

Capítulo 11

FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO VOLUNTARIO DE MATERIA SECA EN VACAS EN PRODUCCIÓN, EN TRÓPICO ALTO

Jaime Aristizabal V, Zoot, Esp¹; Rafael Pérez R, MV, Esp².

Resumen

El consumo de materia seca es la variable más importante que afecta el comportamiento productivo del bovino. La regulación del consumo se debe a mecanismos de corto y largo plazo; el corto plazo se refiere a eventos del día que afectan la frecuencia y tamaño de las comidas. Los experimentos en esta área están específicamente enfocados a la química, endocrinología y estímulos nerviosos, que impulsan señales de hambre o saciedad. Cuando las dietas tienen altos contenidos de fibra y baja energía, los consumos están limitados por la capacidad física del animal de tal suerte que la característica de la dieta se convierte en una función primaria. El consumo de alimento no es estrictamente gobernado por un solo factor, sino que está influenciado por una serie de factores tanto internos como externos. Existe consenso en la literatura en el sentido de que el sistema nervioso central es el principal sitio regulador del consumo en los animales.

Palabras clave: *Endocrinología, hambre, regulación, saciedad.*

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia .Medellín .Colombia

² Asistente técnico particular .Medellín .Colombia

Factors affecting voluntary dry matter intake in lactating cows, under high tropic conditions

Summary

Dry matter intake is the most important variable affecting animal performance. Intake regulation is a function of short- term and long-term mechanisms. Short-term regulation of intake refers to within-day events that affect the frequency, size and pattern of meals. Research in this area has focused on specific chemical, endocrine and nervous stimuli that trigger hunger or satiety signals. When high fiber, low energy diets are fed, intake is limited by the physical capacity of the animal and dietary characteristics become a primarily function. Feed intake is not strictly governed by a single factor, rather it is influenced by an interplay of external and internal factors. There is a consensus in the literature indicating that the central nervous system is the principal regularory site of feed intake in animals.

Key Words: Endocrinology, hunger, regulation, satiety.

Introducción

El consumo voluntario de materia seca es el factor de mayor influencia en la producción de leche y en la condición corporal durante toda la etapa de lactancia de la vaca; por lo tanto, éste es un factor de gran impacto en los diferentes sistemas de producción. En nuestros sistemas de producción el consumo es afectado por diversos factores, uno de los cuales es el alto contenido de humedad de los pastos, lo que sumado a factores de manejo y alimentación inadecuados, por deficiencias en el consumo de agua y problemas de salud ruminal, conlleva a sistemas ineficientes de producción.

La alimentación en un sistema de producción tiene un enorme impacto en el consumo voluntario de materia seca. Entre los factores de control se cuentan mecanismos quimiostáticos, termostáticos y fisiológicos, además de factores de manejo como: estrategias de alimentación en grupos, factores etológicos e interacciones sociales, que ocurren en el transcurso del día.

En nuestros sistemas de producción en pastoreo se observa un gran desperdicio del pasto debido al uso inadecuado de la cerca eléctrica, mala distribución de áreas, baja densidad del pasto, estrecha relación entre hoja/tallo, contaminación por orina y heces, pisoteo, plagas, enfermedades y la misma selección de la vaca, que tiene como consecuencia un bajo consumo voluntario de materia seca.

Además, prevalece un desconocimiento por parte de los ganaderos y técnicos, sobre la importancia del contenido de materia seca de los pastos y su impacto en la productividad del hato.

El alto consumo de alimentos concentrados produce un efecto sustitutivo sobre el consumo de materia seca de los pastos, afectando la relación materia seca/pasto, materia seca/concentrado, que induce a problemas metabólicos complicando el cuadro de bajo consumo. Si mejoramos el consumo voluntario de materia seca y aplicamos nuevos modelos de producción a las explotaciones lecheras, éstas serían más productivas y rentables, sin necesidad de importar tecnologías de poca aplicabilidad en nuestro medio.

Consumo voluntario de materia seca

El consumo voluntario de materia seca es una actividad del comportamiento representada por la ingesta de alimento por un animal en un período determinado; es un aspecto importante en los sistemas de producción animal, porque existe una estrecha relación entre el desempeño del animal y su eficiente producción. De igual manera el consumo de materia seca (DMI, Dry matter intake) tiene importancia fundamentalmente en nutrición, porque determina el incremento real de nutrientes aprovechables para la salud y la producción animal (16).

La estimación precisa del consumo de materia seca (DMI) es un requisito fundamental para un balance correcto de las raciones de las vacas lecheras, promoviendo la eficiente utilización de los nutrientes. Es bien aceptado que los pastos con alta digestibilidad son consumidos en mayores cantidades, con lo que se logran mayores consumos de materia seca (7, 24).

El DMI es el principal factor que influye en la producción de leche y en la condición corporal del ganado durante la lactancia. Predecir ese consumo, es una labor bastante difícil de realizar, pues está afectado por una gran variedad de factores fisiológicos, alimenticios y ambientales (20).

La predicción del DMI es un parámetro fundamental para determinar el desempeño de las vacas productoras de leche. El sistema de pastoreo dificulta la estimación del consumo voluntario de materia seca, comparado con el sistema de alimentación en confinamiento (41).

Factores que afectan el consumo

El consumo voluntario de materia seca no es regulado estrictamente por un solo factor; está influenciado por factores tanto internos como externos. Los externos son la suma de factores medioambientales y dietéticos; y los factores internos derivan del mismo animal de acuerdo a su estado fisiológico. En rumiantes el consumo voluntario está altamente determinado por la demanda fisiológica, debido a los requerimientos de mantenimiento y a los potenciales de producción (3, 24, 35).

