

FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO VOLUNTARIO EN BOVINOS A PASTOREO EN CONDICIONES TROPICALES

Omar Araujo-Febres

Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia.
Maracaibo, Zulia 4011, Venezuela. E-mail: oaraujo@cantv.net

RESUMEN

En este artículo se intenta describir los factores que afectan el consumo voluntario de los rumiantes a pastoreo en condiciones tropicales. Primero, se analizan los factores inherentes al animal, los mecanismos de control del consumo y las interrelaciones del sistema nervioso central y el sistema digestivo. En segundo lugar, se describen como los estados fisiológicos –crecimiento, gestación, lactación–, modifican el consumo voluntario. Seguidamente, se estudian cómo las características del alimento modifican la conducta alimentaria y finalmente se examina la influencia que los factores ambientales –especialmente la temperatura y la humedad relativa–, tienen sobre la conducta de los bovinos a pastoreo.

Palabras clave: consumo voluntario, bovinos, ambiente tropical.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento del animal, el aumento de peso y la producción de leche dependen en gran medida del consumo de alimentos (Bondi, 1988), el cual depende del apetito del animal, variando de acuerdo con la edad y sus diferentes estados fisiológicos (Preston y Leng, 1989), las características específicas de los alimentos, condicionada por la digestibilidad: la capacidad para suministrar los nutrientes necesarios de forma equilibrada, la eficiencia alimentaria, y las condiciones ambientales que afectan a los animales y al desarrollo de las plantas que sirven de alimento. Son varios los factores que controlan la productividad en los rumiantes, pero los dos más importantes son determinar qué consumen y cuánto (Preston y Leng, 1989).

Los mecanismos de control del consumo alimenticio son altamente complejos e incluyen múltiples factores (Della-Fera y Baile, 1984). La ingestión de alimentos ocasiona cambios en el cuerpo, los cuales son monitoreados por el cerebro; estos cambios incluyen factores físicos y químicos en el tracto gastrointestinal y hormonas y metabolitos en el torrente sanguíneo (Forbes, 1998).

La alimentación del rebaño debe hacerse en base a pastos y residuos de cosechas y el reto está en "*maximizar la eficiencia de la función ruminal y en comprender los factores que regulan el consumo voluntario en los animales para saber como manipularlos*" (Preston y Leng, 1989). Los sistemas pastorales de producción bovina (de carne y de leche) en el medio tropical, en tierras bajas, han logrado superar las dificultades biológicas, económicas y sociales y se mantienen en el negocio, no así, aquellos que han querido trasladar sistemas de producción, exitosos en otras latitudes, pero que en nuestro medio han resultado un fracaso.

La eficiencia alimentaria en el ganado bovino está influenciada por la digestibilidad de la dieta, y otros factores ambientales, la habilidad genética y el estado fisiológico. El animal con un déficit fisiológico de algunos nutrientes (hambre) se moviliza para buscar alimentos que le satisfagan (apetito) y los consume hasta sentir la sensación de saciedad. El apetito varía de un animal a otro (Preston y Leng, 1989). En la ganadería moderna se busca maximizar el consumo, y minimizar las pérdidas de energía, para alcanzar el máximo potencial de producción. En contraste, en humanos el objetivo es reducir el consumo por encima de los

requerimientos, regulando el apetito para reducir la obesidad (Reynolds y Benson, 2004).

El objetivo del presente trabajo es revisar los factores que influyen y condicionan el consumo voluntario de alimentos en los rumiantes a pastoreo, estos factores se han clasificado de acuerdo a si son inherentes al animal, su fisiología y su metabolismo; factores inherentes a la dieta que consume y factores ambientales los cuales influyen directa e indirectamente tanto a los primeros como a los segundos.

FACTORES INHERENTES AL ANIMAL

La presencia del alimento en el tracto digestivo estimula a una amplia gama de receptores –mecánicos, químicos y de temperatura– y esa información es enviada al sistema nervioso central (Forbes, 1996). Es necesario alcanzar un claro entendimiento de los factores que regulan a corto plazo (cantidad consumida) y a largo plazo (grasa corporal) el apetito y el consumo de alimentos (Reynolds y Benson, 2004).

Sistema Nervioso Central (SNC)

La ingestión de alimentos por el animal está controlada por mecanismos fisiológicos que llevan al animal a iniciar y a finalizar el consumo en un momento dado; es un aspecto multifactorial controlado por el hipotálamo (Bondi, 1988) y este consumo debe corresponder a las necesidades y requerimientos del estado fisiológico en que el animal se encuentra (crecimiento, lactación, gestación, movilización, otros). El hipotálamo es un área del cerebro clásicamente asociada con el consumo de alimentos; cuando se estimula eléctricamente su área lateral, se da inicio al consumo de alimentos, pero si es destruido, se produce afagia. Por esta razón se le denomina centro del hambre (Baile y McLaughlin, 1987). La estimulación eléctrica del área ventromedial inhibe el consumo en animales hambrientos, pero la ablación de esta área conduce a hiperfagia y obesidad (Baile y McLaughlin, 1987), denominándose centro de la saciedad. Los receptores mecánicos, químicos y de temperatura transmiten su información a través

del nervio vago al sistema nervioso simpático (Forbes, 1996).

El primer efecto de la ingestión es físico –la distensión ruminal– y es seguido por los productos de la digestión –químico– los cuales son detectados por receptores situados en el rumen, intestino delgado, en el hígado y en el cerebro (Combellas, 1986; Forbes, 1996) y se incrementa rápidamente la producción de calor (Bondi, 1988). Durante la comida, el tracto gastrointestinal secreta una variedad de péptidos como parte del proceso digestivo, los cuales actúan como hormonas o señales locales, para enviar información al sistema nervioso central, produciendo la sensación de saciedad (Woods y Gibbs, 1989).

