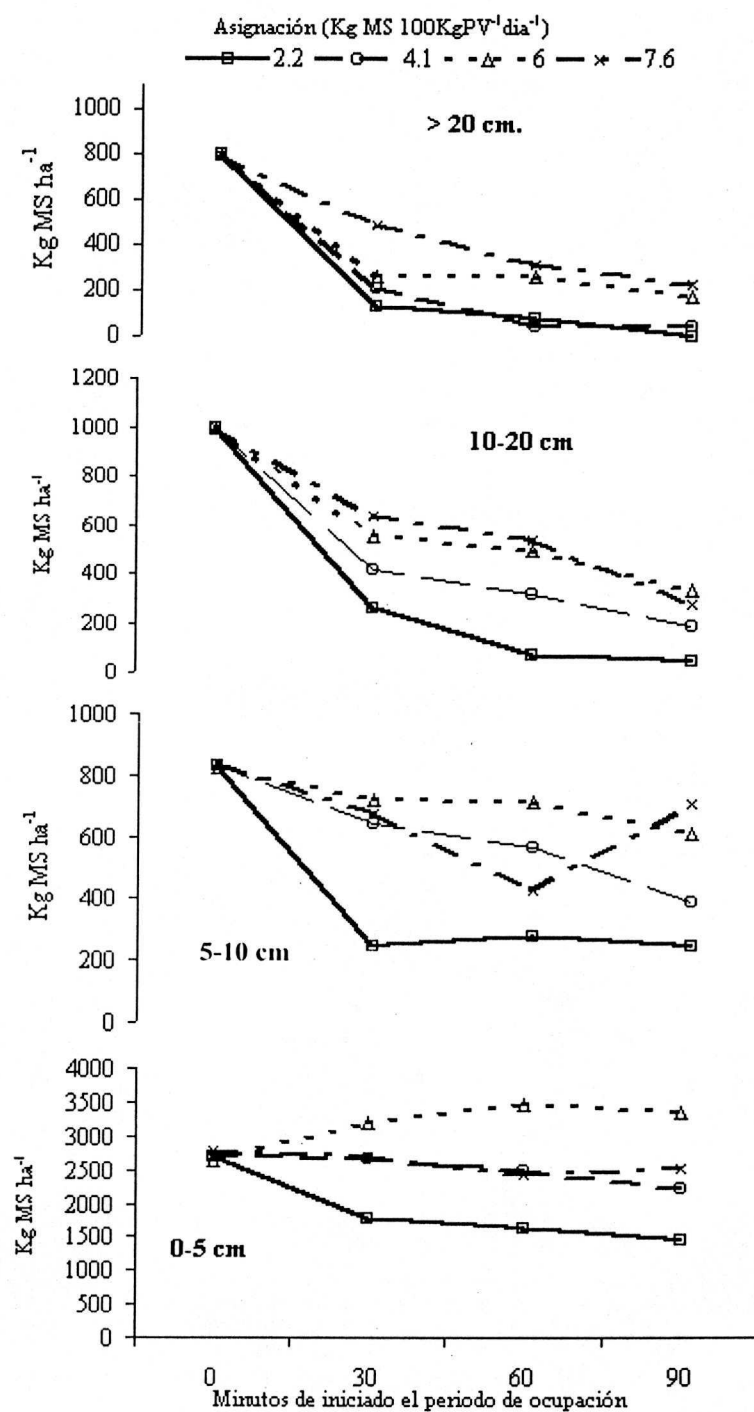


Fig 10. Cambios en la masa de forraje presente en los estratos >5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

En las dos ADF más altas la actividad defoliadora se concentró básicamente en los estratos por encima de 10 cm mientras que para ese mismo momento en la ADF más baja ya había sido removida la mayor del forraje de esos estratos así como del de 5-10 cm. En la ADF de 4.1 se observó una disminución importante en la masa del estrato 5-10 cm hasta la hora , y para las dos ADF más altas hasta la hora y media de haberse iniciado el período de ocupación. Con las ADF más baja después de la primera media hora ya no se observaron cambios importantes en masa, por que prácticamente ya no la había.

Los animales en la ADF de 2.2 se vieron forzados a consumir forraje del estrato basal (0-5cm) desde la primera media hora, mientras que los de la ADF de 4.1 posteriormente, como consecuencia de la disminución en los estratos superiores.

La distribución de la masa de forraje por estrato en todos los momentos presentó el mismo patrón que en el ofrecido en todos los niveles de ADF. En la Figura 11 se pueden observar los cambios en densidad por estrato (> 5cm) de un momento del período de ocupación a otro. Con la ADF más baja, después de la primera media hora del período de ocupación, los animales tuvieron que enfrentarse a una baja densidad de forraje en todos los estratos.

Las diferencias entre ADF se acentuaron conforme el estrato se encontró más próximo al suelo, los cambios en masa se dieron más rápido con menor ADF.

Dougherty *et al.* (1988b) señalan que los animales se enfrentan a cambios (disminuciones graduales) en el nivel de asignación conforme avanza el tiempo en períodos de ocupación cortos, como una consecuencia de los cambios rápidos en masa y estructura de la pradera.

Dougherty *et al.* (1988a) trabajaron con alfalfa estimando masa por arriba de 5 cm, y reportan que la utilización de la masa se incrementó con su altura al tener una mejor accesibilidad (>5 cm).

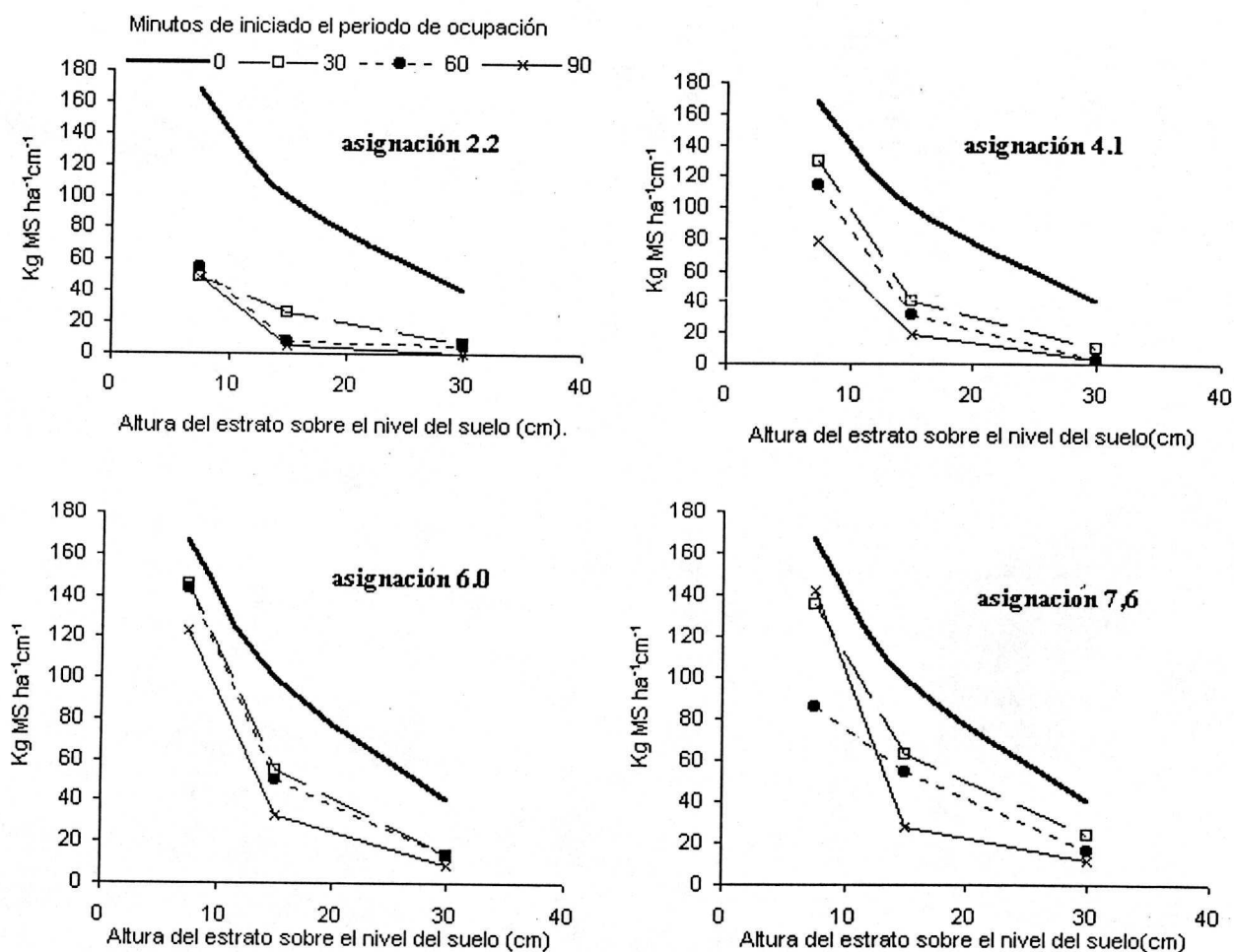


Figura 11. Cambios en la densidad de forraje presente en los estratos >5cm a diferentes momentos de la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

4.3.2 Composición botánica y morfológica de la masa de forraje

La cantidad de forraje presente en tres estratos y dentro de la primera hora y media del período de ocupación agrupada por componente botánico y morfológico se presenta en los Cuadros 9 a 11.

En el estrato más cercano al suelo (Cuadro 9) solo se detectó una disminución lineal ($P < 0.05$) en las cantidades de hoja de avena y cebada presentes en la ADF de 2.2 la imposibilidad de detectar cambios en los otros componentes botánico-morfológicos se podría explicar por inaccesibilidad y que las vacas no fueron forzadas a una mayor presión de cosecha al incrementar la oferta a través de una mayor asignación de forraje.

Conforme se incrementó la altura con respecto del suelo (Cuadros 10 y 11) los cambios en la cantidad del componente botánico-morfológico a través del período de ocupación fueron evidenciados ($P < 0.05$) en forma lineal.

Las vacas en los dos niveles bajos de asignación hicieron una clara utilización de la mayoría de los componentes en el estrato 5 - 10 cm (Cuadro 10) pero ese no fue el caso para las dos ADF más altas. Con la ADF más baja la utilización de la mayoría de los componentes había sido completada después de 30 minutos de pastoreo, mientras que con la ADF de 4.1 la utilización continuó a través de los primeros 90 minutos de pastoreo, alcanzando entonces, en ese momento casi el mismo nivel logrado después de 30 minutos con la ADF más baja

La utilización por encima de 10 cm (Cuadro 11) fue muy alta con los dos niveles bajos de ADF. Las vacas de la ADF de 4.1 lograron niveles similares de utilización de la mayoría de los componentes 30 minutos después que las vacas en la ADF de 2.2 Los dos niveles más altos de asignación lograron el mismo nivel de utilización de los

componentes por encima de 10 cm. Una selección activa podría haberse llevarse a cabo en este estrato de la pradera fácilmente accesible con estos niveles altos de ADF.

Cuadro 9. Masa de componentes botánico-morfológicos en el estrato 0-5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

¹ As.	² Mo	H O J A S (Kg MS ha ⁻¹)			T A L L O S (Kg MS ha ⁻¹)		
		Avena	Cebada	Raigras	Avena	Cebada	Raigras
2.2	0	340	151	539	416	465	789
2.2	30	200	96	355	294	316	510
2.2	60	128	63	461	279	245	463
2.2	90	116	56	260	311	275	429
³ P		*	*				
4.1	0	316	117	743	496	422	608
4.1	30	286	77	658	513	479	641
4.1	60	308	91	551	426	423	694
4.1	90	205	91	468	351	428	672
P							
6.0	0	248	98	721	355	483	796
6.0	30	384	110	945	554	401	889
6.0	60	179	185	917	523	775	970
6.0	90	443	105	872	630	515	855
P							
7.6	0	285	130	577	334	371	1005
7.6	30	362	77	730	253	459	738
7.6	60	216	70	715	351	379	629
7.6	90	161	116	755	247	344	829
P							
⁴ ES		97	39	184	109	138	193

¹ Asignación de forraje Kg MS (100 Kg PV)⁻¹ d⁻¹; ² Minutos después de iniciado el período de pastoreo;

³ Indica significancia (P<0.05) del modelo de regresión de masa (Y) con respecto al tiempo (X); ⁴ Error estándar.

La evolución de la utilización de los componentes por encima de 10 cm con las dos ADF más altas (Figura 12) muestra que las hojas de avena y raigrás fueron los componentes preferidos, la preferencia por hoja de cebada no pareció ser tan alta. Los tallos de cebada fueron el componente menos preferido con solo 45% de utilización después de 30 minutos de pastoreo.

Cuadro 10. Masa de componentes botánico morfológicos en el estrato 5-10 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

¹ As	² Mo	H O J A S (Kg MS ha ⁻¹)			T A L L O S (Kg MS ha ⁻¹)		
		Avena	Cebada	Raigras	Avena	Cebada	Raigras
2.2	0	154	71	214	139	128	128
2.2	30	27	16	63	46	38	54
2.2	60	24	11	92	48	44	57
2.2	90	6	10	84	36	64	48
³ P		*	*	*	*		
4.1	0	134	54	193	180	166	107
4.1	30	102	49	162	135	104	95
4.1	60	85	33	132	129	95	94
4.1	90	55	26	88	70	72	80
P		*	*	*	*	*	
6.0	0	158	79	214	133	119	131
6.0	30	137	48	215	115	87	130
6.0	60	96	49	241	112	141	84
6.0	90	69	45	195	108	102	101
P							
7.6	0	208	60	180	151	103	132
7.6	30	119	33	149	127	114	130
7.6	60	60	19	107	69	62	106
7.6	90	60	31	143	82	114	80
P		*	*				
⁴ ES		36	14	52	35	33	40

¹ Asignación de forraje Kg MS (100 Kg PV)⁻¹ d⁻¹; ² Minutos después de iniciado el período de pastoreo;

³ Indica significancia (P<0.05) del modelo de regresión de masa (Y) con respecto al tiempo(X); ⁴ Error estándar.

