

ESTRATEGIA DE PASTOREO DE VACAS LECHERAS FORAGING STRATEGY OF DAIRY COWS

PABLO SOCA¹ HUMBERTO GONZÁLEZ² HÉCTOR MANTEROLA²

¹Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Facultad de Agronomía.
EEMAC. Paysandú. Uruguay

²Facultad de Ciencias Agronómicas.
Universidad de Chile. Santiago de Chile. Chile

INTRODUCCIÓN

Los resultados físicos y económicos de sistemas pastoriles de producción de leche dependen de la cantidad, calidad de forraje, suplemento disponible, la carga y potencial genético animal (Hodgson, 1990).

Los sistemas pastoriles de producción de leche, emplean concentrado energético y/o forraje conservado, durante el primer tercio de lactancia, cuando se optimiza la respuesta directa y residual en el empleo de suplemento (Lean *et al.*, 1996). La respuesta a la suplementación depende de la cantidad y composición química del forraje, tiempo de pastoreo, nivel, tipo de suplemento. El aumento en el consumo de un nutriente específico, depende de su concentración en el forraje, suplemento y la tasa de sustitución de forraje por suplemento (Meijs y Hoekstra, 1984). Los experimentos de suplementación desarrollados en Chile, que emplean forrajes conservados como suplemento, reportan información sobre el efecto directo de los tratamientos en la producción y composición de la leche (Lanuza *et al.*, 1995). No obstante, carecen de registros que permitan cuantificar la respuesta residual, el consumo, comportamiento ingestivo, digestibilidad de la dieta y forraje, lo que constituye una importante restricción en el diseño de estrategias de suplementación de vacas lecheras a pastoreo (Rook *et al.*, 1994).

La conducta en pastoreo se caracteriza por alternar durante el día, pastoreo, rumia, descanso, con actividades de tipo social (Philipps, 1989), lo que permite definir al pastoreo como un proceso integrado en diferentes escalas de tiempo y espacio

(Demment y Laca, 1994). Los experimentos desarrollados durante segundos, minutos, hora, y/o sesión de pastoreo, con estricto control de la covariación que naturalmente se registra en los atributos del forraje, han permitido: a) definir los componentes de la ingestión del forraje; b) explicar los mecanismos involucrados en control del consumo durante la sesión de pastoreo y c) plantear modelos teóricos que intentan expandir el conocimiento generado con enfoque reduccionista a la parcela y rebaño en producción (Demment *et al.*, 1995; Laca y Demment, 1996; Chilbroste, 1999).

El objetivo del presente trabajo constituye la revisión de los factores involucrados en el consumo de forraje y la estrategia de pastoreo de vacas lecheras de manera de mejorar la comprensión del proceso y toma de decisiones sobre la utilización del forraje en sistemas pastoriles de producción.

CONSUMO DE FORRAJE DE VACAS LECHERAS

El consumo de forraje es la principal limitante del nivel y eficiencia de producción de vacas lecheras a pastoreo, y depende de interacciones entre el tamaño del animal, restricciones ingestivas, digestivas y condición de la pastura (Parsons *et al.*, 1994; Lean *et al.*, 1996). Los procesos que prioritariamente asumen el control del consumo han sido agrupados en: a) Concentración de nutrientes y madurez de plantas (digestivo) b) Estructura de la pastura, comportamiento ingestivo y selectividad (ingestivo) c) Tamaño adulto y estado fisiológico; los que con-

¹ Ingeniero Agrónomo. MSc. Estación Experimental M.A.Cassinoni. Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Ruta 3 km 363 CP 60000. Mail psoca@fagro.edu.uy

dicionan la demanda de nutrientes (metabólicos) (Hodgson, 1990).

La cantidad de forraje, la habilidad del animal para cosecharlo, su tasa de consumo y el valor relativo del pastoreo, respecto a otras actividades, asumen prioritariamente el control del consumo (Parsons *et al.*, 1994; Ungar, 1996). La cantidad de forraje consumido, integra en el tiempo efectivo de pastoreo, el producto del peso y tasa de bocado (Ungar, 1996). El peso del bocado (Profundidad * Área de bocado * Densidad del horizonte de pastoreo) explica gran parte de la variación en el consumo. La altura y densidad constituyen los principales atributos de la pradera que explican el peso del bocado y la tasa de consumo (Laca *et al.*, 1992). Bajo pastoreo continuo y rotativo el consumo se deprime con registros de altura inferiores a 8-10 centímetros respectivamente (Dumont, 1990; Mayne y Wright, 1988). Ante la reducción en el tamaño de bocado, se registra menor ingestión por unidad de tiempo, lo cual puede o no ser compensado por incremento en la tasa de bocado, y duración de la sesión de pastoreo (Gibbs *et al.*, 1997). De no existir compensación, el consumo de forraje se resiente y por lo general el costo energético de cosecha (búsqueda, selección, prehensión y masticación) se incrementa (Laca y Demment, 1996). La tasa de bocado es una función del tiempo que el animal emplea en buscar (locomoción, reconocimiento, decisión) y tomar (introducción del forraje en la boca, masticar y tragar) el bocado, y ha sido postulada como una variable de compensación, ante la reducción en el peso del bocado (Ungar, 1996; Newman *et al.*, 1994). Aun cuando la calidad y cantidad del forraje seleccionado y consumido pueda mantenerse, por modificaciones en el tiempo de pastoreo y tasa de bocado, la producción por animal se resiente, debido al incremento del gasto de energía para mantenimiento, dada la mayor actividad de pastoreo involucrada en la búsqueda, selección, y manipulación del forraje (Ungar, 1996).

La tasa de consumo de forraje (peso * tasa de bocado) ha sido funcionalmente definida como la relación entre peso y tiempo requerido para tomar un bocado (Ungar, 1996). El estudio de procesos vinculados a la ingestión de forraje ha permitido identificar como relevante a la búsqueda, selección y toma del bocado (Laca y Demment, 1996). La búsqueda y selección abarcan el movimiento del animal en el ambiente, procesos cognitivos y sensoria-

les que hacen a la decisión de tomar un bocado en un lugar específico de la pastura, lo cual se sobrepone en el tiempo con la masticación. La toma del bocado incluye la ubicación del forraje en la boca, masticación y tragado del mismo. La tasa de consumo instantáneo (TCI) de forraje se relaciona con el peso del bocado (PB) a través del tiempo de procesamiento del bocado, el cual incluye la prehensión y masticación necesaria para tomar un bocado, e involucra a los movimientos mandibulares (MM), masticación y movimientos de la cabeza. Los MM son requeridos para cortar y enrollar el forraje con la lengua (MM prehensión) y posicionar la boca para tragar el forraje (MM masticación), lo que ha permitido expresar la relación funcional entre peso de bocado y tasa de consumo (Ungar, 1996):

$$TCI = TB * MMT / (1 + TB * q)$$

donde:

TCI = Tasa de Consumo Instantáneo (g/min).

