

ESTIMATIVA DEL CONSUMO EN VACAS EN LACTACIÓN EN SISTEMAS A PASTO

Eduardo Fabián Aragón V.
Alexandra del Pilar Naranjo H.

ARAGON¹, E. F. V.; NARANJO¹, A. P. H. Estimativa del consumo en vacas en lactación en sistemas a pasto. *Arq. ciên. vet. zool. UNIPAR*, 5(1): p. 135-144, 2002.

RESUMEN: El consumo de alimento es controlado por varios factores propios del animal, de la forrajera o del ambiente. La importancia de conocer la cantidad de alimento ingerido es el punto de partida para poder atender sus necesidades a fin de alcanzar nuestros objetivos productivos. A través de los años se han desarrollado una serie de sistemas para valorar este parámetro, pero la condición de animales en pastoreo hace de esta tarea más complicada. Esta determinación puede ser hecha por medio de métodos directos como son diferencia en masa animal, diferencia en masa forrajera, o por métodos indirectos como determinación directa o indirecta de la excreción fecal, el uso de marcadores internos propios de la forrajera como alcanos u otro tipo de compuestos no digestibles. Estas metodologías presentan algunas desventajas, por lo que los investigadores formularon medios para encontrar resultados más confiables. Una alternativa son los modelos matemáticos, los que necesitan gran número de resultados experimentales con la finalidad de cubrir la mayor cantidad de variables. El consumo representa la variable dependiente y las variables independientes más utilizadas en vacas en lactación son: peso vivo (kg, libras o metabólico), producción de leche (kg, lb o corregida para gordura o energía), producción de proteína, semana de lactación o post-parto, características del alimento (% de FDN o FB, digestibilidad, altura antes y después del pastoreo, disponibilidad), clima, suplementación de concentrado, edad, raza y comportamiento del animal durante la ingestión de forraje. Los modelos desafortunadamente tienen una aplicación limitada debido a las diferentes condiciones existentes en cada tipo de explotación. Con todo no dejan de ser una alternativa práctica para estimar el consumo, quedando a criterio del profesional la aplicación del modelo que cubra, de mejor manera, las condiciones de cada propiedad.

PALABRAS-CLAVE: ingestión, modelos matemáticos, bovinos

ESTIMATIVA DO CONSUMO EM VACAS EM LACTAÇÃO MANTIDAS A PASTO

ARAGON, E. F. V.; NARANJO, A. P. H. Estimativa do consumo em vacas em lactação mantidas a pasto. *Arq. ciên. vet. zool. UNIPAR*, 5(1): p. 135-144, 2002.

RESUMO: O consumo de alimento é controlado por vários fatores próprios do animal, da forrageira ou do ambiente. A importância de conhecer a quantidade de alimento ingerido é o ponto de partida para poder atender as necessidades e assim atingir nossos objetivos produtivos. Têm sido desenvolvidos vários sistemas para avaliar este parâmetro, porém em animais a pasto esta tarefa é difícil. A estimativa de consumo pode ser feita por métodos diretos como a diferença no peso do animal, a diferença na massa forrageira, ou por métodos indiretos usando a estimação, direta ou indireta da excreção fecal, o uso de marcadores internos próprios da forrageira como alcanos ou outro tipo de compostos não digestíveis. Essas metodologias apresentam algumas desvantagens por isso os pesquisadores formularam meios para encontrar resultados mais confiáveis. Uma das alternativas são os modelos matemáticos, que precisam de grande número de resultados experimentais com o objetivo de cobrir a maior quantidade de variáveis. O consumo representa a variável dependente e as variáveis independentes mais utilizadas para vacas em lactação são: peso vivo (kg, libras ou metabólico), produção de leite (kg, lb ou corrigida para gordura ou energia), produção de proteína, semana de lactação ou pós-parto, características do alimento (% de FDN ou FB, digestibilidade, altura antes e depois do pastoreio, disponibilidade), clima, suplementação de concentrado, idade, raça e comportamento do animal durante a ingestão da forrageira. Os modelos desafortunadamente têm uma aplicação limitada devido à diferentes condições existentes em cada sistema produtivo. Não obstante constituem em uma alternativa prática para estimar o consumo, sendo de critério do profissional a aplicação do modelo mais

¹ Médico Veterinário y Zootecnista, MSc. en Zootecnia, Doctorando en Ciencia Animal EV/UFMG. Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária – UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, CP 567, CEP 30123-970, Belo Horizonte-MG, Brasil. e-mail: eduardoaragon@yahoo.com

adequado para as condições da propriedade.

PALAVRAS-CHAVE: ingestão, modelos matemáticos, bovinos

PREDICTING INTAKE BY LACTATING COWS IN GRAZING

ARAGON, E. F. V.; NARANJO, A. P. H. Predicting intake by lactating cows in grazing. *Arq. ciên. vet. zool. UNIPAR*, 5(1): p. 135-144, 2002.

SUMMARY: Feed intake is a critical factor in the productivity of grazing dairy cattle. The interaction of grazing animals with their pasture determines the profitability of grazing enterprises. This involves interactions between the animals' need for or capacity to use nutrients, the amount of pasture available, the nutritive value of that pasture, environment and the influence of the management system on the animals' ability to harvest the nutrients. Estimating the forage intake of free grazing animals is so difficult that all of commonly used methods, have limitations and consist of various compromises that may introduce error. Have direct and indirect methods by determining intake. The direct estimation of the intake are: weight animal before and after they eat, differences in herbage mass. Indirect methods of estimating intake using fecal output and diet digestibility with daily dosing of an inert marker. Development of mathematical models to predict forage intake is a good alternative. More used independent variable in grazing lactation cows are: weight live (kg, pound or metabolic weight), milk production (kg, pound, fat or energy milk corrected), protein and fat production, lactation week, post-partum week, feed characteristics (% NDF or CF, digestibility, before and after forrage height, availability), climate, concentrate supplementation, age, breed, intake animal behaviour. Model have restrictive application, because are exclusive to determinate conditions. However, are practice alternative to estimative feed intake, and need professional criterion to applicate the suitable model for farm condition.