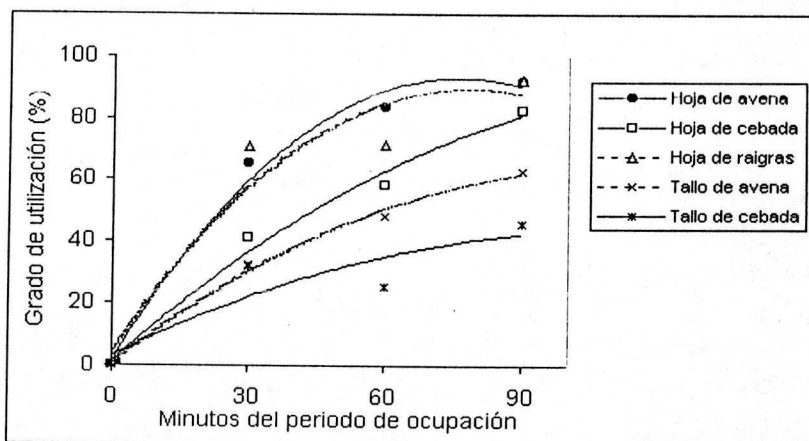


Figura 12. Grado de utilización de componentes botánico morfológicos presentes por encima de 10 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena -raigrás-cebada pastoreada por vacas lecheras suplementadas (Promedio de las asignaciones 6.0 y 7.6 kg MS 100 kg PV⁻¹ día⁻¹)

Cuadro 11. Masa de componentes botánico morfológicos en el estrato >10 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación. por vacas lecheras suplementadas

¹ As	² Mo	H O J A S (Kg MS ha ⁻¹)			T A L L O S (Kg MS ha ⁻¹)		
		Avena	Cebada	Raigras	Avena	Cebada	Raigras
2.2	0	516	196	87	577	400	15.8
2.2	30	65	67	8	106	144	0.5
2.2	60	12	15	1	40	85	0.0
2.2	90	4	7	1	11	27	0.0
³ P		*	*	*	*	*	
4.1	0	463	176	113	480	541	18.5
4.1	30	87	78	39	187	227	2.5
4.1	60	41	32	15	109	165	3.5
4.1	90	19	26	4	66	121	0.0
P		*	*	*	*		*
6.0	0	537	260	132	406	446	9.8
6.0	30	148	95	46	228	292	1.8
6.0	60	99	102	26	216	308	5.5
6.0	90	58	37	10	177	218	1.3
P		*	*	*	*		*
7.6	0	552	220	94	418	496	11.3
7.6	30	233	180	23	332	351	0.5
7.6	60	83	99	36	211	401	29.3
7.6	90	28	46	7	132	300	0.0
P		*	*	*	*	*	*
⁴ ES		74	50	33	86	112	12

¹ Asignación de forraje Kg MS (100 Kg PV)⁻¹ d⁻¹; ² Minutos después de iniciado el período de pastoreo; ³ Indica significancia de la regresión de masa(Y) con respecto al tiempo(X); ⁴ Error estándar.

4.3.2.1 Masa de cada especie por estrato

Se observó una mayor presencia y distribución de la avena y cebada por encima de 5 cm mientras que raigras predominó en los estratos basales. Con la ADF más baja durante la primera media se defolió la mayor parte del forraje > 5cm de todas las especies, solo cebada presentó disminuciones posterior a ese momento con esa ADF (Figura 13; Anexo 5).

En el estrato basal (0-5cm) la ADF más baja presentó disminución en la masa de todas las especies, la ADF de 4.1 en raigrás y avena, y con mayor ADF solo en avena. La disminución en raigrás con la ADF de 2.2 se dio en la primera media hora mientras que la de avena y cebada a través de la hora y media evaluada. Esto indica, que en la

primera media hora los animales consumieron básicamente hojas de raigrás y posteriormente continuaron cosechando el material “accesible” de las tres especies en ese estrato. Por otra parte la única especie que aparentemente disminuyó con asignaciones altas en el estrato basal fue avena y esto sucedió después de la primera hora de transcurrido el período de ocupación.

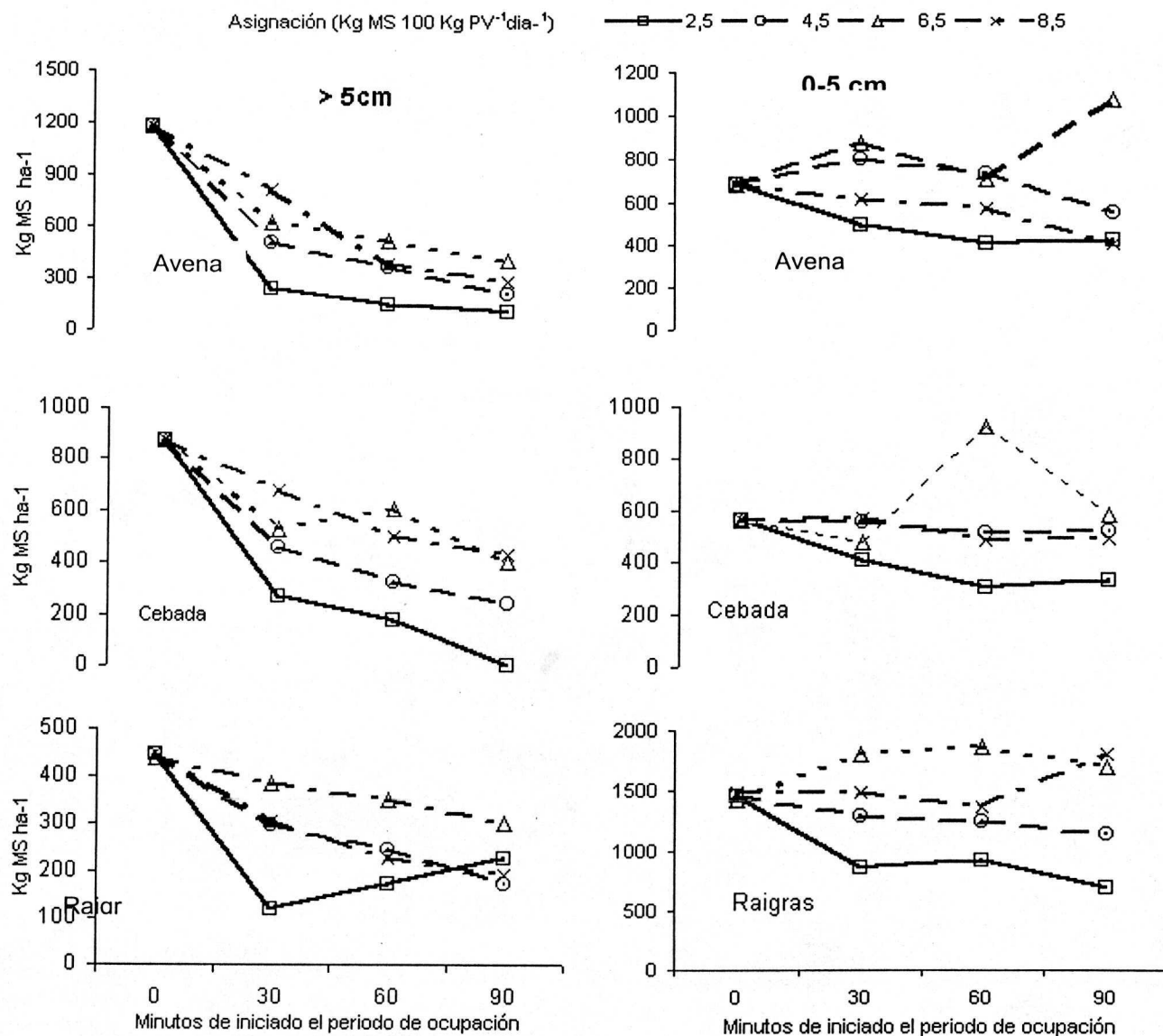


Figura 13 Cambios en la masa por especie presente en el estrato 0-5 cm y >5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

Avena fue la especie más defoliada, esto en parte por su mayor accesibilidad (distribución vertical dentro del dosel), presentándose una preferencia activa hacia esa especie en comparación con cebada.

En términos generales el grado de selección ejercido por los animales en pastoreo entre componentes de la pradera alternativos (especies de plantas o unidades morfológicas) aumenta con contrastes dentro de la pradera en madurez de la planta o de características físicas o bioquímicas (Hodgson, 1985; Coleman *et al.*, 1989). Este fue el caso de mayor selección de avena contra cebada, donde el tallo de cebada fue el componente de menor calidad, el caso de una menor selección de raigras se explica por su distribución espacial dentro del dosel.

4.3.2.2 Masa de hoja y tallo

La disminución en hoja $> 5\text{cm}$ es más marcada que la de tallo en todos las ADF. Con la ADF más baja prácticamente la totalidad de hoja es cosechada en la primera media hora, posteriormente solo se presentó disminuciones en tallo (avena y cebada).

En el estrato 0-5 cm las dos ADF más bajas presentaron una disminución en hoja; y la ADF de 2.2 también en tallo. En la primera media hora se dio una disminución marcada en hoja (raigrás) y otra posterior a la hora (avena y cebada) con la ADF de 2.2. La disminución en tallo (de las 3 especies) en esa ADF fue gradual (Figura 14, Anexo 6).

Al término del período evaluado (90 min) se observó una disminución en la razón hoja-tallo con aumentos en la asignación en los dos estratos más altos (10-20 y $>20\text{ cm}$), mientras que en los dos estratos más bajos esta razón se invirtió. Esto manifiesta diferencias en la forma en que fueron cosechados estos componentes en los distintos

niveles de ADF; en los estratos más altos la defoliación a bajos niveles de ADF se dio de una manera más homogénea para ambos componentes, es decir no fue tan marcada la preferencia en comparación con las ADF's altas, por su parte en los estratos basales se dio una mínima actividad de cosecha con las ADF's altas y si se llegó a dar fue básicamente de hojas (selectivo) en el estrato 5-10; mientras que con las ADF's bajas se dio una mayor cosecha de forraje que en su mayor parte fue hoja de raigrás.

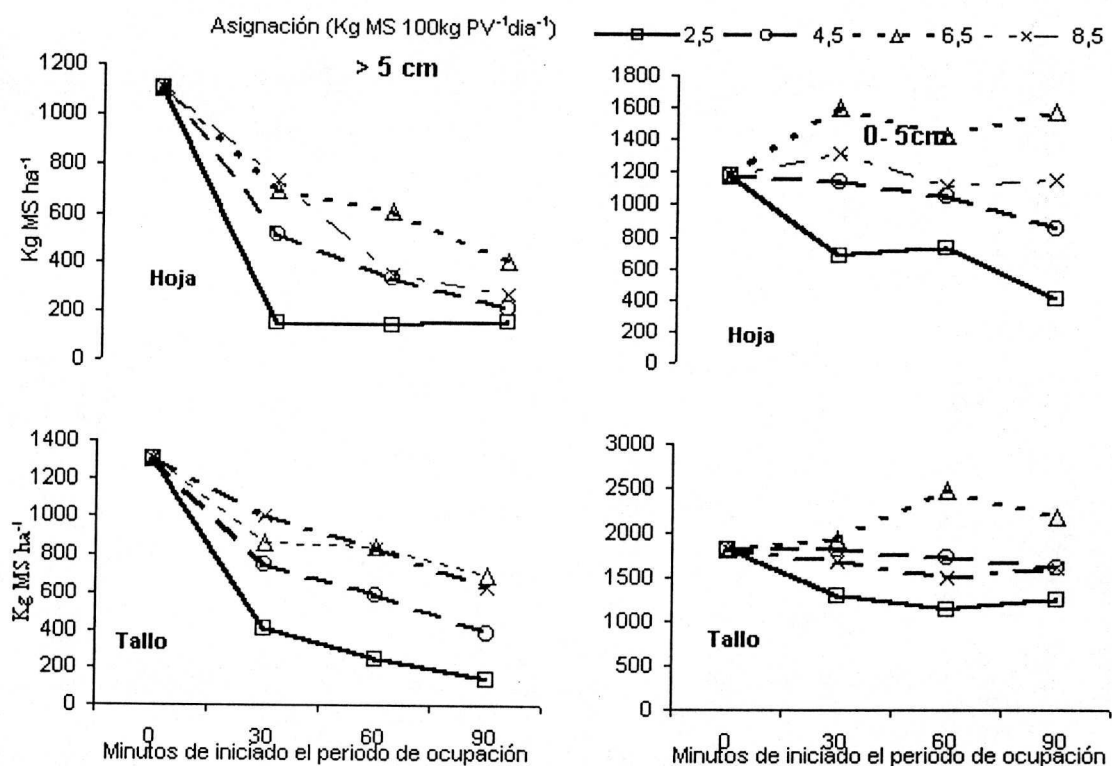


Figura 14. Cambios en la masa de hoja y tallo presente en el estrato 0-5cm y > 5 cm en la parte inicial del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

Al respecto Chacón y Stobbs (1976) mencionan que a baja presión de pastoreo los animales pueden pastorear selectivamente las mejores partes de la pradera. Barthram (1981), sugiere que la profundidad de pastoreo en los estratos inferiores de la pradera

podría estar limitada por la presencia de algunos componentes “indeseables” , el pastoreo se ubica generalmente por encima de la estratos conteniendo vaina foliar y material muerto, y agrega que esto no necesariamente significa una barrera impenetrable, pero si tiene un efecto inhibitorio efectivo. Los animales muestran una baja disposición a pastorear hacia el estrato con pseudotallos de una pradera.

4.3.3 Calidad de la masa de forraje

La calidad del forraje presente a través de la primera hora y media del período de ocupación no fue afectado ($P>0.05$) por la ADF, sin embargo si existió efecto ($P<0.05$) diferencial del tiempo transcurrido sobre algunas de las variables de calidad en algunos estratos (Anexo 7).