Factores intrínsecos o fisiológicos. Están determinados por la raza y por los hábitos de alimentación individuales (1, 7, 47, 51); entre las variables mayores, dentro de estos factores, se encuentran los siguientes:

Hormonales. Están involucrados en muchas funciones como control del apetito, regulación de la temperatura, comportamiento, función cardiovascular, contracción muscular, regulación endocrina y regulación de la motilidad del tracto gastrointestinal (35,11)

Leptinas. Son conocidas como un factor en el adiposito, que regula algunos cambios en las reservas energéticas para el cerebro, como el apropiado ajuste en el consumo del alimento, la liberación energética y la partición de nutrientes que puede ocurrir. Se ha establecido una relación entre la insulina y la leptina, donde la insulina estimula la expresión del gen de leptinas en las células adiposas. Contrariamente las leptinas regulan el metabolismo de la glucosa y la acción de la insulina. Estos hallazgos apoyan el papel de la leptina en la regulación del balance energético en el cuerpo y la orquestación en el consumo de alimentación y repartición de nutrientes (23, 49).

Son muy promisorios los recientes avances en la experimentación sobre la fisiología de las células adiposas, con respecto al mecanismo de la regulación lipostática en el consumo de nutrientes en rumiantes y otras especies. Particularmente, el papel endocrino de los adipositos y el descubrimiento de las leptinas, explica la hipótesis del *feedback* o retroalimentación, de las células adiposas sobre el sistema nervioso central (49).

Somatotropina. Al principio de la lactancia, las vacas reaccionan al balance energético negativo con un rápido incremento del DMI. Se ha observado que el efecto de la administración de somatotropina, al principio de la lactancia, es favorable al DMI pero no ocurre lo mismo con la aplicación tardía de la misma. Aparente-

mente hay un mecanismo diferente que puede aumentar el DMI cuando la hormona somatotropina se administra después del parto, en comparación con la aplicación después del pico de lactancia. Esta situación metabólica es diferente de las etapas tardías de lactancia, cuando el balance de energía es positivo y este exceso de energía es depositado en grasa corporal y proteína tisular (8, 11, 46).

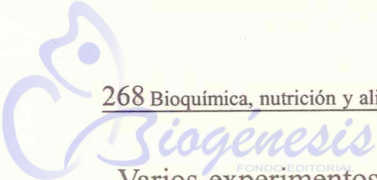
Se concluye que el tratamiento de vacas de alta producción con hormona somatotropina al inicio de la lactancia, incrementa el DMI y la producción de leche a pesar de un balance energético negativo y de una pérdida de peso y condición corporal (8, 36, 45).

Colecistokinina (C.C.K.). La Colecistokinina es una hormona de tipo proteico producida principalmente por las células proximales del intestino delgado y ha sido descubierta en tejidos cerebrales (13). Se descubrió que la secreción de CCK es directamente proporcional a la cantidad de ácidos grasos y aminoácidos presentes en la luz del intestino delgado. Por ésto, cuando hay mucho consumo se libera CCK induciendo al mecanismo de la saciedad (6).

La alimentación con grasa disminuye el consumo de materia seca, e incrementa la CCK; en el plasma; esta última es una potente hormona de saciedad en vacas de leche. La hipótesis es que bloqueando el efecto de saciedad de la CCK endógena, se restaura el consumo de materia seca en vacas alimentadas con grasa (6,13).

Sistema nervioso central (SNC). El SNC es el principal sitio regulador del consumo de alimento de los animales; este sistema regulador converge en dos mecanismos: una señal de hambre y otra de saciedad, las cuales incrementan o limitan el consumo voluntario de materia seca respectivamente. El hipotálamo es la porción del cerebro responsable de la regulación del consumo de alimento (18,19,28). Se ha comprobado que, normalmente, el hipotálamo reacciona al estatus de energía del cuerpo, coordinando la ingesta de alimento (11,13,17, 18, 27, 28, 29, 35, 36).

En rumiantes, ciertos factores gastrointestinales (hormonas, o bien sus metabolitos) son factores internos que regulan el comportamiento del consumo del animal. Sin embargo, se cree que el neuropéptido Y (NPY), descubierto en el hipotálamo, es el principal factor responsable de la regulación del consumo de alimento a nivel del SNC (36).



Varios experimentos han respaldado la idea de que el NPY, es el regulador del consumo de alimento en el SNC, lo que lo convierte en responsable de la demanda y balance de energía en el cuerpo. El NPY estimula el consumo de alimento y, adicionalmente, incrementa la secreción de insulina y cortisol; éste último controla la acumulación de grasa (19, 47,50).

Factores ruminales. La regulación en el consumo de alimento en rumiantes ocurre principalmente a nivel del rumen por medio de los siguientes mecanismos:

Regulación física. Se ha demostrado que el incremento en el consumo está gobernado por la capacidad del rumen para acomodarse al alimento (51); los neurofisiólogos han descubierto receptores sensores en la pared ruminal que son sensibles a la distensión y creen que los receptores conllevan o mandan señales de saciedad por medio del nervio vago al hipotálamo, controlando el incremento del consumo de alimento. (29).

El grado de llenado ruminal está simplemente relacionado con la digestibilidad del alimento y con la tasa de paso de las partículas del mismo, que van del rumen al resto del tracto gastrointestinal. El contenido de fibra en la dieta de vacas lecheras y el tamaño de las partículas, tienen que ver con la buena motilidad del intestino, al afectar la tasa de pasaje de la ingesta del rumen al intestino delgado (9,10).

Ácidos grasos volátiles. Los ácidos grasos volátiles (AGV) son la principal fuente de energía en rumiantes, se producen de la fermentación por acción de las bacterias ruminales. La depresión del consumo ha sido atribuida a la presencia de AGV en el fluido ruminal después de la alimentación en rumiantes (25).