KEY-WORDS: intake, mathematical models, bovine

Introducción

La cantidad de materia seca (MS) que es consumida por un animal es una medida crítica a partir de la cual se puede aplicar las bases para determinar las exigencias nutricionales para alcanzar determinada respuesta. La medida de la ingestión de MS integra un gran número de factores como son las propiedades químicas de la planta, las características físicas del animal y de la planta y, los procesos fisiológicos del animal. Estos últimos dependen en gran medida de la especie, raza, tipo, clase, así como del estado reproductivo (BURNS *et al.*, 1994).

Los animales en sistemas pastoriles dividen el día en pastoreo, rumiación y actividades como reposo, bebida, traslados, lactación y descanso (WALKER & HEITTSCHMIDT, 1989 *apud*. WOODWARD, 1997). El tiempo destinado para cada una de estas actividades está influenciado por la cantidad y calidad del pasto disponible, por el estado fisiológico del animal, por sus requisitos de energía y por el clima, pero para animales en pastoreo el factor limitante se focaliza, usualmente en la disponibilidad de forraje (PENNING *et al.*,

1991).

La evaluación de la ingestión en animales a pasto es muy compleja, porque se deben considerar las interrelaciones suelo-planta-animal. Las técnicas que incluyen estimativas de consumo en base al comportamiento animal o utilizando indicadores, necesitan grandes áreas, inversiones financieras altas y mayor tiempo para la obtención de resultados (WANYOIKE & HOLMES, 1981). Por el contrario, métodos de cálculo por medio de modelos o ecuaciones de predicción de consumo son simples, más aplicables y más rápidos de determinar, constituyéndose en una alternativa para la obtención de estimativas de ingestión que puedan ser utilizadas rutinariamente (MERTENS, 1987).

La estimación de la ingestión de forrajes en animales en pastoreo libre presenta dificultades y limitaciones que llevan a una serie de errores porque ninguna de las técnicas es completamente adecuada y tienen valores para situaciones específicas que en otras circunstancias no podrían presentar acuracia (OWENS & HANSON, 1992).

El objetivo de esta revisión es discutir las metodologías de estimación de consumo de vacas en lactación en sistemas de pastoreo, dando énfasis

a los modelos de predicción.

Métodos Directos de Estimación de Consumo

Diferencias en masa animal

Dentro de los métodos directos de estimación de la ingestión está el pesaje de los animales durante la alimentación, o antes y después de la comida (HORN 1981 *apud* BURNS *et al.* 1994). Esta metodología presenta limitaciones, pero se vuelve interesante cuando son evaluados el comportamiento ingestivo y los períodos de pastoreo son de corta duración (PENNING & HOOPER, 1985; PENNING *et al.*, 1991). La mayor dificultad está en considerar las pérdidas de peso por defecación e micción.

Diferencias en masa forrajera

STOCKDALE & KING (1983) evaluaron la diferencia en masa forrajera antes y después del pastoreo como una estimativa de consumo. La disminución en la cantidad de forrajera observada en los potreros debido al consumo, debe ser dividido por el producto de la relación entre el número de animales y los días de pastoreo. Este valor se asume que será equivalente a la ingestión diaria por animal. En ocasiones, esta técnica puede subestimar los resultados debido al crecimiento de la planta especialmente cuando los períodos de pastoreo son prolongados. El problema puede ser minimizado evaluando durante períodos de pastoreo cortos (uno a tres días) o colocando jaulas en el área de pastoreo para evaluar el crecimiento durante el período de estimación. En este caso se asume que el crecimiento de la forrajera en la jaula va a ser igual al crecimiento en el restante del área investigada, pero este período no tiene que ser demasiado largo (>7 días) (BURNS *et al.* 1994). Otra situación a ser tomada en cuenta es la posible contaminación excesiva con tierra, siendo en este caso necesario corregir cenizas a fin de expresar los resultados en base a materia orgánica (PALMER, 1997). La limitación más seria para la aplicación del método de la diferencia forrajera es que necesita de un muestreo intensivo para proporcionar una adecuada estimativa de los cambios en la masa forrajera. Según DOUGHERTY *et al.* (1989) esta metodología presenta buenos resultados cuando se aplica en

animales a pasto atados por cuerdas, debido a que se encuentran dentro de un esquema de manejo cerrado y el tiempo de pastoreo es corto y regular. En busca de objetivos similares, otros investigadores (BURLISON *et al.*, 1991) utilizaron ovinos en jaulas de digestión modificadas, que permitían el acceso para áreas de pasto de 0,56 por 0,46 m, en esta metodología es necesario el uso de animales entrenados, siendo los ovinos los más apropiados.

Métodos Indirectos de Estimación del Consumo

Determinación directa de la excreción fecal

La colecta total de heces juntamente con la determinación de la digestibilidad de la MS de la dieta han sido usados para estimar el consumo de MS. La ingestión de alimentos es determinada a partir de la siguiente ecuación propuesta por AROEIRA (1997):

$$\text{Consumo de MS} = \text{Producción fecal} \times 100 / (1 - \text{DIVMS})$$

Donde DIVMS significa la determinación de la digestibilidad de la materia seca por métodos *in vitro*. El total de heces puede ser medido utilizando arneses y un saco de colección. La ventaja de esta metodología está en la rapidez para obtener resultados y en la necesidad de determinar únicamente MS y cenizas. Como desventajas están la disminución, significativa, en el desempeño animal, pérdidas durante la colección, distrofias de la parte posterior de las piernas, consecuencia del peso de los arneses y alteraciones en el comportamiento durante el pastoreo (WANYOIKE & HOLMES, 1981).

