

IV. EL VALOR NUTRITIVO DE LOS ENSILAJES

HERNÁN FELIPE ELIZALDE

INTRODUCCIÓN

El valor nutritivo de los ensilajes está determinado principalmente por la composición del forraje al momento de la cosecha y por las modificaciones químicas que toman lugar durante el proceso de ensilado. El valor nutritivo del ensilaje es siempre menor en relación al material de origen, siendo la magnitud de estos cambios dependiente de las medidas que se adopten para conducir el proceso de conservación técnicamente en la forma más adecuada.

Considerando el valor nutritivo como una función del consumo voluntario, digestibilidad y eficiencia de utilización de los nutrientes digeridos (Wernli, 1975a), se discuten a continuación algunos factores que afectan el valor nutritivo de los forrajes conservados como ensilaje.

1. - CONSUMO VOLUNTARIO Y COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE LOS ENSILAJES

En todos los sistemas de producción animal, el límite en el consumo de nutrientes está dado por el consumo voluntario que haga el animal. En el caso de los ruminantes, el uso de forrajes voluminosos está estrictamente limitado por aspectos del consumo voluntario.

La biología del consumo voluntario es compleja, pero está claro que interactúan factores relacionados con el animal, el alimento y el ambiente (Faverdin, 1985).

Existe bastante información relacionada a cuánto alimento consume un rumiante. Sin embargo, muy poco o casi nada se sabe cómo es consumido este alimento. Esto tiene repercusiones en la fisiología digestiva y en la tasa de entrega de nutrientes al organismo.

En este sentido, la cantidad total de alimento consumido por un rumiante en un determinado período de tiempo, depende de la frecuencia de alimentación, la duración de cada ingesta y de la tasa de ingestión durante cada comida (Bines, 1976).

Rook (1991), señala que existe un gran número de ecuaciones de predicción del consumo voluntario en la literatura. Estas funcionan relativamente bien para dietas basadas en forrajes secos, como es el caso del heno.

Sin embargo, no funcionan adecuadamente para el caso de dietas basadas en ensilajes. Cabe destacar que los ensilajes tienen una gran variabilidad en su composición química como resultado de los diferentes modelos de fermentación, por lo que la predicción del consumo en dietas basadas en ensilajes, es particularmente problemática.

Existe un gran volumen de información que indica que el consumo voluntario de ensilajes de pradera es menor que el consumo de la pradera fresca del cual se hizo, o incluso del heno hecho de la misma pradera (Moore *et al.*, 1960; Gordon *et al.*, 1961; Harris y Raymond, 1963; Demarquilly, 1973).

Al respecto, cabe señalar que esta disminución en el consumo voluntario de los forrajes ensilados va normalmente aparejado de cambios en el comportamiento ingestivo del animal (Cuadro 1). Estos resultados indican que un bajo consumo de ensilaje está asociado a un determinado comportamiento ingestivo. En general, los animales que consumen ensilaje ocupan más tiempo comiendo y tienen un mayor número de pequeñas comidas durante el día en comparación a aquéllos que consumen pasto fresco.

Factores asociados con el proceso de conservación y a los productos finales de la fermentación de los ensilajes revisten una considerable importancia en la disminución del consumo voluntario. (Dulphy y Demarquilly, 1991).

Cuadro 1. Consumo de materia seca y comportamiento del consumo en vaquillas alimentadas con forraje verde (pasto) y el correspondiente ensilaje con o sin la adición de ácido fórmico.

	Pasto fresco	Ensilaje bajo consumo (Sin tratar)	Ensilaje alto consumo (Con Ac. fórmico)
Consumo (Kg M.S./día)	7,7	5,7	7,1
Tiempo diario de consumo (Minutos)	410	450	402
Velocidad de consumo (Gr. M.S./mín)	19	13	18
COMIDAS PRINCIPALES :			
Número de comidas/24 h	2	2	2
Consumo M.S./comida (Kg)	1,8	1,0	1,5
COMIDAS PEQUEÑAS :			
Número de comidas/24 h	7,4	8,2	7,4
Consumo M.S./comida (Kg)	0,6	0,5	0,6

Fuente: Adaptado de Dulphy, Michalet-Doreau y Demarquilly (1984)

De acuerdo a Mc Clymont (1967), en rumiantes, el consumo de materia seca en un determinado período de tiempo es la consecuencia del balance entre los factores de inhibición y los factores de estímulo. Entre los factores de inhibición se encuentran aquellos estímulos fisiológicos dentro del tracto digestivo que contribuyen al desarrollo de la saciedad.

Por otro lado, se encuentran aquellos factores relacionados a efectos pregástricos, especialmente las sensaciones organolépticas que actúan iniciando el consumo.