Osmolaridad. Se ha descrito un incremento lineal en la osmolaridad del rumen que va desde 200 mosmol, antes de la alimentación, hasta 500 mosmol después de la misma (8). Se han realizado infusiones intrarruminales que demostraron una consistente reducción en el consumo de alimento relacionado con la elevación de la osmolaridad (17,18, 20 ,24,26).

Hepáticos. Desde 1985, se demostró que la infusión de metabolitos como lactato, piruvato y malato, inducen a una reducción en el consumo de alimento, contrario a los productos de oxidación como acetyl-coA y oxaloacetato que no lo hacen. De esta manera, se ha demostrado que el hígado es el sitio de utilización de estos metabolitos, que juegan un papel importante en la regulación del consumo de alimento (15,28,46).

Factores extrínsecos. Son aquellos relacionados con la calidad de la dieta ofrecida, las prácticas de manejo (suplementación, la carga animal, los tipos de alimentación, la frecuencia de alimentación, etc) y el estrés calórico, entre otros (16, 20, 21). La regulación del consumo está en función de mecanismos a corto y largo plazo. La regulación del consumo a corto plazo se refiere a los eventos que ocurren en el día y que afectan la frecuencia, tamaño y modelo de las comidas. Los experimentos en esta área han sido dirigidos específicamente a los factores químicos, endocrinos y estímulos nerviosos que causan el hambre y la saciedad (16, 18).

Varios factores influyen en el DMI en las vacas de leche: competencia por espacio en el bebedero, interacciones sociales, área y capacidad de carga del potrero, edad y tamaño del animal, días en leche, condición corporal, distancia al sitio de ordeño, dimensión de la sala de ordeño, malos olores, palatabilidad del alimento, cantidad, densidad y desperdicio del pasto por metro cuadrado (7,12,16,20,43,44).

Depresión del consumo de materia seca

La energía es el primer limitante de la producción de leche en las vacas de producción. Los animales en pastoreo derivan la energía principalmente de los carbohidratos estructurales y no estructurales de los pastos. La producción animal puede ser mejorada por la suplementación de energía, pero los rumiantes tienden a sustituir el pasto por el suplemento, deprimiendo el consumo del mismo; además, el consumo de materia seca es reducido por la alta humedad contenida en los pastos (25, 31, 47).

Consumo de pasto seco y fresco. Los pastos con bajo contenido de materia seca son la principal oferta en la dieta de rumiantes de trópico alto. La composición química, el consumo y la digestibilidad de los pastos tropicales han sido estudiados con base en materia seca por razones prácticas. Se observó que el consumo voluntario de pasto disminuye cuando su contenido de materia seca es menor de 25-35% (4,39,40). Optimizar el consumo de materia seca tiene un efecto importante, pues no solo provee una mayor cantidad de material para la fermentación ruminal con la producción de acetato y propionato, sino también una mayor cantidad de aminoácidos para la síntesis de proteína en la leche y glucosa en el hígado. Además, un alto consumo favorece la liberación de la insulina, la cual modula o suprime la movilización de grasa corporal y aumenta el suministro de propionato, que disminuye la formación de cuerpos cetónicos. (14).

El consumo de materia seca es crítico, durante la primera etapa de la lactancia, para las vacas mantenidas en un sistema de pastoreo rotacional al no poder definir cuál es el consumo real de materia seca a base de forraje. Se puede esperar un consumo de materia seca para pastos como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y las brachiarias (*Brachiaria* spp) a razón de un 2% del peso corporal cuando existe una alta disponibilidad del forraje, en su mejor valor nutritivo (5,28). Esta situación nos demuestra que con pastos tropicales es muy difícil producir más de 10 litros de leche con base en pasto solamente (4,42,43).

En general según el NRC de 1989 (39), no existe un requerimiento específico de nutrientes para este período. Los requerimientos están en función del peso corporal de la vaca, de su producción de leche y su composición. En el caso de novillas de primero y segundo parto, como aún están en una etapa de crecimiento, los requerimientos de mantenimiento para la energía, la proteína, calcio, fósforo entre otros, se deberá incrementar en un 20 y 10 % respectivamente. Además, si las vacas están en pastoreo, sean adultas o novillas, el requerimiento de energía para mantenimiento se deberá incrementar en un 10 % cuando existe buena disponibilidad de forraje, y en un 20 % si la disponibilidad es baja; esto con el fin de satisfacer el gasto energético de la vaca para buscar pasto en el potrero. También, el requerimiento energético de mantenimiento debe incrementarse en un 3 % por cada kilómetro que recorra la vaca de la sala de ordeño al potrero (22).

Durante las últimas semanas de preñez, la cantidad de la energía de la ración debe aumentarse para compensar la disminución en el consumo de alimento y ayudar a que las vacas satisfagan sus necesidades de energía, adapten la microflora del rumen a dietas más altas en carbohidratos, acondicionen las papilas del rumen y reduzcan la movilización grasa de los tejidos adiposos (14).

Existen dos vías básicas para incrementar la fermentabilidad de los ingredientes de la ración: la primera, es sustituir los ingredientes que son menos fermentables, lo que decrece la producción de fermentación ácida; y la segunda, es incrementando la fracción fibrosa efectiva de la dieta, lo que mejora la actividad de remascado y aumenta el flujo de saliva dentro del rumen para neutralizar la fermentación ácida. El incremento de contenido de fibra en la dieta aumenta la actividad de remascado y disminuye la fermentabilidad de la misma, porque la fibra es usualmente menos fermentable que los carbohidratos no fibrosos, como el almidón y los azúcares. Sin embargo, el aumento del contenido de fibra puede limitar el consumo por el efecto de llenado (24, 26, 33,34, 37).