La variación de la calidad por estrato entre ADF's fue grande; sin embargo a mayor altura del estrato hubo una clara disminución de la calidad respecto al ofrecido. Al considerar la masa de forraje por encima de 10 cm, una mayor utilización llevó a una menor calidad de la masa de forraje presente en la pradera (Figura 15).

Los cambios en calidad son más evidentes conforme es mayor la altura del estrato, esto indica una mayor actividad de cosecha y de selección en estos.

Benavides y Camacho (1999), señalan disminuciones en la digestibilidad de cultivo invernal a través de intervalos durante el período de ocupación. La disminución más marcada fue durante la primera media hora de pastoreo.

Chacón y Stobbs, (1976), detectaron reducciones en la calidad del forraje de praderas tropicales conforme avanzó la defoliación de la misma. La dieta seleccionada por las vacas contenía más del 90% de hoja en las primeras etapas del período de ocupación y caía a un nivel no mayor del 50% cuando el período de ocupación era de varios días.

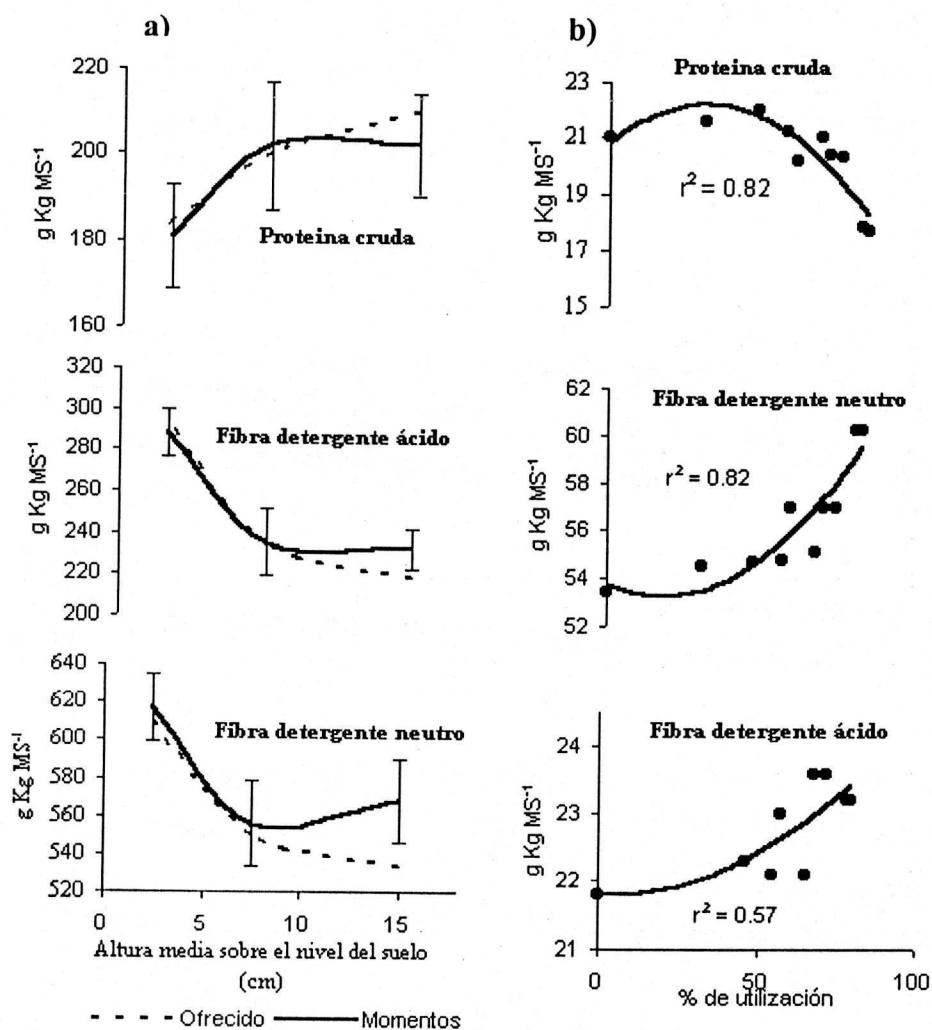


Figura 15. a) Calidad del forraje ofrecido y promedio por estrato de cuatro asignaciones y tres momentos al inicio del período de ocupación, de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

b) Calidad del forraje por encima de 10 cm a diferente grado de utilización de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas (Promedio de 4 asignaciones)

4.4 VARIABLES MEDIDAS EN LOS ANIMALES

A continuación se presentan las actividades registradas, el comportamiento ingestivo a través del período de ocupación y el promedio diario de las principales variables de comportamiento ingestivo de las vacas.

4.4.1 Actividades de las vacas en el área de pastoreo y confinamiento.

El tiempo dedicado por las vacas a las actividades medidas fue influido ($P < 0.05$) por la ADF, en la sesión matutina de pastoreo la influencia fue en los tiempos dedicados a rumia y descanso, en la sesión vespertina en los tiempos dedicados a pastoreo, descanso y rumia, durante el período de confinamiento fueron los tiempos dedicados a rumia, descanso y otras actividades, y en el total diario solo el tiempo dedicado a pastoreo y otras actividades (Cuadro 12).

El principal efecto de la ADF fue sobre el tiempo total de pastoreo, las vacas con la menor ADF redujeron su actividad de pastoreo en aproximadamente un 14% en comparación al promedio de las 3 ADF's más altas. La reducción en tiempo de pastoreo llevó a las vacas a dedicar un mayor tiempo al descanso y otras actividades, así como a un menor tiempo de rumia. Las vacas en la ADF de 2.2 presentaron el menor y en la de 4.1 el mayor tiempo de pastoreo.

Las diferencias en tiempo de pastoreo se presentaron durante la sesión vespertina, específicamente durante la noche. La menor duración de la sesión matutina no permitió que se manifestaran diferencias en el tiempo de pastoreo.

El intervalo de tiempos de pastoreo diarios señalados por diversos autores para vacas lecheras varía normalmente de 4 a 12 horas (Coleman *et al.*, 1989; Phillips, 1993; Hodgson, 1990; Holmes, 1989) un tiempo de pastoreo mayor a 8-9 horas es probable que indique condiciones limitantes de la pradera (Hodgson, 1990). Los valores

encontrados en este trabajo se encuentran dentro del intervalo siendo la ADF 2.2 la que presentó el menor tiempo con 4.6 h y la más alta la de 4.1 con 5.5 h. Estos tiempos relativamente bajos se atribuyen a la suplementación que reduce el tiempo total de pastoreo (Leaver, 1983). Martínez, (1999), detectó disminuciones en el tiempo de pastoreo con incrementos en el nivel de suplementación con ensilado de maíz ofrecido a vacas pastoreando avena-raigrás.

Cuadro 12. Tiempo (min) dedicado a diferentes actividades por vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación

de asignación					
Actividad	Asignación (Kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
Sesión matutina de pastoreo					
Pastoreo	108 a†	112 a	103 a	106 a	9.1
Consumo de ensilado	1 a	1 a	3 a	0 a	13.1
Rumia	15 a	11 a	4 b	5 b	4.1
Descanso	23 a	22 a	12 b	10 b	5.6
Otras	1 a	2 a	2 a	2 a	0.9
Sesión vespertina de pastoreo					
Pastoreo	148 b	195 a	188 a	192 a	12.7
Consumo de ensilado	12 a	12 a	20 a	9 a	5.6
Rumia	326 a	305 ab	296 b	300 b	9.3
Descanso	262 a	231 b	207 bc	201 c	10.1
Otras	2 a	3 a	4 a	3 a	1.2
Período de confinamiento					
Pastoreo	19 a	22 a	20 a	18 a	6.1
Consumo de ensilado	105 a	89 b	92 ab	91 ab	6.8
Rumia	132 c	163 b	183 a	193 a	7.9
Descanso	188 b	180 b	230 a	226 a	19.5
Otras	6 b	14 a	14 a	15 a	3.0
Total del día					
Pastoreo	276 b	329 a	312 a	319 a	15.7
Consumo de ensilado	118 a	102 a	125 a	102 a	13.5
Rumia	476 a	494 a	486 a	497 a	17.0
Descanso	472 a	435 b	452 ab	437 b	18.0
Otras	98 a	80 ab	65 b	85 ab	11.5

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

El tiempo de pastoreo nocturno puede incrementarse con la presión de pastoreo (Kilgour y Dalton, 1984; Houpt, 1991; Phillips, 1993) y es una respuesta compensatoria a limitaciones en la tasa de consumo, ante condiciones adversas para la cosecha del forraje (Hodgson, 1980).

Le Du *et al.* (1979) indican que bajo pastoreo rotacional por franjas las vacas no siempre continuaran intentando compensar condiciones adversas para la cosecha del forraje en la pradera con incrementos en tiempo de pastoreo, encontraron el menor tiempo de pastoreo con la asignación más baja, y que a mayores niveles de asignación se presentaba un aumento en tiempo de pastoreo como una manera de compensar una reducida tasa de consumo. Stockdale y King (1983) encontraron aumentos en el tiempo de pastoreo de vacas en distintas praderas conforme la asignación disminuyó hasta 32 Kg MS vaca⁻¹ día⁻¹, pero con mayores disminuciones en asignación el tiempo de pastoreo también disminuyó, además el tiempo de rumia de las vacas aumentó en 0.03 h por cada Kg de incremento en asignación y el descanso no fue afectado. Estos autores consideran que las disminuciones en tiempo de pastoreo observadas con cargas muy altas, podría ser un indicativo del nivel de consumo.

La actividad de rumia varia de 1.5 a 10.5 h día⁻¹, con valores más frecuentes entre 5 y 9 h, la mayor parte de la rumia (62-83%) la realizan echados los animales (Arnold y Dudzinski, 1979), en este trabajo se registró el tiempo en que los animales rumiaban echados y corresponde a 70, 67, 73 y 74% para los niveles de ADF de 2.2, 4.1, 6.0, y 7.6 respectivamente.

Cortez (1998), reporta tiempos de pastoreo y de rumia diarios de 435 y 417 min respectivamente en vacas pastoreando avena-cebada-raigrás más pradera perenne alfalfa-orchard. Martínez (1999), con el mismo nivel de suplementación empleado en

este trabajo pero con menor tiempo asignado a esta actividad , en pradera perenne más cultivo invernal registró tiempos de pastoreo, de rumia y de descanso diarios de 323, 521 y 453 min respectivamente.

4.4.2 Comportamiento ingestivo a través del período de ocupación

Del mismo modo en que se presentó la evolución de la pradera a través del período de más intensa actividad de pastoreo durante el inicio del período de ocupación, se presenta la información referente al comportamiento ingestivo durante el mismo período.

4.4.2.1 Evolución de los componentes del comportamiento ingestivo a través del período de ocupación

Proporción del tiempo dedicado al pastoreo a través del período de ocupación

La ADF así como el TI mostraron un efecto altamente significativo ($P > 0.01$) sobre la proporción que la actividad de pastoreo ocupó del período de ocupación. De manera general la proporción del tiempo dedicado al pastoreo disminuyó a través del período de ocupación, tanto en la sesión matutina como vespertina, y por tanto en el promedio diario (Cuadro 13).

La proporción del tiempo dedicado al pastoreo dentro de cada uno de los intervalos de tiempo en que se dividió la primer hora y media de la sesión de pastoreo tendió a ir de casi el 100% del tiempo en la primera media hora a poco más del 50% del tiempo posterior la hora y media, para el caso de la sesión matutina y de 20% del tiempo posterior a la hora y media pero en la sesión vespertina.

La fuerte dedicación de las vacas al pastoreo al inicio del período de ocupación explica los fuertes cambios en la cantidad y composición del forraje presente detectados en este momento, particularmente en los estratos superiores. A su vez la cada vez menor cantidad de forraje presente como menor calidad y un posible efecto de llenado del rumen y agotamiento físico promueve una caída en la proporción del tiempo dedicado al pastoreo.

Cuadro 13. Proporción (%) del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo por vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación

Asignación (KgMS 100Kg PV ⁻¹ día ⁻¹)	Intervalo (min) después de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
	0-30	31-60	61-90	>90	
Sesión matutina de pastoreo					
2.2	96.9 a†A¶	89.6 abB	88.5 bA	54.2 cB	5.0
4.1	100 aA	93.8 aAB	84.4 bA	52.1 cB	
6.0	97.9 aA	96.8 aAB	91.6 aA	78.8 bA	
7.6	100 aA	100 aA	91.4 abA	87.3 bA	
Sesión vespertina de pastoreo					
2.2	100 aA	96.9 aA	47.9 bC	14.0 cA	4.0
4.1	100 aA	99.0 aA	70.8 bAB	20.0 cA	
6.0	99.4 aA	99.4 aA	64.0 bB	19.1 cA	
7.6	91.2 aB	98.5 aA	78.1 bA	21.3 cA	
Promedio del día					
2.2	98.4 aA	93.2 aA	68.2 bB	32.4 cC	4.2
4.1	100 aA	96.4 aA	77.6 bA	35.0 cBC	
6.0	98.9 aA	98.4 aA	78.0 bA	41.4 cBA	
7.6	96.4 aA	99.0 aA	84.5 bA	46.9 cA	

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada período no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

Benavides y Camacho (1999) reportan disminuciones en la intensidad de pastoreo conforme transcurrió el período de ocupación de cultivo invernal avena-raigras.

La actividad de pastoreo se da en períodos o sesiones más o menos definidos durante el día y de manera grupal (Haupt, 1991); el ganado trata de distribuir sus comidas durante las horas de luz manipulando el número de comidas y su longitud (Phillips, 1993).

Chilibroste *et al.* (1997) sugieren que el llenado del rumen no es el principal factor que marca el final de una sesión de pastoreo, los animales dejan de pastorear antes de llenar la capacidad potencial de este; hay una combinación de factores que inducen el término de una sesión de pastoreo.