Reflejos neurales controlan la coordinación del movimiento muscular en el rumen y abomaso para asegurar una transferencia continua de la digesta ruminal al intestino (Bell, 1984). La señal eléctrica de la neurona es sustituida por un mediador químico –denominado neurotransmisor– que es secretado por el axón. El neurotransmisor difunde localmente en la sinapsis hasta el receptor de la célula adyacente. La fuerza de las señales depende de la presión aplicada, la longitud del intestino a la cual se aplica y la duración de la aplicación (Forbes, 1996). Una neurona sensorial proporciona información sobre tiempo e intensidad del estímulo y su interconexión codifica la localización del estímulo y su modalidad. Un receptor puede ser sensitivo a más de un estímulo; un estímulo puede excitar mas de un tipo de receptor; y las señales en conjunto son recibidas e integradas por el sistema nervioso central (Forbes, 1996).

Neuropéptidos

El consumo de alimentos es un importante componente en la regulación del balance energético y los péptidos están involucrados en la interfase entre el regulador del balance de energía y el control del consumo alimenticio (Della-Fera y Baile, 1984; Woods y Gibbs, 1989). La familia pro-opiomelanocortina (POMC: neuropéptidos no opioides) se expresa en los lóbulos anterior e

intermedio de la hipófisis; y actúan como importantes mediadores del control del apetito (Boston, 2001) y de la homeostasis energética (Pritchard et al., 2002). La liberación de POMC es estimulada por la serotonina y los agentes adrenérgicos en el lóbulo intermedio (Murray et al., 1988).

Ha sido observado que la endorfina, la dinorfina y la metencefalina estimulan el consumo (Baile y McLaughlin, 1987). En contraste, la colecistocinina (CCK) y el péptido YY (PYY) los cuales son liberados en la circulación después de la ingesta y su concentración postprandial es proporcional a la cantidad consumida, reducen el consumo y están relacionados con la sensación de saciedad (Baile y McLaughlin, 1987; Peikin, 1989; le Roux et al., 2004). La CCK es sintetizada por las células I en la mucosa del duodeno y el yeyuno proximal y es liberada en respuesta a la presencia de péptidos, aminoácidos, ácidos grasos de cadena larga, y calcio (Murray et al., 1988; Forbes, 1996). Actúa sobre las fibras aferentes del nervio *vagus* y activa las neuronas del núcleo medio del *tractus solitarius* (Blevins et al., 2002), produce contracción de la vesícula biliar y estimula la secreción de enzimas pancreáticas (Murray et al., 1988) operando en armonía con la insulina, el estradiol y la leptina (Moran, 2000). El PYY disminuye el vaciado gástrico y retrasa el tránsito intestinal, e inhibe el consumo de alimentos (le Roux et al., 2004; Reynolds y Benson, 2004).

En el hipotálamo anterior el contenido de CCK fue significativamente más alto inmediatamente después de las comidas que en los periodos de 2 a 24 horas de privación alimenticia (Della-Fera y Baile, 1984). Contrariamente, una infusión continua de dibutiril-GMP-cíclico, un bloqueador de los receptores de CCK, origina un gran incremento en el consumo en los corderos (Forbes, 1986; Peikin, 1989). Más de una docena de péptidos con acciones únicas han sido aislados de los tejidos gastrointestinales (gastrina, secretina, CCK, motilina, etc.).

Leptina

La leptina es una hormona producida en el tejido adiposo, posee un efecto anoréxico,

que tiende a disminuir el tamaño de la ingesta, e intensifica la respuesta de saciedad de la CCK circulante (Blevins et al., 2002). La leptina parece tener un papel a largo plazo en el control de la saciedad, mientras que la CCK en el control a corto plazo, y conjuntamente para mantener la homeostasis del peso corporal (Blevins et al., 2002).

Insulina

La insulina podría ser un potencial candidato para servir como componente del mecanismo regulatorio del control del consumo a corto plazo (Chase et al., 1977). También se ha afirmado que la insulina estimula el consumo en corderos presumiblemente porque reduce los niveles de glucosa (Baile y McLaughlin, 1987). Pero otros autores, han reportado que la hipoglicemia sola no está necesariamente asociada con la estimulación del consumo de alimentos. Algunas hormonas, tales como la oxitocina y la CCK pueden afectar la motilidad gastrointestinal y así, indirectamente, el consumo (Bell, 1984).

ACTH

La hormona adrenocorticotrópica estimula la corteza adrenal. La ACTH es un polipéptido de cadena sencilla. Incrementa la síntesis y la liberación de los esteroides suprarrenales al incrementar la conversión del colesterol a pregnenolona (Murray et al., 1988). La ACTH estimula también la liberación de insulina (Murray et al., 1988).

Esteroides

Las hormonas esteroideas son derivadas del colesterol, y sintetizadas en varios tejidos, principalmente las glándulas suprarrenales y las gónadas. Los glucocorticoides (hormonas esteroideas suprarrenales) inician su acción en una célula blanco interactuando con un receptor específico (Murray et al., 1988). Dentro de la mitocondria el colesterol es convertido a pregnenolona, que es un intermediario para síntesis de todas las hormonas esteroideas. Estas hormonas pueden clasificarse en agonistas, agonistas parciales y esteroides inactivos (Murray et al., 1988). Los esteroides

anabólicos y los estrógenos sintéticos son estimuladores del crecimiento. En rumiantes, dosis bajas de estrógenos, tales como se usan en los promotores del crecimiento, estimulan el consumo ligeramente; dosis altas lo deprimen.