La acidosis disminuye el consumo de materia seca incrementado las heces líquidas y bajando el contenido de la grasa en la leche. Infortunadamente, es difícil detectar la acidosis en forma temprana, si bien se asocia con disminución de la frecuencia de rumiación y caída del pH fecal. La oportuna observación del consumo de materia seca y la consistencia fecal, es la mejor vía para detectar la acidosis temprana porque el consumo se puede deprimir de un día para otro. Es importante tener en cuenta que aunque la acidosis incrementa las heces líquidas, hay una gran variación entre vacas. (37)

Comportamiento animal

Efecto del grupo de vacas sobre el comportamiento alimenticio y el consumo de materia seca. Un excelente comportamiento en el sistema de alimentación, buen manejo de grupos y confort del hato, darán como resultado una óptima producción y reproducción y máximo consumo de materia seca. Aunque el comportamiento alimenticio y el DMI están controlados por el llenado rumino-reticular y por mecanismos quimiostáticos, el consumo del alimento está regulado por factores de manejo como: estrategias grupales, facilidades de alimentación, estabulación e interacciones sociales cotidiana (10,40).

Un mal manejo del grupo de vacas en producción puede perturbar su normal comportamiento y la rutina de su tiempo programado. En esencia, las vacas de leche gastan 3 a 5 horas al día comiendo, y consumen 9 a 14 comidas por día. En resumen, ellas rumian 7 a 10 horas al día, gastan aproximadamente 30 minutos al día consumiendo agua, 2 a 3 horas al día en el ordeño y requieren aproximadamente 10 horas al día para descansar (19).

En las observaciones de campo efectuadas en el Altiplano Norte de Antioquia, con vacas en pastoreo, se ha comprobado que las vacas pastorean de 5 a 7 horas/día, siendo selectivas al consumo del pasto. Como consecuencia del pisoteo, las materias fecales, orina y sitios de descanso, la vaca desecha el pasto, causando gran desperdicio. Adicionalmente, los pastos como el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) tienen gran contenido de humedad (85 – 88 %) y por ende, menor contenido de materia seca (15 a 12%), viéndose afectado el consumo de materia seca proveniente del pasto, con las consecuencias previstas en producción, reproducción y condición corporal del animal. En la Tabla 1 se puede observar la comparación de los trabajos realizados por Grant y Albright en el año 2000 (donde se presenta un sistema de estabulación y alimentación con TMR) (1,2,19) y las observaciones de campo realizadas por Aristizabal J. (5).

Tabla 1. Observaciones realizadas en campo y comparación del sistema de estabulación con el sistema de TMR

Actividad	Tiempo utilizado, (Grant <i>et al</i> , 2000)	Tiempo medido en observaciones de campo en pastoreo (Aristizabal J.) ¹
Comiendo	3-5 horas	
Pastoreo		5 -7 horas
No. Comidas	9 - 14	
Proceso de rumia	7 - 10 horas	7 horas
Consumo de agua	30 min/día	
Tiempo de ordeño	2 -3 (100 vacas)	4 horas (45 vacas)
Descanso	10 horas	5 horas
Desplazamiento a la sala		1 hora

¹ Observaciones del autor,

En el comportamiento alimenticio de vacas de alta producción, se observa que las vacas adultas consumen mayor cantidad de alimento rápidamente, rumian más tiempo, con más eficiencia y consumen mayor cantidad de agua que vacas de baja producción y vacas jóvenes. Por ejemplo, cuando las vacas desean y tienen mayor acceso al alimento, comen más veces al día. También las estrategias de alimentación por grupos en algunos hatos reducen la competencia por el alimento y mejoran los consumos. En nuestros sistemas de pastoreo con pasto Kikuyo en alturas mayores de 2000 m.s.n.m, las vacas de mayor producción son más agresivas en el consumo de pasto, delimitan su territorio mediante intimidación a compañeras de su mismo hato, no dejándolas consumir lo que ellas desean, y creando confusión dentro del sistema de pastoreo. Lo mismo ocurre para vacas que vienen de otros grupos y vacas de primer parto; éstas son rechazadas y no se les permite pastorear tranquilamente. (5,19).

Estrategias de grupo y consumo de materia seca. Si a las vacas de alta producción se les permite un continuo acceso al TMR, consumen de 9 -14 comidas diariamente, pero las vacas de baja producción consumen de 7 -9 comidas por día, por lo tanto, modulando el número diario de comidas y su cantidad, las vacas lecheras pueden ajustar el consumo voluntario de materia seca (Duración x tasa de consumo). Durante las primeras cinco semanas de lactancia las vacas de leche con altos consumos y mejores tasas de rumia tienen altos consumos de materia seca (2,19,).

La tasa de incremento en el DMI durante el inicio de la lactancia es el primer factor determinante del balance y consumo de energía. El DMI se incrementa aproximadamente de 1.5 a 2.5 Kg por semana durante las tres primeras semanas de lactancia (1,2).

La diferencia en el consumo entre las vacas adultas y las vacas jóvenes sirve como argumento para separar el manejo de los animales de primer parto, de las vacas multíparas, antes y durante el inicio de la lactancia, para que los animales puedan expresar todo su potencial genético. Además, las vacas de primer parto tienen mayores requerimientos para crecimiento, son de tamaño mediano, tienen gran persistencia en la lactancia, son de baja dominancia y jerarquización, haciendo más crítico el cuadro de su desempeño (5,12, 19).

Cuando las novillas se separan de las vacas adultas, el tiempo de consumo se incrementa a un 11.4% y el tiempo de descanso se incrementa a un 19% por día (19). Cuando decidimos mover vacas de un grupo a otro, necesitamos considerar su período de lactancia, producción, días en leche, estado fisiológico, implicaciones sociales, condición corporal y grupos con similares condiciones nutricionales y de manejo (5).