Dougherty *et al.* (1991) trabajando con festuca con variaciones en la asignación en períodos de pastoreo de una hora observaron que las vacas con la asignación más baja pastorearon menos intensamente y durante un período más corto, esto debido a que con menores niveles de asignación se alcanzó más rápido la barrera de pseudotallos y una vez que se llegó a este punto los animales dejaron de pastorear.

La duración y la periodicidad del pastoreo pueden ser alterados marcadamente por cambios en asignación bajo un manejo rotacional en franjas (Le Du *et al.*, 1979).

Evolución de la tasa de bocado a través del período de ocupación

La ADF mostró un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) sobre la tasa de bocados en las sesiones matutina y vespertina, pero no en el promedio diario. Mientras que el TI mantuvo su influencia sobre ($P < 0.01$) sobre la tasa de bocados en ambas sesiones y en el promedio diario (Cuadro 14).

La tendencia en ambas sesiones fue de disminuir la tasa de bocado a través del tiempo del período de ocupación. Sin embargo se dio un repunte en la tasa de bocados en la última media hora en la ADF de 4.1 y en la de 2.2, para las sesiones matutina y vespertina, respectivamente.

En la sesión de la mañana los dos niveles más bajos de ADF presentaron la mayor tasa de bocados que las ADF restantes, manteniéndose de esta forma durante la primera hora y media, posteriormente solo es clara la superioridad de la ADF de 4.1 en la tasa de

bocados. En la sesión vespertina solamente en los intervalos de 31 a 60 y de 61 a 90, es cuando se evidenció una menor tasa de bocados en la ADF 2.2.

En el promedio por día la tendencia mantenida fue a una reducción en la tasa de bocados con el avance en el período de ocupación.

Al considerar el promedio total diario de las 4 ADF la disminución en tasa de bocado es muy marcada durante la primera hora y media de pastoreo, para luego mantenerse.

El cambio en la tasa de bocados durante el período de ocupación, promediando sobre sesiones y asignaciones, fue mejor descrito por la Ecuación :

$$T. \text{ de bocado } \text{min}^{-1} = 0.0016 (\text{min del período de ocupación})^2 - 0.313(\text{min del p. de ocupación}) + 51.77$$

$$r^2 = 0.9989$$

Benavides y Camacho (1999) reportan un comportamiento similar para tasa de bocados en avena-raigras, siendo muy intensa durante la primera media hora, después de 30 min observaron reducciones.

Bajo pastoreo por franjas con becerros, Hodgson (1981) no observó incrementos compensatorios en tasa de bocado, como en pastoreo continuo, conforme el consumo por bocado disminuyó con la altura.

Chilibroste *et al.* (1997) reportan disminuciones en la tasa de bocado a través de períodos de ocupación cortos con valores de 0.41 y 0.51 bocados min^{-1} en cada intervalo sucesivo de 10 min. Dougherty *et al.* (1988a) reportan variaciones en el comportamiento ingestivo entre sesiones de pastoreo matutinas y vespertinas en alfalfa, encontrando mayor tiempo de pastoreo durante la tarde, iguales tasas de bocado pero mayor número de bocados. Señalan que las disminuciones en tasa de bocado a través de sesiones cortas de pastoreo se pudo deber a la saciedad de los animales, sugiriendo que

el período de ayuno previo a la sesión de pastoreo puede afectar el comportamiento ingestivo.

Chacón y Stobbs (1976) trabajando con praderas tropicales señalan que a través del período de ocupación las vacas aumentaron la tasa de bocado y disminuyeron el tiempo de pastoreo como respuesta ante la reducción de tamaño de bocado por una disminución en hoja en oferta por la cosecha progresiva de esta, concluyendo que la densidad de hoja es el principal factor que limita el consumo en praderas tropicales.

Cuadro 14. Tasa de bocado (bocados min^{-1}) por intervalos del período de ocupación de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación

Asignación (Kg MS 100 Kg PV ⁻¹ día ⁻¹)	Intervalo (min) después de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
	0-30	31-60	61-90	>90	
Sesión matutina de pastoreo					
2.2	48.6 a†A¶	40.3 bA	38.8 bA	32.1 cB	2.18
4.1	48.8 aA	42.1 bA	38.1 cA	43.6 abA	
6.0	44.1 aB	38.8 bA	37.4 bAB	36.4 bAB	
7.6	44.3 aB	40.6 bA	34.0 cB	34.9 cB	
Sesión vespertina de pastoreo					
2.2	46.4 aA	36.9 bB	27.1 cB	37.4 bA	1.88
4.1	49.5 aA	41.9 bA	37.0 cA	36.6 cA	
6.0	48.6 aA	40.6 bAB	38.9 bA	37.1 bA	
7.6	47.4 aA	43.5 bA	40.0 bA	35.9 cA	
Promedio del día					
2.2	47.5 aAB	38.9 bB	37.0 bcA	36.7 bA	2.0
4.1	49.2 aA	42.0 bA	37.5 cA	37.1 cA	
6.0	46.7 aB	39.8 bAB	38.1 bA	38.2 bA	
7.6	46.0 aB	42.1 bA	37.0 cA	34.8 cA	
Promedio 4 asignaciones					
	47.5 a	40.7 b	37.4 c	36.3 c	1.6

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada período no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

Evolución del número de bocados a través del período de ocupación.

La ADF presentó un efecto altamente significativo ($P<0.01$) sobre el número de bocados por intervalo del período de ocupación en la sesión matutina, mientras que el TI presentó un efecto altamente significativo ($P<0.01$) en las sesiones matutina y vespertina..

El número de bocados en la primera hora y media tendió a ser menor conforme se avanzó en el período de ocupación; sin embargo posterior a la hora y media se dio un repunte generalizado en el número de bocados (Cuadro 15).

Cuadro 15. Número de bocados en intervalos del período de ocupación de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación diaria de forraje

Asignación (Kg MS 100KgPV ⁻¹ dia ⁻¹)	Intervalo (min) después de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
	0-30	31-60	61-90	>90	
Sesión matutina de pastoreo					
2.2	1,419 a†A¶	1,116 bA	1,073 bA	1,049 bA	76
4.1	1,468 aA	1,163 bA	942 bA	1,081 bA	
6.0	1,256 aA	1,127 aA	1,020 aA	1,064 aA	
7.6	1,377 aA	1,221 aA	855 aA	1,075 aA	
Sesión vespertina de pastoreo					
2.2	1,351 bA	1,063 bA	371 cB	2,944 aC	161
4.1	1,479 bA	1,239 bA	788 cA	4,404 aA	
6.0	1,458 bA	1,222 bA	728 cA	3,784 aB	
7.6	1,315 bA	1,289 bA	886 cA	4,266 aA	

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes ($t, \alpha=0.05$)

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada período no son diferentes ($t, \alpha=0.05$)

Durante la mañana no se presentaron diferencias entre ADF lo cual mostró una evolución similar para las cuatro ADF. Mientras que en la tarde fueron evidentes diferencias entre ADF en los diferentes momentos del período de ocupación, durante la primera hora de pastoreo no se mostraron diferencias significativas, en el intervalo 61-90 min la ADF de 2.2 fue la que mostró el menor valor, y en el intervalo >90 min

nuevamente 2.2 se mantuvo con el menor número mientras que 4.1 presentó el mayor valor.

El mayor número de bocados en todos los niveles de ADF se presentó en el intervalo de >90 min de la tarde.

Al promediar sobre los intervalos para cada una de las sesiones (matutina y vespertina), el efecto de ADF solo fue evidente en la sesión vespertina -de mayor duración- (Cuadro 16). Las diferencias en número de bocados entre ADF en la sesión de la tarde se presentaron una hora después de haberse iniciado el período de ocupación, que correspondió a pastoreo nocturno. La diferencia central fue entonces en el pastoreo nocturno, en que la actividad de pastoreo fue menos intensa. ADF afectó principalmente el tiempo dedicado a pastorear, lo cual a su vez determinó el número total de bocados.

Cuadro 16. Número de bocados totales en diferentes períodos de tiempo de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación diaria de forraje

Período	Asignación (Kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
Sesión matutina	4,657 a†	4,654 a	4,240 a	4,235 a	326
Sesión vespertina	5,729 c	7,909 a	7,194 b	7,754 ab	449
Total del día	10,387 c	12,563 a	11,394 b	12,029 ab	623

†Medias en igual fila con al menos una literal en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

4.4.3 Componentes del comportamiento ingestivo por nivel de asignación

Al promediar sobre intervalos y sesiones se detectó efecto ($P<0.01$) de ADF sobre los cuatro componentes del comportamiento ingestivo. Los mayores valores para tiempo de pastoreo, tasa de bocado y número de bocados por día se presentaron en la ADF de 4.1, los menores valores para tiempo de pastoreo, número de bocados por día y tamaño de bocado promedio se registraron con la ADF de 2.2. Los mayores tamaños de bocado lo

presentaron las vacas en las dos ADF más altas. La menor tasa de bocados la presentaron las vacas en la ADF de 7.6 ; el menor número de bocados y el mayor tamaño de bocado se presentó con la ADF de 6.0. Las vacas en la ADF de 7.6 tuvieron un pastoreo más selectivo, que ocasionó una reducción del tamaño de bocado –en comparación a ADF de 6.0- y una reducción en tasa de bocado, pero no en tiempo de pastoreo, que se mantuvo en un nivel relativamente alto (Cuadro 17; Figura 16).

Cuadro 17. Componentes de comportamiento ingestivo de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigras-cebada a diferente nivel de asignación diaria de forraje

	Asignación (Kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
Tiempo de pastoreo (min día ⁻¹)	276 b†	329 a	312 a	319 a	15.7
Tasa de bocados (bocados min ⁻¹)	41.5 ab	42.5 a	41.9 ab	40.6 b	1.5
Numero de bocados día ⁻¹	10,387 c	12,563 a	11,394 b	12,029 ab	623
Tamaño de bocado promedio (g MS)	0.76 c	1.03 b	1.19 a	1.08 ab	0.17

†Medias en igual fila con al menos una literal en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

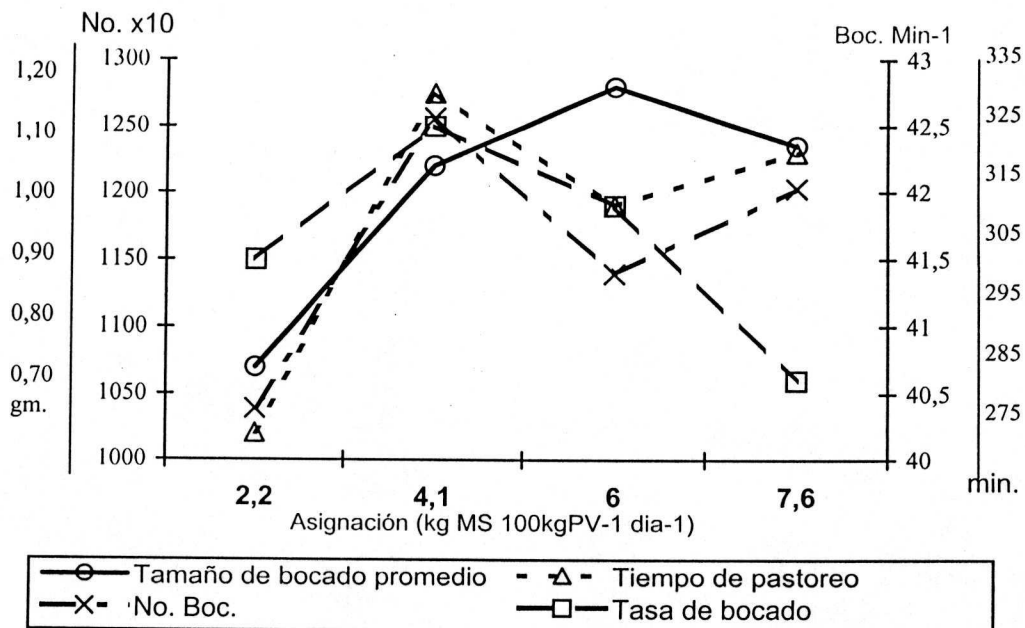


Figura 16. Componentes del comportamiento ingestivo de vacas lecheras suplementadas pastoreando cultivo invernal avena-cebada -raigras a diferente nivel de asignación

La disminución en tamaño de bocado se debió por los cambios en masa observados a través del período de ocupación. Durante la primera hora de pastoreo del período de ocupación el número de bocados fue similar para las 4 ADF, sin embargo las tasas de defoliación variaron, lo que indicó variaciones en el tamaño de bocado. El tamaño de bocado debió disminuir a través del período de ocupación de acuerdo a los valores de tasa de defoliación observados, mayores al inicio del pastoreo y que disminuyeron con el avance del período de ocupación. La ADF de 2.2 llevó a las vacas a enfrentarse a condiciones restrictivas de cosecha -que resultaron en un menor tamaño de bocado- en un período de tiempo más corto. Chilbroste et. al (1997) reportan un tamaño de bocado mayor durante la primera hora en períodos de ocupación cortos en raigras perenne con vacas.

Disminuciones en tamaño de bocado, llevaron a las vacas de la ADF de 4.1 a presentar una respuesta compensatoria en tasa de bocado y tiempo de pastoreo, que resultó en un mayor número de bocados por día, por su parte las vacas en la ADF de 2.2 solo mantuvieron una tasa de bocados relativamente alta, pero no compensaron con mayor tiempo de pastoreo, sino al contrario.

Dougherty *et al.* (1988a) encontraron efecto del nivel de asignación sobre el comportamiento ingestivo ; reportando aumentos en tamaño de bocado con aumentos en la asignación , pero no observaron cambios en la tasa de bocado en praderas de alfalfa pastoreadas con novillos durante períodos cortos de tiempo.

Dougherty *et al.* (1992) registraron tamaños de bocado y tasas de bocado promedio de $0.75 \text{ g MS bocado}^{-1}$ y $42 \text{ bocados min}^{-1}$ respectivamente en festuca durante períodos de pastoreo cortos, valores parecidos a los encontrados con la ADF de 2.2 en este trabajo.