TB = Peso del bocado (g).

MMT = Movimientos mandibulares totales (1/min.).

q = Movimientos mandibulares de masticación por unidad de masa ingerida (1/g.).

Bajo pastoreo de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* con altura entre 4 - 8 cm, los MMT de vacas lecheras promediaron 80 (1/min.), con un rango entre 74 - 94 (Roock *et al.*, 1994). El peso del bocado determina los requerimientos de masticación por bocado, no obstante otras características de la pastura como la fibrosidad y largo, afectan la masticación. El peso del bocado, número de MM de masticación y compuestos (MMC) se encuentran directamente correlacionados (Laca *et al.*, 1994 b). El número de MMT de vacas lecheras a pastoreo suplementadas con 4 kilogramos de concentrado no resultó afectado por la altura de la pastura. La distribución de MM entre la masticación y prehensión, se modificó con la altura de la pradera y nivel de suplementación (Roock *et al.*, 1994).

El consumo diario integra la tasa de consumo instantáneo con el tiempo diario dedicado al pastoreo, lo que obliga a considerar conjuntamente la ingestión con procesos que ocurren a escala digestiva (degradación, pasaje y disponibilidad de productos finales de la fermentación) (Laca y Demment, 1996; Chilbroste, 1999). Los factores que controlan y

explican el tiempo de pastoreo, resultan menos conocidos que el peso y tasa de bocado, lo que representa una clara dificultad en la extensión del modelo en la predicción del consumo diario. El estado interno del animal, cantidad y calidad del forraje disponible, disponibilidad de productos finales de la digestión y el fotoperíodo, han sido postulados como los principales factores que afectan el tiempo total y largo de las sesiones diarias de pastoreo (Penning *et al.*, 1991; Phillips y Leaver, 1986; Chilbroste, 1999). En el presente experimento se provocaron cambios en el tiempo de pastoreo y nivel de suplementación que afectaron el estado interno del animal, lo cual obliga a revisar un conjunto de experimentos planteados con el objetivo de estudiar el efecto de modificaciones en el estado interno sobre la tasa de consumo de forraje.

Efecto del estado interno del animal sobre la tasa de consumo de forraje

El estado interno del animal, el cual integra procesos y estímulos asociados a saciedad y /o hambre, memoria espacial, llenado del tracto gastrointestinal y expectativas sobre oportunidades de pastoreo, afecta el consumo, la selección de la dieta, y contribuye a explicar cuándo y cómo el vacuno modifica el peso de bocado y estrategia de pastoreo (Houston, 1993).

La modificación que el tiempo y momento de acceso al pastoreo causa en la conducta del animal, puede ser analizada de manera análoga al efecto que la imposición de diferentes tiempos de ayuno provoca en la tasa de consumo. Con el objetivo de ajustar metodología de investigación y generar coeficientes que permitan alimentar modelos de simulación, se han llevado a cabo experimentos que estudian la influencia del ayuno sobre el comportamiento ingestivo y selectividad en ovinos y vacunos (Dougherty *et al.*, 1989; Greenwood y Demment, 1988; Newman *et al.*, 1994; Patterson *et al.*, 1998), cuya síntesis de resultados se presenta en el Cuadro 1.

En la mayoría de los casos el ayuno incrementó la tasa de consumo de forraje en base a la alteración de tasa de bocado, sin modificar el peso del bocado (Dougherty *et al.*, 1989; Greenwood y Demment, 1988). El incremento en la tasa de bocado se asoció a una reducción en la tasa de masticación del forraje, lo cual provocaría la entra-

da al rumen de partículas más largas y de esta forma podría afectar el tiempo de retención de dichas partículas (Greenwood y Demment, 1988).

Los cambios en el peso del bocado ante modificaciones en el estado interno del animal, dependen de la condición de la pastura. Cuando el tiempo entre comidas resultó manipulado por imposición de ayunos cortos, la respuesta del peso y tasa de bocado presentó interacción con aspectos digestivos del consumo (Dougherty *et al.*, 1989). Bajo pastoreo de *Medicago sativa* (alta digestibilidad), el incremento del tiempo de ayuno entre comidas resultó análogo a la reducción en el tiempo dentro de la sesión de pastoreo, e incrementó la tasa de bocado sin modificaciones en el peso de bocado. En pastoreo de *Festuca arundinacea* (baja digestibilidad) el tiempo de ayuno no afectó el comportamiento inmediatamente luego del ayuno, pero se manifestó una relación negativa entre el peso de bocado, 24 horas después del ayuno, y tiempo del mismo (Dougherty *et al.*, 1989).

En el Cuadro 2 se presentan resultados provenientes de un experimento que evalúa el efecto de modificar el tiempo de ayuno sobre el comportamiento ingestivo de vacas lecheras durante una hora (sesión de pastoreo).

El incremento del ayuno entre 1 y 13 horas aumentó la tasa de consumo, el tamaño y tasa de bocado. El aumento que el ayuno provocó en la motivación a comer y la excelente condición (altura, densidad, forraje verde) de la pradera bajo la cual se llevó a cabo el experimento, contribuyen a explicar los resultados. El incremento en la tasa de bocado se asoció con la reducción en la proporción del tiempo dedicado a la selección del forraje, y no al incremento en el número de movimientos mandibulares. Durante las sesiones de pastoreo la tasa de bocado se reduce, no obstante, la reducción resultó inferior en animales con mayor tiempo de ayuno (Patterson *et al.*, 1998). Los resultados del presente trabajo demuestran que la reducción de la tasa de consumo durante el pastoreo, refleja cambios en la proporción de tiempo dedicado al movimiento y selectividad, más que la modificación en la tasa de bocado durante la sesión de pastoreo. El tamaño de bocado luego de 6-13 horas de ayuno resultó un 25 por ciento superior que cuando las vacas lecheras fueron ayunadas durante 1-3 horas, lo cual no resultó explicado por cambios en la profundidad de bocado, sino por el empleo de la len-

Cuadro 1
EFECTO DEL TIEMPO DE AYUNO SOBRE LA TASA DE CONSUMO DE FORRAJE
DE VACUNOS Y OVINOS A PASTOREO.