Una de las principales preocupaciones de los productores de leche, es cómo evitar la reducción en el consumo de materia seca y la producción de leche cuando las vacas se cambian de un grupo a otro. Cuando una vaca se mueve de un grupo a otro está sujeta a un cambio social y estrés nutricional. Esta situación refleja no solamente la diferencia de alimentación entre grupos, sino diferencias en el tiempo de ordeño para cada grupo (5). De las observaciones realizadas en pastoreo se puede concluir que en las ganaderías de leche en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) por lo general se manejan dos grupos: uno de alta y otra de baja producción, teniendo este parámetro como único criterio de selección. Sin embargo, existen otros criterios fuera de la producción, como son vacas confirmadas preñadas y su condición corporal, que sería el mejor criterio para mover una vaca de un grupo a otro (5).

Factores que afectan el consumo de forrajes

Estructura de la planta. Los factores físicos, generalmente, son los que tienen influencia directa sobre el llenado ruminal. El contenido de fibra de la pared celular es el mayor factor, pues estas estructuras son menos solubles y ocupan más espacio que los contenidos celulares (48). Se ha establecido que el volumen de las dietas basadas en la digestibilidad de la fibra del pasto limitan el consumo de

alimento principalmente por el tamaño y el tiempo de permanencia de la fibra en el tracto gastrointestinal (48).

Teorías resumidas por Allen, 1989 (3) sugieren que el consumo es restringido por el llenado ruminal de materia indigestible, relacionando negativamente el consumo y su digestibilidad. A menor digestibilidad, menor consumo. Los forrajes tropicales, en general, tienen un bajo valor nutritivo y una alta proporción de estructuras de protección que ayudan a prevenir la depredación ruminal. Normalmente, las altas temperaturas incrementan la lignificación, disminuyendo la digestibilidad en 15% (ver Tabla 2), en comparación con forrajes de climas templados. La baja calidad de los forrajes tropicales como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), es debida a la alta proporción de pared celular. Estos, se caracterizan por baja cantidad de carbohidratos solubles, alta pared celular y mayores contenidos de lignina; son ricos en hemicelulosa y tienen elevados valores de extracto libre de nitrógeno, lo que conduce a falsas interpretaciones en la calidad de los forrajes (33,48).

Tabla 2. Valor nutritivo de los forrajes de trópico alto

	Base seca						
	Digestibilidad	Proteína	Fibra	Pared celular	Hemicel	Lignina	solubles
	%	%	%	%	%	%	%
Pasto orchoro	70	15	27	55	25	2,5	21
Ryegrass	72	21	24	53	24	3,2	16
Kikuyo Antioquia	57	20	33	60	28		9
Kikuyo Africa		21		63	33		4,6

Adaptada de Van Soest 1994, Miles *et al* 2000 y Base de datos Lab Colanta 2001

Producción de biomasa por unidad de área. Los animales en pastoreo limitan el consumo de materia seca, no solo por el espacio ocupado en el tracto gastrointestinal, sino también por la cantidad de pasto que el animal puede consumir en un período de veinticuatro horas. Las características de pastoreo, así como la densidad y altura del pasto influyen en el consumo voluntario, aunque su efecto directo se produce en la aprehensión de pasto y tamaño de bocado; la producción de biomasa y la relación tallo-hoja son los factores que más afectan el tamaño del bocado en el DMI del ganado (16, 20. 42).

Tabla 3. Tiempo requerido para ingestión de materia seca en pastoreo de pasto Kikuyo.

Producción de leche (Kg/día)	Consumo de materia seca (Kg/día)	Velocidad de consumo (g/min)		
		20	25	30
		Tiempo de pastoreo (h/día)		
5	12,30	10,25	8,20	6,80
8	14,20	11,80	9,46	7,88
10	17,00	14,20	11,33	9,44

Adaptado por Aristizabal y Londoño (5)

La regulación de consumo a largo plazo, se refiere al promedio diario de consumo sobre períodos de tiempo durante los cuales los requerimientos de nutrientes del animal para mantenimiento y producción son estables (5,7). La Tabla 3, registra el tiempo mínimo requerido en horas por día, del consumo voluntario de materia seca, sin tener en cuenta el desperdicio de pasto que hace la vaca y el tiempo requerido para la selección de pasto.

Peso del animal. Aunque el DMI está regido por los requerimientos de energía y varía entre las diferentes especies, el tamaño del animal es el factor que mayor correlación tiene con el consumo voluntario; los animales de gran tamaño son los que mayor cantidad de alimento consumen; sin embargo, la relación entre éstos no es isométrica, a pesar de que existe cierta relación entre la masa corporal y el consumo expresado comúnmente con base en el peso corporal metabólico o peso vivo ($LW^{0.75}$ = Peso metabólico) (11,48).

No es una sorpresa que los parámetros relacionados con el desdoblamiento de la fibra tengan cierta relación con la talla del animal. El tiempo de rumia por gramo de FDN decrece exponencialmente con el peso vivo. De esta manera, las relaciones alométricas explican la cantidad en la variación del consumo voluntario, atribuible a la masa corporal y pueden ser incorporadas en las ecuaciones de predicción del consumo voluntario (48). La tasa de desdoblamiento de la fibra larga en partículas más pequeñas, la tasa de pasaje y la capacidad de llenado van de acuerdo a la talla del animal e indican que la variación en el DMI se incrementa de 31 – 60 % como lo explican sus modelos de predicción de consumo (3,24, 48).