1.1 Factores de inhibición del consumo

Las consecuencias post-ingestionales determinan en gran medida cuánto de un determinado ensilaje será consumido. Las señales que se originan en el tracto digestivo causadas por llenado, concentración osmótica o estímulo químico específico son transmitidas al cerebro, para ser integradas con otras señales, a fin de producir una respuesta (Rayner, 1992).

Algunas características químicas y físicas de los ensilajes que actúan como factores de inhibición del consumo voluntario se discuten a continuación.

a) Características químicas

Algunos compuestos asociados a la fermentación del forraje han sido identificados como principales agentes implicados en el control del consumo voluntario de ensilajes, éstos son; (1) la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), (2) concentración de aminas y (3) concentración de nitrógeno amoniacal.

- Concentración de ácidos grasos volátiles (AGV)

La concentración de AGV en el rumen aumenta naturalmente durante el consumo de alimentos, a consecuencia de la fermentación de éstos. Con dietas en base ensilajes, se ha demostrado que la concentración de AGV en el rumen se incrementa a una tasa mucho mayor que con dietas en base a pasto fresco o heno, debido precisamente a que constituyen los productos cuantitativamente más importantes de la fermentación del forraje. Al respecto, existe una serie de estudios en los cuales se han relacionado estos componentes con el consumo voluntario de ensilajes. En general se ha encontrado que los contenidos de ácidos grasos volátiles, además del contenido total de ácidos se relacionan negativamente con el consumo voluntario de ensilajes. (Figura 1). Esto ha sido demostrado en vacas lecheras, animales de carne y ovejas (Wilkins *et al*, 1971 y 1978; Gill *et al*, 1988, Elizalde, 1993).

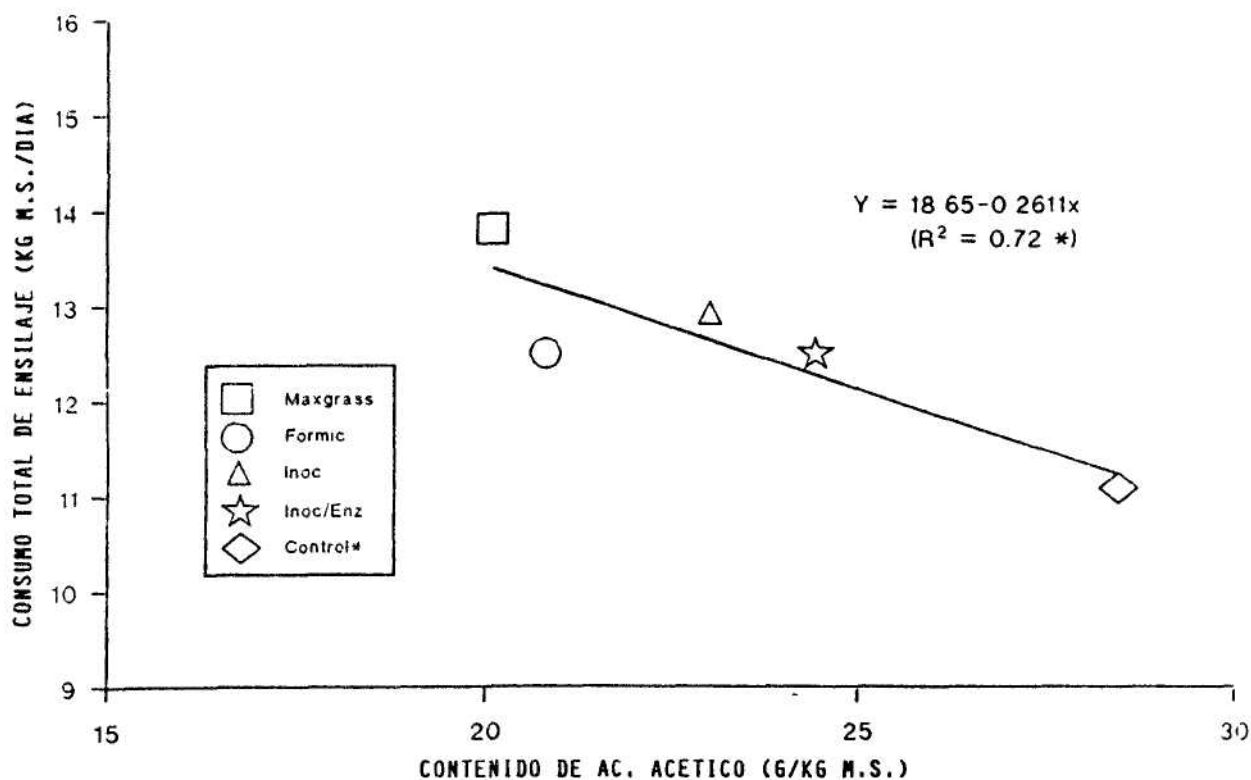


Figura 1. Relación entre contenido de ácido acético (g/Kg M.S.) y consumo total de ensilaje.
Fuente : Elizalde (1993)

A determinados niveles de AGV en el rumen se gatilla un mecanismo, a través de ciertos receptores en el tracto digestivo, que conlleva finalmente a una inhibición del consumo voluntario. Existe evidencia reciente (Faverdin, 1990, Elizalde, 1993), que indica que la reducción en el consumo de materia seca en vacas lecheras en presencia de un suministro de AGV se debe a una baja tasa de consumo inicial. Esta menor tasa de consumo ocurre 1-3 horas desde que se inicia el consumo de ensilaje y no son compensados durante el resto del día.