Autor	Pastura y Animales	Tratamientos	Resultados ^{1/}			
			TC	PB	TB	
Dougherty <i>et. al.</i> (1989)	Festuca arundinacea (Altura =28 cm)	Horas de ayuno (1, 2 y 3) previo al pastoreo	T ₁	370	0,67	44,2
			T ₂	390	0,72	44,2
			T ₃	360	0,59	47,5
			T ₃	360	0,59	47,5
Dougherty <i>et al</i> (1989)	Medicago sativa (Altura = 42 cm)	Horas de ayuno (1, 2, y 3) previo al pastoreo	T ₁	440	1,30	25,7
			T ₂	510	1,49	27,1
			T ₃	590	1,56	30,2
			T ₃	590	1,56	30,2
Greengwood y Demment (1988)	Lolium sp. Novillos (515kg)	Ayuno de 36 horas previo al ingreso al pastoreo.	T ₀	174	0,44	30,6
			T ₃₆	221	0,48	31,4
			T ₃₆	221	0,48	31,4
Newman <i>Et al.</i> (1994)	Lolium sp y Trifolium repens (Ovinos)	Ayuno de 24 horas	T ₀	206	0,082	66
			T ₂₄	315	0,04	83
			T ₂₄	315	0,04	83
Chilibroste <i>et al</i> (1997)	Lolium Perenne Vacas lecheras	Ayuno (A1 =16.5; A2= 2.5, horas) y llenado artificial del rumen (L)	A ₁ L	430	0,75	59
			A ₁	470	0,72	61
			A ₂ L	350	0,63	59
			A ₂ L	350	0,63	59

^{1/}TC = Tasa de Consumo de forraje (gMS/100 kg Peso Vivo/hora).

PB = Peso del bocado (g MS/100 kg Peso Vivo).

TB = Tasa de bocado (bocados/ minuto).

Cuadro 2
EFECTO DEL TIEMPO DE AYUNO EN EL COMPORTAMIENTO
INGESTIVO Y TASA DE CONSUMO DE VACAS LECHERAS A
PASTOREO.

	Tiempo de ayuno (h)			
	1	3	6	13
Tasa de Consumo (kgMS/hora)	2,9	3,3	4,4	4,6
Tasa de bocado (bocados/minuto)	45	50	53	55
Tamaño de bocado (gMS/bocado)	1,1	1,1	1,4	1,3

Fuente: Patterson *et al.*, 1998.

gua con el objetivo de incrementar el área del bocado.

El centro de atención de experimentos reportados en los Cuadros 1 y 2 se ubicó en el efecto de la duración del ayuno sobre la mecánica de la ingestión y tasa de consumo en la sesión de pastoreo. La información ha sido empleada como antecedente en el diseño de experimentos que estudian conjuntamente la ingestión y digestión del forraje en vacas lecheras durante la sesión de pastoreo (Chilibroste, 1999). La información proveniente de experimentos que evalúan el efecto del tiempo y momento de pastoreo sobre la producción, composición de leche y conducta en pastoreo, ha sido reportada recientemente (Chilibroste *et al.*, 1999; Soca *et al.*, 1999). La importancia de vincular la respuesta a corto plazo y durante el día, en la comprensión de los factores que explican el tiempo y la estrategia de pastoreo, fundamenta el análisis de factores que afectan el patrón diurno de conducta y estrategia de vacas lecheras a pastoreo.

Patrón de conducta diario de vacas lecheras

El tiempo diario que vacunos de leche dedican a cosechar el forraje, rumia, descanso y caminata, depende de la cantidad, calidad de pastura, suministro de suplemento, estado fisiológico, requerimientos de energía y factores climáticos (Kryls y Hess, 1993). El patrón de pastoreo de vacas leche-

ras presentó sincronización con máxima actividad de pastoreo a la salida y puesta del sol, lo que ha sido atribuido a la interrupción del pastoreo provocada por el ordeño. El registro continuo de la conducta de vacas lecheras, permitió identificar 5 turnos de pastoreo de 110 minutos de duración. Entre ambos ordeños, se desarrollan 2 a 3 sesiones de pastoreo, el turno más importante de pastoreo resultó al atardecer (Roock *et al.*, 1994). El patrón de pastoreo nocturno resulta irregular, con temperaturas inferiores a 8°C se detiene, lo que en ambientes templados determina su baja contribución relativa al consumo total (Phillips, 1989; Roock *et al.*, 1994). El total de movimientos mandibulares no presentó modificaciones durante el día, la distribución de movimientos mandibulares entre bocados y masticación, resultó superior al final del día (Gibbs *et al.*, 1998). Durante la sesión de pastoreo de la tarde se incrementó la tasa de consumo de materia seca del forraje y la tasa de bocado (Gibbs *et al.*, 1997), interpretado como una estrategia de "optimización" del pastoreo, de forma de capitalizar la mayor concentración de carbohidratos solubles presentes en el forraje durante la tarde. La sustancial proporción del día que los animales dedican a rumiar durante las principales sesiones de pastoreo, destaca la necesidad de rumiar con el objetivo de incrementar la reducción del tamaño de partícula y acelerar el pasaje a través del rumen, para facilitar el posterior consumo. El estado interno del animal, atributos de la pradera (cantidad y heterogeneidad), nivel y tipo de su-

plemento, determinan la estrategia de pastoreo diaria empleada por vacas lecheras, para la obtención de nutrientes en ecosistemas pastoriles (Gibbs *et al.*, 1997). La interacción entre restricciones de tipo ingestivo y digestivo contribuye a explicar la influencia de los procesos asociados a la digestión en la tasa de consumo, tiempo de pastoreo y selectividad. La selectividad depende del estado interno del animal, calidad y grado de diferenciación nutricional de la pastura. En pastizales heterogéneos (especies o sitios) la relación entre cantidad y calidad de forraje define la principal restricción a nivel de sitio de pastoreo. Ante mejoras en la calidad de la dieta la TCI se reduce, y depende de la habilidad de búsqueda y auto-correlación espacial de los principales atributos del forraje que la afectan (Laca y Demment, 1996).