Determinación indirecta de la excreción fecal

La excreción fecal (EF) puede ser estimada usando marcadores mediante la relación existente entre la cantidad de indicador o marcador dosado y la concentración de este en las heces del animal:

$$EF \text{ (g/d)} = (\text{ug iA}) / (\text{ug iF})$$

onde:

$$\text{ug iA} = \text{ug de indicador administrado}$$

$$\text{ug iF} = \text{ug de indicador por g de fezes}$$

Este valor de EF, posteriormente será relacionado con la digestibilidad de la dieta para realizar la estimativa del consumo de materia seca utilizando la ecuación sugerida por AROEIRA (1997) como fue mencionado anteriormente.

Es necesario considerar que esta última ecuación precisa de una estimación acurada de la digestibilidad. Por lo que BURNS *et al.* (1994) consideran que el uso de indicadores o marcadores es más apropiado para estimar la EF que la ingestión de forrajes. Según WANYOIKE & HOLMES (1981) la dosificación diaria del marcador produce estrés en el animal como consecuencia de la manipulación, lo que se refleja en alteraciones del comportamiento ingestivo, excreción fecal y consumo. Existe también variación diurna en la concentración del marcador cuando los animales son dosificados solamente una vez, esta fluctuación puede ser reducida, pero no eliminada con dos aplicaciones por día, siendo que esta doble tarea aumenta proporcionalmente el estrés en el animal. Varios artificios para infusión continua de marcadores han sido utilizado para minimizar la variación diurna, pero estas formas, son caras e necesitan de animales preparados quirúrgicamente (BRANDYBERRY *et al.*, 1991). La ventaja de un producto que permita la liberación constante del indicador está en que este puede ser administrado una vez por día. Por otro lado las colectas de heces marcadas deben ser frecuentes para poder caracterizar el "pulso" de concentración del indicador en las heces (POND *et al.*, 1989). Posteriormente los valores de EF y de digestibilidad de la dieta pueden ser aplicados en la ecuación para estimación del consumo de materia seca.

Muestreo de la dieta y estimación de la digestibilidad

Asociado con el uso de marcadores inertes en la estimación del consumo de MS en animales a pasto está el conocimiento de la digestibilidad de la dieta, siendo que la obtención de una muestra representativa de la dieta administrada al animal, puede ser un factor que determinará la precisión en la estimativa del consumo por la técnica de marcadores o indicadores inertes (ORSKOV *et al.* 1988). Las muestras pueden ser obtenidas por colección manual o por medio de animales quirúrgicamente preparados (fístula esofágica o

ruminal).

En el primer caso el investigador trata de simular el pastoreo realizado por el animal, dependiendo consecuentemente de la experiencia adquirida a través de esta metodología. El uso de animales con cánula ruminal presenta como inconvenientes que es necesario remover la totalidad del contenido ruminal antes de proceder con colectas periódicas a nivel del cardias, así como la posibilidad de contaminación con este material. Por este motivo fue desarrollada la fístula esofágica que permite la colecta directa de la extrusa retirando únicamente el tapón de la fístula, mas también las muestras están expuestas a contaminación con saliva que podría llevar a resultados erróneos durante el análisis (FORBES & BEATTIE, 1987).

La digestibilidad puede ser calculada directamente o con marcadores internos o externos. Para la estimación directa pueden aplicarse metodologías *in vivo* o *in vitro*. Los marcadores internos son constituyentes naturales de la planta que no son digeridos o absorbidos, estos pueden ser sílica, lignina, N fecal, cromógeno, FDN y FDA indigestibles y cenizas insolubles en ácido. Los marcadores externos son metales de baja absorción clasificados generalmente dentro del grupo de tierras raras.

Alkanos como marcadores internos y externos

Los alkanos se encuentran naturalmente en la cera de las plantas y son sustancias formadas por cadenas de 25 a 35 carbonos. Son relativamente indigeribles y conforme aumenta el tamaño de las cadenas el porcentaje de recuperación en la heces incrementa (OHAJURUKA & PALMQUIST, 1991). Los análisis son relativamente fáciles a través de cromatografía gaseosa. Comumente se utilizan el C32 como marcador externo y el C33 como marcador interno debido a que la recuperación de estos es alta (MAYES *et al.*, 1986).

Predicción del consumo a través de los productos nitrogenados urinarios

El método se basa en la proporcionalidad existente entre el alimento consumido y la síntesis de proteína microbiana, sugiriendo que la ingestión puede ser determinada a través de la producción

ruminal diaria de N microbiano (OSUJI, *et al.* 1993). FUJIHARA *et al.* (1987) concluyeron que existe una relación estrecha entre el flujo de derivados de las purinas (DP: alantoina, ácido úrico, xantina e hipoxantina) y el flujo de purinas al duodeno. Para controlar las variaciones en la concentración de DP, ORSKOV & MacLEOD (1982), sugirieron que es necesario considerar una tasa entre DP con una sustancia independiente, siendo que la creatinina podría ser importante en esta determinación.

Modelos de predicción del consumo voluntario

MERTENS (1994) en su revisión presentó más de 50 factores que pueden afectar la ingestión de alimentos en ruminantes y relató que modelos matemáticos son necesarios para integrar estos componentes de la regulación del consumo porque son las representaciones más simples de este complejo sistema. SAMPAIO (1998) define como modelo matemático a la asociación real, que por la naturaleza de las respuestas relacionadas, permiten la percepción de la dependencia de una de ellas en relación a otra.

Algunas variables independientes, comunmente usadas en ecuaciones de predicción de consumo (variable dependiente) de vacas en lactación son: peso vivo de los animales, producción de leche corregida para 4% de grasa, producción de proteína de la leche, factor de corrección para semana de lactación, porcentaje de FDN o FB en la ración, cambios del peso vivo, temperatura ambiental, estación del año, y días en gestación (HOLTER *et al.*, 1997).