Es así como todas las medidas que llevan a una baja rápida del pH durante los primeros estados del proceso de ensilado, conducirán a que la fermentación sea menos extensa y no se produzca una gran cantidad de AGV. Por otro lado existen estrategias específicas en la confección de ensilajes, como es la utilización de ácidos orgánicos (ej. ac. fórmico) que restringen la fermentación del ensilaje, produciéndose una menor cantidad de AGV.

- Contenido de aminos

Tal como fue señalado anteriormente, la fracción nitrogenada del forraje sufre una serie de cambios durante el proceso de ensiladura (Mc Donald et al. 1991). Estos cambios comienzan apenas el pasto es cortado y continúan durante la fase anaeróbica del proceso de ensilado. Entre un 40 - 60% de la proteína del ensilaje es transformada por acción de las enzimas de las plantas en peptidas y aminoácidos libres. Algunos microorganismos proteolíticos continúan la transformación de estos compuestos, convirtiéndolos en aminos y nitrógeno amoniacal. En consecuencia, existen una serie de aminos que se forman en este proceso de destrucción de las proteínas, destacándose entre otras, la presencia de histeminas, putrescinas y cadaverina. Se ha demostrado que la presencia y el grado de concentración de estas aminos en los ensilajes tiene una clara y potente capacidad de inhibir el consumo voluntario (Buchanan-Smith y Phillip, 1986).

Al respecto, Macpherson y Violante (1966) demostraron que el factor más importante que controla el contenido de aminos en los ensilajes es la rapidez con la que se logra una baja en el pH durante los primeros estados del proceso de ensilado. Es por esta razón que en ensilajes hechos con cultivos de una alta capacidad tampón, como es el caso de la alfalfa, es corriente encontrar altos contenidos de aminos.

- Contenido de nitrógeno amoniacal

El nitrógeno amoniacal es producido durante la fermentación de los ensilajes debido a la acción proteolítica de microorganismos del género Clostridium y Enterobacteria (Mc Donald et al., 1991).

En general se ha encontrado que el contenido del nitrógeno amoniacal de los ensilajes, expresado como porcentaje del nitrógeno total, se correlaciona negativamente con el consumo voluntario (Cuadro 2), (Wilkins et al., 1971 y 1978; Lewis, 1981; Gill et al., 1988, Thomas y Fisher, 1991).

Cuadro 2. Relación entre contenido de nitrógeno amoniacal y consumo relativo de ensilaje.

Nitrógeno Amoniacal (% Nitrógeno total)	Consumo relativo
Menos de 5%	100
5 - 10 %	98
10 - 15 %	95
Más de 15%	90

Fuente : Thomas y Fischer (1991).

Sin embargo, cabe destacar que no existe evidencia de que el nitrógeno amoniacal per se tenga un efecto negativo en el consumo voluntario de los ensilajes (Rook, 1991). El nitrógeno amoniacal es uno de los principales substratos nitrogenados para el crecimiento de los microorganismos ruminales.

Se ha llegado a la conclusión de que el efecto del nitrógeno amoniacal sobre el consumo voluntario de ensilajes se debe a que éste a la vez se relaciona normalmente con altas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) y con otros compuestos nitrogenados, producto de la descomposición de las proteínas, como es el caso de las aminas.

En general se puede concluir en forma práctica que el contenido de nitrógeno amoniacal de los ensilajes, expresados como porcentaje del nitrógeno total, puede proporcionar un índice para separar ensilajes de bajo consumo, de ensilajes bien fermentados que tendrían mejor consumo (Thomas y Thomas, 1985).

b) Características Físicas

Dos características que revisten especial importancia en el control del consumo voluntario de ensilaje han sido objeto de amplios estudios, éstas son: (1) el contenido de materia seca de los ensilajes y (2) el tamaño de picado. Cabe hacer mención de que estas características además tienen repercusión en la composición química de los ensilajes.