La "Teoría de Forrajeo Óptimo" (Stephens y Krebs, 1986) ha sido empleada como base conceptual en la formulación de modelos que integran la ingestión-digestión del forraje de rumiantes a pastoreo (Houston, 1993; Laca y Demment, 1996). Sobre la base del tiempo disponible para el pastoreo, restricciones de tipo digestivo (calidad de dieta, productos finales de la fermentación), ingestivo (tamaño de bocado), el vacuno durante el día y/o sesiones de pastoreo podría "optimizar": a) tasa de consumo instantánea, b) consumo total, c) consumo de nutrientes digestibles (Demment *et al.*, 1995). La estrategia de pastoreo basada en la maximización de la selectividad optimizaría el consumo de nutrientes digestibles, no obstante podría reducir la tasa de consumo instantáneo y consumo de materia seca diario. En otro extremo, el animal podría maximizar la tasa de consumo y lograr la limitación física por llenado y/o señales asociadas a la disponibilidad de productos finales de la fermentación, antes del tiempo disponible para pastoreo (Demment *et al.*, 1995).

Durante el día y/o ante cambios en la altura de la pradera, el animal modifica la estrategia de pastoreo en base a restricciones relacionadas a la ingestión (tamaño de bocado, tiempo de búsqueda, pastoreo, rumia, descanso), y digestión (digestión y pasaje), procesos cuyo nexo lo constituye la masticación (Laca *et al.*, 1994b). Vacas lecheras bajo pastoreo de *Lolium perenne*, dieron más bocados y aumentaron el tiempo de residencia en sitios de pastoreo con mayor altura, lo que a corto plazo ha sido interpretado como una estrategia de

"optimización" de la relación entre el consumo de nutrientes y costo energético de cosechar el forraje (Griffith *et al.*, 1996). La altura de la pastura afectó el peso de bocado, tasa de consumo, duración de cada comida y minutos totales de pastoreo de vacas lecheras con acceso a *Lolium perenne* con 5 a 9 cm de altura (Gibbs *et al.*, 1997). Vacas lecheras a pastoreo de 5 cm de altura lograron consumir similar cantidad de forraje que vacas con 9 cm, a expensas de incrementar la duración de cada comida y minutos totales de pastoreo sin modificar la tasa de bocado. Lo anterior demuestra que frente a la reducción en la altura de pasto y/o incremento de los requerimientos por lactancia, el mecanismo de compensación empleado para lograr igualar la cantidad de forraje consumido, resultó en un incremento del tiempo dedicado al pastoreo. Con niveles críticos de altura y/o requerimientos muy elevados, no existen adaptaciones posibles, el animal tiende a detener el pastoreo al detectar una relación desfavorable entre costo de cosecha y consumo de energía (Roock *et al.*, 1994; Laca y Ortega, 1995). Un intento por vincular la ingestión-digestión de animales a pastoreo lo constituye la superposición gráfica del modelo de ingestión (Demment y Laca, 1994) y de digestión del forraje (Mertens, 1994), reportado en la síntesis de literatura (Demment *et al.*, 1995). El consumo se incrementa en forma curvilínea con la calidad de la dieta, dado que el llenado y la velocidad de paso se relacionan con el porcentaje de pared celular. La posición y pendiente de cada curva resulta función de la ingestión, locomoción, tiempo disponible para el pastoreo, distribución y abundancia de forrajes con diferente calidad. En función del tiempo de pastoreo se ubican puntos donde conceptualmente se optimiza la tasa de consumo y consumo diario de materia seca o materia seca digestible. Si el animal consume selectivamente todo el tiempo disponible, responde al incremento del tiempo de pastoreo mediante el incremento en la selectividad y reduce la tasa de consumo por lo que la cantidad total de MS digestible consumida se incrementa (Demment *et al.*, 1995).

A nivel experimental la estrategia de pastoreo en pasturas heterogéneas durante el día, ha sido estudiada en base a la hipótesis de que el animal en pastoreo: a) Presenta un patrón aleatorio de selección del bocado; b) Los bocados son ubicados en base al tiempo de pastoreo; c) Emplea más tiempo

de pastoreo y por ende da más bocados; en base a la digestibilidad de los sitios de pastoreo d) Cambios en el tiempo de acuerdo al consumo de materia orgánica digestible (Wallis de Vries y Daleboudt, 1994). En pasturas heterogéneas se encontró una asociación inversa entre el tamaño y tasa de bocado. En sitios más cortos con mayor digestibilidad el tamaño de bocado resulta menor, mientras que en los sitios donde el animal maximiza la tasa de consumo la selectividad se deprime. La diferencia en la tasa de bocados entre sitios de pastoreo resultó importante en la selección del sitio de pastoreo. Si el tiempo de pastoreo no resulta limitado el vacuno maximiza el consumo diario de energía mediante la selección de sitios de pastoreo más cortos. En un ambiente complejo y dinámico una preferencia flexible por sitios cortos resultó en una estrategia simple pero de optimización para maximizar el consumo diario de energía. A escala de día y potrero, la estrategia de pastoreo podría resultar compatible con la maximización del consumo de nutrientes digestibles, no obstante el animal presenta restricciones de búsqueda y costos de reconocer la disponibilidad de recursos (Laca y Ortega, 1995).

La relación ingestión-digestión se modifica ante la inclusión del suplemento en la dieta de vacas lecheras, lo que fundamenta el análisis del efecto del nivel de suplementación sobre el patrón de conducta diaria y el comportamiento ingestivo.

EFECTO DEL NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE VACAS LECHERAS

En el Cuadro 3 se presenta la descripción del comportamiento ingestivo y producción de leche de experimentos que evalúan el efecto de la asignación o altura de la pradera y suministro de concentrado energético, a escala de parcela y rebaño en producción (Kibon y Holmes, 1987; Arriaga Jordan y Holmes, 1986; Roock *et al.*, 1994).

La información del Cuadro 3 se analizó mediante estadísticas descriptivas, correlación simple y regresión múltiple (procedimiento stepwise). Las estadísticas descriptivas se presentan en el Cuadro 4.

Las condiciones que permitieron un incremento en el peso de bocado, tasa de consumo y consumo diario de forraje se asociaron en forma inversa con el tiempo de pastoreo. Se encontró una asociación negativa entre el nivel de suplementación el peso del bocado. Los animales con mayor nivel de producción incrementaron el tiempo dedicado al pastoreo (9 minutos por kilo de leche). La reducción en el tiempo de pastoreo con el incremento de 1 centímetro de altura o inclusión de 1 kilogramo de concentrado, resultó de similar magnitud (17 minutos/día; $P < 0,05$). La tasa de bocado se encontró inversamente relacionada con el tamaño de bocado, que resultó determinante del consumo de forraje y en promedio se ubicó en 0,4 g MS/ bocado. La depresión del consumo de forraje con el incremento en el nivel de concentrado ha sido, en parte, explicada por la reducción en el tiempo de pastoreo. El rango de reducción en el tiempo de pastoreo reportado por la literatura (3 a 20 minutos / kilogramo de concentrado) depende de la condición de la pastura, tipo de concentrado, potencial genético y estado interno del animal.