Martínez (1999) reporta una tasa de bocado promedio de vacas pastoreando cultivo invernal avena-raigras de 43.8 bocados min^{-1} , ligeramente superior a la mayor tasa de bocado registrada en este trabajo con la ADF de 4.1.

Hodgson (1981) señala que bajo pastoreo rotacional las condiciones de la pradera a las que se enfrenta el animal varían a través del período de ocupación por el efecto de la remoción de material en un período de tiempo relativamente corto, la tasa a la que cambian las condiciones se ven incrementadas con la presión de pastoreo.

El tamaño de bocado se relacionó con la ADF y con el grado de defoliación, mostrando en ambos casos una relación curvilínea en donde aumentos en el grado de defoliación o disminuciones en ADF ocasionó disminuciones en el tamaño de bocado.

$$TB = 0.1451 + 0.3371 (ADF) - 0.028(ADF)^2 \quad r^2 = 0.9821$$

$$TB = -0.6069 + 0.0886(GD) - 0.0011(GD)^2 \quad r^2 = 0.9969$$

Donde:

TB= Tamaño de bocado (gm.)

GD=Grado de defoliación (%)

ADF=Asignación diaria de forraje ($\text{Kg MS } 100\text{Kg PV}^{-1}\text{d}^{-1}$)

4.4.4 Consumo por las vacas

El consumo de forraje de la pradera, de ensilado y total (pradera, ensilado, concentrado) fue influido ($P < 0.05$) por la ADF.

El consumo de ensilado se incrementó con disminuciones en ADF. El consumo de forraje de la pradera se incrementó con el nivel de ADF hasta el nivel de 6.0, un mayor incremento en ADF no representó mayores incrementos en consumo (Cuadro 18).

El nivel de ADF mostró el mínimo consumo de pradera por las vacas, este consumo fue 40% menor al promedio ($2.3 \text{ Kg MS } 100 \text{ Kg PV}^{-1} \text{ día}^{-1}$) de los consumos registrados en las otras tres asignaciones que no mostraron diferencia entre ellas.

El consumo total se comportó de la misma manera que el consumo de la pradera, aun a pesar de que se haya dado un incremento en el consumo de ensilado con baja ADF este no logró compensar en el consumo total la disminución en consumo de la pradera.

Esta respuesta del consumo de pradera a asignación ha sido reportada por diversos autores (Barthram, 1981, Poppi *et al.*, 1987, Stockdale, 1985).

Jamieson y Hodgson (1979b) detectaron reducciones en consumo con disminuciones en asignación, las mayores diferencias las observaron entre los niveles de asignación más bajos.

Dougherty *et al.* (1992) reportan incrementos en consumo con incrementos en la asignación, sólo hasta cierto nivel después del cual el consumo se mantiene constante, agrega que se dan limitaciones en el consumo cuando la utilización de la asignación excede el 50%. Combellas y Hodgson (1979) encontraron que el consumo de forraje se acerca al máximo cuando la eficiencia de pastoreo es alrededor de 0.50, es decir cuando la asignación duplica al consumo. Le Du *et al.* (1979) encontraron que el consumo y la producción de leche se deprimieron cuando las vacas eran forzadas a utilizar más del 50% del forraje ofrecido bajo pastoreo rotacional.

Penning *et al.* (1986) detectaron incrementos lineales en consumo y en respuesta animal en borregos pastoreando rotacionalmente raigras hasta niveles de asignación de más de cinco veces la cantidad ingerida por animal.

Martínez (1999) con la misma oferta de ensilado reporta consumos de 0.5 Kg MS 100 Kg PV⁻¹, muy parecidos a los encontrados en este trabajo en los niveles de asignación más altos.

Cuadro 18. Consumos en Kg de MS 100 Kg PV⁻¹ de vacas lecheras suplementadas pastoreando una asociación avena-raigrás-cebada a diferente nivel de asignación

	Asignación (Kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
Ensilado	0.69 a†	0.62 a	0.61 b	0.57 b	0.05
Pradera	1.37 b	2.25 a	2.32 a	2.33 a	0.38
Total (ensilado+pradera+concentrado)	2.54 b	3.35 a	3.40 a	3.41 a	0.41

†Medias en igual fila con al menos una literal en común no son diferentes (t, α= 0.05)

De acuerdo a las medias obtenidas para cada nivel de asignación la ecuación de regresión entre tamaño de bocado promedio y consumo de forraje de la asociación fue:

$$CF = -6.4349 + 15.411 (TB) - 6.7657 (TB)^2 \quad r^2 = 0.9996$$

Donde

CC = Consumo de forraje de la asociación (Kg MS 100 Kg⁻¹ PV⁻¹)

TB= Tamaño de bocado promedio (g)

Las relaciones entre ADF y consumo se definieron con las siguientes ecuaciones:

$$CF = -0.0619 + 0.8103 (ADF) - 0.0659(ADF)^2 \quad r^2 = 0.9637$$

$$CE = 0.7652 - 0.0407 (ADF) + 0.0021 (ADF)^2 \quad r^2 = 0.9424$$

$$CT = 1.2289 + 0.7434(ADF) - 0.061(ADF)^2 \quad r^2 = 0.9594$$

Donde:

CF=Consumo de forraje de la asociación (Kg MS 100Kg PV⁻¹ d⁻¹)

CE= Consumo de ensilado(Kg MS 100Kg PV⁻¹ d⁻¹)

CT= Consumo total (Kg MS 100Kg PV⁻¹ d⁻¹)

ADF= Asignación (Kg MS 100Kg PV⁻¹ d⁻¹)

4.5 CARGA ANIMAL Y PRODUCCIÓN DE LECHE

La ADF mostró un efecto altamente significativo ($P<0.01$) sobre la carga animal, afectando también la producción de leche individual diaria ($P<0.05$). La carga animal se incrementó con disminuciones en ADF, mientras que la producción de leche disminuyó (Cuadro 19).

La menor producción de leche con bajas ADF fue consecuencia del menor consumo logrado por las vacas. La mayor producción diaria por hectárea se obtuvo con la ADF de 2.2 (173 Kg) mientras que la menor con la ADF más alta (65 Kg), con la ADF de 4.1 se obtuvieron 101 Kg.

Con la ADF de 2.2 se habría esperado una baja producción por hectárea resultado de un pobre desempeño animal por una baja eficiencia de conversión del alimento ante un bajo consumo, sin embargo las vacas pudieron hacer uso de sus reservas corporales para amortiguar los efectos de incrementar carga (Leaver, 1983; Hodgson, 1990). Un efecto detrimental sobre producción de leche y condición corporal de los animales podría esperarse en un período de tiempo más largo al considerado en la evaluación de este trabajo.

Combellas y Hodgson (1979) reportan en un estudio a corto plazo disminuciones en la producción de leche individual con disminuciones en la ADF, pero la composición de esta no fue afectada.

Cuadro 19. Carga animal y producción individual de leche diaria en una asociación avena-raigras-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

	Asignación (Kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
Carga animal (Vacas ha ⁻¹)	8.1 a†	4.7 b	3.3 c	2.6 c	0.39
Producción individual día ⁻¹ (Kg)	21.3 b	21.5 b	23.7 ab	24.9 a	1.6

† Medias con al menos una literal en común por fila no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

5. DISCUSION

5.1 ESTIMACIONES DE MASA DE FORRAJE

La masa por encima de 5 cm puede ser un buen estimador en trabajos de este tipo por su mayor operatividad y reducción de posibilidad de sesgo, en este caso sus modelos presentaron mayores r^2 y menores DMR en relación a los modelos de masa total del ofrecido y del residual. Puede ser un estimador práctico a partir de mediciones indirectas para determinar la disponibilidad, así como para realizar un ajuste de asignación más precisa. Alrededor del 50% de la masa se ubicó por encima de los 5 cm de altura sobre el nivel del suelo y sobre esta fue que se concentró la totalidad del pastoreo al menos en los mayores niveles de asignación evaluadas y sólo a niveles muy bajos se presentó cosecha en la masa por debajo de 5 cm

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MASA DE FORRAJE

Los valores de masa del forraje ofrecido superaron por mucho los señalados como críticos para praderas templadas (2 ton MS ha^{-1}) (Burns *et al.*, 1989) por lo que esta variable por si misma no tuvo efectos restrictivos sobre la cosecha de forraje.

La distribución de la masa dentro de la pradera fué la típica con una mayor densidad por estrato conforme se acercaba al nivel del suelo (Hodgson, 1981), la especie predominante fue raigras, seguido de avena y finalmente cebada. Avena y cebada tuvieron una mayor distribución y presencia en todos los estratos del cultivo mientras que raigras se concentró prácticamente por debajo de los 10 cm de altura sobre el nivel del suelo. Dos de las especies (avena y cebada) se presentaron en etapa reproductiva durante el período experimental, afectando altura, composición morfológica y calidad total de la pradera (Prache, 1997). Los tallos florales contribuyeron con una buena

proporción de la masa en el estrato superior , afectando así la distribución de la calidad y la proporción relativa de los componentes por estrato de la pradera, en relación a la típica de una pradera vegetativa. La proporción de las especies así como de sus componentes explicó las diferencias en calidad entre las praderas empleadas en este trabajo con los de Martínez (1999) y Cortez (1998).

La distribución de cada especie dentro del dosel, así como la composición química de sus componentes morfológicos explicó la cosecha de ellos, por parte de los animales. La cosecha se realizó de manera sistemática desde los estratos altos hacia los bajos (Hodgson, 1981; Laca *et al.*, 1994), los componentes ubicados en los estratos superiores fueron los cosechados inicialmente, conforme avanzó el tiempo de ocupación se fueron defoliando estratos más bajos, a menor asignación se forzó una defoliación más cercana al suelo, llegando a presentarse cosecha aun en el estrato 0-5 cm. En los estratos altos donde predominaron avena y cebada se observó una clara preferencia por hoja contra tallo, principalmente de cebada, puesto que estos componentes fueron los más contrastantes en composición química.

A menor ADF el patrón de cosecha fue de una defoliación más severa y a menor altura , incluyendo una mayor proporción de raigras así como de tallo en la dieta, mientras que con ADF más altas se tuvo en la dieta una menor proporción de cebada .

Disminuciones en ADF llevaron a disminuciones en la calidad del forraje residual así como en la calidad promedio del forraje consumido por los animales. La distribución de la calidad por estrato se mantuvo a través del período de ocupación .

5.3 EFECTO DE LA ASIGNACIÓN

A menor ADF la tasa de defoliación fue mayor , llevando a cambios más rápidos en masa de forraje presente al inicio del período de ocupación (primera media hora), posteriormente debido a esa rápida disminución en masa, altura y aproximación a los estratos basales (cambios en las condiciones de masa), la tasa de defoliación y los cambios en masa de forraje se redujeron, mientras que a mayor ADF los cambios en masa y en tasa de defoliación a través del período de ocupación fueron graduales y más lentos.

En resumen disminuciones más rápidas en masa originadas por una mayor presión de pastoreo llevaron a condiciones de la pradera donde se presentaron restricciones o limitaciones para la cosecha en un tiempo más corto. Esta observación coincide con lo señalado por diversos autores al respecto (Jamieson y Hodgson, 1979b; Hodgson, 1981; Hodgson, 1985; Dougherty *et al.*, 1988a, b; Greenwood y Demment, 1988).

La masa de cada especie presentó el mismo comportamiento, sin embargo, se observaron diferencias entre ellas dadas por su distribución dentro del dosel.

Avena fue la especie más defoliada , seguido de cebada y raigras para todas las ADF. El grado de defoliación o cambios en masa de cada especie, de manera general aumentó con disminuciones en ADF.

El grado de defoliación se incrementó con la altura del estrato, evidenciando una cosecha sistemática de los estratos altos hacia los basales y dentro de este patrón se dio una mayor preferencia por hoja contra tallo.

El tamaño de bocado fue variable a la velocidad con que ocurrieron los cambios en masa de forraje presente, así en la menor ADF que provocó una caída rápida en la cantidad de masa de forraje presente se dio también el menor tamaño de bocado.

Tal como lo han señalado diversos autores (Chacón y Stobbs, 1976; Chacón *et al.*, 1978; Leaver, 1983; Hodgson, 1985; Hodgson, 1996, Ungar, 1996) el tamaño de bocado es la variable más importante de comportamiento ingestivo en pastoreo que determina el consumo, mide la habilidad del animal para cosechar, y constituye la respuesta primaria y más importante del animal a las condiciones de la pradera.

Adicional a las disminuciones en tamaño de bocado se observó una disminución generalizada en tasa de bocado y en la proporción del tiempo dedicado al pastoreo, así como en número de bocados para todas las ADF durante cada sesión de pastoreo, traduciéndose en disminuciones en tasa de consumo o de otra forma en una menor tasa de defoliación. Atribuibles no solamente a efectos de la condición de la pradera sino a aspectos de conducta animal, como podría ser una atenuación progresiva del impulso a comer o apetito, agotamiento de los animales y a algunos otros factores no determinados. Adicionalmente se observaron diferencias en la evolución de las variables de comportamiento ingestivo entre los períodos de pastoreo matutino y vespertino. Estos aspectos han sido observados en otros trabajos (Chilibroste *et al.*, 1997; Dougherty *et al.*, 1998b; Gibb *et al.*, 1998; Benavides y Camacho, 1999).