Estado Fisiológico del animal. El estado fisiológico afecta el requerimiento energético del animal y de esta manera el consumo. Como se ha mencionado anteriormente, las relaciones entre el consumo y cambios en la digestibilidad varían de

positivo a negativo en el requerimiento energético de manera sustancial en animales de alta producción. En vacas lactantes, donde la demanda de nutrientes es alta, la rápida deposición de metabolitos en la sangre puede reducir el grado de estimulación de los quimiorreceptores de la misma manera que la cantidad de nutrientes absorbidos, o la tasa de pasaje puede ser rápida reduciendo el efecto del volumen de llenado (15). Las vacas lactantes tienen un consumo más alto que las vacas secas y disminuyen el consumo voluntario de alimento doce semanas antes del parto, donde se afirma que, su regulación es de tipo hormonal como también las regulaciones físicas provenientes del tamaño del feto, el cual restringe el tamaño en el rumen (15).

Pastoreo. Los factores del animal pueden influir sustancialmente en el DMI en pastoreo, dependiendo de la tasa de consumo y su tiempo de pastoreo. El efecto del estado fisiológico también ha sido mostrado; por ejemplo, cuando hay alta cantidad de pasto aprovechable, se mejora el consumo de DMI y por consiguiente, hay mayor producción de leche (3,4).

Tasa de consumo. El tamaño y número de bocados no son independientes; conociendo la cantidad de forraje requerido, se necesitará un tiempo de masticación. Cuando el ganado incrementa la tasa de consumo, incrementa el número de bocados y de masticaciones (20). El consumo de alimento por animales en pastoreo está influenciado por el tiempo de consumo (T), el número de bocados por unidad de tiempo (R) y por el promedio de tamaño de cada bocado (S), entonces:

$$I = T \times R \times S$$

Pocos estudios se han hecho para estimar el consumo de pasto porque es difícil medir cada uno de estos componentes; además, estimar el consumo de pasto de animales de pastoreo es aún más difícil; pero se han efectuado estimaciones muy juiciosas de consumo de pasto midiendo el rendimiento del pasto antes y después de pastoreo (5). Los rumiantes no son capaces de consumir más de 12 horas por día, por tanto, si el tamaño del bocado no es adecuado, los animales no alcanzarán la máxima capacidad de consumo (3,16,19,22).

Interacciones entre los componentes de la dieta. La suplementación es considerada como una de las fuentes principales para llenar los requerimientos nutricionales del animal que necesita de altas cantidades de nutrientes, y de esta misma manera, puede tener un efecto positivo sobre el aumento en el consumo de materia seca, pero puede tener un efecto positivo o negativo sobre el consumo de dietas basadas en forrajes (41,10,50,51).

Máximo de fibra en la ración y la relación Fibra Detergente Neutra (FDN)–Energía en el sistema de consumo

El efecto de llenado es una consecuencia del nivel de FDN y de la densidad energética del alimento; ellos son usados para relacionar los dos mecanismos de regulación en el consumo en una escala común. El consumo de FDN – Energía requiere del sistema de cálculo NE_L (NRC 1989) para representar los requerimientos de energía y densidad energética de la dieta; la FDN como aproximación del efecto de llenado de la dieta y el consumo de FDN (FDNI) como indicador de la capacidad de llenado del animal (Flujo diario). El objetivo del sistema FDN – Energía es determinar la concentración de forraje para la ración y el máximo de FDN en la ración, lo cual resume los requerimientos de energía para un nivel de producción de leche. Uno de los principales factores que afectan el flujo de FDN en el animal es el tamaño de partícula. Finalmente el grado de FDN no tendrá el mismo efecto sobre el llenado como el tamaño de la fibra del forraje (26,32,33,34).

Teniendo en cuenta la cantidad de FDN del forraje y el concentrado usado en la ración, la formulación de raciones utilizando este sistema va a depender de la restricción de FDN Individual (FDNI) del animal. Una serie de experimentos han demostrado que la producción de leche corregida al 4% de grasa fue máxima para vacas en la lactancia media cuando el FDNI fue de 1,25% de su peso vivo por día. Otras publicaciones indican que el FDNI es diferente para la lactación temprana y al final de la misma y varía en cada ciclo de lactancia (32,33).

Como la producción de leche y el consumo de alimento se incrementan, el sistema predice la concentración de FDN de la dieta que maximizará el llenado de la vaca. Contrariamente, cuando las vacas de diferente potencial de producción de leche son alimentadas con una ración que es baja en FDN, ellas tendrán diferencia en el consumo voluntario. Se ha observado cómo vacas consumiendo el mismo forraje con igual contenido de FDN no tienen el mismo consumo, ésto no niega que los valores utilizados para formulación de raciones no estén relacionados con el consumo, pero sirve para ilustrar que las relaciones entre FDN y el consumo es complejo y depende no solamente de FDN, sino también del potencial de producción de la vacas de leche (33).

Sistemas de pastoreo. El sistema de pastoreo dependerá de la capacidad de carga, la cual puede ser manipulada de acuerdo al consumo de alimento por animal y la cantidad de biomasa producida con el objetivo de maximizar el consumo voluntario. En nuestros sistemas de pastoreo, el DMI se encuentra afectado por la

cantidad de forraje producido por unidad de área, el área disponible por vaca y el desperdicio de pasto producido por la alta selección de la vaca como consecuencia del pisoteo, heces y orina ocasionando hasta un 60 % de desperdicio del pasto producido y ofrecido a la vaca. (5)

Teorías sobre el consumo voluntario de materia seca. Son dos las teorías mayores invocadas para comprender el consumo voluntario

Teoría del llenado físico. Muchos factores afectan el consumo voluntario de materia seca; existen teorías individuales basadas en el llenado físico del retículo-rumen, donde las raciones con un valor de llenado alto, tienen tasas de lenta desaparición de la FDN y por el contrario, en las raciones con un valor de llenado o repleción bajo en el rumen, la tasa de desaparición de la FDN es rápida. (3, 8,26 32,33,34,50,51).