Hormona del crecimiento

La hormona del crecimiento (HC), también conocida como somatotropina, es una hormona proteica con unos 190 aminoácidos, sintetizada por la pituitaria anterior, y es la principal controladora de complejos procesos fisiológicos del crecimiento y del metabolismo. Los niveles plasmáticos de la HC presenta largos picos después de tres horas de la ingestión (Forbes, 1986). Sin embargo, mientras el nivel de la hormona es alto en el plasma no ocurre consumo espontáneo. Cuando la HC retorna a su nivel base, frecuentemente se inicia el consumo (Forbes, 1980); esto no sugiere que el nivel plasmático de la HC esté directamente involucrado (Forbes, 1980). Ni la insulina y tampoco la HC parecen actuar directamente sobre el control del hambre-saciedad (Baile y Martin, 1971). En general, la HC estimula el anabolismo de las proteínas, el catabolismo de las grasas, y ayuda a mantener los niveles normales de insulina.

Ghrelin (Growth hormone receptor endogenous ligand)

Es un péptido constituido por 28 aminoácidos, es secretado por el tracto gastrointestinal desde el estómago hasta el colon, pero con preponderancia en el región fúndica (Date *et al.*, 2000). El nivel plasmático en ovinos aumenta abruptamente justo antes de una comida, comparado con una hora antes o una después de iniciar la comida, y sugiere que no se deba a la ingestión del alimento sino a la presencia del alimento a ser servido (Supino *et al.*, 2002), e induciendo un fuerte estímulo para la liberación de HC (Arvat *et al.*, 2000).

El glucagón, la somatostatina y el polipéptido pancreático disminuyen el consumo en roedores, pero no se ha observado en corderos (Baile y McLaughlin, 1987).

Ácidos Grasos Volátiles (AGV)

Los AGV afectan el consumo, y cuando se alcanzan altos niveles en el fluido ruminal se

inhibe la motilidad retículo-ruminal. El acético y el propiónico afectan el pH y la presión osmótica y éstos afectan la motilidad ruminal (Bondi, 1988). Cuando el pH ruminal baja alrededor de 5,0 ocurre una paralización del rumen, y la hipofagia que le sigue es mas debida a la paralización del rumen que a la baja del pH *per se* (Forbes, 1986).

La tasa de eliminación del acetato se ve afectada por el balance de nutrientes disponibles, particularmente por las proporciones acetato:propionato y acetato:aminoácidos (Preston y Leng, 1989). Si hay acetato suficiente, pero no así glucosa para proveer NADPH y ATP para la síntesis de tejido adiposo, el exceso de acetato disminuirá el consumo (Illius y Jessop, 1996). Se puede suponer que la tasa de eliminación del acetato es un factor integrante principal que permite finalmente la expresión del consumo alimenticio, ya que en general, los factores ambientales y fisiológicos que incrementan el consumo, aumentan la tasa de metabolismo del acetato (ej: el frío, la lactancia). Los factores que generalmente reducen el consumo están asociados ya sea con el incremento en la disponibilidad del acetato en relación con otros nutrientes (ej: dietas pobres en N) o en una disminución en la utilización de acetato en relación a otros nutrientes (ej: estrés por calor) (Preston y Leng, 1989).

El ácido propiónico juega un papel de control del consumo de alimentos y actúa como un indicador de la tasa de absorción de todos los AGV; esto explica porqué los alimentos que contienen ácido propiónico añadido, producen una fermentación en la cual el ácido propiónico está en una proporción promedio mayor, y están asociados con una reducción del consumo alimenticio (Forbes, 1996). Los receptores para el ácido propiónico se encuentran en el hígado y en las paredes de los vasos (Forbes, 1996). Si hay un exceso de proteína y no hay suficiente glucosa para proveer el ATP necesario para la síntesis proteica, los aminoácidos en exceso serán desaminados y convertidos a energía, produciendo pérdidas

económicas y daños al ambiente (Illius y Jessop, 1996).

También existen mecanorreceptores y quimiorreceptores en el duodeno, particularmente sensitivos al ácido láctico y causan una reducción del consumo de concentrado en ovinos, (Forbes, 1996).

Las evidencias experimentales sugieren que existen cuatro señales para la terminación del consumo:

- a. Concentración ruminal del acetato
- b. Concentración duodenal del lactato
- c. Nivel hepático del propionato y
- d. Distensión de la pared ruminal

Estado fisiológico del animal

La situación en los rumiantes es bien compleja, porque en ellos debe considerarse el balance de nutrientes a dos niveles: en el rumen, para maximizar la tasa de crecimiento microbiano; y los absorbidos por el animal en función de sus requerimientos (Illius y Jessop, 1996). El desbalance en el suministro de nutrientes para los microorganismos, tiene un gran impacto sobre la eficiencia con que fermentado el sustrato y sobre la tasa de crecimiento microbiano (Illius y Jessop, 1996).

Crecimiento: durante la etapa del crecimiento, el animal va cambiando su consumo para ajustarlo a sus requerimientos (Forbes, 1986). Durante el periodo de crecimiento el animal presenta un consumo mayor de alimentos por unidad de peso metabólico que un adulto no lactante (Ruiz y Vázquez, 1983). En los becerros se ha observado que el consumo aumenta en la medida que se incrementa la digestibilidad del alimento, siendo indicativo de una limitación física (Forbes, 1986). En la medida que el animal va creciendo y empieza a utilizar el forraje y puede controlar metabólicamente el consumo del concentrado, existe entonces una relación negativa entre el consumo de materia seca (MS) y la digestibilidad (Forbes, 1986).

Los rumiantes, en general, bien sea en el medio salvaje o en la práctica de producción animal, están sometidos a periodos de escasez de alimentos. Periodos de abundancia

posteriores han permitido observar un crecimiento compensatorio. Se ha establecido que el crecimiento compensatorio es ampliamente dependiente del incremento en el consumo voluntario (Forbes, 1986).