El tiempo de pastoreo resultó similar entre animales suplementados con respecto a aquellos que no reciben suplemento en pastoreo de 6 y 8 cm de altura (10,9 y 10,4 horas/día). No obstante, en pasturas de 4 cm, los animales con suplemento disminuyeron el tiempo de pastoreo (12,75 vs 9,2 horas). La reducción de 53 minutos por kilogramo de concentrado, resultó explicada por la detección, por parte del animal, de una relación desfavorable entre la inversión del tiempo en pastoreo y concentración de nutrientes obtenidos (Roock *et al.*, 1994). El número de bocados dedicado a la prehensión, peso del bocado y tasa de consumo resultaron afectadas por la altura del forraje y nivel de suplementación. El costo de cosecha del forraje resultó muy superior en pastoreo de 4 cm de altura sin suplemento debido al incremento en la tasa de bocado y reducción del peso de bocado. La intensidad de pastoreo se modificó con el nivel de suplemento lo que plantea la existencia de un umbral en el consumo de energía necesario para la modificación de la conducta de vacas lecheras en pastoreo (Roock *et al.*, 1994). Las modificaciones en el comportamiento ingestivo ante la inclusión del suple-

Cuadro 3

EFECTO DE LA ALTURA Y EL NIVEL DE SUPLEMENTACION SOBRE EL COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE VACAS LECHERAS A PASTOREO

Autor	ALT (cm)	N.S.	PL (kg/vaca/día)	TP (min/día)	TAB (bocado/min)	TB (mg/MS/bocado)	TC (g/MS/h)
Kibon y Holmes (1987)	5	0	25	596	78	265	21
	5	3	27,3	571	77	292	22,4
	5	3	27,1	559	77	288	22,3
	6,5	0	27,8	585	76	340	25,8
	6,5	3	29,7	550	76	346	26,4
	6,5	3	29,4	560	76	348	26,4
Arriaga Jordan y Holmes (1986)	4,7	1	30,2	525	75	467	35
	4,7	6	32,8	471	75	482	36
	12	1	29,4	467	64	525	33,6
	12	6	31,9	424	62	575	35,7
Rook <i>et al.</i> (1994)	4	0	17,2	765	62,3	280	17,8
	4	4	20,8	553	44,8	510	22,6
	6	0	21,2	651	46,7	520	24,3
	6	4	24,6	660	60,7	330	21,1
	8	0	21,5	639	52,7	540	26,2
	8	4	26,1	606	51,7	580	28
	6	0	22,1	671	52,7	390	20,1
	6	4	24,4	672	59,	340	20
	8	0	21,1	537	64,8	380	24,8
	8	4	24,8	603	49,9	480	22,5

Referencias

ALT = Altura de la pradera; NS = Nivel de suplementación (kgMO concentrado/vaca/día);
 PL = Producción de leche; TP = Tiempo de pastoreo; TAB = Tasa de bocado; TB = Tamaño de bocado;
 TC = Tasa de consumo.

Cuadro 4
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS CORRESPONDIENTES A LOS
EXPERIMENTOS REPORTADOS EN LOS CUADROS

Variable	Promedio y Desviación estándar	Rango
Altura (cm)	6,6 (2,2)	4-12
Nivel de Suplementación (kgMO/vaca/día)	2,3 (2,1)	0-6
Producción de leche (kg/vaca/día)	29 (2,33)	25-33
Tiempo de Pastoreo (min/día)	583 (81)	424-765
Tasa de bocado (bocados/min)	64(11)	45-78
Tamaño de bocado (mgMS/bocado)	414 (106)	265-580
Tasa de Consumo (Gms/min)	25,6 (5,5)	17,8-36

1/. Elaborado en base a Kibon y Holmes, 1987; Arriaga Jordan y Holmes, 1986; Roock *et al.*, 1994.

mento contribuyen a explicar el efecto de la suplementación sobre el consumo de forraje y parámetros productivos de vacas lecheras a pastoreo.

Efecto del nivel de suplementación sobre el consumo de forraje y parámetros productivos de vacas lecheras.

En el Cuadro 5 se presenta la descripción de experimentos que evalúan el efecto de la suplementación con concentrado energético sobre el consumo de forraje y producción de leche de vacas lecheras a pastoreo.

La información se analizó mediante regresión múltiple, el modelo que mejor explicó el consumo

de forraje (y) ($y = -0,2 + 0,96* AF - 0,014AF^2 + 0,35S - 0,03 AF*S$; $r^2 = 0,9$ $P < 0,0001$); permite postular que bajo pastoreo rotativo, el consumo de forraje depende de la asignación de forraje (AF) y del nivel de suplementación (S). En pastoreo continuo, la altura de la pastura, nivel de suplementación y de producción de leche explicaron el 87 por ciento de la variación en el consumo de forraje (Pulido y Leaver, 1995), no obstante, a diferencia del conjunto de experimentos planteados con la asignación de forraje como tratamiento, no se encontró interacción entre la altura y nivel de suplementación (Roock *et al.*, 1994; Pulido y Leaver, 1995).

La tasa de sustitución de forraje por concentrado cuantifica el reemplazo de pradera por kilogramo de suplemento consumido. Esta depende de la cantidad de forraje disponible y/o asignado por vaca,

Cuadro 5

EFECTO DEL NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN SOBRE EL CONSUMO DE FORRAJE, PRODUCCIÓN DE LECHE Y COMPONENTES.