Teoría de la retroalimentación metabólica. El sistema conceptual de la teoría de la retroalimentación metabólica, consiste en que un animal tiene una máxima capacidad productiva y una tasa máxima en la cual los nutrientes pueden ser usados para llenar los requerimientos de producción. Cuando la absorción de nutrientes, principalmente proteína y energía, exceden los requerimientos o cuando la relación de los nutrientes absorbidos es incorrecta, hay una retroalimentación metabólica que influye negativamente en el DMI (51).

Ecuaciones que predicen el consumo de materia seca. Estas ecuaciones reportadas en la literatura están basadas en el principio de consumo de materia seca por los animales para llenar los requerimientos de energía y son desarrolladas por varios factores de regresión. Las ecuaciones que predicen el DMI incluyen factores como el animal, la dieta y el medio ambiente. El peso del cuerpo, la producción y la leche corregida al 4 % de grasa, fueron factores utilizados para estimar DMI, el cual se establece entre el 2 al 4% del peso vivo del animal (38). En la edición de 1989 el National Research Council predijo el DMI basado en los requerimientos de energía para mantenimiento, rendimiento de leche y pérdida y/o ganancia de peso (39). En 1989, la predicción del DMI se basó en la teoría de los requerimientos de energía expresada de la siguiente manera:

$$DMI = \frac{NE_L \text{ requerida (Mcal)}}{NE_L \text{ concentración de la dieta (Mcal)}}$$

donde los requerimientos de energía para lactancia incluyen los requerimientos de mantenimiento, producción de leche y reposición de las pérdidas de peso (39).

En la actualidad el consumo de materia seca tiene en cuenta factores como el porcentaje de grasa en la leche, peso del animal y semanas de lactancia; la ecuación para la predicción del consumo de materia seca en vacas lactantes Holstein es entonces:

$$DMI(Kg / día) = (0.372 * FMC + 0.0968 * BW^{0.75} * (1 - e^{(-0.192 * (WOL + 3.67))}))$$

Donde:

FMC= 4% de grasa corregida (Kg/día)

BW= Peso corporal

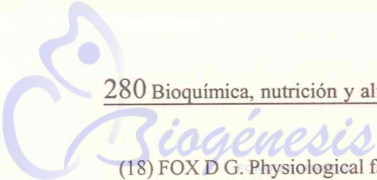
WOL= Semanas de lactancia


Tomado de NRC, 2000

El término $1 - e^{(-0.192 * (WOL + 3.67))}$ ajuste por depresión del consumo de materia seca durante la lactancia temprana.

Referencias

- (1) ALBRICHT J L.. Social consideration in grouping cows in large dairy herd Management. 9th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. University press of Florida Gainesville. 1998: 757 -759
- (2) ALBRIGHT J L. How many cows in group ?. Hoard's Dairyman . 2000; April: 377
- (3) ALLEN M S. Physical constrains on voluntary intake of forages by ruminant . Anim. Sci. 1996; 74: 3063 - 3075.
- (4) ARCHIMEDE H, PONCET C. Comparison of fresh and dried *Digitaria decumbens* grass intake and digestion by black -belly rams. Journa of Animal Sci. Cambridge. 1999; 133: 235-240.
- (5) ARISTIZABAL J, LONDOÑO W. Sistema de campo para determinar el contenido de materia seca en los pastos, por el método del horno microondas. II Seminario Internacional sobre la calidad de leche. Colanta. 1999; 175-181.
- (6) BAILE CA, McLAUGHLIN C L. Opioid peptides and the control of feeding in sheep. Feed. 1987; 46: 173 -177.
- (7) BADURDEEN A L, THARMARY J S. Effect of moistening, addition of salt and level of feeding on the intake and digestibility of roughages. Related feeds in ruminant ration. Proceeding of on International workshop held in juondy. Sri Lanka. 1986; 24-28
- (8) BAUMAN D E. Bovine somatotropin. Review of an emerging animal technology. Journal Dairy Sci. 1992; 75: 3432-3451
- (9) CLARK P W, ARMENTANO L E. Influence of particule size on the effectiveness of beet pulp fiber. Journal Dairy Sci. 1997; 80: 898-904.
- (10) COLUCCI P E, MCLAEOD G K, GROVUM W L. Digesta kinetics in sheep and cattle feed diet with different forage two concentrate ratios at high and low intake. Journal of Dairy Sci. 1990; 73: 2143 - 2156
- (11) CUNNINGHAM J G. Fisiología Veterinaria. 2.ed. México, Mcgraw-Hill, 1990. 763.
- (12) DADO R G , ALLEN M S. Variation in and relationship amound feeding, shewing end drinking variable for lactating dairy cow. Journal of Dairy Sci. 1994; 77: 132 -144.
- (13) DOCKRAY G J, GREGOR RA, HUTCHINSON J B. Isolation, structure and biological activity of two cholecystokinn octapeptides from sheep brain. Nature. 1974; 274: 711 - 713.
- (14) DRACKLEY J K. Transitional period nutrition management explored. Feedstuff. February 1998; 8: 12-16.
- (15) FULKNER A, POLLOCK H.T. Effect of truncated glucagon - like peptide- 1 on the responses of starved sheep to glucosed. Journal Endocrinal. 1991; 129: 55-58.
- (16) FORBES J M. The voluntary food intake of farm animals. Butterwoths. London, 1986. 950.
- (17) FORBES J M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. Journal of. Anim. Sci. 1996; 74: 3029 - 3035.