Gestación: la gestación produce un aumento sustancial del apetito el cual puede ser medido y demostrado en novillas (Bines, 1976). Los requerimientos de energía para el desarrollo del feto son pequeños al comienzo de la gestación y cuando se incrementan, entonces ha declinado la producción de leche, no creándose un conflicto serio (Bines, 1976). Se ha observado que las vacas en el último mes de gestación pasan menos tiempo comiendo que las vacas que empiezan o las vacas vacías. El consumo voluntario declina durante el último mes de preñez (Forbes, 1986).

Lactación: la vaca alcanza su tamaño físico maduro a los 6 - 7 años de edad; si la nutrición es adecuada, continua creciendo durante las primeras 2 ó 3 lactaciones. Como el animal aumenta de tamaño, también aumenta su capacidad de ingestión (Bines, 1976). Inmediatamente después del parto, la producción de leche incrementa rápidamente hasta alcanzar el pico de producción entre los 35 - 50 días (Bines, 1976). Durante este periodo es mayor el gasto de energía en la producción de leche que la energía consumida; el consumo aumenta pero mas lentamente en términos de energía. Hacia el final de la lactación cuando la producción de leche comienza a declinar, el apetito se mantiene alto, y la vaca comienza a recuperar peso. También se reduce la capacidad abdominal a medida que crece el feto (Johnson *et al.*, 1966).

La eficiencia en la utilización de la energía del alimento para producir leche, podría ser mejorada minimizando las variaciones cíclicas de peso vivo, las cuales son un acompañante esencial a la lactación (Bines, 1976). La energía metabolizable por encima de la necesidades de mantenimiento, se convierten en leche con un 70 % de eficiencia y en grasa corporal en un 58 % (Blaxter, 1964). Ha sido reportado que a los 50 días de lactación se segrega en la leche

un 25 % más de la energía que la que es retenida. El punto entre 90 y 91 días marca el cambio metabólico donde el flujo energético comienza a desviarse desde la glándula mamaria hacia las reservas corporales. Al día 100 se dedica un 2 % de la energía retenida al incremento de peso y al día 300 el 28 % (Ruiz *et al.*, 1983). Con una dieta de 80 % de digestibilidad se estima una limitación física al consumo durante unas tres semanas alrededor del pico de lactación, mientras con una dieta de 70 % digestibilidad, la limitación al consumo fue por gran parte de la lactación. Pequeños cambios en la digestibilidad pueden inducir diferencias significativas en el consumo.

Se ha reportado que la capacidad de ingestión es baja durante los primeros y últimos 50 días de la lactancia (Ruiz *et al.*, 1983), y esto podría deberse a una adaptación metabólica lenta al incremento de nutrientes y/o a una recuperación lenta de los efectos de los cambios endocrinos de la parte final de la gestación (Forbes, 1986). El máximo consumo de MS/día fue 16 kg, el cual fue alcanzado desde el día 68 hasta el día 117 de la lactación. Esto indica que se encontraba en la máxima capacidad de distensión. Podría pensarse que la limitación física no permitió a los animales expresar su máximo potencial lechero (Ruiz y Vásquez., 1983). Entre parto y parto, se ha calculado que una vaca madura requiere cerca de un 57 % de toda la energía consumida para producir leche, 38 % para mantenimiento y sólo un 4 % para reproducción (Korver, 1988).

Es muy difícil poder cuantificar en una vaca a pastoreo la relación entre el consumo voluntario y el nivel de producción de leche. La movilización de grasa corporal para producir leche confunde la relación entre producción láctea y consumo calórico (Wagner *et al.*, 1986).

En los animales maduros no hay una correlación entre el consumo de MS y el peso corporal y por lo tanto no tiene ningún sentido expresar o predecir el consumo en base al peso metabólico o corporal (Johnson *et al.*, 1966).

Raza: la raza no es una variable única. En ella se combinan varios factores intrínsecos como tamaño, habilidad para producir o crecer

y tasa metabólica. El genotipo y la etapa de desarrollo del animal van a influenciar las necesidades en nutrientes (Preston y Leng, 1989). Se ha determinado que el ganado cebú requiere menores cantidades de glucosa en la fase de crecimiento y que tiene mayor habilidad para conservar nitrógeno (N) ureico y por lo tanto depender menos del N alimenticio. Estas son dos claras ventajas fisiológicas que explican la superioridad del cebú en condiciones tropicales. El ganado cebú posee una tasa metabólica inferior y en consecuencia posee un potencial menor de producción. Hay un aumento en la tasa metabólica en los animales seleccionados para alta producción (McDowell, 1975; Preston y Leng, 1989).

También se ha observado que el ganado Cebú y sus cruces tienen un mayor consumo voluntario de forrajes que las razas europeas (Howes *et al.*, 1963), probablemente debido a una tasa de fermentación mayor que le permite al Cebú utilizar mejor los forrajes toscos y pobres (McDowell, 1975). El Cebú consume más heno bajo en proteínas que el ganado europeo. Con un heno de 7 % de proteína cruda (PC) el ganado cebú continúa con un metabolismo normal del N, mientras que el ganado europeo reduce drásticamente la excreción de N urinario indicando una necesidad en la conservación del N (Karue *et al.*, 1972). En animales de edad similar, mantenidos bajo las mismas condiciones de ambiente y manejo y recibiendo la misma dieta (de alta calidad), los animales de origen europeo comen más alimento, tienen una conversión más eficiente y crecen más rápidamente que el cebú (McDowell, 1975).

Las vacas Holstein consumen más MS (sobre un 22 %) que las vacas Jersey (Korver, 1988). Dentro de una raza, el consumo está más estrechamente relacionado a la edad que al peso corporal, y es poco probable que cualquier factor individualmente controle el consumo (Wagner *et al.*, 1986). Al incrementar genéticamente la producción de leche, se está incrementando la eficiencia alimentaria (Korver, 1988).