Bajo condiciones de pastoreo rotacional se ha observado una respuesta compensatoria en el comportamiento ingestivo (incremento en tasa de bocado y/o tiempo de pastoreo) de los animales ante disminuciones en tamaño de bocado por bajas asignaciones. Sin embargo con niveles de asignación muy bajos esta compensación puede no presentarse sino al contrario los animales muestran una renuencia a incrementar el tiempo de pastoreo ante condiciones muy restrictivas de cosecha, aun a costa de disminuciones en su consumo total diario. Este fenómeno se explica como una conducta condicionada al manejo, en donde los animales no muestran disposición a pastorear sino más bien

permanecen en “ espera” del ofrecimiento de una nueva franja o área de pastoreo. En este trabajo se observó esta situación, los animales con la ADF de 4.1 mostraron una mayor tasa de bocado promedio así como un mayor tiempo de pastoreo como una respuesta compensatoria ante un menor tamaño de bocado promedio, sin embargo con una menor ADF (2.2) los animales no mostraron respuesta compensatoria, sino que tuvieron el menor tiempo de pastoreo diario en comparación al resto de las ADF, esto implicó también un menor número de bocados diarios. Por su parte la ADF de 6.0 mostró el mayor tamaño de bocado promedio; las diferencias en las otras variables del pastoreo hacen pensar en diferencias en la forma que se llevó a cabo la cosecha, siendo más selectivos los de la ADF más alta, lo cual hizo que se redujera el tamaño y mantuvieran el consumo con un mayor tiempo de pastoreo que la ADF de 6.0.

Las diferencias en tiempos de pastoreo se presentaron básicamente durante la noche.

A su vez los animales en la ADF más baja dedicaron mayor tiempo al descanso y otras actividades .

Con menores niveles de ADF se presentó un menor consumo de forraje de cultivo, así como un menor consumo total, en el intervalo de ADF entre 6.0 y 7.6 los consumos de forraje de cultivo y total son prácticamente los mismos y sería de esperar que mayores niveles de ADF no representaran mayores incrementos en consumo, sin embargo con menores niveles de ADF se observó una disminución en ambas variables, la pendiente de la disminución no fue tan marcada al pasar de ADF de 6.0 a 4.1 como al pasar de 4.1 a 2.2, debido a la respuesta compensatoria .

Por otra parte el consumo de ensilado se incrementó con disminuciones en la ADF, esto como una respuesta de los animales de poder incrementar su consumo total ante limitaciones de consumo de forraje del cultivo; aunque el consumo de ensilado no tuvo

relación con el tiempo dedicado a esta actividad, las tasas de consumo de ensilado fueron aparentemente similares..

De acuerdo a referencias de trabajos en praderas templadas con vacas lecheras bajo un manejo rotacional una utilización de la pradera mayor a 50% puede significar disminuciones en consumo (Le Du *et al.* (1979), Dougherty *et al.* (1992); de acuerdo a Baker *et al.* (1981) y Leaver (1983) el pastorear a alturas por debajo de 8-10 cm lleva a reducciones en consumo.

En base a las ecuaciones de regresión estimadas en este trabajo un grado de defoliación de 50% correspondería a una altura de 8.9 cm y esta se lograría teóricamente con una asignación intermedia entre los niveles de 4.1 y 6.0, en este intervalo es justamente donde se presentan la zona de inflexión en tamaño de bocado y consumo.

El manipular la ADF tendrá efectos sobre el consumo de vacas lecheras pastoreando cultivo invernal, en respuesta a cambios en el consumo por bocado. Estos cambios a su vez responden a las condiciones de la pradera (producto de la cosecha) en un determinado momento del período de ocupación, la cual está en función de la asignación y del tiempo transcurrido. Niveles de asignación muy bajos llevarán a condiciones limitantes para la cosecha por los animales en un tiempo muy corto, ante las cuales los animales muestran renuencia a seguir cosechando. Disminución en el consumo de forraje del cultivo llevó a incrementos en el consumo de ensilado, lo cual no compensó la reducción en consumo total.

La altura de la pradera y el tiempo de pastoreo pueden ser indicadores prácticos del consumo y utilización en este tipo de praderas bajo pastoreo rotacional.

6. CONCLUSIONES

- ✓ La asignación diaria de forraje afectó la tasa de cambio de la masa de forraje de la asociación y sus características a través del periodo de ocupación.
- ✓ La asignación diaria de forraje determinó el grado de utilización de la pradera medido como altura del residual, masa de forraje residual, y grado de defoliación.
- ✓ La asignación diaria de forraje afectó el comportamiento ingestivo de vacas lecheras pastoreando la asociación. Reducciones en la asignación diaria de forraje llevó a reducciones en el tamaño de bocado promedio. El cual a su vez afectó al resto de las variables de comportamiento ingestivo.
- ✓ La asignación diaria de forraje afectó el consumo de forraje proveniente de la asociación y el consumo total por las vacas. El nivel de consumo de forraje de la asociación y total estuvo determinado por el tamaño de bocado promedio. La zona de inflexión de la relación entre asignación y consumo se presentó en el intervalo entre las asignaciones evaluadas en este trabajo de 4.1 y 6.0 Kg MS 100 kgPV⁻¹ d⁻¹.
- ✓ Disminución en la asignación diaria de forraje resultó en mayor carga animal y menor nivel de producción de leche individual.

- ✓ El patrón de cosecha de cada uno de los componentes botánico-morfológicos de la asociación estuvo determinado por la distribución dentro del deosel y la composición química de los mismos.
- ✓ A niveles muy bajos de asignación las vacas no mostraron incrementos compensatorios en el promedio de las variables de comportamiento ingestivo ante disminuciones en tamaño de bocado.
- ✓ Reducciones en asignación diaria de forraje incrementó el consumo de ensilado.
- ✓ -Utilizaciones de más del 50% o residuales menores a 8-9 cm de altura llevaron a disminuciones en el consumo por vacas lecheras.
- ✓ La eficiencia de utilización de la pradera se incrementó con disminuciones en asignación a costa de reducciones en consumo y la producción de leche individual.
- ✓ -La altura de la pradera y el tiempo de pastoreo pueden ser indicativos prácticos del consumo por vacas lecheras suplementadas pastoreando esta asociación.

7. LITERATURA CITADA.

- Aguayo A., G. Lizárraga, R. Garza, E. Salcedo 1976. Efecto de la carga animal y del consumo de paja de trigo sobre la producción de carne en praderas de ballico italiano (*Lolium multiflorum*). Técnica Pecuaria en México No. 31 pp. 7-11.
- Alcock M.B., Clarck H., A. Harvey. 1985. The implications of sward height for animal and herbage production from perennial ryegrass swards. In: Grazing Ocassional Symposium No. 19. British Grassland Society.
- Allden W.G., I.A.McD. Whittaker. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. Australian Journal of Agricultural Research. 21: 755-756.
- Améndola M. R. D. 1997. Producción de leche en pastoreo. En: III Reencuentro de Zootecnistas. Foro: Producción Animal bajo Pastoreo. Ciclo de conferencias: Situación y análisis de la ganadería Mexicana. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México pp.
- Améndola M.R.D., B. Morales M.. 1997 Competition between oats and annual ryegrass under grazing . Proceedings XVII International Grassland Congress , Canada: 22: 119-120.
- Améndola M.R.D.,C. Sánchez del R. 1999. Suplementación en sistemas intensivos. 1.- Importancia del efecto sustitutivo. In: II Seminario Internacional. Estrategias de suplementación a bovinos en pastoreo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. pp. 108-134.
- Améndola M.R.D., P.A. Martínez H., J.A. Mendoza P., J. Cortez A., M.A. Martínez C., J.F. Roman de la C., J.E. Rivera R., M.M. Flores P., F. Martínez V., S. González M., H. Flores B., J.A. Burgueño F., y M. Cordoba A. 2000 Retos y oportunidades del pastoreo de praderas templadas para la producción de leche. En: III Seminario Internacional Tecnologías para la explotación sustentable del recurso forrajero. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. pp. 13-48.
- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Kenneth H (Ed.) Edition 1.
- Arnold G. W., M. L. Dudzinski. 1978. Ethology of free-rangin domestic animals. Elsevier Scientific Publishing Company. U.S.A. 198 pp.
- Baker R.D. 1985 Advances in cow grazing systems. In: Ocassional Symposium No. 19. British Grassland Society. pp. 155-166
- Baker R. D., F. Alvarez., Y. L. Le Du. 1981. The effect of herbage allowance upon the herbage intake and performance of suckler cows and calves. Grass and Forage Science. 36: 189-199.

- Barret P.D., A.S. Laidlaw., H. Chritie., y C. S. Mayne 2000. Herbage intake potential and bite dimensions of dairy cows when grazing a one day paddock. In: A. J. Rook and D.P. Penning (Eds.) Grazing Management . Ocassional Symposium No 34. British Grassland Society. Reading pp. 97-98.
- Barthram G.T. 1981 Sward structure and the depth of the grazed horizon. Proceedings of the British Grassland Society. Winter Meeting. Grass and Forage Science 36: 130-131.
- Barthram G.T., S. A. Grant. 1984. Defoliation of ryegrass-dominated swards by sheep. Grass and Forage Science. 39: 211-219.
- Benavides N.E., J.L. Camacho G. 1999. Consumo y comportamiento ingestivo de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con ensilado de maíz. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 66pp.
- Black J.L., P. A. Kenney. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 35: 565-578.
- Bransby D. I. 1989. Compromises in the design and conduct of grazing experiments. In: G.C. Marten (Ed.) Grazing Research: design, methodology and analysis. CSSA Special publication Number 16. Madison, Wisconsin pp. 53-68.
- Burns J. C., H. Lippke, D. S. Fisher. 1989. The relationships of herbage mass and characteristics to animal responses in grazing experiments. In: Grazing Research: Design, methodology and analysis. CSSA Special Publication No. 16. pp. 7-20.
- Cachón A.L.E., H. Nery G., E. Cuanalo de la C. 1974. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Rama de suelos. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Secretaria de Agricultura y Ganaderia. 79 pp.
- Carámbula M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 464 pp.
- Carrizales G.A. 1997. Producción de carne y leche aplicando pastoreo intensivo tecnificado en regiones tropicales. En: III Reencuentro de Zootecnistas. Foro: Producción Animal bajo Pastoreo. Ciclo de conferencias: Situación y análisis de la ganadería Mexicana. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México pp.
- Chacón E. A., T. H. Stobbs 1976 Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. Australian Journal of Agricultural Research 27: 709-727.

- Chacón E. A., Stobbs T. H., M. B. Dale 1978 Influence of sward characteristics of grazing behaviour and growth of herford steers grazing tropical grass pastures. Australian Journal of Agricultural Research. 29: 89-102.
- Cherney D.J.R., D.R. Mertens 1998. Modelling grass utilization by dairy cattle. In: Grass for Dairy Cattle. Edited by: J.H. Cherney and D.J.R Cherney CABI Publishing pp. 351-372.
- Chilibroste P., Tamminga S., H. Boer 1997. Effects of length of grazig session, rumen fill and starvation time before grazing on dry matter intake, ingestive behaviour and dry- matter rumen pool size of grazing lactating dairy cows. Grass and Forage Science 52: 249-257.
- Coleman S. W., T. D. A. Forbes, J. W. Stuth. 1981. Measurements of the plant animal interface in grazing research In: Grazing Research: Desing, methodology and analysis. CSSA Special Publication No. 16. pp. 37-52.
- Combellas J., J. Hodgson 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows 1. The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial. Grass and Forage Science 34: 209-214
- Cortés A.M. 1989. Efecto de la asignación de forrajesobre 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, Edo de Mex. 65 pp..
- Cortez A. J. 1998. Pastoreo de la asociación avena (*Avena sativa* var. Cocker)-raigras anual (*Lolium multiflorum* Lam.) para la producción invernla de lechc. Tesis de maestro en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 148 pp.
- Daynes T., R. A. Ingpen 1985. Use of the microwave oven for drying herbage samples in the field. South African Journal of Plant and Soil. 2:2 107-108.
- Delgado E. I. 1983. El raigras Westerworlds y el raigras italiano. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 16 pp.
- Deswysen A. G., W. C. Ellis., K. R. Pond. 1987. Interrelationships among voluntary intake, eating and ruminating behavior and ruminal motility of heifers fed corn silage. Journal of Animal Science 64: 835-841.
- Dixon R. M., C. R. Stockdale . 1999. Associative effects between forages and grains: consequence for feed utilisation. Australian Journal of Agricultural Research. 50: 5 757-773.

- Dougherty C.T., T. D. A. Forbes., P. L. Cornelius., L.M. Lauriault., N.W. Bradley., E.M. Smith. 1988a. Effects of supplementation on the ingestive behaviour of grazing steers. *Grass and Forage Science*. 43: 353-361.
- Dougherty C.T., E.M. Smith ., N.W. Bradley ., T.D.A Forbes ., P.L. Cornelius ., I.M. Lauriault ., C. D. Arnold. 1988b. Ingestive behaviour of beef cattle grazing alfalfa (*Medicago sativa* L.) *Grass and Forage Science* 43: 121-130.
- Dougherty C.T., N.W. Bradley ., L.M. Lauriault ., E.Arias J., P. L. Cornelius. 1992. Allowance-intake relations of cattle grazing vegetative tall fescue. *Grass and Forage Science* 47: 211-219.
- Esqueda C.M.H.; H. O. Rubio A., M. A. Flores O. 1995. Evaluación de seis variedades de avena para producción intensiva de forraje en tres fechas de siembra. *Técnica Pecuaria en México*. V. 33 (2) 74-86.
- Farias F. J. M. 1983. Avena forrajera: su cultivo en la comarca lagunera. SARH. INIA. C.E.A.N.C.L. Desplegable No. 17.
- Ferrer Cazcarra R., M. Petit. 1995. The influence of animal age and sward height on the herbage intake and grazing behaviour of Charolais cattle. *Animal Science* 61: 497-506.
- Fisher G. E. J., A. M. Dowdeswell, G. Perrott. 1996. The effects of sward characteristics and supplement type on the herbage intake and milk production of summer-calving cows. *Grass and Forage Science* 51: 121-130
- Flores L. A., F. Burboa C., G. Lizárraga del C., F. J. Peñúñuri M. 1992. Producción y calidad de forraje de dos variedades de ballico (*Lolium multiflorum*) en el sur de sonora. *Técnica Pecuaria en México*. 30 (3) : 258-264.
- Forbes T. D. A. 1988. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science* 66: 2369-2379.
- Forbes J. M. 1995 The intake of fresh and conserved grass. In: Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Oxon: CAB International, U.K. pp. 354-386.
- Forbes T. D. A., J. Hodgson. 1985. Comparative studies of the influence of sward conditions on the ingestive behaviour of cows and sheeps. *Grass and Forage Science* 40: 69-77.
- Forbes T.D.A., J. Hodgson. 1985. The reaction of grazing sheep and cattle to the presence of dung from the same or the other species. *Grass and Forage Science* 40: 177-182.