Se ha utilizado una serie de artificios para influenciar en las variables independientes, para que sean incorporadas en los modelos de predicción. Por ejemplo, CURRAM & HOLMES (1970) expresaron la variable independiente "peso vivo (PV)" en libras, así como en la forma de $PV^{0.73}$; $PV^{0.66}$. Otros autores han incluido en sus modelos el efecto cuadrático o transformaciones logarítmicas de algunas variables (BROWN *et al.*, 1977). KERTZ *et al.*, (1991) incluyeron el efecto cúbico de la variable "días de lactación" mejorando el coeficiente de regresión (R^2). Todavía no está claro sobre si es conveniente realizar modificaciones en la forma funcional de los modelos de predicción. ROOK *et al.* (1991)

colocaron que los beneficios de los artificios son mínimos, a diferencia de KABUGA (1992) que recomendó que la adición de factores de ajuste locales pueden incrementar la eficiencia de determinados modelos cuando aplicados en circunstancia diferentes a aquellas en las cuales fueron desarrollados. Como regla general, en la elaboración de un modelo se intenta seleccionar e incluir, en la medida de lo posible, aquellas variables independientes que presentan mayor correlación con la variable dependiente (CONRAD *et al.* 1964).

Variables consideradas en modelos de predicción de consumo

La mayoría de los modelos de estimativa del consumo voluntario de vacas en lactación en sistemas a pasto incluye alguna variable o una combinación de variables concernientes a producción de leche. Por ejemplo, CAIRD & HOLMES (1986) consideran la producción de leche en kg, en tanto que la variable leche corregida al 4% de grasa fue utilizada en los trabajos de CURRAM & HOLMES (1970) y PEYRAUD *et al.* (1996). CONRAD *et al.* (1964) trabajaron con la variable nivel de energía química en la leche más energía de producción de la proteína retenida (MJ/día).

El efecto del peso vivo (PV) ha sido considerado en forma de PV como tal sea en lb (CONRAD *et al.* 1964) o kg (STOCKDALE, 1985; CAIRD & HOLMES, 1986; PEYRAUD *et al.*, 1996), como expresión logarítmica (ln y log), como unidad metabólica ($PV^{0.73}$, $PV^{0.75}$ o $PV^{0.66}$) o como PV post parto. Es conocido el hecho que en el inicio de la lactación las vacas movilizan reservas corporales como respuesta a la menor ingestión de alimento en relación a sus requisitos; así como en el final de este período, la tendencia es acumular las reservas producidas como consecuencia del mayor consumo en relación a las necesidades nutricionales (GRUMMER, 1998). En animales confinados la variable "cambios del PV" parece ser responsable por fluctuaciones, según ROSELER *et al.* (1997 a, b), entre 5 a 10% en la estimación del consumo de alimento. Cuando se incluyó el PV en modelos de predicción en forma proporcional al consumo los valores de R^2 fueron menores de aquellos obtenidos cuando la ingestión fue expresada en kg/día (CURRAM & HOLMES,

1970).

Se ha recomendado la inclusión del período de lactación en los modelos de predicción de consumo de vacas en lactación en sistemas a pasto (CURRAN & HOLMES, 1970). ROSELER *et al.* (1997a) establecieron que existe una sobre estimación del consumo de vacas en el inicio de la lactación en varios experimentos de esta índole, en función del intervalo de tiempo existente entre la producción máxima de leche y el máximo consumo de MS. Por este motivo los autores usaron “funciones de atraso” determinadas por la semana de lactación e mes del pico de producción de leche, con el objetivo de mejorar la predicción durante las 16 semanas posteriores al parto en vacas confinadas. CAIRD & HOLMES (1986) utilizaron la semana de lactación en vacas en pastoreo rotacionado con pastos de climas templados.

La etapa de gestación es otra variable de importancia que influencia la ingestión de alimentos (AFRC, 1991), desafortunadamente no ha sido considerada en el modelaje de consumo de animales a pasto, y apenas fue considerada en el modelo de predicción de vacas en lactación en sistemas de *free-stalls* y *tie-stalls*, desarrollados por ROSELER *et al.* (1997a).

La predicción del consumo según el número de partos indica que las ecuaciones que consideran por separado vacas primíparas de multíparas, presentan mejores valores de R^2 y menores desvíos padrón en comparación con un modelo general (HOLTER *et al.*, 1997).

La variable raza ha manifestado su influencia directa sobre el consumo (LUSBY *et al.*, 1976). BRIGSTOCKE *et al.* (1982) colocaron que el consumo por unidad de peso es mayor en vacas *Jersey*, efecto debido, probablemente, a los altos niveles de grasa en la leche de los animales de esta raza. La gran mayoría de los trabajos han sido orientados a la estimación del consumo de vacas *Holstein* y en menor grado a *Jersey* y *Ayrshire* sin considerarse diferencias de consumo en el modelaje.

LUSBY *et al.* (1976) relataron que la administración de concentrado en altos porcentajes provocó disminución en el consumo de forrajeras e relación a animales que recibieron niveles menores de suplementación.

A su vez CONRAD *et al.* (1964) incluyeron la digestibilidad en sus dos modelos de

predicción en vacas en lactación en sistemas a pasto. El efecto lineal o cuadrático de esta variable, según CURRAN & HOLMES (1970), no sería significativo en la predicción del consumo. Por el contrario CAIRD & HOLMES (1986) observaron que la inclusión de la digestibilidad de la forrajera no aumentó el R^2 de las ecuaciones, pero originó predicciones menos precisas, debido según ellos a variaciones en las técnicas de laboratorio utilizadas para determinar la variable. Los últimos trabajos acoplan a la digestibilidad en pepsina-celulose como variable en varias ecuaciones (PEYRAUD *et al.*, 1996). ORSKOV *et al.* (1988) obtuvieron alta correlación entre consumo y las características de degradación ruminal de las forrajeras, usando como animales experimentales machos mestizos.