Condición corporal: las vacas gordas consumen menos que las flacas, y esto es de origen físico y fisiológico. La cantidad de grasa corporal puede influir el consumo bien quimiostáticamente o físicamente reduciendo la capacidad (Wagner *et al.*, 1986).

FACTORES INHERENTES A LA DIETA

El consumo de forrajes no depende exclusivamente de los atributos del alimento, o de la capacidad del tracto digestivo del animal, pero estos factores pueden ser tan importantes que permitan una predicción bastante precisa del consumo (Forbes, 1996). Los rumiantes deben almacenar los alimentos por varias horas para permitir la fermentación microbiana; este almacenaje es una limitante a la capacidad física y potencialmente una limitante al consumo. Existe, primero, un control metabólico y luego una limitación física al consumo (Forbes, 1998).

Las características de las plantas que afectan el llenado y vaciado del rumen son: a) solubilidad; b) la fracción insoluble pero fermentable; c) la tasa constante de fermentación y d) la tasa a la cual las partículas largas son reducidas. Las características del animal son: a) la remoción de las partículas pequeñas y b) el volumen del rumen (Ørskov, 1995). La rumia aumenta la tasa de reducción del tamaño de las partículas, y esto aumenta la tasa de vaciado; al mismo tiempo, la rumia está acompañada de un incremento de actividad muscular del rumen (Forbes, 1998).

Energía: el factor más importante en determinar la ingestión total de energía por los rumiantes es el consumo voluntario y el animal debe poseer un mecanismo que regule el consumo en función del balance energético (Burns *et al.*, 1991). Consideremos una vaca lactante pastoreando en condiciones tropicales; en primer lugar diríamos que la vaca consume pasto hasta alcanzar que la ingestión de nutrientes corresponda con las necesidades de mantenimiento, producción y gestación que posee. Si la vaca es de baja producción y el pasto es de buena calidad, abundante y se permite al animal hacer selección del mismo, es probable que se exprese el potencial del

animal. Cuando los animales reciben alimentos de baja calidad (digestibilidad) en los cuales no existen desequilibrios nutricionales, la distensión ruminal y la fatiga son probablemente los mayores estímulos que interaccionan para reducir el consumo (Preston y Leng, 1989). Si la vaca es de mediana a buena producción, sus requerimientos serán mayores y por lo tanto llegará un momento en que llena el rumen pero no reúne sus requerimientos de producción, hablamos entonces de un control físico del consumo. En segundo lugar podríamos considerar que a esta situación le añadimos concentrado para completar los requerimientos del animal, entonces observamos que el consumo total de MS se disminuye y la digestibilidad se aumenta, y el animal con seguridad aumenta la producción de leche. Esto sugiere que el animal ajusta su consumo voluntario en relación a su demanda fisiológica más que al llenado del rumen (Montgomery y Baumgardt, 1965). Un mecanismo quimiostático o termoestático puede ser el responsable por disminuir el consumo.

En animales a pastoreo, la principal fuente de energía metabolizable son los AGV provenientes de la fermentación ruminal, pero el estrés térmico reduce la cantidad de AGV producidos en el rumen (McDowell, 1985). El desequilibrio de los nutrientes presentes en el pasto es, en general, lo que limita su consumo (Preston y Leng, 1989). La influencia de la baja digestibilidad se hace patente cuando los nutrientes han sido balanceados (Preston y Leng, 1989).

Proteína: el consumo normalmente se ve disminuido con dietas de baja concentración proteica (Forbes, 1986). En los rumiantes el nivel crítico de N es más bajo que en otros animales debido a que ellos pueden reciclarlo a través de la saliva en forma de urea (Forbes, 1986). Ha sido postulado que los bajos niveles de N en la dieta es un factor que disminuye el consumo porque limita la fermentación ruminal y la velocidad de pasaje de la digesta (Ruiz y Vázquez, 1983) y la tasa de degradación de la celulosa (Forbes, 1986).

Una dieta baja en proteína puede ser suplementada con concentrado alto en proteína (ej: harinas de tortas de oleaginosas), con nitrógeno no proteico (urea, yacuja avícola, otra) o con follaje de leguminosas. También se ha utilizado más recientemente la preparación de bloques multinutricionales los cuales resultan ser una manera práctica de suplementación en condiciones de pastoreo, observándose un incremento en el consumo de la materia seca, y aumento de la digestibilidad aparente del pasto, mejorando la retención de nitrógeno (Araujo-Febres *et al.*, 2001).

La suplementación de la dieta con proteína sobrepasante muchas veces incrementa el consumo (Preston y Leng, 1989; Forbes, 1998). Se ha señalado que es posible que los follajes de leguminosas ricas en taninos sean mejores fuentes de proteína sobrepasante que aquellos con contenidos bajos. Esto se debe a que los taninos enlazan las proteínas durante el proceso de masticación y al parecer reducen la tasa de degradación ruminal. Es poco probable, que cuando se utilicen plantas con contenidos altos en taninos como suplementos alimentarios, en concentraciones menores del 25 % de la MS de la dieta, existan problemas serios nutricionales (Preston y Leng, 1989).

Algunos métodos han sido desarrollados para mejorar y aprovechar la calidad de residuos de cosechas. La utilización de amoníaco o hidróxido de sodio para aumentar la digestibilidad de los alimentos fibrosos. El amoníaco puede ser generado a partir de la urea según el proceso de ensilaje húmedo. El amoníaco se genera rápidamente cuando se mezcla la urea con paja húmeda, siempre y cuando existan altas temperaturas, lo cual hace que sea éste un sistema apropiado para los países tropicales (Preston y Leng, 1989; Rodríguez *et al.*, 2002).

La suplementación de una dieta deficiente en N con una fuente adecuada incrementa el consumo al disminuir el desequilibrio de los nutrientes.

Fibra detergente neutro: Detmann *et al.* (2003) hicieron una revisión de 45 trabajos

que relacionaron el consumo voluntario de fibra detergente neutro en bovinos en confinamiento en condiciones tropicales. El nivel de nutrientes digestibles totales fue negativamente correlacionado con el nivel de FDN en las dietas ($r = -0,6006$; $P < 0,01$). Pero fallaron en poder encontrar una relación directa y constante entre el consumo de FDN y el consumo voluntario. Por el contrario, las indicaciones señalan una inconsistencia entre los puntos de máximo consumo de MS y FDN. Sin embargo, numerosos trabajos en condiciones templadas han demostrado que la FDN está relacionada positivamente con el llenado del rumen y la disminución del consumo de MS. Al incrementar la relación forraje:concentrado disminuye el consumo en ovinos (Aitchison *et al.*, 1986), y en vacas lactantes (Llamas-Lamas y Combs, 1991; Dado y Allen, 1995) y al añadir paja en novillos (Ørskov *et al.*, 1988, 1991).

Agua: los animales son más sensibles a la falta de agua que a la falta de alimentos (Bondi, 1988). Hay un apetito específico por agua y se asume que el animal consume las cantidades que necesita (Forbes, 1998). El agua es esencial para la producción en los rumiantes. Los requerimientos de agua están relacionados al crecimiento, producción de leche, excreción de sales en la orina y heces y la temperatura ambiental que deba soportar (Preston y Leng, 1989).

Los animales de origen europeo consumen mayor cantidad de agua que el ganado cebú, cuando se encuentran en condiciones de climas cálidos (McDowell, 1985). El consumo de agua está estrechamente relacionado con el consumo de MS (aprox.: 4,5 kg agua/kg MS) y la temperatura ambiente (McDowell, 1985).

Debe diferenciarse el contenido de agua del pasto y el contenido de agua en el rumen; al añadir agua al rumen no altera el consumo de MS de pasto, pero los animales consumen más rápidamente un alimento húmedo que uno seco (Forbes, 1998).

Minerales y vitaminas: la primera señal de deficiencia de minerales o vitaminas es una reducción en el consumo voluntario y

esto es debido a la desaceleración de una o más rutas metabólicas relacionadas con la utilización de la energía (Forbes, 1980). La inapetencia es el primer signo clínico de una deficiencia o de una intoxicación (Forbes, 1986).

El pasto es una buena fuente de energía, pero su contenido de Na⁺ es bajo y en cambio es alto en K (Bell, 1984). Los animales pastoreando libremente tienen la habilidad para seleccionar especies de plantas que son altas en Na⁺. El ganado puede asumir una conducta extraña a objeto de obtener sal y mantener una homeostasis del Na⁺ (Bell, 1984).

Palatabilidad: el sabor juega un papel biológico fundamental en relacionar al animal con su medio ambiente y ayuda a regular el consumo de lo agradable y a rechazar lo inapetecible (Bell, 1984). El ganado posee receptores para sabores en la lengua que responden a cuatro sabores básicos: salado, dulce, amargo y ácido. Las variaciones en la intensidad de estos sabores es informada en forma continua al control central de percepción (Bondi, 1988).

También el olor puede afectar el consumo (Preston y Leng, 1989). Se ha determinado que el alimento contaminado con heces es rechazado por animales sanos, mientras que ganado con bulbotomía olfatoria ingiere el alimento contaminado (Bell, 1984).

Ha sido demostrado que el ganado posee una habilidad para detectar sales de sodio por el olor y es específico para el Na⁺ (Bell, 1984). Se ha sugerido que los animales utilizan el sabor, el olor y estímulos táctiles para diferenciar las especies vegetales (Forbes, 1986).

Forma física de la dieta: la forma y las propiedades físicas del alimento van a influenciar las cantidades comidas y los métodos de consumo (Baile y McLaughlin, 1987). El tamaño de la partícula en la dieta y el consumo de MS parecen estar asociados (Burns *et al.*, 1991). Se estima que los granos (alta densidad) son consumidos probablemente en grandes cantidades con poca frecuencia de

comidas, mientras que el heno (baja densidad) es consumido más frecuentemente en pocas cantidades (Baile y McLaughlin, 1987).

Los forrajes molidos o peletizados son consumidos en mayor cantidad y esto se explica porque hay un incremento en la velocidad de pasaje (Ruiz y Vázquez, 1983), aun cuando las concentraciones cíclicas bifásicas del rumen se presentan más débiles (Forbes, 1998) debido a que las partículas cercanas a 1 mm predominan en la digesta que pasa por el orificio retículo-omasal (Burns *et al.*, 1991). El comer aumenta la frecuencia de las contracciones, aumenta la motilidad, incrementa la salida de la digesta y potencialmente aumenta el consumo voluntario (Forbes, 1998).

La estructura del pastizal también va a afectar el consumo (Burns *et al.*, 1991). La tasa de degradación de las partículas en el rumen es uno de los factores fundamentales en determinar el consumo voluntario en los rumiantes alimentados en base a forrajes (Preston y Leng, 1989). Por ejemplo, el consumo de hojas es mayor que el de tallos y esto se ha relacionado con un tiempo menor de retención en el retículo-rumen (Ruiz y Vázquez, 1983).

En los animales a pastoreo hay un componente muy importante que es la selección del material a consumir. Existen pruebas de que los animales son capaces de escoger una dieta equilibrada si se les permite seleccionar de varios alimentos (Preston y Leng, 1989). Es casi imposible, debido al hábito de selección, aplicar estándares alimenticios en animales a pastoreo (Preston y Leng, 1989). En plantas de porte erecto, como la guinea (*Panicum maximum*) los animales pueden seleccionar mayor cantidad de hojas que en un pasto como la bermuda (*Cynodon dactylon*) (Ruiz y Vázquez, 1983). La estructura del pasto va a afectar también el tamaño del mordisco y éste puede limitar el consumo del pasto. Un pasto con una relación hoja: tallo alta tiene una mayor influencia sobre el tamaño del mordisco (Stobbs, 1973). Cuando todas las

fracciones del alimento son de una calidad moderada a baja, los cambios en la cinética de la digesta reducen el consumo de MS (Burns *et al.*, 1991).

FACTORES AMBIENTALES

Temperatura

Cuando la temperatura ambiental está cerca o por encima del nivel crítico superior, comienza una reducción en el consumo. El consumo de MS se reduce marcadamente cuando la temperatura excede los 26 °C (McDowell, 1985). Muchas respuestas fisiológicas al estrés térmico son estrategias para mantener la temperatura corporal óptima. Reduciendo el consumo de MS se disminuye el calor generado por la fermentación ruminal (McDowell, 1985), especialmente cuando la dieta contiene elementos que producen fermentaciones altas en acetato y bajas en propionato además de ser deficitarias en proteínas, pudiera no existir suficiente glucosa para cubrir todas las necesidades, está obligado producir grandes cantidades de calor, y la respuesta inmediata es reducir el consumo (Preston y Leng, 1989). El sólo hecho de suplir los nutrientes complementarios regulariza la fermentación y explica un aumento del consumo.

Humedad relativa

También están muy interrelacionados y afectan el consumo de alimentos la velocidad del viento, la humedad relativa y la radiación (McDowell, 1985). El descenso de la temperatura corporal se logra en parte mediante la evaporación a través de la piel y los pulmones; pero cuanto más cargada de humedad esté la atmósfera, más difícilmente se producirá la evaporación del cuerpo y de esta forma no habrá descenso de la temperatura corporal. Los animales tienden a cambiar sus hábitos de pastoreo a fin de adaptarse a las horas más convenientes.

CONSIDERACIONES FINALES

Finalmente podríamos señalar que el consumo alimenticio tiende a ser alto en los animales que demandan una mayor cantidad de nutrientes:

- a. animales en crecimiento,
- b. hembras gestantes,
- c. hembras lactantes y
- d. animales que trabajan fuertemente (Preston y Leng, 1989).

El consumo de alimentos es máximo cuando la disponibilidad de los nutrientes en los productos finales de la fermentación ruminal y aquellos sobrepasantes se ajustan a los requerimientos de los animales (Preston y Leng, 1989).

Usando análisis de regresión simple y múltiple y modelos matemáticos relativos al consumo voluntario es posible hacer aproximaciones válidas para predecir el consumo de los animales, lograr una óptima formulación de raciones y disminuir el costo del alimento, ayudando a usar nuestros recursos mas eficientemente

AGRADECIMIENTO

El Autor desea expresar su agradecimiento al Ing. Juan Vergara-López, por la revisión del manuscrito y las sugerencias realizadas.

REFERENCIAS

- Aitchison, E.M., Gill, M., Dhanoa, M.S. and Osbourn, D.F. 1986. The effect of digestibility and forage species on the removal of digesta and the voluntary intake of hay by sheep. *Br. J. Nutr.* 56:463-476.
- Araujo-Febres, Vergara-López, O.J., Oirtega, A.E. y Lachmann, M. 2001. Influencia del tiempo de almacenamiento de los bloques multinutricionales sobre el consumo y la digestibilidad del heno en corderos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9:104.
- Arvat, E., Di Vito, L., Broglio, F., Papotti, M., Muccioli, G., Dieguez, C., Casanueva, F.F., Deghenghi, R., Camanni, F. and Ghigo, E. 2000. Preliminary evidence that Ghrelin, the natural GH secretagogue (GHS)-receptor ligand, strongly

- stimulates GH secretion in humans. *J. Endocrinol. Invest.* 23: 493.
- Baile, C. A. y McLaughlin, C.L. 1987. Mechanisms controlling feed intake in ruminants: A review. *J. Anim. Sci.* 64:915.
- Baile, C. A. y Martin, F.H. 1971. Hormones and aminoacids as possible factors in the control of hunger and satiety in sheep. *J. Dairy Sci.* 54:897.
- Bell, F. R. 1984. Aspects of ingestive behavior in cattle. *J. Anim. Sci.* 59:1369-1372.
- Bines, J. A. 1976. Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production. *Lives. Prod. Sci.* 3:115.
- Blaxter, K.L. 1964. Metabolismo energético de los rumiantes. Trad. por G. Gonzalez y Gonzalez. Edit. Acribia, Zaragoza.
- Blevins, J. E., Schwartz, M. W and Baskin, D.G. 2002. Peptide signals regulating food intake and energy homeostasis. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 80:396.
- Bondi, A. 1988. *Nutricion Animal.* Edit. Acribia, Zaragoza.
- Boston, B. A. 2001. Pro-opiomelanocortin and weight regulation: from mice to men. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* 14 (Suppl 6):1409-1416.
- Burns, J.C., Pond, K.R, Fisher, D.S. 1991. Effects of grass species on grazing steers: II dry matter intake and digesta kinetics. *J. Anim. Sci.* 69:1199.
- Chase, L.E., Wangsness, P.J., Martin, R.J. 1977. Portal blood insulin and metabolite changes with spontaneous feeding in steers. *J. Dairy Sci.* 60:410.
- Combellas, J. 1986. Alimentación de vacas lecheras en el trópico. Lunaprint de Venezuela, Maracay. 160 p.
- Dado, R.G. and Allen, M.S. 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.* 78:118-133.
- Date, Y., Kojima, M., Hosoda, H., Sawaguchi, A., Mondal, M.S., Suganuma, T., Matsukura, S., Kangawa, K. and Nakazato, M. 2000. Ghrelin, a Novel Growth Hormone-Releasing Acylated Peptide, Is Synthesized in a Distinct Endocrine Cell Type in the Gastrointestinal Tracts of Rats and Humans. *Endocrinology* 141: 4255.
- Della-Fera, M.A. y Baile, C.A. 1984. Control of feed intake in sheep. *J. Anim. Sci.* 59:1362.
- Detmann, E., de Queiroz, A.C., Cecon, P.R., Zervoudakis, J.T., Paulino, M.F., Valadares Filho, S. de C., Cabra, L. Da S., Lana, R. de P. 2003. Consumo de Fibra em Detergente Neutro por Bovinos em Confinamento. *Rev. Bras. Zootec.* 32 (6, Supl. 1):1763-1777.
- Forbes, J. M. 1980. Hormones and metabolites in the control of food intake. In: *Digestive Physiology and metabolism in ruminants.* Ruckebusch and Thivend, Eds. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Conn. Pp. 145 - 160.
- Forbes, J. M. 1986. The voluntary food intake of farm animals. Butterworths. London. 205 p.
- Forbes, J. M. 1998. Feeding behaviour. In Forbes, J. M., ed. *Voluntary feed intake and diet selection in farm animal.* CAB International, Oxon (UK). Pp. 11-37.
- Howes, J.R., Hentges Jr., J.F. and Feaster, J.P. 1963. Blood volume of Brahman and Hereford cattle as measured by injected radioionated bovine serum albumin. *J. Anim. Sci.* 22:183
- Illiuss, A.W. and Jessop, N.S. 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3052.
- Johnson, W.L., Trimmerger, G.W., Wright, M.J., vanVleck, L.D. y Henderson, C.R. 1966. Voluntary intake of forage by Holstein cows as influenced by lactation, gestation, body weight and frequency of feeding. *J. Dairy Sci.* 49:856.
- Karue, C.N., Evans, J.L. and Tillman, A.D. 1972. Metabolism of nitrogen in Boran and in Hereford- Boran crossbred steers. *J. Anim. Sci.* 35: 1025.
- Korver, S. 1988. Genetics aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle. A review. *Lives. Prod. Sci.* 20:1.
- le Roux, C. W., Shurey, S., Vincent, R.P., Ghatei, M.A. and Bloom, S.R. 2004. Role of PYY in appetite regulation during obesity. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 1):80 Abs.
- Llamas-Lamas, G., and Combs, D.K. 1991. Effect of forage to concentrate ratio and intake level on utilization of early

- vegetative alfalfa silage by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:526–536.
- McDowell, L.R. 1975. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Ed. Acibia, Zaragoza. 692 pp.
- McDowell, L.R. 1985. Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Academic Press. Orlando, FL. 443 pp.
- Montgomery, M.J. y Baumgardt, B.R. 1965. Regulations of food intake in ruminants. 1. Pelleted rations. *J. Dairy Sci.* 48:569.
- Moran, T.H. 2000. Cholecystokinin and satiety: current perspectives. *Nutrition* 16:858.
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A. y Rodwell, V.W. 1988. Bioquímica de Harper. Trad. por Ma. del Rosario Carsolio. 11ª. ed. Edit. El Manual Moderno, México. 713 p.
- Ørskov, E.R., Reid, G.W. and Kay, M. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.* 46:29–34.
- Ørskov, E.R. 1995. Plant factors limiting roughage intake in ruminants. *Tropical feed and feeding systems*. FAO.
- Ørskov, E.R., Reid, G.W. and Kay, M. 1991. Influence of straw quality and level of concentrate in a completely mixed diet on intake and growth rate in steers. *Anim. Prod.* 52:461–464.
- Peikin, S. R. 1989. Role of cholecystokinin in the control of food intake. *Gastroenterol. Clin. North Am.* 18:757.
- Preston, T.R. y Leng, R.A. 1980. Utilization of tropical feeds by ruminants. *In* Ruckebusch and Thivend, eds. *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Conn. Pp. 621 - 640.
- Preston, T.R. y Leng, R.A. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. CONDRIT, Cali. 312 p.
- Pritchard, L.E., Turnbull, A.V., White, A.J.. 2002. Pro-opiomelanocortin processing in the hypothalamus: impact on melanocortin signalling and obesity. *Endocrinol.* 172:411.
- Reynolds, C. K. and Benson, J.A. 2004. Gut peptides and feed intake regulations in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 1):81 Abs.
- Rodríguez, N., Araujo-Febres, O., González, B. y Vergara-López, J. 2002. Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10:7-13.
- Ruiz, R. y Vásquez, C.M. 1983. Consumo voluntario de pastos y forrajes tropicales. *In* Los Pastos en Cuba. Tomo 2. Utilización. EDICA, La Habana. Pp. 117-186.
- Ruiz, R., Menchaca, M. y Geerken, C.M. 1989. Estudio dinámico del consumo y utilización de la energía en vacas Holstein en condiciones de pastoreo. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 23:285.
- Stobbs, T.H. 1973. The effect on plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Austr. J. Res.* 24:809.
- Sugino, T., Hasegawa, Y., Kikkawa, Y., Yamaura, J., Yamagishi, M., Kurose, Y., Kojima, M., Kangawa, K. and Terashima, Y. 2002. A transient ghrelin surge occurs just before feeding in a scheduled meal-fed sheep. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 295:255.
- Wagner, M.W., Haustad, K.M., Doornbos, D.E. y Ayers, E.L. 1986. Forage intake of rangeland beef cows with varying degrees of crossbred influence. *J. Anim Sci.* 63: 1484.
- Woods, S.C. and Gibbs, J. 1989. The regulation of food intake by peptides. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 575:236.