- Gabriëls P.C.J., J.V. Van Den Berg 1993. Calibration of two techniques for estimating herbage mass. *Grass and Forage Science*. 48: 329-333.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª Edición. México, D.F. 217 pp.
- García E. M., J. S. Hernández M., V. López L., 1994. Evaluación de dos especies de avena y dos variedades de ballico anual bajo pastoreo en Chapingo. Tesis Profesional Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo.de México 112 pp.
- Garza G. A. L. 1996. Comportamiento de becerros en praderas de raigras anual en monocultivo y asociado con trébol Huban. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. 51 pp.
- Gibb M. J., C. A. Huckle, R. Nuthall, A. J. Rook. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science* 52: 309-321.
- Gibb M. J., C. A. Huckle, R. Nuthall. 1998. Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science* 53: 41-46.
- Gibb M. J., C. A. Huckle, R. Nuthall, A. J. Rook. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 63: 269-287.
- Greenwood G. B., M. W. Demment. 1988. The effect of fasting on short-term cattle grazing behaviour. *Grass and Forage Science*. 43: 377-386.
- Hafez E. W. E., Bouissou M. F. 1975. The behaviour of cattle. In: The behaviour of domestic animals. Ed:E. S. Hafez 3rd Edition. Balliere Tindall U.K. pp. 203-245.
- Harb M.Y., V.S. Reynolds., R.C. Campling. 1985. Eating behaviour, social dominance and voluntary intake of silage in group-fed milking cattle. *Grass and Forage Science* 40:113-188
- Haydock K.P. , N.H. Shaw 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15: 663-670.
- Hedges D. A., J. L. Wheeler, W. T. Williams. 1973. The efficiency of utilization of forage oats in relation to the quantity initially available. *Australian Journal of Agricultural Research* 24: 257-270.
- Hernández G. F., J. A. Eguiarte G. 1992. Aprovechamiento de especies forrajeras de invierno en el centro de Michoacán. *Técnica Pecuaria en México*. 30 (1) : 85-90.

- Hirata M. 1996. A new technique to describe canopy characteristics of grass swards with spatial distribution, dry matter digestibility and dry weight of small-size canopy components. *Grass and Forage Science* 51: 209-218.
- Hodgson J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science* 34: 11-18.
- Hodgson J. 1981. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Science* 36: 49-57.
- Hodgson, J. 1982. Ingestive behaviour. In: *Herbage Intake Handbook*. Edited by Leaver J.. British Grassland Society U.K. pp. 113-138.
- Hodgson J. 1985. Grazing behaviour and herbage intake. In: *Grazing. Occasional Symposium No. 19*. British Grassland Society. pp. 51-65.
- Hodgson J. 1990. *Grazing management. Science into Practice*. By John Hodgson. Longman Group. U.K. 203 pp.
- Hodgson J. 1996. Sistemas de Pastoreo: sus ventajas y desventajas. In: *Seminario Internacional Teórico Práctico. Tópicos Selectos en Sistemas Sustentables de Producción Animal bajo Pastoreo*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 22-30.
- Hodgson J. 1996. Control del consumo de hierba. In: *Seminario Internacional Teórico Práctico. Tópicos Selectos en Sistemas Sustentables de Producción Animal bajo Pastoreo*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 41-54
- Hodgson J., W. S. Jamieson. 1981. Variations in herbage mass and digestibility, and the grazing behaviour and herbage intake of adult cattle and weaned calves. *Grass and forage Science* 36: 39-48
- Holmes W. 1989. Grazing management. In: *Grass its production and utilization*. 2nd. Edition. Published by: The British Grassland Society. Blackwell Scientific Publications U.K. pp. 130-172.
- Houpt K.A. 1991. Biological rhythm and sleep. In: *Domestic Animal Behaviour for Veterinarians and Animals Scientists*. 2nd. Ed. Iowa State University Press. U.S.A. pp. 75-102.
- Jamieson W. S., J. Hodgson. 1979a. The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grass and Forage Science* 34: 273-282.

- Jamieson W. S., J. Hodgson. 1979b. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science* 34: 261-271.
- Jenquip® 2000. How the meter works. <http://www.Jenquip.co.nz/howit.html>
- Kilgour R., C. Dalton. 1984. *Livestock behaviour a practical guide*. Chapter 2. Granada Publishing. U.S.A. pp. 7-53.
- Kristensen E. S. 1988. Influence of defoliation regime on herbage production and characteristics of intake by dairy cows affected by grazing intensity. *Grass and Forage Science* 43: 239-251.
- Krysl L. J., B. W. Hess. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *Journal of Animal Science* 71: 2546-2555.
- Laca E. A., E. D. Ungar, N. Seligman, W. Demment. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science* 47: 91-102.
- Laca E. A., R. A. Distel, T. C. Griggs, M. W. Demment. 1994. Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology* 75 (3): 706-716.
- Lantinga E. A., J.H. Neuteboom J. H. Y J.A.C. Meijs 2000 . Sward Methods. Chapter 2. En: *Herbage Intake Handbook*. Segunda Edicion. British Grassland Society. Reading. U.K. (en prensa).
- Laredo M. A., D. J. Minson. 1973. The voluntary intake, digestibility, and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses. *Australian Journal of Agricultural Research* 24:875-888.
- Leaver J.D. 1983. Summer Feed Management. In: *Milk production.: Science into Practice*. Longman Group Limited , U.K. pp. 91-106
- Leaver J. D. 1985. Effects of supplements on herbage intake and performance. In: *Grazing. Ocassional Symposium No. 19*. British Grassland Society.
- Leaver J. D., R. C. Campling, W. Holmes. 1968. Use of supplementary feeds for grazing dairy cows. *Dairy Science Abstracts* 30 (7) : 355-361.
- Le Du Y. L. P., J. Combellas, J. Hodgson, R. D. Baker. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows 2. The effects of level winter feeding and daily herbage allowance. *Grass and Forage Science*. 34: 249-261.
- Le Du Y. L. P., R. D. Baker, R. D. Newberry. 1981. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 3. The effect of grazing severity under continuous stocking. *Grass and Forage Science*. 36: 307-318.

- Le Du Y. L. P., R. D. Newberry 1987 Supplementing the grazing dairy cow during periods of pasture restriction. (Summary) Grass and Forage Science 37: 173-174.
- Lizárraga del C. G., A. Aguayo A., R. Garza T., 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 en México No. 39 pp. 17-24.
- Martínez C. M. A. 1999. Suplementación con ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo. Tesis de maestro en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de Mex. 107 pp.
- Mayne C. S., S. C. F. Woodcock, A. J. Clements, R. D. Newberry. 1985. The effects on milk production of grazing management systems involving preferential treatment of high yielding dairy cows. In: Grazing. Ocassional Symposium No. 19. British Grassland Society. pp. 114-118.
- Mayorga S. H. 1996. Situación del mercado mundial de la leche. Ciclo de conferencias sobre producción animal. Segundo reencuentro de Zootecnistas. Depto. De Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México pp. 37-64.
- Meijs J. A., J. A. Hoekstra. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1.Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. 39: 59-66.
- Moore J.E., M.H. Brant., W.E. Kunkle., D.I. Hopkins 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility and animal performance. Journal of Animal Science. 77 (supl. 2) : 122-135.
- Morales M.B. 1995. Evaluación de tres cultivares de avena forrajera bajo pastoreo en Chapingo, Méx. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 78 pp.
- Moreno G.M.T., L.R. Méndez F. 1992. Evaluación de un medidor de capacitancia y método de rango de peso seco en determinaciones de masa de forraje y composición botánica en praderas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 56 pp.
- Osio E. J. A. 1983. Evaluación de dos praderas de gramíneas de invierno, avena y mezcla comercial de avena, cebada, trigo y ballico italiano bajo pastoreo: Tesis Profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey N.L. 65 pp

- Parker W.J. 1996 a. Producción animal bajo pastoreo: Un enfoque de sistemas. In: Seminario Internacional Teórico Práctico. Tópicos Selectos en Sistemas Sustentables de Producción Animal bajo Pastoreo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 7-21.
- Parker W.J. 1996 b. La administración agropecuaria aplicada a la producción animal bajo pastoreo. In: Seminario Internacional Teórico Práctico. Tópicos Selectos en Sistemas Sustentables de Producción Animal bajo Pastoreo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 82-95
- Penning P. D., G. E. Hooper, T. T. Treacher. 1986. The effect of herbage allowance on intake and performance of ewes suckling twin lambs. *Grass and Forage Science* 41: 199-208.
- Pérez B. J.M. 1999. Respuesta de la asociación avena (*Avena sativa* L.)-Ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.) a la fertilización nitrogenada. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 41 pp.
- Phillips C. J. C. 1988. The use of conserved forage as a supplement of grazing dairy cows. *Grass and Forage Science* 43: 215-230.
- Phillips C. J. C. 1993. Nutritional behaviour. In: Cattle behaviour. Farming Press Book. U.K. pp. 75-112.
- Phillips C. J. C., J. D. Leaver. 1985a. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 1.- Offering hay to dairy cows at high and low stocking rates. *Grass and Forage Science* 40: 183-192.
- Phillips C. J. C., J. D. Leaver 1985b. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 2. Offering grass silage in early and late season. *Grass and Forage Science* 40: 193-199.
- Phillips C. J. C., J. D. Leaver. 1985c. Seasonal and diurnal variation in the grazing behaviour of dairy cows. In: Grazing. Occasional Symposium No. 19. British Grassland Society. pp. 98-105.
- Poppi D. P., T. P. Hughes., P. J. L. L'Huillier. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Feeding livestock on pasture. A. M Nicol (Ed). New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 10. pp. 53-63
- Prache S. 1997. Intake rate, intake per bite and time per bite of lactating ewes on vegetative and reproductive swards. *Applied Animal Behaviour Science*. 52: 53-64.

- Provenza F.D., D. H. Balph. 1988. Development of dietary choice in livestock on rangelands and its implications for management. *Journal of Animal Science* 66: 2357-2368.
- Rivera R. J. M. 2001. Cambios en la masa de forraje de praderas avena-raigras-cebada pastoreadas por vacas lecheras suplementadas a diferente nivel de asignación. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. (Sin publicar).
- Sáenz E. P. 1978. Rendimiento y digestibilidad "in vitro" de cinco gramíneas de invierno: avena (*Avena sativa* L.), Cebada (*Hordeum vulgare* L.), Centeno (*Secale cereale* L.), Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (*Triticale hexaploide*). Tesis Profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey N.L. 68pp.
- SAGAR, Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Centro de Estadística Agropecuaria, 2000a. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México. México, D.F. 87 pp.
- SAGAR, Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Centro de Estadística Agropecuaria. (CEA). Boletín de leche Sep-Oct. 2000b. <http://www.sagar.gob.mx/cea.html>
- 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, Mex. 151 pp.
- Searle S.R., G. Casella G., C. E. McCulloch. 1992. Variance components. Edited by: John Wiley & Sons. N.Y. USA. 501 pp.
- SEP. Secretaría de Educación Pública. 1982. Trigo, Cebada, Avena. Manuales para la Educación Agropecuaria. Edit. Trillas. México, D.F. 56 pp.
- Sheath G. W., R. J. M. Hay, K. H. Giles 1987. Managing pastures for grazing animals. In: Feeding livestock on pasture. A. M Nicol (Ed). New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication No. 10. pp. 65-74.
- Sheath G.W., D.A. Clark. 1996. Management of grazing systems: temperate pastures. In: The Ecology and management of grazing systems. Ed. (J. Hodgson and A. W. Illius), CAB. International, U.K. pp. 301-323.
- Stobbs T. H. 1973a. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 24: 809-819.

- Stobbs T. H. 1973b. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages. Australian Journal of Agricultural Research 24: 8821-829
- Stockdale C. R. 1985 Influence of some sward characteristics on the consumption of irrigated pastures grazed by lactating dairy cattle. Grass and Forage Science 40: 31-39.
- Stockdale C. R., K.R. King. 1983. Effect of stocking rate on the grazing behaviour and faecal output of lactating dairy cows. Grass and Forage Science 38: 215-218.
- Stuth J. W., D. R. Kirby, R. E. Chmielewsky. 1981. Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by the grazing animal. Grass and Forage Science 36: 9-15.
- 't Mannetje L., J. P. Ebersohn. 1980. Relations between sward characteristics and animal production. Tropical Grasslands 14 : 273-279.
- Thomson N.A. 1983. Factors influencing the accuracy of herbage mass determinations with a capacitance meter. New Zealand Journal of Experimental-Agriculture.11: 171-176.
- Tuker C.J. 1980. A critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass. Grass and Forage Science 35: 177-182.
- Ungar E. D. 1996. Ingestive behaviour. In: The Ecology and management of grazing systems. Ed. (J. Hodgson and A. W. Illius) , CAB. International, U.K. pp. 185-218.
- Ungar E. D., A. Genizi, M. W. Demment. 1991. Bite dimensions and herbage intake by cattle garzing short hand-constructed swards. Agronomy Journal 83: 973-978.