El consumo de forraje va a depender de la composición química de este, que está inversamente relacionada al contenido de ingredientes de la pared celular (BERZAGHI *et al.* 1996). Con animales en confinamiento se han incluido el nivel de MS y concentración de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) (LEWIS *et al.* 1981 *apud* NEAL *et al.* 1984) o únicamente $N-NH_3$ (ROOK *et al.* 1991) como variables a ser consideradas dentro de un modelo matemático de predicción de consumo.

El tipo de pasto para STOCKDALE (1985) fue una variable a ser considerada en sus dos modelos de predicción de consumo en pasturas de clima templado irrigadas. CAIRD & HOLMES (1986) presentaron como variables, en sus modelos de predicción en vacas en lactación en pastoreo rotacional, la “disponibilidad de forraje” como toneladas de materia orgánica/día y “altura del pasto” en cm. STOCKDALE (1985) además de la disponibilidad de forraje, incluyó “forraje residual después del pastoreo (t de MS/ha)”. Estas variables han sido evaluadas tanto, con efecto lineal, como cuadrático, sin embargo en un trabajo pionero para vacas en lactación en sistema pastoril, CURRAN & HOLMES (1970) no encontraron significancia para la variable “disponibilidad de forraje”. El trabajo de PEYRAUD *et al.* (1996), considera una serie de variables relacionadas al pasto, entre ellas, disponibilidad de pastura (lineal o cuadrático), altura del pasto antes y después del pastoreo, área de pastoreo ofrecida, efecto lineal o cuadrático de la masa por hectárea, y hasta, la proporción de hojas verdes en la planta.

CAIRD & HOLMES (1986) en su

experiencia incluyeron, también modelos diferenciados para pastoreo continuo o rotacional. En animales confinados, HOLTER *et al.* (1996, 1997) consideraron el uso de somatotropina bovina (bST) como variable relacionada al manejo de vacas en lactación.

Para esta revisión no se obtuvieron datos de influencias ambientales para animales en pastoreo, pero TERADA *et al.* (1997) evaluaron como variables, en vacas confinadas, la "temperatura ambiental" y "humedad relativa del aire". Por estas anotaciones sería de interés considerar las variables climáticas en modelos de predicción de animales manejados en pasturas, circunstancia en la cual la influencia climática va ser más directa.

En los últimos años se ha puesto interés en la predicción del consumo por medio del comportamiento del animal durante el pastoreo. SPEDDING *et al.* (1966) *apud* MINSON (1990)

propusieron que el consumo de pasto podía ser calculado a partir del tiempo gastado en pastoreo, el número de bocados por unidad de tiempo y el tamaño medio de cada bocado. Más tarde, CHACON *et al.* (1976) consideraron que serían suficientes únicamente dos variables para determinación de consumo a partir del comportamiento ingestivo del animal, estas variables consideradas son número total de bocados y peso medio de cada bocado. Hoy en día se han sugerido modelos de predicción usando este tipo variables porque existe una serie de aparatos electrónicos que facilitan las mediciones (MINSON, 1990). Con los resultados obtenidos en varios trabajos deste tipo WOODWARD (1997) desarrolló ecuaciones que constituyen en una alternativa para valoración de este parámetro, consumo, cuya determinación representa una herramienta indispensable para la práctica racional dentro de cualquier sistema de producción.

Tabla 1 - Abreviaciones de las variables utilizadas en los modelos de predicción de consumo de vacas en lactación.

TERMINO	DESCRIPCIÓN
ADO	Área diaria ofrecida (m ²)
ALT	Altura del pasto (cm)
ALT _a	Altura del pasto antes del pastoreo (cm)
ALT _d	Altura del pasto después del pastoreo (cm)
C	Crecimiento (kg/día)
CC	Consumo de concentrado (kg de materia orgánica - MO/día)
CMO ₁	Consumo de Materia Orgánica (kg/día)
CMO ₂	Consumo de Materia Orgánica (lb/día)
CMOD	Consumo de MO digestibel (lb/día)
CMS ₁	Consumo de materia seca (kg/día)
CMS ₂	Consumo de materia seca (lb/día)
CMS ₃	Consumo de materia seca (g/día)
CMSp	Consumo de materia seca de pasto (kg/día)
DAMS	Digestibilidad aparente de la MS (%)
DE	Duración del experimento (corta= +1; larga = -1).
DIV _p	Digestibilidad "in vitro" de la pastura (% en MS)
DISP ₁	Disponibilidad de pasto (t de MO/día)
DISP ₂	Disponibilidad de pasto (kg de MO/cab/día)
DMO	Digestibilidad de la MO (% en MS)
DPC	Digestibilidad en pepsina-celulosa (%)
Em+p	Nivel de energía química en la leche + energía de producción de proteína retenida (MJ/día)
E	Edad de la vaca (años)
MSF	Materia seca fecal (kg)
MF ₀	Masa forrajera (t de MO/ha)
MHV	Masa de hojas verdes (t de MO/ha)
PL	Producción de leche (kg)
PLCG ₁	Producción de leche corregida p/4% de grasa (kg/día)
PLCG ₂	Producción de leche corregida p/4% de grasa (lb/día)
PV ₁	Peso vivo (kg)
PV ₂	Peso vivo (lb)
PV ^{0,73}	Peso metabólico (lb)
RES	Forraje residual después del pastoreo (t de MS/ha)
SEM	Semana después del parto
SL	Semana de lactación.
Td	Tiempo de descanso (minutos/día)
Tm	Tiempo para mastigación (minutos/gr)
TP	Tipo de pastura (+1 → <i>Paspalum</i> dominante o -1 → otras)
Tp	Tiempo para preensión (minutos por bocado)
Tr	Tiempo para ruminación (minutos por gr)
DP	Desvio Padrón
n	Número de animales
R ²	Coefficiente de regresión

Tabla 2 - Modelos de predicción de consumo voluntario de vacas en lactación en sistemas a pasto.