- 
- (18) FOX D G. Physiological factors influencing voluntary intake by beef Cattle. Symposium Proceeding : Feed Intake by Beef Cattle. Oklahoma Agricultural Experiment Station Misc.Publ, 1986; 121:192-207.
 - (19) GRANT R, ALBRIGHT J. Dry matter intake influenced by cow grouping behavior Feedstuffs. Dec 1997; 8: 12-14.
 - (20) GRANT R J, ALBRIGHT J. Feeding behaviour. Farm Animal. Metabolisms and Nutrition. J.P.F. D. MELLO, Wallingford, Oxon, UK, CABI Publishing, 1992. 458.
 - (21) GRANT R J, ALBRIGHT J. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. Journal of Dairy Sci. 2001; 84: 156 – 163.
 - (22) HOLTER B J, WEST J W, MCGILLIARD M L. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. Journal of Dairy Sci. 1997; 80: 2188- 2199.
 - (23) HOUSEKNECHT K, BAILE J L, MATTERY L R, SPURLOCK M B. The Biology of leptin: review. Journal of Anim. Sci. 1998; 76: 1405 – 1420.
 - (24) ILLIUS A W, JESSOP N S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. Journal of Anim. Sci. 1996; 74: 3052.3062
 - (25) ISHLER V, HEINRICHS A J, VARGAS G. From feed to milk: Understanding rumen Function. Penn State University Extension Circular 1997; 422: 27
 - (26) JART S P, GLIMM H A. Effect of diet composition and feed intake level on diet digestibility and ruminal metabolism in Growing lambs. Journal of Anim Sci. 1991; 69: 1636 – 1644.
 - (27) KACCER T R, MARTIN R J. Induction of ventrolateral hypothalamic fatty acid oxidation in diabetic rats. Physiol. Behav. 1986; 36: 385-388.
 - (28) LANGHANS W, EGLI G, SCHARRER E. Regulation of food intake by hepatic oxidative metabolism. Brain Res. Bull. 1985; 15: 425 – 428.
 - (29) LEEK B F. Reticulo - Ruminal mechanoreceptors in sheep. Physiol. 1981; 202: 585 – 590.
 - (30) MARAIS J P, GOODENOUGH C W. Nutritive value and dry matter yield of Annual Ryegrass. South Africa. Journal of animal Science. 2000; 30 (suplemento 1).
 - (31) MARTIN R J, BERVERLY J L. Energy balance regulation animal. Ed Plenum press New York, USDA. 1989. 557.
 - (32) MERTENS D R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal functions. Journal of Dairy Sci. 1987; 64:1548 – 1558.
 - (33) MERTENS D. Using Fiber and Carbohydrate analyses to Formulate Dairy Rations. U.S Dairy Forage Research Center, 1996; 91- 115.
 - (34) MILLER A, POLAND G. Effects of low and high fill diets on intake and milk production in dairy cows. Journal Animal Sci. 1990; 73: 2453-2459.
 - (35) MINER J L. Recent advances in the central control of intake in ruminants. Journal Anim. Sci. 1992; 70:1283-1289
 - (36) MOALLEM U, FOLMAN Y, SKLANT D. Effects of somatotropin and dietary calcium soaps of fatty acids in early lactation on milk production, dry matter intake, and energy balance of high-yielding dairy cows. Journal Dairy Sci. 2.000; 83:2085-2094
 - (37) MULLER L D. Feeding management strategies. Large dairy herd management. University of Florida ,Gainesville, Florida. 1992; 326 – 335.
 - (38) NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Dairy cattle, 5th rev. Washington D.C., National Academy of Sciences. 1978. 157
 - (39) NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle., 6th rev Washington D.C.: National Academy of Science. 1989. 157
 - (40) NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirement of Dairy Cattle., 7th rev . Washington D.C. : National Academy Press. 2000. 381
 - (41) NOCEK J E, STEELE R L, BRAUND D G. Performance of dairy cow fed forage and grain separately versus a total mixed ration. Journal of Dairy Sci. 1986; 69: 2140
 - (42) POPPI D P, MINSON D J, TERNOUTH J H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. Voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. Australian journal of agricultural research. 1981; 32: 99-108
 - (43) SIMPOSIUM PROCEEDINGS FEED INTAKE BY BEEF CATTLE. Oklahoma agriculture experiment estation meisc publ. 1999; 121: 238-266.
 - (44) SNIFFEN C J, BEVERLE R W, MOONEY C S, ROE M B, SKIMORE A L. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. Journal of Dairy Sci. 1993; 76:3160-3169.
 - (45) STELWANGEN k, GREIVE D G, MCBRIDE B W, RIEHMAN J D. Growth and subsequent lactation in primigravid Holstein heifers after prepartum bovine somatotropin treatment. Journal of Dairy Sci. 1992; 75: 463-471.
 - (46) STRACK A M, SEBASTIAN R J, SCHWARTZ R W, DALLMAN M F. Glucocorticoids and insulin: reciprocal signals for energy balance. Animal Journal Fisiol. 1995; 268: 142-149.
 - (47) STEIGER B, SENN M, SUTTER F, KREUZER F, LANGHANS W. Effects of dehydration on meal patterns and metabolism in dairy cow. African Journal Anim. Sci. 1999; 29: 35-36.

- 
- (48) VAN SOEST P J. Nutritional ecology of the ruminant.. 2ª Ed., Cornell University, Comstock Publishing Associates, 1994. 476
- (49) VANDER HEIDE D, HUISMAN E A, KANIS E. Lipostatic regulation of feed intake in ruminant. Regulation of Feed Intake. CABI Publishing, 1998. 232.
- (50) WALDO D R. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. Journal of Dairy Sci. 1986; 69: 617-625.
- (51) WHITE R G, HOLLEMAN D F, SWARTS C C, REGELIN W L, FRANZMAN A W. Control of rumen turnover in northern ruminant.. Journal of Anim. Sci.(Canada). 1984; 64: 349-350.

1998

1999

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

2007

2008

2009

2010

2011