Autor	Pastura Etapa lactancia	Asignación de forraje (Kg MO/animal/día)	ALT	NS	CF	PL	PLCG
Malossini <i>et al</i> (1995)	Mixta, Media	31		2,6	12,1	15,5	15
		31		4	11,9	16,6	15,8
		31		5,3	12,6	16,4	16,9
Grainger y Matthews (1989)	Mixta Temprana	7.2		0	6,1	15,4	15,7
		16.5		0	11,8	18,5	20,6
		30		0	16	20,9	21,2
		7.2		3,2	6,3	23,1	24,07
		16.5		3,2	11	23,1	23,7
		30		3,2	13,6	24	29,26
		21.2		5	0	12,7	25,5
Kibon y Holmes (1989)	Media	21.2		5	3	12,7	27,3
		21.2		5	3	12,7	27,1
		21.2		5	3	12,7	27,1
		30.9		6,5	0	15,6	27,8
		30.9		6,5	3	14,4	29,7
		30.9		6,5	3	15,2	29,4
Roock <i>et al</i> (1994)	Mixta Temprana			4	0	13,9	17,2
				4	4	12,2	20,8
				6	0	15,3	21,2
				6	4	13,8	24,6
				6	0	13,5	21,5
Roock <i>et al</i> (1994)	Mixta Temprana			6	4	13,5	26,1
				8	0	16,8	22,1
				8	4	16,5	24,4
				8	0	14,1	21,1
				8	4	13,9	24,8
Arraiga Jordan y Holmes (1986)	<i>Lolium perenne</i> Rotativo y Continuo			4,7	1	18,1	30,2
				4,7	6	16,5	32,8
				12	1	15,3	29,4
				12	6	14,7	31,9

Referencias : N.S. = Nivel de Suplementación kgMO/animal/día); CF = Consumo de Forraje (kgMO/animal/día); PL = Producción de leche kg/vaca/día); PLCG = Producción de leche corregida

composición química de forraje, nivel y tipo de concentrado. La sustitución de forraje por concentrado ha sido explicada por la reducción en el tiempo de pastoreo (3-20 minutos/ kilogramo concentrado) de animales suplementados. La reducción en el tiempo de pastoreo ante la inclusión del suplemento depende de la cantidad y altura de la pradera, manejo del pastoreo, y composición química del suplemento (Roock *et al.*, 1994). La suplementación modifica el tiempo total de pastoreo y su intensidad. Los animales suplementados presentan un pastoreo de mayor intensidad que los no suplementados, dado que emplean menos tiempo en la búsqueda de forraje (Krysl y Hess, 1993). El suministro de alta proporción de almidón rápidamente degradable en rumen, provocó depresión en el consumo de forraje, asociado a la cinética digestiva y disminución de la digestibilidad del componente forraje de la dieta (Stockdale, 1996a). La suplementación afectó la desaparición de la FDN en el rumen y en todo el tracto digestivo. La presencia de carbohidratos altamente fermentecibles altera la población microbiana y limita la actividad de bacterias celulolíticas, lo que provoca depresión en la digestibilidad de la materia orgánica y FDN. Dado que el consumo de forraje de animales en pastoreo se correlaciona directamente con la digestibilidad, el descenso en el consumo por incremento en la suplementación se explicaría también por la disminución en la digestibilidad del forraje (Berzaghi *et al.*, 1996).

La respuesta directa y residual en producción de leche, ha sido caracterizada por una gran variabilidad (0,35 - 1 kilogramo de leche/ kilogramo de concentrado) y depende entre otros factores del nivel de producción de leche. Con niveles de producción entre 14 - 18 y 20 - 23 l / vaca/ día, la respuesta promedio a la suplementación resultó 0,32 y 0,65 kilogramo leche/ kilogramo concentrado respectivamente (Lean *et al.*, 1996).

La producción y composición de la leche resultó afectada por el tipo de concentrado. Suplementos energéticos en base a fibra mejoran la producción y composición de la leche y provocaron menor tasa de sustitución, que concentrados basados en almidón como fuente de energía (Meijs, 1986). El incremento en el nivel de concentrado afectó el porcentaje de grasa de la leche, lo cual ha sido en parte explicado por la reducción en la relación acético/ propiónico a nivel ruminal. Un conjunto de experimentos realizados en

condiciones de estabulación evalúa el efecto de la etapa de lactancia, la cantidad y calidad del forraje, nivel y tipo de suplemento sobre la producción y composición de leche y cambios de peso vivo de vacas lecheras (Stockdale y Triggs, 1989). Bajo el rango de 0-11 kilogramos de concentrado, el consumo de forraje varió entre 6 y 11 kilogramos de materia seca por vaca por día. El retorno marginal de la suplementación decrece con el avance de la lactancia, la producción de grasa se maximizó con la inclusión de 6 kilogramos de concentrado. La proporción de acético, butírico y amonio en rumen y relación acético / propiónico, se reduce en forma proporcional al incremento en el consumo de concentrado. Los retornos decrecientes ante el incremento en la cantidad de concentrado resultan explicados en parte por la reducción en la digestibilidad provocada por el aumento en el consumo de concentrado. Con el avance en la lactancia más energía resulta derivada a la producción de tejido, lo cual explicaría la depresión en la respuesta marginal con niveles superiores a 6 kilogramos de concentrado. El incremento en la producción de tejido resultó explicado por el aumento en los precursores glucogénicos (propiónico), se reducen los lipogénicos (acético y butírico) debido a modificación en el patrón de fermentación. Han sido sugeridos límites en cuanto a relación acético / propiónico = 4:1 y 360 g FDN/ kg de MS, y / o el 40 - 50% de la dieta constituida por grano, a partir del cual se modifica la producción de grasa (Stockdale y Trigg, 1989; Rearte y Santini, 1989).

CONCLUSIONES

El enfoque experimental reduccionista ha permitido conocer la mecánica del proceso de ingestión, elaborar modelos de predicción de la tasa de consumo y plantear hipótesis sobre la expansión de la información generada a nivel de sesión y sitio de pastoreo, sobre la estrategia de pastoreo a escala de día, rebaño en producción y comunidad de plantas.

La modificación que el tiempo y momento de acceso al pastoreo causa en la conducta del animal, puede ser analizada de manera análoga al efecto que la imposición de diferentes tiempos de ayuno provoca en la tasa de consumo. En la sesión de pastoreo el tiempo de ayuno afectó la tasa de consumo de forraje, la respuesta al ayuno depende de la cantidad, composición química y estructura del forraje presente y del manejo del pastoreo.

La definición teórica del consumo de forraje como tasa de consumo * tiempo de pastoreo, presenta la limitante de mezclar fenómenos y procesos que se definen a diferentes escalas de tiempo y espacio. La estrategia de pastoreo no resulta posible de ser analizada mediante modelos estáticos. Los factores que la afectan covarían permanentemente y dependen de restricciones ingestivas y digestivas que se modifican a lo largo del día, en función de cambios en los atributos del forraje, manejo del pastoreo, nivel y tipo de suplemento.

El consumo de forraje diario de vacas lecheras resultó explicado por la asignación y altura de forraje, y nivel de suplementación. Vacas lecheras con restricciones de altura pueden igualar el consumo de forraje en base a incremento del tiempo de pastoreo, no obstante la inclusión de suplemento y/o restricción en los atributos de la pastura pueden

tender a reducir el tiempo dedicado al pastoreo.