REFERENCIA	ECUACION
Bines <i>et al.</i> (1977)	$CMS_1 = 0,16 (PL) + 0,0113 (PV_1) + 2,45 (C) + 4,25$
Caird & Holmes (1986)	$CMO_1 = 0,177(PL) + 0,010(PV_1) + 1,636(CC) - 1,008(DIS P_1) + 0,0540(DIS P_2) + 0,006(DIS P_2)^2 - 0,048(DIS P_2 \times CC) + 0,323$ $R^2 = 0,677$; DP = 1,91; n = 165 vacas en pastoreo rotacional en pastura templada $CMO_1 = 0,208(PL) + 0,004(PV_1) + 0,069(SL) - 0,118(CC) - 0,289(ALT) + 0,133(CC \times ALT) - 0,011(SEM) + 8,228$ $R^2 = 0,537$; DP = 2,52; n = 144 vacas en pastoreo rotacional e pasturas templadas $CMO_1 = 0,323(PL) - 0,006(PV_1) + 0,113(SL) + 3,142(CC) + 3,613(ALT) - 0,543(CC \times ALT) + 0,019(SEM) - 9,791$ $R^2 = 0,863$; DP = 1,55; n = 52 vacas en pastoreo rotacional en pasturas templadas ≤ 5 cm de altura
Conrad <i>et al.</i> (1964)	$\log CMS_2 = 0,5536 - 0,461[\log(DAMS)] + 0,513[(\log(PV_2))] + 0,251[(\log(E_{m+p}))]$; Se DAMS : 67 - 80% $R^2 = 0,833$; n = 134 experimentos con vacas Jersey y Holstein a pasto $\log CMS_2 = 1,53[\log(DAMS)] + 1,01[(\log(MSF))] + 0,99[(\log(PV_2))] - 5,296$; Se DAMS : 52 - 66% $R^2 = 0,995$; n = 134 experimentos con vacas Jersey y Holstein a pasto
Cox <i>et al.</i> (1956)	$CMS = 0,13 (PLCG_1) + 0,0053 (PV_1) + 0,96 (C)$
Curran & Holmes (1970)	$CMO_2 = -19,939 + 0,159(PV^{0,73}) + 0,261(PLCG_2) + 0,206(DMO) - 0,517(I) + 0,166(SL)$ $R^2 = 0,418$; DP = 3,484 kg/día; n = 5 experimentos con 72 vacas en pasturas templadas $CMO_2 = -5,044 + 0,164(PV^{0,73}) + 0,2721(PLCG_2) + 0,495(E) + 0,148(SL)$ $R^2 = 0,412$; DP = 3,484 kg/día; n = 5 experimentos con 72 vacas en pasturas templadas $CMO_2 = -3,559 + 0,181(PV^{0,73}) + 0,222(PLCG_2) - 0,487(E)$ $R^2 = 0,383$; DP = 3,534 kg/día; n = 5 experimentos con 72 vacas en pasturas templadas $CMOD = -37,503 + 0,122(PV^{0,73}) + 0,201(PLCG_2) + 0,448(DMO) - 0,399(E) + 0,131(SL)$ $R^2 = 0,460$; DP = 2,703 kg/día; n = 5 experimentos con 72 vacas en pasturas templadas $CMOD (lb) = -30,005 + 0,138(PV^{0,73}) + 0,165(PLCG_2) + 0,361(DMO) - 0,384(E)$ $R^2 = 0,428$; DP = 2,761 kg/día; n = 5 experimentos con 72 vacas en pasturas templadas
Neal <i>et al.</i> (1984)	$CMS_1 = 0,20 (PL) + 0,022 (PV_1)$
Peyraud <i>et al.</i> (1996)	$CMO_1 = -2,55 + 0,265(PLCG_1) + 0,74(PV_1) + 0,333(DIS P_2) - 0,0033(DIS P_2)^2$ $R^2 = 0,60$; DP = 1,78 kg MO/día; n=95; vaca Holandesa en pasturas templadaa $CMO_1 = 7,9 + 0,264(PLCG_1) + 0,73(PV_1) - 98(DIS P_2)^{-1}$ $R^2 = 0,60$; DP = 1,77 kg MO/día; n=95; vaca Holandesa en pasturas templadas $CMO_1 = 5,9 + 0,264(PLCG_1) + 0,88(PV_1) - 30(ALTd)^{-1}$ $R^2 = 0,51$; DP = 1,97 kg MO/día; n=95; vaca Holandesa en pasturas templadas $CMO_1 = -20,4 + 0,266(PLCG_1) + 0,95(PV_1) - 115(ADO) + 9,63(MFo) - 0,873(MFo)^2$ $R^2 = 0,70$; DP = 1,56 kg MO/día; n=95; vaca Holandesa en pasturas temperada $CMO_1 = -8,9 + 0,263(PLCG_1) + 0,95(PV_1) - 98(DIS P_2)^{-1} + 0,91(ALTa) - 0,0133(ALTa)^2$ $R^2 = 0,70$; DP = 1,63 kg MO/día; n=95; vaca Holandesa en pasturas templadas $CMO_1 = -40,3 + 0,265(PLCG_1) + 0,95(PV_1) - 114(ADO)^{-1} + 9,43(MFo) - 0,82(MFo)^2 + 25,0(DPC)$ $R^2 = 0,72$; DP = 1,52 kg MO/día; n=95; vaca Holandesa en pasturas templadas $CMO_1 = -41,2 + 0,261(PLCG_1) + 1,0(PV_1) - 134(ADO)^{-1} + 13,83(MHV) - 2,548(MHV)^2 + 36,8(DPC)$ $R^2 = 0,69$; DP = 1,58 kg MO/día; n=95; vaca Holandesa en pasturas templadas
Stockdale (1985)	$CMSp = -6,99 + 0,270(DIS P_2) - 0,0018(DIS P_2)^2 + 1,108(DIS P_1) + 6,2(DIVp) - 0,633(TP) + 0,011(PV_1) - 1,46(DE)$ $R^2 = 0,89$; DP = 1,30; CV = 13,4%; n = 233 vacas Jersey y Friesian en pasturas templadas irrigadas $CMSp = -10,13 + 2,780(RES) + 9(DIVp) - 0,882(TP) + 0,024(PV_1) - 1,66(DE)$ $R^2 = 0,78$; DP = 1,83; CV = 18,94%; n = 233 vacas Jersey y Friesian en pasturas templadas irrigadas