8. ANEXOS

Anexo 1. Composición botánica y morfológica como % de la masa total de forraje residual de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

	Asignación (kg MS 100 kg PV ⁻¹ día ⁻¹)				Err. Std.
	2.2	4.1	6.0	7.6	
AVENA	15.5 a†	15.1 a	17.4 a	17.3 a	2.33
Inflorescencia	1.0 a	1.2 a	1.5 a	3.3 a	1.27
Hoja	6.0 a	3.5 a	6.3 a	3.6 a	1.24
Tallo	8.5 a	10.4 a	9.7 a	10.4 a	1.95
CEBADA	29.1 b	27.1 b	37.0 a	43.5 a	6.64
Inflorescencia	1.6 a	2.4 a	4.6 a	4.8 a	2.60
Hoja	5.9 a	5.8 a	9.0 a	9.4 a	1.51
Tallo	21.6 b	18.9 b	23.2 b	29.5 a	4.63
RAIGRÁS	55.4 a	57.8 a	45.2 ab	39.5 b	7.03
Hoja	25.4 ab	30.0 a	27.0 ab	19.3 b	3.42
Tallo	30.0 a	27.8 ab	18.7 b	19.7 b	5.32
HOJA TOTAL	37.3 a	39.3 a	42.5 a	32.2 a	4.89
TALLO TOTAL	60.1 a	57.2 ab	51.5 b	59.7 ab	2.47

†Medias en igual fila con al menos una literal en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

Anexo 2 . Altura y masa de una asociación avena-cebada-raigras a diferentes momentos del período de ocupación pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

		Minutos de iniciado el período de ocupación				
Asignación						Err. Std
Kg MS100Kg PV ⁻¹ dia ⁻¹	0	30	60	90		
Altura medida con regla de pradera (cm)						
2.2	26.0 a†	9.8 bC¶	6.9 bcC	4.4 cB		
4.1	26.0 a	15.5 bB	11.7 bcBC	6.5 cB		
6.0	26.0 a	23.8 aA	17.9 bA	14.6 bA		3.1
7.6	26.0 a	22.8 aA	15.4 bAB	15.0 bA		
Masa de forraje (Kg MS ha ⁻¹)						
2.2	5,324 a	2,403 bB	2,065 bC	1,742 bC		
4.1	5,324 a	3,920 bA	3,423 bB	2,834 bBC		
6.0	5,254 a	4,685 aA	4,955 aA	4,465 aA		534
7.6	5,396 a	4,481 abA	3,533 bB	3,417 bAB		

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$).

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada variable no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

Anexo 3. Masa por encima de 5 cm. y en el estrato 0-5 cm. a diferentes momentos del período de ocupación de una asociación avena-raigrás-cebada pastoreada a diferente nivel de asignación diaria de forraje por vacas lecheras suplementadas

Asignación Kg MS 100Kg PV ⁻¹ dia ⁻¹	Minutos de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
	0	30	60	90	
Masa por encima de 5 cm					
2.2	2,624 a†	634 bB¶	427 bB	255 bB	368
4.1	2,624 a	1,267 bAB	932 bAB	623 bAB	
6.0	2,620 a	1,539 bA	1,474 bA	1,115 bA	
7.6	2,627 a	1,794 bA	1,104 cAB	898 cAB	
Masa en el estrato 0-5 cm					
2.2	2,700 a	1,771 bB	1,638 bB	1,446 bC	333
4.1	2,700 a	2,653 aA	2,941 aB	2,213 aBC	
6.0	2,624 a	3,208 aA	3,473 aA	3,342 aA	
7.6	2,776 a	2,695 aA	2,437 aB	2,526 aAB	

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$).

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada variable no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

Anexo 4. Masa total por estrato en kg MS ha⁻¹ a diferente momento al inicio del período de ocupación de una asociación avena-cebada-raigras pastoreada a diferente nivel de asignación diaria de forraje por vacas lecheras suplementadas

Asignación (kg MS. 100 kg pV ⁻¹ .dia ⁻¹)	Minutos de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
0	30	60	90		
Estrato > 20 cm					
2.2	794 a†	128 bB¶	78 bA	0 bA	245
4.1	794 a	205 bAB	41 bA	46 bA	
6.0	796 a	263 bAB	263 bA	174 bA	
7.6	791 a	483 abA	311 bA	229 bA	
Estrato 10-20 cm					
2.2	997 a	262 bB	74 bB	49 bA	160
4.1	997 a	414 bAB	322 bAB	190 bA	
6.0	1,000 a	552 bAB	498 bA	331 bA	
7.6	994 a	633 bA	542 bcA	281 cA	
Estrato 5-10 cm					
2.2	833 a	244 bB	275 bB	245 bB	129
4.1	833 a	646 abA	569 abAB	389 bAB	
6.0	827 a	725 aA	716 aA	613 aA	
7.6	840 a	676 abA	429 bAB	712 abA	
Estrato 0-5 cm					
2.2	2,700 a	1,771 bB	1,638 bB	1,446 bC	333
4.1	2,700 a	2,653 aA	2,491 aB	2,213 aBC	
6.0	2,624 a	3,208 aA	3,473 aA	3,342 aA	
7.6	2,776 a	2,695 aA	2,437 aB	2,526 aAB	

† Medias en igual hilera con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada estrato no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

Anexo 5. Masa total de cada especie por estrato en kg MS ha⁻¹ a diferente momento al inicio del período de ocupación de una asociación avena-cebada-raigras pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

Especie	Estrato	Asignación Kg MS. 100 Kg PV ⁻¹ .dia ⁻¹	Minutos de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
			0	30	60	90	
A V E N A	>20 cm	2.2	452 a†	52 bA†	0 bA		109
		4.1	452 a	102 a	0 a	0 a	
		6.0	452 a	88 bA	73 bA	12 bA	
		7.6	452 a	216 bA	76 bA	20 aA	
	10-20 cm	2.2	411 a	202 aA	02 bA	42 bA	102
		4.1	411 a	171 aA	122 bA	122 bA	
		6.0	411 a	260 aA	209 aA	175 aA	
		7.6	411 a	240 aA	224 aA	00 bA	
	5-10 cm	2.2	216 a	72 bD	72 bD	124 bA	59
		4.1	216 a	227 aA	214 aA	125 bA	
		6.0	216 a	252 aA	207 aA	176 bA	
		7.6	217 a	246 aA	120 bA D	122 bA	
	0-5 cm	2.2	601 a	404 aA	407 aA	427 aD	168
		4.1	681 a	799 aA	734 aA	556 aB	
		6.0	681 a	869 aA	702 aA	1,072 aA	
		7.6	681 a	615 aA	568 aA	408 aB	
	>20 cm	2.2	338 a	73 bA	0 bA		145
		4.1	338 a	103 bA	0 bA	0 bA	
		6.0	338 a	131 abA	143 abA	87 bA	
		7.6	338 a	270 aA	212 aA	148 aA	
C E B A D A	10-20 cm	2.2	340 a	133 bA	0 bC	0 bB	96
		4.1	340 a	202 abA	171 bB	122 bAB	
		6.0	341 a	243 abA	257 abAB	143 bAB	
		7.6	338 a	260 abA	423 abA	196 bA	
	5-10 cm	2.2	193 a	54 bB	55 bB	135 bA	33
		4.1	193 a	153 abAB	128 abAB	98 bA	
		6.0	184 a	125 aAB	181 aA	137 aA	
		7.6	202 a	156 abA	90 bB	134 abA	
	0-5 cm	2.2	560 a	412 aA	309 aB	331 aA	103
		4.1	560 a	556 aA	514 aB	520 aA	
		6.0	526 b	478 bA	926 aA	586 bA	
		7.6	593 a	569 aA	483 aB	493 aA	
	10-20 cm	2.2	116 a	23 bA	22 bA	18 bA	26
		4.1	116 a	41 bA	20 bA	16 bA	
		6.0	116 a	48 bA	32 bA	12 bA	
		7.6	116 a	23 bA	3 bA	8 bA	
	5-10 cm	2.2	325 a	116 bB	148 bB	205 abA	76
		4.1	325 a	256 abAB	227 abAB	167 bA	
		6.0	318 a	338 aA	319 aA	290 aA	
		7.6	331 a	285 aA	219 aA	280 aA	
R A I G R A S	0-5 cm	2.2	1,459 a	864 bC	924 bC	689 bC	202
		4.1	1,459 a	1,298 aBC	1,244 aBC	1,139 aB	
		6.0	1,431 a	1,806 aA	1,860 aA	1,699 aA	
		7.6	1,487 a	1,496 aAB	1,372 aB	1,611 aA	

† Medias en igual hilera con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

‡ Medias en igual columna con al menos una literal en mayúscula en común dentro de cada estrato no son diferentes (t, $\alpha=0.05$) .

Anexo 6. Masa de forraje de hoja y tallo por estrato en kg MS ha⁻¹ a diferente momento al inicio del período de ocupación de una asociación avena-cebada-raigras pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

Estrato	Asignación Kg MS. 100 Kg PV ⁻¹ .dia ⁻¹	Minutos de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
		0	30	60	90	
H O J A						
>20 cm	2.2	365 a†	128 bA¶	19 bA		70
	4.1	365 a	131 bA	0 bA	60 bA	
	6.0	365 a	124 bA	112 bA	84 bA	
	7.6	365 a	227 bA	110 bA	79 bA	
10-20 cm	2.2	442 a	138 B	10 bB	0 bA	54
	4.1	442 a	157 bB	83 bAB	59 bA	
	6.0	442 a	233 bAB	179 bCA	78 cA	
	7.6	442 a	294 bA	232 bA	58 cA	
5-10 cm	2.2	381 a	96 bB	120 bB	200 bA	61
	4.1	381 a	313 abA	250 abAB	169 bA	
	6.0	375 a	394 aA	380 aA	303 aA	
	7.6	387 a	306 abA	192 bB	273 bA	
0-5 cm	2.2	1,058 a	611 abB	651 abB	362 bC	180
	4.1	1,058 a	1,020 aAB	950 aAB	765 aBC	
	6.0	1,054 a	1,435 aA	1,278 aA	1,416 aA	
	7.6	1,054 a	1,173 aA	1,005 aAB	1,035 aAB	
T A L L O						
>20cm	2.2	466 a	192 bA	89 bAB		109
	4.1	466 a	249 bA	0 bB	75 bA	
	6.0	466 a	241 bA	277 bA	208 bA	
	7.6	466 a	338 abA	312 abA	248 bA	
10-20cm	2.2	406 a	154 bB	50 bC	0 bB	85
	4.1	406 a	226 bAB	176 bBC	131 bAB	
	6.0	407 a	292 abA	274 bAB	208 bA	
	7.6	405 a	297 abA	409 aA	169 bA	
5-10 cm	2.2	371 a	145 bB	154 bB	257 abA	69
	4.1	371 a	330 abA	317 abA	219 bA	
	6.0	380 a	320 aA	324 aA	229 aA	
	7.6	380 a	372 aA	246 aAB	273 aA	
0-5 cm	2.2	1,629 a	1,153 abB	1,022 bB	1,113 abB	211
	4.1	1,629 a	1,633 aAB	1,542 aB	1,443 aAB	
	6.0	1,578 b	1,721 abA	2,212 aA	1,945 abA	
	7.6	1,679 a	1,497 aAB	1,352 aB	1,450 aAB	

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada estrato no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

Anexo 7. Composición química de la masa por estrato al inicio del período de ocupación de una asociación avena-cebada-raigras pastoreada a diferente nivel de asignación por vacas lecheras suplementadas

Asignación		Minutos de iniciado el período de ocupación				Err. Std.
Estrato	KgMS100KgPV ⁻¹ día ⁻¹	0	30	60	90	
PROTEÍNA CRUDA (g KgMS ⁻¹)						
10-20 cm	2.2	210 a†	178 bB¶			1.2
	4.1	210 a	210 aA	177 bB		
	6.0	210 a	212 aA	202 aA	203 aA	
	7.6	210 a	216 aA	220 aA	204 aA	
5-10 cm	2.2	200 a	213 aA	205 aA	222 aA	1.5
	4.1	200 a	200 aA	197 aA	201 aAB	
	6.0	200 a	195 aA	202 aA	194 aB	
	7.6	200 a	198 aA	199 aA	195 aB	
0-5 cm	2.2	184 a	176 aA	177 aA	166 aB	1.2
	4.1	184 a	173 aA	177 aA	183 aAB	
	6.0	184 a	185 aA	180 aA	180 aA	
	7.6	184 a	189 aA	184 aA	182 aAB	
FIBRA DETERGENTE NEUTRO (g KgMS ⁻¹)						
10-20 cm	2.2	534 b	602 aA			2.2
	4.1	534 b	551 bB	602 aA		
	6.0	534 b	548 abB	570 aAB	570 aA	
	7.6	534 b	545 abB	547 abB	570 aA	
5-10 cm	2.2	550 a	524 aB	529 aB	563 aA	2.2
	4.1	550 a	560 aAB	558 aAB	544 aA	
	6.0	550 a	557 aAB	570 aA	571 aA	
	7.6	550 a	572 aA	56. aAB	560 aA	
0-5 cm	2.2	608 b	586 bB	612 bA	646 aA	1.8
	4.1	608 b	627 aA	633 aA	618 aA	
	6.0	608 b	600 aAB	622 aA	623 aA	
	7.6	608 b	606 aAB	608 aA	622 aA	
FIBRA DETERGENTE ACIDO (g KgMS ⁻¹)						
10-20 cm	2.2	218 b	232 aA			1.0
	4.1	218 b	221 aA	222 aA		
	6.0	218 b	221 aA	220 aA	226 aA	
	7.6	218 a	255 aA	223 aA	236 aA	
5-10 cm	2.2	235 a	196 aB	216 aA	240 aA	1.6
	4.1	235 a	244 aA	235 aA	218 aA	
	6.0	235 a	240aAB	249 aA	249 aA	
	7.6	235 a	255 aA	242 aA	239 aA	
0-5 cm	2.2	292 a	257 bB	290 aAB	288 aA	1.2
	4.1	292 a	260 aA	267 aA	285 aA	
	6.0	292 a	267 aA	260 aAB	268 aA	
	7.6	292 a	285 aA	275 aB	261 aA	

† Medias en igual fila con al menos una literal minúscula en común no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

¶ Medias en igual columna con al menos una literal mayúscula en común dentro de cada estrato no son diferentes (t, $\alpha=0.05$)