La reducción en el consumo de forraje por kilo de suplemento depende de la asignación de forraje, nivel y tipo de suplemento y el manejo del pastoreo. El manejo del tiempo de pastoreo podría modificar la disponibilidad de productos finales de la fermentación y las interacciones pastura-suplemento, lo que justifica el estudio de la relación planta-animal-suplemento a los diversos niveles jerárquicos involucrados.

El estudio conjunto de la modificación en la estrategia de pastoreo y estado interno del animal sobre el consumo de forraje, composición química de la dieta, conducta animal, y parámetros productivos, constituye información necesaria para expandir la información experimental y plantear esquemas de manejo de pastoreo que mejoren la eficiencia de utilización de recursos (pastura y suplemento) en sistemas pastoriles de producción de leche.

LITERATURA CITADA

- ARRIAGA JORDAN, C.M. AND HOLMES, W., 1986. The effect of concentrate supplementation on high-yielding dairy cows under two systems of grazing. *Journal Agricultural Science* 107: 453-461.
- BERZAGHI, P.; HERBEIN J.H. AND POLAN, C.E., 1996. Intake, site and extent of nutrient digestion of lactating cows grazing pasture. *Journal Dairy Science*. 79: 1581-1589.
- CHILIBROSTE, P.; TAMMINGA, S. AND BOER, H., 1997. Effects of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry-matter intake, ingestive behavior and dry-matter rumen pool sizes on grazing lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 52:249-257.
- CHILIBROSTE, P.; SOCA, P. Y MATTIAUDA, D.A., 1999. Effect of the moment and length of the grazing session on: 1. Milk production and pasture depletion dynamics. p. 292-295. *In: Proceeding of International Symposium "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology"*. (Ed) De Moraes, A; Nabinger, C; Carvalho, P; Alves, S. Lustosa, S. Curitiba. Paraná, Brasil. 410 p.
- CHILIBROSTE, P., 1999. Grazing Time: The missing link. A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modeling approaches. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural, University. Marijkeweg, 40, 6709 PG. Wageningen, The Netherlands. 190 p.
- DEMMENT, M.W. AND LACA, E.A., 1994. Reductionism and synthesis in the grazing sciences: models and experiments. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 20:6-16.
- DEMMENT M.W.; PEYRAUD, J.L. AND LACA, E.A., 1995. Herbage Intake at grazing: a modeling approach. p. 121-141. *In: Recent developments in the Nutrition of Herbivores*. *Proceeding of the IV th. International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. (Ed) Jornet, M.; Genet, E; Farce, M.-H.; Thereiz, M.; and Demarquilly, C., INRA Editions. Paris, France. 621 p.
- DOUGHERTY, C.T.; BRADLEY, N.W.; CORNELIUS, P.L. AND LAURIAUL, L. M., 1989. Short-term fast and the ingestive behaviour of grazing cattle. *Grass and Forage Science*. 44: 295-302.
- GIBBS, M. J.; HUCKLE, C. A.; NUTHALL, R. AND ROOCK, A.J., 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science*. 52: 309-321.
- GIBBS, M. J.; HUCKLE, C. A.; NUTHALL, R., 1998. Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass Forage Science*. 53: 41-46.

- GRAINGER C., AND MATHEWS, G.L., 1989. Positive relation between substitution rate and pasture for cows receiving concentrates. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 29:355-360.
- GREENWOOD, G.B. AND DEMMENT, M.W., 1988. The effects of fasting on short-term grazing behaviour. *Grass and Forage Science*. 46: 29-38.
- GRIFFITHS, W. M.; HODGSON, J.; HOLMES, C.W. AND ARNOLD, G.C., 1996. The use of a novel approach to determine the influence of sward characteristics on the discriminatory gazing behaviour of dairy cows. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 56: 269-275.
- HARRIS J.L., 1970. *Compilación de datos analíticos y biológicos en la preparación de cuadros de composición de alimentos para uso en los trópicos de América Latina*. University of Florida Institute of Food and Agricultural Science. Center for Tropical Agriculture. Department of Animal Science. Gainesville. Florida. USA. 5301 p.
- HODGSON J. 1986. Grazing behaviour and herbage intake, p.51-64. *In: Occasional Symposium. Grazing*. (Ed.) J. Frame. British Grassland Society. 246 p.
- HOLMES, C.W., 1987. Pastures for dairy cows, p. 133-145. *In: Occasional Symposium. Feeding Livestock on Pasture*. (Ed) Nicol, A.M. New Zealand Society of Animal Production. New Zealand 145 p.
- HORN, G.W. AND MCCOLLUM., F.T., 1987. Energy supplementation of grazing ruminants, p. 125-130. *In: Grazing Livestock Nutrition Conference*. (Ed) Judkins, M.B.; Clanton, D.C.; Petersen, M.K.; Wallace, J.D. Laramie, University of Wyoming. 211 p.
- HOUSTON, A.I. 1993. The importance of state, p.10-31. *In: Diet Selection: an Interdisciplinary Approach to Foraging Behaviour*. (Ed.) R.N. Hughes. Blackwell, Oxford. 452p.
- IASON, G.R.; MANTECON, A. R.; SIM, D.A.; GONZALEZ, J.; FOREMAN, E.; BERMUDEZ, F.F. AND ELSTON, D.A., 1999. Can grazing sheep compensate for a daily foraging time constraint? *Journal of Animal Ecology*. 68:87-93.
- KIBON, A., AND HOLMES, W., 1987. The effect of height and concentrate composition on dairy cows grazed on continuously stocked pastures. *Journal Agricultural Science* 109: 293-301.
- KRYSL L.J. and HESS, B.W., 1993. Influence of Supplementation on Behaviour of Grazing Cattle. *Journal Animal Science*. 71:2546-2555.
- LACA, E.A.; UNGAR, E.; SELIGMAN, N. and DEMMENT, M., 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.; DISTEL, R.A.; GIGGS, T.C. AND DEMMENT, M.W., 1994 A. Effects of canopy structure on patch depression by grazers. *Ecology*. 75. 706-716.
- LACA, E.A.; UNGAR, E.D. and DEMMENT, M.W., 1994 B. Mechanisms of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science*. 39:3-19.
- LACA E.A. and ORTEGA I.M., 1995. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales, p. 204-215. *In: Proceedings of the 5th International Rangeland Congress*, Utah. July 1995. Salt Lake City. Utah, USA. 452 p.
- LACA E. A. and DEMMENT, M., 1996. Foraging strategies of grazing animals, p. 137-158. *In: The Ecology and Management of Grazing Systems*. CAB International. (Ed) Hodgson, J. and Illius, A.W. Wallingford, UK. 466 p.
- LEAN, I.J.; PARKER, W.J. AND KELLAWAY, R.C., 1996. Improving the efficiency of pasture-based dairy production. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 56:229-275.
- MALLOSINI, F.; BOLOVENTA, S.; PIRAS, C.; VENTURA, W., 1995. Effect of concentrate supplementation on herbage intake and milk yield of dairy cows grazing in alpine pasture. *Livestock Production Science* 43:2:119-128.
- MAYNE, C.S.; AND WRIGHT, I.A., 1988. Herbage intake and utilization by the grazing dairy cows, p. 280-293. *In: Nutrition and Lactation in the dairy cows*. (Ed) P.C. Garnsworthy. Butterworths, London. 357 p.
- MEIJS, C.A.J. AND HOEKSTRA, J. A., 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Grass and Forage Science*. 39: 59-66.
- MEIJS, C.J.A., 1986. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass and Forage Science*. 41:229-235.