Woodward (1997): $CMS_3 = [(1440 - Td)] \times [PV_1 / [Tp + PV_1 (Tm + Tr)]]$ Datos obtenidos por deducción de ecuaciones.

Comentários

La determinación del consumo de forraje en vacas en lactación mantenidas en sistemas pastoriles, presenta un grado de dificultad mayor comparado con animales confinados, principalmente porque los animales están sometidos a la acción directa del clima, tienen una mayor facilidad para seleccionar el alimento y la falta de practicidad en la toma de muestras.

Los modelos matemáticos constituyen una opción práctica interesante, apesar de presentar limitaciones como todas las metodologías de evaluación. Estos modelos han sido desarrollados sobre condiciones específicas en las cuales son herramientas precisas de gran ayuda, pero justamente el hecho de haber sido formulados con datos de determinadas condiciones, cuestiona su aplicabilidad en regiones distintas o incluso sistemas diferentes dentro de la misma región. Es necesario que se realicen mayor número de investigaciones con la finalidad de saber cuales son las variables que tienen mayor influencia en el consumo, para con estos datos poder elaborar sistemas de ecuaciones que a criterio del profesional puedan ser las más apropiadas para ser aplicadas en determinadas circunstancias y condiciones.

Referências

- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Report Number 8. Voluntary Intake of Cattle. *Nutrition abstracts and reviews, Series B*, Reading, v. 61, n. 11, p. 816-823, nov. 1991.
- AROEIRA, L. J. M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: TEIXEIRA, J. C. Digestibilidade em ruminantes. Lavras: UFLA-FAEPE, 1997.
- P 127-163. BERZAGHI, P., HERBEIN, J. H. E. POLAN, C. E. Intake, site, and extent of nutrient digestion of lactating cows grazing pasture. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 79, n. 8, p. 1581-1589, ago. 1996.
- BINES, J. A.; NAPPER, D. J.; JOHNSON, V. W. *Proceedings of nutrition society*. London, v. 36, n. 1, p. 146a, jan. 1977.
- BLACK, J. L.; KENNEY, P. A. Factors affecting diet selection by sheep. II. Weight and density of pasture. *Australian journal of agriculture research*, Sidney, v. 35, n. 4, p. 565-578, apr. 1984.
- BRANDYBERRY, S. D. *et al.* Effectiveness of different methods of continuous marker administration for estimating fecal output. *Journal of animal science*. Urbana, v. 69, n. 12, p. 4611-4616, dez. 1991.
- BRIGSTOCKE, T. D. A. *et al.* A note on the dry-matter intake of Jersey cows. *Animal production*, London, v. 35, n. 1/2, p. 285-287, jan./feb. 1982.
- BROWN, C. A.; CHANDLER, P. T.; HOLTER, J. B. Development of predictive equations for milk yield and dry matter intake in lactating cows. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 60, n. 8, p. 1739-1754, sep. 1977.
- BURLISON, A. J.; HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep. *Grass forage science*. Reading, v. 46, n. 1, p. 29-38, jan. 1991.
- BURNS, J. C., POND, K. R., FISHER, D. S. Measurement of forage intake. In: FAHEY JR., G. C. *Forage quality, evaluation and utilization*. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p. 450-492.
- CAIRD, L.; HOLMES, W. The prediction of voluntary intake of grazing dairy cows. *Journal of agriculture science*, Cambridge, v. 107, n. 1, p. 43-54, jan. 1986.
- CHACON, E., STOBBS, T. H., SANDLAND, R. L. Prediction of intake by animal behaviour. *Journal of British grassland society*, Reading, v. 31, n. 1, p. 81-87, jan. 1976.
- CONRAD, W. R., PRATT, A. D., HIBBS, J. W. Regulations of feed intake in dairy cows. 1. Changes in the importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 46, n. 5, p. 1431-1437, may. 1964.
- COX, C. P. *et al.* Intake estimative of dairy cows. *Journal of British grassland society*. Reading, v. 11, n. 2, p. 107-118, feb. 1956.
- CHEN, X. B. *et al.* Effect of feeding frequency on diurnal variation in plasma and urinary purine derivatives in steers. *Animal production*, London, v. 55, n. 1/2, p. 185-191, jan. 1992.
- CURRAN, M. K.; HOLMES, W. Prediction of voluntary intake of food by dairy cows. 2. Lactating grazing cows. *Animal production*, London, v. 12, p. 213-224, jan. 1970.
- DOUGHERTY, C. T. *et al.* Accessibility of herbage allowance and ingestive behavior of beef cattle. *Applied animal behaviour science*, v. 23, p. 87-97, 1989.
- FORBES, T. D. A.; BEATTIE, M. M. Comparative studies of ingestive behaviour and diet composition in oesophageal-fistulated and non-fistulated Cows and sheep. *Grass and forage science*, Reading, v. 42, n. 1, p. 79-84, jan. 1987.
- FUJIHARA, T. *et al.* The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. *Journal of agriculture science*, Cambridge, v. 109, n. 1, p. 7-12, jan. 1987.
- GRUMMER, R. R. Transition cow energy, protein nutrition examined. *Feedstuffs*. v. 70, n. 38, p. 11-13, 23. sep. 1998.
- HOLTER, J. B.; WEST, J. W.; MCGILLIARD, M. L. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 80, n. 11, p. 2188-2199, nov. 1997.
- HOLTER, J. B. *et al.* Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Jersey cows. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 79, n. 6, p. 912-921, jun. 1996.
- KABUGA, J. D. Accuracy of some published feed intake prediction equations for dairy cows in Ghana. *Tropical agriculture, Trinidad and Tobago*, v. 69, n. 1, p. 58-62, jan. 1992.
- KERTZ, A. F.; REUTZEL, L. F.; THOMSON, G. M. Dry matter intake from parturition to midlactation. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 74, n. 10, p. 2290-2295, jul. 1991.
- LUSBY, K. S., STEPHENS, D. F.; TOTUSEK, R. Influence of breed and level of winter supplement on forage intake of range cows. *Journal of animal science*, Urbana, v. 43, n. 2, p. 543-548, feb. 1976.
- MAYES, R. W.; LAMB, C. S.; COLGROVE, P. M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of