- Contenido de materia seca

En general, se ha establecido que existe una relación positiva entre el contenido de materia seca de los ensilajes y el consumo voluntario (Mc Donald, 1981). Por ejemplo, Rohr y Thomas (1984) y posteriormente Gordon (1988), al comparar una serie de experimentos que involucraban el uso de ensilajes premarchitos y de corte directo en vacas lecheras, concluyeron que al premarchitar, el consumo voluntario de ensilajes aumentaba entre un 4 - 6 %. Sin embargo, los mecanismos que explican el efecto del aumento del contenido de materia seca del ensilaje sobre su consumo voluntario no están claramente establecidos. El contenido de agua per se parece tener muy poca influencia (Mc Donald et al, 1991). El aumento en el consumo voluntario sería entonces indirecto, se postula que un aumento en el contenido de materia seca actuaría principalmente restringiendo la intensidad de la fermentación, retardando la actividad de los microorganismos especialmente los clostridios. Esto lleva a una reducción de la concentración de ácidos totales y a una disminución del contenido de nitrógeno amoniacal.

La respuesta de un aumento en el consumo voluntario al premarchitar debe ser entonces interpretada como un efecto sobre el mejoramiento en la calidad de la fermentación más que a un efecto en el incremento de materia seca per se.

Es importante señalar además, que en la mayoría de los experimentos revisados, este aumento del consumo de materia seca no se ve reflejado en un aumento de la producción de leche o carne.

- Tamaño de picado

En general, se ha sugerido que el consumo voluntario de ensilajes puede ser incrementado al disminuir el tamaño de picado, siendo este incremento un reflejo de una mejor fermentación en el silo y de un incremento en la tasa de pasaje del material a través del tracto digestivo (Forbes, 1986).

Sin embargo, se ha demostrado que existen pocos efectos sobre la fermentación del ensilaje debido al tipo de cosechadora en silos grandes de explotaciones comerciales (> 80 - 100 ton.), excepto en el caso de ensilajes muy premarchitos en que un tamaño de picado menor ayuda a la compactación (Marsh, 1978).

El tamaño de picado tiene importancia debido a una restricción física del consumo, asociada a dificultades en el proceso de regurgitación de material de tamaño de partícula grande. Este efecto benéfico del tamaño de picado es especialmente importante para el caso de los ovinos.

En bovinos el efecto del tamaño de picado es importante, pero significativamente menor que para el caso de los ovinos. Gordon (1985) señala que al menos en vacas lecheras, el efecto benéfico de un menor tamaño de picado será más evidente mientras más bajo sea el nivel de suplementación con concentrados.

De acuerdo a diversos estudios relacionados al comportamiento ingestivo de ensilajes con diferentes tamaños de picado, una de las principales razones para un menor consumo de los ensilajes con un tamaño de picado largo, es que éstos son consumidos más lentamente, (Cuadro 3), (Dulphy, Michalet-Doreau y Demarquilly, 1984; Elizalde, 1993).

Cuadro 3. Efecto del sistema de cosecha de ensilajes sobre el consumo voluntario, comportamiento ingestivo y producción de leche.

	Corte simple	Corte de precisión
Tamaño de picado (mm)	92	40
Tamaño de comidas/día	9,4	9,0
Tamaño de comida (Kg.m.s.)	1,02	1,16
Velocidad de ingestión Promedio (g m.s./min)	53,6	58,6
Velocidad de ingestión durante la primera comida del día (g m.s./min)	79,3	85,3
Consumo de materia seca (Kg. m.s./día)	9,4	10,2
Producción de leche (Kg/día)	16,7	17,7

Fuente: Elizalde (1993).

Sin embargo, el hecho de que las partículas desalojen el rumen a una determinada densidad funcional, cuando hayan sido reducidas a un tamaño crítico, también explica la reducción en el consumo. Toma más tiempo reducir partículas largas, reduciendo así el flujo ruminal y consecuentemente, reduciendo el consumo total (Teller *et al.*, 1990).

Al respecto cabe señalar que estudios recientes (Deswysen y Ellis, 1990), postulan que animales de alta capacidad de ingestión son más eficientes en su proceso de rumia teniendo la capacidad de anular el efecto negativo del tamaño de partícula y densidad, logrando un mayor flujo ruminal.

1.2. Factores que estimulan el consumo voluntario de ensilaje

Entre los factores de estímulo del consumo se destacan los relacionados a la palatabilidad del alimento. Los rumiantes usan sus sentidos: olfato, gusto, tacto y vista para evaluar la palatabilidad relativa de los distintos alimentos. Esto es especialmente válido a pastoreo, cuando ciertas plantas son escogidas y otras rechazadas. Cuando no hay posibilidad de elección, como es el caso de animales estabulados, la tasa de consumo se ve afectada, (Demarquilly, 1980). Este autor señala que el menor consumo de los forrajes ensilados no se debe a efectos de llenado del rumen, el cual es menor para el caso de pasto fresco, sino que se debe a una menor tasa de ingestión la que refleja una menor palatabilidad, relacionada a la presencia de productos de fermentación que entregaría olores y sabores desagradables en el ensilaje.