- MERTENS, D.R., 1994. Regulation of forage intake, p. 450-493. *In: Forage Quality; Evaluation and Utilization.* (Ed) Fahey, G.C.; Collins, M.; Mertens, D.R. and Moser, L.R. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. Madison, WI. USA. 622 p.
- NEWMAN, J.A.; PENNING, P.D.; PARSONS, A.J.; HARVEY, A. and ORR, R.L., 1994. Fasting affects intake behaviour and diet preference of grazing sheep. *Animal Behaviour.* 47: 185-193.
- NOCEK, J.E., 1987. The influence of feeding sequence on ruminal parameters and production response in dairy cattle. *Animal Science:* 2: 57-69.
- PARSONS, A.J.; THORNLEY, J.; NEWMAN, J. and PENNING P., 1994. A mechanistic model of some physical determinants on intake rate and diet selection in a two-species temperate grassland sward. *Functional Ecology.* 8: 187-204.
- PATTERSON D.M.; MCGILLOWAY, D.A.; CUSHNAHAN, A.; MAYNE, C.S. and LAIDAW, A.S., 1998. Effect of duration of fasting period on short-term intake rates of lactating dairy cows. *Animal Science.* 66: 299-305.
- PENNING, P., ROOK A.J. and ORR R., 1991. Patterns of ingestive behaviours of shepp continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science.* 31: 237-250.
- PHILLIPS, C.J.L. and LEAVER, J.D., 1986. The effect of forage supplementation on the behavior of grazing dairy cows. *Applied Animal Behavior Science* 16: 233-247.
- PHILLIPS, C.J.L., 1989. Nutricional Behaviour, p.52-73 *In: New Techniques in Cattle Production.* (Ed) Phillips, C.J. Butterworth, University of Wales. Bangor, UK. 402 p.
- PULIDO, J AND LEAVER, D., 1995. Effect of sward height and level of concentration supplementation on the pasture forage intake and response of supplementation. p 200. *In: Recent developments in the Nutrition of Herbivores. Proceeding of the IV th. International Symposium on the Nutrition of Herbivores.* (Ed) Jornet, M.; Genet, E; Farce, M.-H.; Thereiz, M.; and Demarquilly, C. INRA Editions. Paris, France. 621 p.
- REARTE, D.H, Y SANTINI, FJ., 1989. Digestión ruminal y producción en animales en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal.* 9:93-105.
- REEVES, M.; FULKENSON, W.J.; KELLAWAY, R.C.; 1996. Production responses of dairy cows grazing well-managed kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pasture to energy and protein supplementation. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 36:763-770.
- ROBINSON, P.H., 1989. Dynamics aspects of feeding management for dairy cows. *Journal Dairy Science.* 72: 1197-1209.
- ROOK, A.J.; HUCKLE, C.A. and WILKINS, R.J., 1994 A. The effects of sward height and concentrate supplementation on the performance of spring calving dairy cows grazing perennial ryegrass-white clover swards. *Animal Production.* 58:167-172.
- ROOK A.J., HUCKLE C.A., and PENNING P.D., 1994 B. The effects of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Applied Animal Behaviour Science.* 40:101-112.
- ROOK A.J., and HUCKLE, C.A., 1995. Synchronization of the ingestive behaviour by grazing dairy cows. *Animal Production.* 60: 25-30.
- ROOK A.J., and HUCKLE, C.A., 1996. Sources of variation in the grazing behaviour of dairy cows. *Journal of Agricultural Science.* 126: 227-233.
- SNIFFEN, C. and FERGUSON, J., 1991. Body condition scoring guide. Church & Dwight Co., Inc., Princeton, NJ. 10 p.
- SOCA, P.; CHILIBROSTE, P.; and MATTIAUDA, D.A., 1999. Effect of the moment and lenght of the grazing session on 2: Grazing time and ingestive behaviour, p. 295-298. *In: Proceeding of International Symposium "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology".* (Ed) De Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, P.; Alves, S Lustosa .Curitiba. Paraná. Brasil. 410 p.
- STEPHENS, D.W. and KREBS, J.R., 1986. Foraging Theory. Princeton University Press. Iowa, USA. 247 p.
- STOCKDALE, C.R. and TRIGG, T.E., 1989. Effect of pasture feeding levels on the responses of lactating dairy cows to high energy supplements. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 29: 605-611.
- STOCKDALE, C.R., 1996 A. Substitution of supplement for herbage when dairy cows graze different pasture types in Northern Victoria. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production.* 21:382.

- STOCKDALE, C.R., 1996 B. Effect of type of supplement on the reduction of pasture intake in grazing dairy cows. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 21:383.
- STOCKDALE, C.R., 1996 C. Influence of herbage mass on the utilization of pasture by grazing dairy cows offered supplements. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 21:384.
- UNGAR, E.D., 1996. Ingestive behavior, p. 185-218. *In: The Ecology and Management of Grazing Systems.* (Ed) J. Hodgson and A.W. Illus, CAB INTERNATIONAL. Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK. 466 p.
- WALLIS DE VRIES, M.F. and DALEBOUDT, C., 1994. Foraging strategy of cattle in patchy grassland. *Oecologia.* 100: 98-106.
- WALES, W.J; DELLOW, D.W. and DOYLE P.T., 1996. Nutrient intake by dairy cows grazing perennial pasture. Proceedings Australian Society Animal. Production. 21:499.
- WOODWARD, S.R., 1997. Formulae for predicting animals' daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. *Livestock Production Science.* 52: 1-10.