- herbage intake. *Journal agriculture science*, Cambridge, v. 107, n. 2, p. 161-170. feb. 1986.
- MERTENS, R. D. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of animal science*. Urbana, v. 64, n. 5, p. 1548-1558. may. 1987.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p. 450-492.
- MINSON, D. J. Intake of grazed forage. In: _____. *Forage in Ruminant Nutrition*. San Diego, California: Academic Press, Inc., 1990. 483 p. P. 60-85.
- NEAL, H. D. S. C.; THOMAS, C.; COBBY, J. M. Comparison of equations for predicting voluntary intake by dairy cows. *Journal of agriculture science*, Cambridge, v. 103, n. 1, p. 1-10, jan. 1984.
- OHAJURUKA, O. A.; PALMQUIST, D. L. Evaluation of n-alkanes as digesta markers in dairy cows. *Journal of animal science*, Urbana, v. 69, n. 6, p. 1726-1732, jul. 1991.
- ORSKOV, E. R., MacLEOD, N. A. The determination of the minimal nitrogen excretion in steers and dairy cows and its physiological and practical implications. *British journal of nutrition*, London v. 47, n. 3, p. 625-636, mar. 1982.
- ORSKOV, E. R., REID, G. W.; KAY, M. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Animal production*, London, v. 46, n. 1, p. 29-34, jan. 1988.
- OSUJI, P. O., NSAHLAI, I. V.; KHALILI, H. Intake prediction with urinary nitrogenous products. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 7, 1993, Edmonton, Alberta. *Proceedings...* Edmonton, Alberta, 1993. v. 3, p. 40-41.
- OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 75, n. 12, p. 2605-2617, dez. 1992.
- PALMER, S. C. F. Prediction of the shoot production of heather under grazing in the uplands of Great Britain. *Grass and forage science*, Reading, v. 52, n. 3 p. 408-424, jul. 1997.
- PENNING, P. D.; HOOPER, G. E. An evaluation of the use of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake. *Grass and forage science*, Reading, v. 40, n. 1, p. 79-84, jan. 1985.
- PENNING, P. D. *et al.* Intake and behavior responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. *Grass and forage science*, Reading, 46, n. 1, p. 15-28, jan. 1991.
- PEYRAUD, J. L. *et al.* The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales de zootechnie*. Paris, v. 45, n. 2, p. 201-207, mar. 1996.
- POND, K. R. *et al.* Passage of chromium-mordanted and rare earth-labeled fiber : Time dosing kinetics. *Journal of animal science*, Urbana, v. 67, n. 6, p. 1020-1028, jun. 1989.
- ROOK, A. J. *et al.* Prediction of voluntary intake of grass silages by lactating cows offered concentrates at a flat rate. *Animal production*, Londodn, v. 52, n. 2, p. 407-420, mar. 1991.
- ROSELER, D. K. *et al.* Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 80, n. 4, p. 878-893, apr. 1997a.
- ROSELER, D. K. *et al.* Evaluation of alternative equations for prediction of intake for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, Urbana, v. 80, n. 4, p. 864-877, apr. 1997b.
- SAMPAIO, I. B. M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998.
- STOCKDALE, C. R. Influence of some sward characteristics on the consumption of irrigated pastures grazed by lactating dairy cattle. *Grass and forage science*, Reading, v. 40, n. 1, p. 31-39, jan. 1985.
- STOCKDALE, C. R. E KING, K. R. A comparasion of two techniques used to estimate the herbage intake of lactating dairy cows in a grazing experiment. *Journal agriculture science*, Cambridge, v. 100, n. 2, p. 227-230, feb. 1983.
- TERADA, F. *et al.* Prediction of dry matter of lactating cows in summer. *Animal science and technology*, Tokio, v. 68, n. 2, p. 189-191, mar./apr. 1997.
- WANYOIKE, M. M. E HOLMES, W. A comparison of indirect methods of estimating feed intake on pasture. *Grass and forage science*. Reading, v. 36, n. 2, p. 221-225, apr. 1981.
- WOODWARD, S. J. R. Formulae for predicting animals' daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. *Livestock production science*. New York, v. 52, n. 1, p 1-10, jan. 1997.

Recebido para publicação em 16/02/01.
 Received for publication on 02 February 2001.
 Recibido para publicación en 02/02/01.
 Aceito para publicação em 05/04/01.
 Accepted for publication on 05 April 2001.
 Acepto para publicación en 05/04/01.