La importancia de la palatabilidad en determinar el consumo voluntario ha sido frecuentemente subestimada. Tal como se señaló anteriormente, el consumo voluntario del pasto fresco es mayor que el consumo del mismo pasto ensilado, siendo estas diferencias en consumo reflejadas en diferentes patrones de comportamiento ingestivo. Los ensilajes con alto potencial de consumo, se destacan por tener un comportamiento ingestivo caracterizado por un relativo menor número de comidas de gran volumen durante el día, acompañado de altas tasas de ingestión. Cabe hacer notar que es la tasa de consumo, especialmente aquella registrada durante las primeras comidas del día la que difiere principalmente, observándose una mayor tasa de ingestión para el caso de pasto fresco o de ensilajes de fermentación restringida y con una mayor cantidad de carbohidratos solubles residuales. (Cuadro 4). Cabe hacer mención que la relación positiva entre una alta tasa de consumo del ensilaje y el consumo total de materia seca ha sido observado por varios autores, (Baumont, Seguíer y Dulphy, 1990; Elizalde, 1993), señalándose como una respuesta a una mayor palatabilidad. (Figura 2).

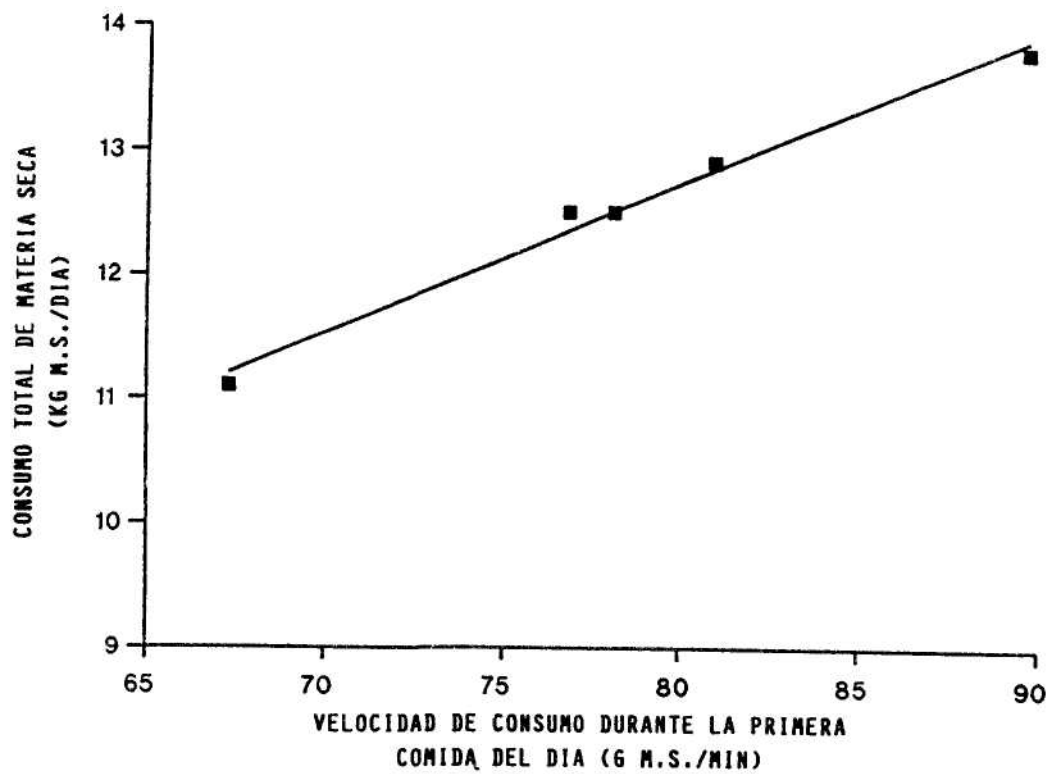


Figura 2. Relación entre velocidad de consumo durante la primera comida del día y consumo total del ensilaje (Kg M.S./día).

Fuente : Elizalde (1993)

Cuadro 4. Efecto de la intensidad de fermentación del ensilaje con la composición química, comportamiento ingestivo, consumo de materia seca y respuesta productiva en vacas lecheras.

	GRADO DE FERMENTACIÓN EN EL ENSILAJE		
	Extensiva	Moderadamente restringida	Restringida
Contenido de m.s.(%)	20	20,5	21,1
<u>Composición de la m.s. (%)</u>			
Proteína cruda	16,0	16,1	17,0
Nitrógeno amoniacal	7,5	6,0	6,8
pH	3,70	3,73	3,86
Acido láctico	13,1	9,1	5,0
Carbohidratos solubles	0,7	1,1	4.5
F.D.A m.	31,0	30,8	30,5
A.G.V.	3,1	2,5	2,3
<u>Comportamiento ingestivo y consumo de m.s.</u>			
Número de comidas/día	11,0	9,8	9,7
Tamaño de comidas (Kg/m.s)	1,0	1,3	1,4
Tasa de consumo (g m.s./min)	46,5	56,2	63,2
Consumo diario de m.s	11,1	12,5	13.3
<u>Respuesta productiva</u>			
Producción de leche (lt/día)	21,9	23,5	24,0
Sólidos:grasa,proteína y lactosa (Kg/día)	2,50	2,78	2,90

Fuente: Elizalde (1993).

2.- DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad de los forrajes ensilados depende fundamentalmente de la digestibilidad del cultivo original (Thomas y Thomas , 1985).

Mc Ilmoyle (1977) señala que el factor más importante que se encuentra afectando la respuesta animal al uso de ensilaje es el estado fenológico al corte en el cual la pradera es cortada.

De acuerdo con Mather et al (1959), el estado de desarrollo de la planta en el momento de la cosecha, es más importante que el método de cosecha y almacenamiento. De ahí entonces que una consideración realmente significativa a tener en cuenta para obtener el mejor resultado de los procesos de ensiladura, sea cosechar cada cultivo en la etapa de madurez más apropiada (Carámbula, 1977).

La mayoría de los autores coinciden en que el estado fenológico óptimo para cortar las gramíneas para ensilaje debiera ser el estado de emergencia de espiga (Demarquilly y otros, 1982; Emhart y otros, 1978). Al respecto, Gillet (1984), indica que el estado de espiga a 10 cm. (expansión de la bota), marca límite inferior y el comienzo de espigado, el límite superior.

En el Cuadro 5 se presenta el rendimiento de materia seca al corte de una pradera de ballica perenne con trébol blanco y la composición química del material ensilado en cinco estados fenológicos diferentes (Elizalde y otros, 1992).

Cuadro 5. Rendimiento de m.s. al corte y composición química del ensilaje obtenido al cosechar una pradera de ballica perenne con trébol blanco en cinco estados de madurez.

Estado Fenológico	1	2	3	4	5
Días de rezago	54	63	79	94	113
Rendimiento de m.s. (ton/ha)	3,4	5,1	7,3	7,8	6,7
Porcentaje de m.s.	17,4	17,7	20,2	26,1	40,5
Proteína total (%)	18,3	15,1	12,3	10,9	8,8
Digestibilidad <u>in vitro</u> (% BMS)	71,2	67,3	57,3	53,0	51,0

- * Estado fenológico
1. Bota
 2. Inicio de espigadura
 3. Inicio de floración
 4. Grano acuoso-lechoso
 5. Grano harinoso-duro

Fuente: Adaptado de Elizalde y otros (1992).

Como es posible observar, tanto la digestibilidad como la proteína decaen a medida que avanza la madurez de la pradera, a la vez el rendimiento por corte va en aumento. También se observa que a medida que avanza el estado de madurez de la pradera, aumenta el porcentaje de materia seca.

Este efecto detrimental del avance de la madurez de la pradera en la calidad de la materia seca ha sido reconocido tempranamente por varios autores (Minson, Raymond y Harris, 1960; Lanigan y Catchpoole, 1962; Dent y Aldrich, 1968). Sin embargo, existe un menor volumen de información referente a esta variación de la calidad del ensilaje en la respuesta animal.

Al respecto, Mc Ilmoyle (1976), al comparar ensilajes provenientes de una pradera de ballica perenne cosechada en dos estados de crecimiento, obtuvo que la digestibilidad de la materia seca disminuyó en el corte más tardío y que el consumo de materia seca fue mayor en el ensilaje cortado temprano. A la vez, las ganancias de peso vivo fueron mayores al cosechar tempranamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto del estado de madurez sobre la digestibilidad en la m.s., consumo voluntario y respuesta animal.

Días de rezago	Digestibilidad de la m.s.(%)	Consumo voluntario (Kg m.s/día)	Ganancia de peso vivo (Kg/día)
42	70	4,6	0,73
63	62	4,5	0,50

Fuente: Adaptado de Mc Ilmoyle de (1976).

Siebald y otros (1993), informa de incrementos de peso vivo de 0,731 Kg/día al cosechar tempranamente con rezagos de 45 días, versus incrementos de peso vivo de 0,379 Kg/día el utilizar un ensilaje con un rezago de 70 días (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de los días de rezago en la calidad nutritiva de ensilajes de pradera y en la respuesta animal.

Días de rezago	Composición química	Consumo voluntario (Kg m.s./animal/día)	Ganancia de peso vivo (Kg P.V./día)
70	M.S. (%)	20,1	0,379
	P.C. (%)	13,15	
	Valor "D"	62,2	
	PH	3,94	
	N-NH ₃	9,69	
45	M.S. (%)	17,1	0,731
	P.C. (%)	17,1	
	Valor "D"	66,8	
	PH	3,91	
	N-NH ₃	7,89	

Fuente: Siebald y otros (1993). Comunicación personal.

En conclusión, entre los factores más importantes que se encuentran afectando el valor nutritivo de los ensilajes de pradera se destaca el valor de digestibilidad, el que está determinado por el estado de crecimiento en que el pasto es cosechado.

Cabe considerar que el proceso de fermentación también puede afectar la digestibilidad del ensilaje, lo que depende de las características de la fermentación (Mc Donald *et al.*, 1991). Al respecto, la intensidad y características del proceso de fermentación del forraje es variable, dependiendo, entre otros, del contenido de humedad del material ensilado, tipo de silo y grado de compactación.

Fermentaciones caracterizadas por un sobre calentamiento o con pérdidas de lixiviación muy elevadas a través de efluentes, pueden reducir la digestibilidad de la materia orgánica y proteína.

Se concluye que la digestibilidad de los forrajes ensilados depende fundamentalmente de la digestibilidad del forraje originalmente cosechado.

Factores inherentes al proceso de ensiladura tales como el contenido de materia seca del forraje, sistema de ensiladura, temperatura del proceso, pueden afectar la digestibilidad de la materia seca en forma variable, aunque a menudo se observa que la digestibilidad de los ensilajes es inferior en comparación al forraje fresco.

3.- EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DE LOS NUTRIENTES EN LOS ENSILAJES

En general, al comparar la eficiencia de utilización de la energía metabolizable de los ensilajes con la del mismo forraje fresco o preservado en otras formas, los resultados han sido variables, sin embargo con frecuencia se observa que no difieren mayormente en términos de eficiencia de utilización (Mc Donald *et al.*, 1991, Wernli, 1975b).

En contraste a lo anterior, la eficiencia de utilización de la fracción nitrogenada, es inferior en el ensilaje que en el forraje fresco o en el heno. Esto se debe principalmente a la degradación que sufren las fracciones proteicas y energéticas del ensilaje.

Tal como se indicó anteriormente, el nitrógeno del pasto fresco se encuentra 75 y 90% como proteína. En el proceso de fermentación, la proteína es hidrolizada, por acción de las enzimas de las plantas convirtiéndose en nitrógeno no proteico y en consecuencia reduciéndose el contenido de proteína verdadera en un 50 - 60%, incluso en ensilajes bien preservados (Mc Donald *et al.*, 1991).

Al respecto, en el Cuadro 8 se resumen los principales factores que afectan la solubilización de la proteína en los ensilajes.

Cuadro 8. Principales factores que afectan la solubilización de la proteína en ensilajes.

<u>FACTOR</u>	<u>EFEECTO</u>
Especie cosechada	La proteína de leguminosas, especialmente la de alfalfa, es más rápidamente solubilizada en el silo.
Temperatura de ensilaje	La tasa de solubilización se duplica con un incremento de 11°C en la temperatura.
Contenido de M.S.	La solubilización es más rápida con ensilajes de corte directo (20% M.S.); la solubilización se reduce en un 60% con un contenido de M.S. de 50%.
pH	La solubilización es más rápida a pH 6; ésta se disminuye en un 85% a pH 4.
Tiempo en el silo	Las proteasas pierden su actividad luego de 1-2 semanas en el silo. La mayor solubilización ocurre durante los primeros días de ensilado.

Fuente: Adaptado de Pitt (1990).

En ensilajes bien fermentados, este nitrógeno está constituido principalmente por aminoácidos libres. Sin embargo, con ensilajes mal preservados, los aminoácidos son degradados por microorganismos del género Clostridium y Enterobacteria, produciéndose elevadas concentraciones de amidas, aminas y amoníaco.

El resto de proteína verdadera que queda en el ensilaje es parcialmente degradada a nivel ruminal, quedando en una situación de alta solubilidad.

Debido a que una gran proporción de los compuestos nitrogenados de los ensilajes son no proteicos y solubles, éstos son rápidamente degradados en el rumen, produciéndose una alta concentración de nitrógeno amoniacal, mostrando valores extremos altos inmediatamente después de ingerido el ensilaje. La eficiencia con que el nitrógeno del ensilaje es convertido en proteína microbial depende del balance entre las tasas de liberación y asimilación del amoníaco. Si la tasa de liberación de amoníaco es más rápida que la tasa de asimilación, el exceso de amoníaco será absorbido por las paredes del rumen, transportado por la sangre, llevado al hígado y convertido en urea, la que generalmente será excretada en la orina.

Relacionado a una óptima utilización del amoníaco del ensilaje por parte de los microorganismos del rumen se encuentra la presencia de una fuente energética adecuada. Las fuentes de energía disponibles en el ensilaje no son las ideales, ya que la mayor parte de los carbohidratos solubles ya han sido transformado a productos finales de la fermentación, como es el caso de los ácidos grasos volátiles para los microorganismos.

Solamente un tipo de ácido láctico producido en la fermentación de ensilajes de buena calidad aparece como fuente energética adecuada, además de los carbohidratos residuales para el caso de ensilajes de fermentación restringida.

En consecuencia, debido a la rápida liberación de amoníaco en el rumen, combinado con una deficiente fuente energética, la eficiencia de utilización de la proteína en dietas basadas en ensilaje es menor que cuando se utiliza pasto fresco o heno.

Al respecto, surge como acción lógica la suplementación con una fuente energética adecuada a las dietas base ensilaje, a modo de optimizar la utilización del nitrógeno.

4.- CONCLUSIONES

- Entre los componentes del valor nutritivo de ensilajes se destaca como el más limitante el consumo voluntario. Las características de una fermentación extensiva de los ensilajes, como lo son altas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV), aminos y nitrógeno amoniacal, se encuentran actuando como factores de inhibición del consumo voluntario. Además, entre las características físicas de los ensilajes, tamaños de picado muy largos inhibirían el consumo voluntario.

Por otro lado, entre los factores de estímulo se destaca la palatabilidad del ensilaje, donde ensilajes de fermentación restringida y mayor concentración de carbohidratos solubles residuales estimularían el consumo voluntario.

Las estrategias que se adopten para lograr ensilajes de alto potencial de consumo voluntario son diversas. Sin embargo, la aplicación de los principios básicos del ensilaje como son el establecimiento de condiciones anaeróbicas lo más rápidamente y minimizar la respiración en la masa ensilada revisten una fundamental importancia.

- La digestibilidad de los forrajes ensilados, depende fundamentalmente de la digestibilidad del forraje originalmente cosechado, siendo mayor la digestibilidad cuanto más temprano sea el estado de crecimiento en que se cosecha, para el caso de praderas. Cabe señalar que también el proceso de conservación puede alterar la digestibilidad del material ensilado.

- La eficiencia de utilización de la proteína en los ensilajes es generalmente inferior que para otros sistemas de conservación o el pasto fresco. Esto se debe a la condición degradada en que se encuentra la fracción proteica y energética del ensilaje.

Existen estrategias específicas para modificar esta degradación proteica como por ejemplo, una rápida reducción del pH de la masa ensilada o un aumento en el contenido de materia seca.

LITERATURA CITADA

- BAUMONT, R.; SEGUIER, N. y DULPHY, J.P. (1990). Rumen fill, forage palatability and alimentary behaviour in sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 115: 277-284.
- BINES, J.A. (1976). Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production. *Livestock Production Science*, 3:115-128.
- BUCHANAN-SMITH, J.G. y PHILLIP, L.E. (1986). Food intake in sheep following intraruminal infusión of extracts from lucerne silage with particular reference to organic acids and products of protein degradation. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 106: 611-617.
- CARAMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Editorial Don Orione. Uruguay. 464 p.
- DEMARQUILLY, C. (1973). Composition chimique, caractéristiques fermentaires, digestibilité et quantité des ensilages de fourrages: modifications par rapport au fourrage vert initial. *Annales de Zootechnie*, 22 (I): 1-35.
- DEMARQUILLY, C. (1980). Palatability and flavour in ruminant feeds. In: H. Bickel (ed.), *Palatability and Flavor Use in Animal Feeds. Advances in Animal Physiology and Animal Nutrition*. Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin, pp. 78-85.
- DEMARQUILLY, C; RAYMONDE, F. and DECLENARAN, W. 1982. Valeur alimentaire et utilisation par les ruminants de la luzerne et du tréfle violet. *Fourrages*. 90: 180-248. France.
- DESWYSEN, A.G. y ELLIS, W.C. (1990). Fragmentation and ruminal escape of particles as related to variations in voluntary intake, chewing behaviour and extent of digestion of potentially digestible NDF in heifers. *Journal of Animal Science*, 68: 3871 - 3879.
- DULPHY, J.P.; MICHALET-DOREAU, BRIGITTE y DEMARQUILLY, C. (1984). Etude comparée des quantités ingerées et du comportement alimentaire et mérycique d'ovins et de bovins recevant des ensilages de herbe réalisés selon différentes techniques. *Annales de Zootechnie*, 33(3): 291-320.
- DULPHY, J.P. and DEMARQUILLY, C. (1991). Digestibility and voluntary intake of conserved forages. *Forage conservation towards 2000. European Grassland Federation*, pp. 25-27.

- ELIZALDE, H.F.; TEUBER, N. ; HARGREAVES, A.; LANUZA, F. y SCHOLZ, A. 1992. Efecto del estado fenológico, al corte de una pradera de ballica perenne con trébol blanco, sobre el rendimiento de la materia seca, la capacidad fermentativa y la calidad del ensilaje. Agricultura Técnica (Chile). 52(1): 38 - 47.
- ELIZALDE, H.F. (1993). Studies on the effects of chemical and physical characteristics of grass silage and degree of competition per feeding space on the feeding behaviour of lactating dairy cows. PhD Thesis. Queen's University of Belfast.
- EMHART, E.; MARAMBIO, J. y SOTO, C. 1979. Efectos del marchitamiento y ácido fórmico en el valor nutritivo del ensilaje. Agro Sur. 6: 10.
- FAVERDIN, