

COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y CONSUMO DE BOVINOS EN PASTOREO

Galli, J.R., Cangiano, C.A. y Fernández, H.H. 1996. Rev. Arg Prod. Anim., 16(2):119-42.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Manejo del alimento](#)

INTRODUCCIÓN

Se analizan los factores de la pastura que afectan al consumo de rumiantes en pastoreo, con especial énfasis en los mecanismos involucrados en la cosecha de alimento y su relación con la estructura de la pastura. Las teorías convencionales se basan en controles metabólicos y físicos del apetito pero no tienen en cuenta la influencia que las características "no nutricionales" de la vegetación ejercen bajo condiciones de pastoreo. Diariamente el animal dedica un tiempo limitado al pastoreo, por lo cual necesita lograr una alta tasa de consumo para que su ingesta total no esté restringida.

La producción ganadera sobre pasturas, predominante en nuestro país, depende en gran medida de la cantidad y calidad del forraje producido, de la capacidad del animal para cosecharlo y utilizarlo eficientemente, y de la capacidad del productor para manejar los recursos a su disposición, siendo la cantidad de alimento consumido el principal factor que determina la productividad animal.

El consumo diario de forraje puede analizarse como el producto de tres variables:

- ◆ el forraje consumido en un bocado durante el pastoreo
- ◆ el tiempo diario de pastoreo
- ◆ con la tasa de consumo

Estas tres variables describen el comportamiento ingestivo del animal en pastoreo.

Los estímulos físicos y metabólicos son los factores dominantes que controlan el consumo de forraje en animales estabulados. En condiciones de pastoreo adquieren importancia aquellos factores relacionados al comportamiento ingestivo, como la incapacidad del animal para mantener una alta tasa de consumo en el caso de condiciones limitantes de la pastura o el aumento del tiempo de pastoreo para compensar los efectos de una tasa de consumo reducida.

MECANISMOS QUE REGULAN EL CONSUMO EN PASTOREO

El consumo en pastoreo es muy variable y puede estar regulado por factores inherentes a la pastura, el animal y el ambiente.

Los cambios en la calidad, la cantidad y la distribución del forraje disponible tienen un efecto importante. La calidad de una pastura está relacionada con características físicas y químicas de la misma. Esta afecta directamente el consumo y su tasa, vía el pastoreo selectivo, e indirectamente, a través de la velocidad de procesamiento del alimento en el tracto digestivo. El consumo voluntario de forrajes está relacionado positivamente con la digestibilidad de la materia seca. Las causas principales estarían asociadas a la proporción de residuo indigestible en el alimento, el tiempo de pasaje por el tracto digestivo y el tamaño del rumen. Los forrajes se diferencian en el tiempo necesario para lograr un tamaño de partícula lo suficientemente pequeño como para dejar el rumen. Estas diferencias determinarían las distintas relaciones entre consumo y la digestibilidad para forrajes groseros y concentrados, tallo y hoja, gramíneas y leguminosas, gramíneas templadas y tropicales.

Desde el punto de vista químico los factores que pueden influir sobre el consumo se pueden dividir en:

- ◆ fracciones que están relacionadas con la cantidad y composición de la fibra en la planta
- ◆ fracciones que son nutrientes esenciales para la población microbiana del rumen (proteína degradable en el rumen, azufre, sodio, fósforo)
- ◆ componentes tóxicos.

Por ejemplo, a medida que la planta madura aumenta la proporción de pared celular (fibra) y hay una reducción en la proteína y los carbohidratos solubles del contenido celular. Asociados con estos cambios se produce una disminución en la calidad de la planta y del consumo voluntario.

Otro elemento que se debe considerar es el concepto de llenado, que tiene relación con el volumen de alimento, más que con el peso del mismo en el rumen (contenido ruminal). Cada alimento tiene distinta capacidad de "llenado" de acuerdo al volumen que se ocupa en el retículo-rumen, más allá de su concentración energética por kilo de materia seca.

Mayer (1968), citado por Miner y Baile divide el control del consumo en tres niveles conceptuales:

- ◆ ajustes gruesos que determinan la magnitud de una comida.

- ◆ ajustes finos que intenta equiparar el consumo diario con el gasto energético.
- ◆ ajustes muy finos que determinan el consumo en el largo plazo en función del estado fisiológico y el ambiente en que se encuentra el animal.

De esta manera, queda planteada una de las teorías más comúnmente aceptadas del consumo en rumiantes que, adaptado de Ketelaars y Tolkamp y Mertens, puede ser resumida en los siguientes puntos:

- ◆ El estímulo para el consumo es la tendencia del animal a lograr su máxima capacidad genética de crecimiento y/o producción de leche, en correspondencia con la máxima tasa de utilización de nutrientes por sus tejidos.
- ◆ Cuando la dieta tiene una alta concentración de energía, vitaminas y minerales disponibles, el animal consume hasta satisfacer su apetito, siendo el potencial del animal el límite al consumo.
- ◆ Cuando la dieta tiene bajo valor nutritivo, el consumo está limitado por la capacidad del tracto digestivo y restringido por el efecto de llenado de la dieta. La tolerancia del animal al llenado retículo-ruminal aumenta en animales con mayor requerimiento de nutrientes.
- ◆ Otros estímulos asociados con el ambiente, como el clima (temperatura, lluvia, intensidad del viento) el manejo (método de pastoreo, carga animal), el comportamiento social, las enfermedades, pueden modificar el rol dominante del control físico metabólico. Estos factores adicionales y otras situaciones de estrés, que Mc Clymont definió como "adventicios", adquieren importancia en circunstancias particulares, siendo intermitentes en su impacto y difíciles de cuantificar.

Resumen tentativo de los principales factores que limitan el consumo de distintas dietas en rumiantes

Dieta	Factores limitantes
Forrajes groseros de mala calidad	Palatabilidad Relación energía-proteína. Distensión del retículo y saco craneal del rumen. Factores químicos?
Forrajes groseros de mala calidad	Distensión del retículo y saco craneal del rumen. Factores químicos? Factores humorales?
Forrajes de buena calidad y mezclas hasta 50-71% de concentrados	Distensión del retículo y saco craneal del rumen. Factores químicos Factores humorales
Concentrados	Factores humorales. Factores químicos. Distensión del retículo y saco craneal del rumen? Factores patofisiológicos?

El comportamiento ingestivo en pastoreo depende de las reacciones del animal a las variables de la interfase de aquel con la planta, afectando el consumo. Una clara evidencia fue obtenida por Chacón y Stobbs cuando extrajeron el contenido ruminal de animales con baja ingesta diaria y no lograron aumentos significativos en el tiempo de pastoreo. Esto significa que el animal dedica un tiempo diario limitado a la cosecha de forraje y por lo tanto necesita lograr una velocidad de ingestión que le permita alcanzar el consumo esperado de acuerdo a la calidad del alimento. En estos casos las características "no nutricionales" de la pastura son las que limitan el consumo.

COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y CONSUMO DIARIO

En la mayoría de los estudios se relacionan variables groseras de la pastura con el comportamiento ingestivo y el consumo. Tradicionalmente, la interacción entre el animal en pastoreo y su alimento ha sido estudiada a través de la disponibilidad de forraje y su consumo, pero con poco énfasis en los mecanismos del proceso de pastoreo.

Hancock fue el primero en considerar al consumo diario de forraje (CD) por un animal en pastoreo como el producto de 3 variables peso del bocado promedio (PB), tasa de bocado durante el pastoreo (TB) y tiempo diario de pastoreo (TP), resultando la siguiente ecuación:

$$CD = PB \times TB \times TP$$

Dentro de esta ecuación se pueden establecer otras dos variables:

- ◆ la tasa de consumo (TC) que surge del producto de PB y TB. Por lo tanto:

$$CD = TC \times TP$$

- ◆ el número de bocados totales por día (NB) que es el producto entre TB y TP. Entonces:

$$CD = PB \times NB$$

Este enfoque mecanicista, fue luego utilizado por Allden y Whittaker y a partir de allí se generalizó su uso. Es así, como el comportamiento ingestivo adquiere importancia, determinando por ejemplo la capacidad del animal para mantener la tasa de consumo en el caso de condiciones limitantes de la pastura o la capacidad para modificar el tiempo de pastoreo en función de contrarrestar los efectos de una tasa de consumo reducida.

Si además se consideran las dimensiones del bocado, el peso se puede componer a través del volumen (área x profundidad) y de la densidad del forraje en el horizonte de pastoreo.

Peso del bocado:

un bocado puede definirse como "el acto de arrancar una cantidad de pasto que llene la boca del animal, ignorando los movimientos de la quijada asociados inicialmente con la colocación del pasto en la boca y con la manipulación de este dentro de ella antes de tragarlo".

El peso del bocado es la variable del comportamiento ingestivo con mayor relevancia, explicando el mayor porcentaje de la variación en el consumo diario de forraje, mientras que la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo juegan un papel secundario. Es por eso, que la mayoría de los estudios se han concentrado en determinar cuál de las variables de la pastura predice mejor el peso del bocado. Se ha relacionado el peso del bocado con la altura del pasto, con el largo de lámina, con la densidad de forraje en el horizonte de pastoreo, con la composición botánica y con el estado fenológico de las pasturas.

Para poder explicar las variaciones en el peso de bocado es necesario conocer:

- ◆ las dimensiones del bocado individual, tales como:
- ◆ el área que es la superficie horizontal que abarca un bocado y la profundidad, que es la diferencia entre la altura superficial de la pastura.
- ◆ previa al pastoreo y la altura remanente del forraje después de un bocado. Esta última puede ser mayor o igual a la remanente no pastoreable por el animal (109), de existir dicha limitante.

El producto de estas dos determina el volumen de bocado.

- ◆ la densidad de forraje en el bocado será igual al volumen por la densidad del forraje incluida en el mismo.

DIMENSIONES DEL BOCADO

Área del bocado:

el área está relacionada directamente con las dimensiones de la boca dentro de las especies animales, pero puede haber diferencias entre las especies en el uso de los labios y la lengua para aprehender el forraje.

La aprehensión en los bovinos se realiza con la ayuda de movimientos circulares de la lengua para aprehender el forraje en la cavidad bucal, antes de ser cortado por los incisivos inferiores y el rodete dentario superior, acompañado de un balanceo de la cabeza. Illius y Gordon determinaron que el tamaño de la arcada dental (ancho de incisivos en mm), en rumiantes que pastorean, está relacionado con el peso vivo (PV) elevado a una potencia menor a la unidad ($8.6 \times PV^{0.36}$). Con el valor del ancho de incisivos y asumiendo un área cuadrada, estimaron el área de bocado. Para modelar el estilo de pastoreo de los bovinos, estos autores asumieron que la lengua puede describir un círculo, con un centro localizado en un punto de la diagonal entre el centro del área de bocado y uno de sus vértices.

Este estilo de pastoreo puede aumentar hasta 2.36 veces el área de bocado (área máxima). Esta hipótesis puede ser aplicada en animales de distinto peso adulto o para estimar los cambios en un animal cuando crece. Para una estimación más detallada, en el caso de bovinos y ovinos, se pueden ajustar los valores de ancho de incisivos propuestos por Illius y Gordon en función de los cambios durante el crecimiento animal, teniendo en cuenta la relación peso vivo/ peso adulto ($7.8 \times [PV/PA]^{0.29} \times PA^{0.36}$). Algunos valores así calculados para bovinos se muestran en el cuadro 2, los que concuerdan con Laca y otros.

Estos autores encontraron un plateau en la estimación del área de bocado de 170 cm^2 en novillos Hereford de 750 kg de peso promedio, en pasturas altas y poco densas. Las variaciones en el peso adulto podrían deberse a diferentes sexos, razas y biotipos.

Área máxima de bocado en bovinos en función del peso adulto, peso vivo y estilo de pastoreo

Peso adulto (kg)	Peso vivo (kg)	Ancho incisivos (cm)	Área máxima (cm ²)
500	200	5.6	74.1
	300	6.3	93.7
	400	6.8	110.7
	500	7.3	126.0
700	200	5.7	77.6
	300	6.5	98.2
	400	7.0	116.0
	500	7.5	132.1
800	700	8.2	160.5
	200	5.8	80.4
	300	6.6	101.7
	400	7.2	120.2
	500	7.6	136.8
	700	8.4	166.3
	900	9.0	192.4

En pasturas de gramíneas en estado vegetativo, el bocado puede estar restringido al horizonte superior de láminas que se doblan por encima del pseudotallo, a nivel de la lígula. Entonces, el largo de la lámina, en vez de la altura total, sería la que influye en el área de bocado (76). Por lo tanto, aunque se considere que el pseudotallo no es una barrera a la profundización (34), es un aspecto que debe tenerse en cuenta para la estimación del peso del bocado, ya que puede afectar el área.

Profundidad del bocado:

la profundidad del bocado es una fracción más o menos constante a la altura de la pastura disponible y no un valor constante impuesto por las dimensiones de la boca. La profundidad del bocado aumenta con la altura de la pastura, y disminuye con la densidad del forraje. En pasturas por debajo de 7,5-10 cm este efecto negativo de la densidad no existiría.

Con respecto al efecto del pseudotallo sobre la profundidad del bocado, las evidencias son contradictorias. Por un lado, en pasturas de gramíneas (*Paspalum dilatatum*) en estado vegetativo con distintas alturas (8 y 16 cm), construidas a mano, la presencia de pseudotallo no modificó la profundidad del bocado esperada en función de la altura y de la densidad, pero al estado reproductivo la presencia de un horizonte de tallos limitó el pastoreo a la parte superficial con hojas. El efecto estaría explicado por una mayor resistencia al corte de tallos y no por la presencia de un horizonte de tallos limitó el pastoreo a la parte superficial con hojas. El efecto estaría explicado por una mayor resistencia al corte de tallos y no por la presencia de un horizonte basal mas denso formado por los mismos.

EFFECTO DE LA ESTRUCTURA DE LA PASTURA

La estructura de la pastura se puede describir a través de la biomasa aérea, la altura, la cobertura y la densidad de forraje en los distintos estratos. Las variaciones en cualquiera de estas variables afectan el área, la profundidad y el peso de bocado, pero la magnitud y dirección de la respuesta es compleja y muchas veces difícil de predecir sin la ayuda de un modelo matemático.

Para poder evaluar la sensibilidad del peso del bocado ante variaciones en la estructura de la pastura, se adaptaron las ecuaciones propuestas por Laca y otros considerándose 3 niveles de densidad del forraje en el horizonte de pastoreo, en un rango de 10 a 30 cm de altura de una pastura. Los resultados de área, profundidad y peso de bocado obtenidos, se muestran en el **cuadro 3**, donde se puede observar la relación directa con la altura y el efecto negativo de la densidad sobre las dimensiones del bocado: una mayor densidad de forraje, no provoca una reducción en el peso del mismo.

Debido a una compensación entre la profundidad y el área, al incrementar la altura de la pastura, el peso del bocado aumenta aún por encima de la altura crítica donde se alcanza el área máxima de bocado (**cuadro 3**). Estos resultados resaltan el efecto dominante de la profundidad en la determinación del peso de bocado y las dificultades que el área de bocado puede presentar como variable de respuesta.

Estimación del área (Ab), profundidad (Pf) y peso del bocado (PB) para distintas alturas de la pastura (h) y densidades del horizonte de pastoreo(d)

h (cm)	D (gMS/m ³)	Ab (cm ²)	Pf		PB (gMS)
			(cm)	Pf/h (%)*	
10	500	113.0	6.0	60.0	0.34
15		137.5	8.5	56.9	0.59
20		158.3	11.1	55.5	0.88
25		170.0	13.7	54.7	1.16
30		170.0	16.3	54.2	1.38
10	1500	98.7	5.7	56.6	0.84
15		116.1	8.1	53.9	1.41
20		129.8	10.5	52.5	2.04
25		139.8	12.9	51.7	2.71
30		146.2	15.4	51.2	3.37
10	2000	84.5	5.4	53.6	1.13
15		94.7	7.6	50.9	1.81
20		101.2	9.9	49.5	2.51
25		104.2	12.2	48.7	3.17
30		104.4	14.4	48.2	3.77

*Pf expresado como % de la altura.
⁽¹⁾ Información elaborada por los autores de la presente revisión

Ecuaciones adaptadas a partir de Laca y otros:

Si $h < 50.95 - 9.78 \times 10^3 d$; $Ab = \text{Min} (170, 53.1 + 7.43h - 0.0729h^2 - 1.426 \times 10^3 d^2)$;

Luego:

$Pf = 0.81 + 0.53h - 3.015 \times 10^5 h d$;

$PB = Ab \times Pf \times (d \times 10^6)$.

Según Burlison, Laca y otros, los efectos de las variaciones en la altura y densidad de la pastura sobre el peso del bocado, son independientes y aditivos, tanto en ovinos como en bovinos. Sin embargo, Mitchell, Gong y otros indican una marcada interacción entre ambos factores para el caso de ovinos.

Ensayos de pastoreo sobre gramíneas templadas indican que la variable determinante del peso de bocado es la altura de la pastura. En cambio, en pasturas tropicales se encontró que la densidad de la hoja y la relación hoja/tallo tienen mayor influencia que la altura sobre el peso del bocado. Estos distintos patrones de respuesta han sido atribuidos a la mayor altura y menor densidad de las pasturas tropicales. Sin embargo, Hodgson considera que los valores promedios, recopilados de distintos autores, no respaldan esta conclusión, ya que aún con características muy similares, el peso del bocado obtenido en las tropicales es menor. Reanalizando estos datos mediante una prueba de comparación de medias (t de Student, para un número de muestras desiguales) se observó que las especies tropicales tienen menor densidad superficial (total y de hojas verdes, **Cuadro 4**). Esto podría explicar el menor peso del bocado de las gramíneas tropicales, que podría originarse en el efecto negativo que provocan los tallos más rígidos sobre el área de bocado.

Valores medios y desvíos estandares de las características de praderas tropicales y templadas y peso del bocado (Hodgson)

Características	Tropicales n =31	Templadas n = 32
1) Biomasa aérea (t MS/ha)		
Total	4.1 (2.12)	4.0 (1.929)
Hojas verdes	2.0(1.15)	1.5 (0.60)*
2) Proporción de hojas verdes	0.5(0.19)	0.5 (0.19)
3) Altura superficial (cm)	39(28)	34 (21)
4) Densidad promedio (mg/cm ³)		
Total	1.2 (0.79)	1.3 (0.36)
Hojas verdes	0.5 (0.27)	0.6 (0.30)
5) Densidad superficial (mg/cm ³)		
Total	0.2 (0.2)	0.3 (0.19)*
Hojas verdes	0.08 (0.07)	0.15 (0.07)**
6) Peso del bocado (mg MO/kg de peso vivo)	1.0 (0.73)	2.0 (0.98)**

(*) diferencias significativas al 5%. (**) diferencias significativas al 1%.
 Los valores entre paréntesis corresponden a los desvíos estándares.

La distribución vertical de la biomasa de las pasturas no es uniforme, presentando las gramíneas una mayor concentración en los horizontes cercanos al suelo y la alfalfa en los horizontes intermedios. Es relevante describir fundamentalmente el horizonte superficial que es el más accesible, pero también es necesario detallar los horizontes inferiores donde el animal puede, en ciertos casos, concentrar su pastoreo o acceder a través de la defoliación progresiva.

Por otro lado, en el **cuadro** se muestra cómo pasturas de igual altura y densidad, que determinan iguales dimensiones del bocado, pueden obtenerse con variaciones en la cantidad y distribución espacial de la biomasa, demostrando lo inadecuado de caracterizar las pasturas a través de valores promedios de biomasa, altura y densidad de forraje, sin considerar la distribución vertical y horizontal en el canopeo.

Ejemplos de pasturas simuladas que varían en altura (h), biomasa (B), biomasa en la mitad superior (Bv) y cobertura (c) pero con igual densidad de forraje en el horizonte superior (d)

h (cm)	B (kg MS/ha)	Bv (*) (%)	c (%)	d (gMS/m ³)
15	500	50	100	333
15	500	25	50	333
15	1000	25	100	333
15	2000	12.5	100	333
20	1000	25	75	333
20	1333	25	100	333
20	1333	20	80	333
20	2000	16.6	100	333
25	1000	25	60	333
25	1000	42	100	333
25	2000	21	100	333
25	2000	10	48	333

(*)Bv: % de la biomasa que se encuentra en la mitad superior de la pastura, utilizado para simular diferencias en la distribución vertical de la biomasa aérea

EFEECTO DEL PESO DEL ANIMAL

Como ya se expuso anteriormente, la densidad del forraje en el horizonte de pastoreo y la altura de la pastura determinan las dimensiones del bocado, pero también se debe tener en cuenta que el área del bocado también depende del peso vivo.

El área de bocado aumenta con la altura de la pastura hasta una altura crítica a partir de la cual se mantiene constante. Por lo tanto, los animales livianos tendrían un menor rango de variación, dado por su menor área máxima e influenciado por la altura y densidad de forraje. Esto podría explicar en alguna medida la falta de respuesta del área al aumento de altura encontrado en pasturas relativamente cortas y densas de raigras y trébol blanco con novillos y toritos de 250 kg.

En función de lo expuesto, se podría esperar que el peso del bocado se relacione con el peso vivo (PV) elevado a una potencia igual a 0.72 ($PV^{0.72}$). Considerando que el ancho de los incisivos se relaciona con el $PV^{0.36}$ y el área se obtiene elevándolo al cuadrado, entonces ésta se relaciona con el $PV^{0.72}$ ($0.36 + 0.36$). Para calcular el peso del bocado el área se multiplica por la profundidad y la densidad del forraje, que son independientes del peso vivo, manteniéndose la relación con el $PV^{0.72}$. Este aspecto podría explicar los resultados de Zoby y Holmes, que no encontraron diferencias de peso de bocado por kg de peso metabólico ($PV^{0.75}$) entre animales de distinto peso vivo (200, 400 y 600kg aproximadamente).

TASA DE BOCADO Y TASA DE CONSUMO

La tasa de bocado y la tasa de consumo están muy relacionadas a través del tiempo necesario (tn) que tarda el animal para ingerir un bocado.

$$\text{Tasa de bocado} = \frac{1}{tn} \quad y$$

$$\text{Tasa de consumo} = \frac{\text{peso bocado}}{tn}$$

Por lo tanto:

$$\text{Tasa de consumo} = \text{Tasa de bocado} \times \text{Peso de bocado.}$$

$$\text{Tasa de bocado} = \frac{\text{Tasa de consumo}}{\text{Peso del bocado}}$$

MECANISMOS QUE DETERMINAN TN

El proceso de pastoreo consiste en la búsqueda de los sitios de alimentación (relevamiento, reconocimiento, decisión) y una vez encontrado el animal, toma uno o más bocados. El tiempo de manipulación del bocado dependerá de las características de éste (reunir el forraje dentro de la boca, arrancar, masticar y tragar).

Se define como sitio de alimentación al lugar donde el animal pastorea sin necesidad de trasladarse (sin mover sus pezuñas) alcanzando el alimento con movimientos de cabeza. Los tiempos de búsqueda y manipulación generalmente se superponen, es decir, el animal continúa la búsqueda de nuevos sitios mientras manipula los bocados.

La tasa de bocado tiene un límite dado por la morfología de las mandíbulas del animal. Presumiblemente cada animal puede mover sus mandíbulas a una velocidad máxima. Por debajo de un cierto nivel máximo, la tasa de bocado está determinada por interacción entre la masticación del animal y la estructura de la pradera.

La masticación y salivación durante la ingestión juegan un papel importante en la reducción del tamaño de partícula para permitir la formación del bolo, que desencadena el reflejo de deglución y para la extracción de los contenidos celulares y exposición de los tejidos a un rápido ataque microbiano en el retículo - rumen.

La tasa de bocado aumenta cuando disminuye la biomasa y la altura de la pastura. Sin embargo, Hodgson no encontró relación entre tasa de bocado y altura de la pastura, y Forbes y Coleman no encontraron relación entre tasa de bocado y biomasa. La tasa de bocado generalmente tiende a disminuir con el incremento de la altura o biomasa a medida que aumenta el peso del bocado, principalmente, porque la relación entre los movimientos de aprehensión y mandibulares totales aumenta a medida que crece el peso del bocado. Por lo tanto, la modificación en la tasa de bocado es una respuesta directa a variaciones en la pastura, más que a un intento del animal por compensar una variación en el peso del bocado.

En los modelos mecanicistas, el análisis de la tasa de consumo y de bocado está basado en la ecuación de disco de Holling, definiéndose la tasa promedio de consumo (TC) en g MS/seg durante el pastoreo como:

$$TC = \frac{PB}{Ts/n + th}$$

Donde **PB** = peso de bocado promedio (MS), **ts** = tiempo de búsqueda promedio de los sitios de alimentación seleccionados (s), **th** = tiempo de manipulación promedio por bocado ingerido (s) y **n** = número de bocados por sitio de alimentación.

La ecuación de Holling deriva de la relación entre depredador carnívoro y su presa, donde el tiempo de manipulación (**th**) y de búsqueda (**ts**) no son simultáneos, mientras que en los herbívoros estas acciones se pueden considerar simultáneas. Esto significa que el animal encuentra el nuevo bocado antes de terminar de masticar el precedente, **ts** se puede omitir. Por el contrario, si el animal termina de masticar un bocado antes de encontrar el próximo, se debe considerar sólo **ts**.

Entonces el tiempo necesario por bocado (**tn**) es:

$$tn = ta + \text{MAX}(tm \times PB, ts/n)$$

donde **ta** = tiempo de aprehensión del bocado (s), **tm** = tiempo de masticación por unidad de peso de bocado (s/gMS), **PB** = peso de bocado (gMS), **ts** = tiempo de búsqueda de los sitios de alimentación (s) y **n** = número de bocados por sitio de alimentación.

El tiempo de aprehensión (**ta**) es el tiempo requerido para reunir el forraje dentro de la boca y arrancarlo, el cual se asume como constante e independiente del peso del bocado.

Esta relación entre el peso del bocado y la tasa de consumo determina un crecimiento asintótico de la tasa frente a aumentos del **PB** (respuesta funcional de tipo II) que ha sido planteada en varios modelos de tasa de consumo en pastoreo, coincidiendo con la evidencia experimental en ovinos y en doce especies de mamíferos herbívoros de distinto peso vivo, entre los que se incluye a los bovinos.

En general, cuando el peso del bocado disminuye, aumenta su tasa, debido a los menores tiempos de masticación, pero como existe un "costo fijo", que es el tiempo de aprehensión, la tasa de consumo se reduce. Este mecanismo explicaría por qué la tasa de bocado no tiene efecto compensador capaz de mantener la velocidad de la ingesta frente a una reducción del peso del bocado.

Laca y otros consideran que debido a que los bovinos utilizan la lengua para cosechar el forraje, no es obvio que el tiempo de aprehensión sea constante frente a variaciones en la estructura de la pastura y el peso del bocado. A través de la observación en "cámara lenta" de sesiones de pastoreo filmadas con video, estos autores determinaron los movimientos mandibulares, la deglución del bolo y los movimientos de la cabeza.

Los movimientos mandibulares se dividieron en tres tipos: a) de aprehensión asociados con la reunión del forraje dentro de la boca pero que no incluían masticación) y otros que no (de aprehensión).

Adaptando la ecuación del tiempo necesario por bocado se propone:

$$\begin{aligned} \text{Si } ta &\geq tm \times PB \\ Tn &= Ta + ts/n \end{aligned}$$

$$\text{Si } t_a < t_m \times \text{PB}$$

$$t_n = t_a + \text{MAX} (t_m \times \text{PB} - t_a, t_s/n)$$

La calidad del bocado puede influir en el tiempo necesario por bocado. Los alimentos más fibrosos requieren mayor tiempo de masticación por unidad de peso y por lo tanto se puede esperar que la relación hoja/tallo, material vivo/ muerto o la madurez de los tejidos influyan en t_m .

La selectividad puede afectar las variables del comportamiento ingestivo. Se asume que cuando el animal pastorea, busca los sitios de alimentación mientras camina. Del total de estos sitios el animal selecciona unos y rechaza otros. Por lo tanto, el tiempo de búsqueda dependerá de la velocidad de traslado, de la cantidad de sitios de alimentación por unidad de superficie y de la selectividad. En pasturas que ofrecen bocados pequeños el tiempo de búsqueda sería limitante, mientras que en aquellas que ofrecen bocados más pesados lo sería el tiempo de masticación y cuando el animal pastorea selectivamente.

La selectividad está muy ligada a la heterogeneidad, ya que para que el animal consuma un determinado alimento y rechace otro, debe ser capaz de diferenciarlo. La heterogeneidad puede ser percibida por el animal a distintos niveles y entonces la selección puede ser a nivel de sitio de alimentación dentro de una pastura, de especies dentro de un sitio o de órganos dentro de una planta. Esto depende de las características del tapiz y de la capacidad de selección del animal (identificación y aprehensión).

En general, hay acuerdo en que los bovinos y ovinos prefieren la hoja al tallo y el material vivo y joven al muerto y maduro. El material seleccionado con respecto al rechazado en general tiene mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y energía bruta, y menor cantidad de fibra). Pero aún no están claros los mecanismos por los cuales el animal decide seleccionar un determinado material y/o rechazar otro, ya sea en respuesta al estímulo de algún sentido (con consecuencias negativas o positivas), por la facilidad para que esas partes sean cosechadas o por una conjunción de los dos aspectos.

Cuando hay exceso de forraje con respecto a la demanda animal y heterogeneidad en calidad o palatabilidad los animales tienen oportunidad de seleccionar cosechando algunas áreas y rechazando otras. Como resultado, en el tapiz se desarrollan manchones de alta cantidad y baja calidad y manchones de baja cantidad y alta calidad y el animal volverá a seleccionar los manchones ya pastoreados. Los manchones de alta cantidad serán subpastoreados. En este caso el comportamiento selectivo es por calidad de forraje, y tiende a acentuar el manchoneo.

Una alta selectividad de la dieta por calidad, puede producir una caída en el consumo total si hay una reducción en el tamaño de bocado que determine una baja tasa de consumo.

En algunos casos a igual biomasa, en las pasturas "manchoneadas" se logran mayores tasas de consumo, tanto con manchones de igual como de distinta calidad, pues el animal selecciona los sitios más altos o densos.

El peso del bocado y la tasa de consumo están directamente relacionados, siendo muy sensibles a cambios en la biomasa aérea, altura, cobertura y densidad de la biomasa de la pastura. Estas características están relacionadas entre sí y la definición de tres de ellas determina el valor de la cuarta, ya que:

$$\text{Densidad de la biomasa (g cm}^3\text{)} = \frac{\text{Biomasa aérea (g cm}^2\text{)}}{\text{Altura (cm) x Cobertura (\%)}}$$

Por lo tanto, la tasa de consumo a una cantidad dada de biomasa de forraje, depende en gran medida de su organización espacial. Las variaciones en la tasa de consumo ante cambios en la densidad, cobertura y altura dependen de que otra variable está asociada. Del análisis del modelo de Ungar Y Noymeir se desprende que un aumento en cualquiera de estas tres características estructurales resulta en un incremento de la tasa de consumo, siempre y cuando esté acompañada por un aumento de la biomasa; que la tasa de consumo aumenta con la cobertura si aumenta la biomasa, pero decrece si el aumento de cobertura determina una reducción de la densidad o de la altura y que hay una relación directa entre la densidad y la tasa de consumo, siempre y cuando no hay una relación directa entre la densidad y la tasa de consumo, siempre y cuando no sea a expensas de la altura.

Desde el punto de vista del manejo de las pasturas y para maximizar la tasa de consumo se puede concluir que para una biomasa dada, es preferible un aumento de la altura y luego de la densidad del forraje. Una mayor cobertura sólo se justifica si va acompañada de un aumento de la biomasa. De este modo se podrían explicar las aparentes contradicciones sobre si el consumo es más alto en pasturas cortas y densas o en altas y ralas, a biomasa constante.

A igual biomasa, en las pasturas con menor cobertura (manchones con forraje y sectores de suelo desnudo) puede aumentar el peso del bocado, debido a una mayor densidad de forraje en los sitios de pastoreo, incrementándose en consecuencia la tasa de consumo. En una pradera con manchones esparcidos y macollos largos los animales alcanzarían una mayor tasa de consumo que en una con macollos cortos y manchones más cercanos, debido a un mayor peso de los bocados seleccionados.

En términos generales, la tasa de consumo es muy sensible a cambios en la altura y la densidad del horizonte de pastoreo a través de un efecto directo sobre el peso del bocado. La cobertura adquiere importancia cuando los bocados son pequeños y el tiempo de búsqueda limita la tasa de consumo.

TIEMPO DE PASTOREO

El rango de tiempo de pastoreo registrado en ganado de carne es de 4 y 14 horas diarias, con el mayor número de observaciones entre 7 y 11. El promedio de tiempo de pastoreo es mayor en ganado de carne que en vacas lecheras, posiblemente como consecuencia del tipo de pasturas asignadas a cada uno.

En general, el tiempo de pastoreo aumenta a medida que disminuye la biomasa o la altura de la pastura, pero puede no haber respuesta a variaciones en biomasa, o esa respuesta ser curvilínea, donde el tiempo de pastoreo máximo se obtiene con cantidades intermedias de biomasa.

Para mantener un determinado nivel de consumo diario de forraje los animales son capaces de modificar su comportamiento ingestivo. Ellos tienden a compensar una baja tasa de consumo aumentando el tiempo de pastoreo diario y de este modo, la ingesta diaria es menos sensible que la tasa de consumo frente a condiciones limitantes de la pastura. No obstante el grado de compensación en algunos casos es insuficiente y en otros despreciable.

Se puede considerar que el tiempo de pastoreo está limitado por:

1. La biomasa disponible por animal y por día.
2. Los controles físicos y metabólicos.
3. El tiempo máximo de pastoreo diario.

En los casos a y b el tiempo de pastoreo puede considerarse como una variable dependiente. El animal aumenta su tiempo de pastoreo, a una tasa de consumo dada, en respuesta a una mayor biomasa disponible o por su mayor capacidad de consumo. Por lo tanto, la variación del tiempo de pastoreo – como ya fue planeado para la tasa de bocado- no sería un mecanismo de compensación, sino una respuesta a variaciones en la pastura.

El tiempo máximo de pastoreo (caso c) se refiere a las situaciones con baja tasa de consumo, donde aparentemente no actuarían los controles físicos y metabólicos. En estos casos para explicar el tiempo de pastoreo, se ha especulado con efectos de fatiga o de la necesidad de disponer de tiempo para otras actividades. Los mecanismos que lo regulan, aun no son bien conocidos y esto limita la predicción del consumo a partir del comportamiento ingestivo, así como el desarrollo de modelos de simulación.

A pesar de la importancia del tiempo de pastoreo, no están claros los mecanismos que determinan su duración, su periodicidad, su relación con otras actividades y su sensibilidad a los ritmos circadianos. El problema es más complejo cuando se considera que el tiempo de pastoreo diario es la suma de los turnos de pastoreo y que diferentes factores pueden controlar cada una de las comidas a lo largo de un mismo día, actuando más de un factor a la vez.

CONCLUSIONES

Se necesita investigación más profunda para dilucidar los complejos mecanismos que regulan el consumo y la forma en que los distintos factores pueden accionar e interactuar con distintas dietas.

La complejidad del comportamiento ingestivo y el consumo en pastoreo, así como de las interacciones entre los componentes de las pasturas limitan la capacidad de los enfoques empíricos en la comprensión de la dinámica de los sistemas.

Los avances de la investigación del consumo en pastoreo pueden alcanzarse con el estudio de los mecanismos a un nivel muy detallado (reduccionista), si luego sus resultados se integran y sintetizan a una escala de espacio y tiempo acorde a las necesidades de los sistemas reales de producción. Una metodología muy importante para abordar y resolver esta problemática es el uso de modelos de simulación, fundamentalmente los mecanicistas, los cuales presentan distintos niveles de agregación, utilizando las relaciones de un nivel inferior para explicar el comportamiento del sistema a un nivel superior. De esta manera, contribuirán a la comprensión de las limitantes al consumo impuestas por la estructura de la pastura y su interacción con el animal en un amplio rango de situaciones, siendo una herramienta que permitiría a los investigadores verificar resultados y plantear nuevas hipótesis. Si además estos modelos demuestran una buena capacidad predictiva pueden simplificarse y utilizarse en extensión y asesoreamiento.

Existe abundante información sobre las dimensiones del bocado y los factores que la determinan, lo que permitiría realizar predicciones con cierta confianza. Por lo tanto el esfuerzo en la experimentación debería dirigirse hacia el porqué y dónde se va a producir ese bocado.

Resulta insuficiente caracterizar las pasturas a través de datos globales de biomasa aérea total, altura del canopeo y digestibilidad cuando se trata de estimar el comportamiento ingestivo o el consumo en pastoreo.

Una correcta estimación de la densidad del forraje en el horizonte de pastoreo es muy importante ya que junto a la altura, será determinante del área, profundidad y peso del bocado. Se debe tener en cuenta no sólo la biomasa aérea y la altura, sino también la distribución horizontal de la pastura, a través de la cobertura. Si una misma bio-

masa se encuentra concentrada en poca superficie por la existencia de parte del terreno sin vegetación, la densidad del forraje será mayor que la densidad que resultaría de considerar la totalidad de la superficie.

Conocer la profundidad del bocado es muy importante ya que está directamente relacionada con la fracción de la altura de la pastura que el animal explora cuando pastorea. Si se pudiera predecir la profundidad del bocado, se podrían caracterizar las facturas en función de los horizontes de pastoreo. En principio, la descripción de las pasturas que son utilizadas por bovinos, podría realizarse en forma independiente al peso del animal y en sucesivos estratos iguales al 50% de la altura de la pastura.

En el caso de gramíneas se tendría que considerar la altura del ápice o la altura del pseudotallo debido a su potencial influencia sobre las dimensiones del bocado.

La estrecha relación e interdependencia entre biomasa, altura, cobertura y densidad determina que no es factible cambiar una sola variable sin modificar al menos una de las restantes. Por lo tanto, es muy difícil imaginar los efectos de los cambios en una variable. Situaciones aparentemente similares pueden determinar comportamientos muy distintos y viceversa, situaciones aparentemente distintas, comportamientos muy similares.

El animal debería caracterizarse no sólo por el peso vivo, sino también por el tamaño corporal (frame), sexo y estado corporal, y de esta manera considerar variaciones en el peso adulto para ajustar el cálculo de área y peso de bocado y tasa de consumo.

Volver a: [Manejo del alimento](#)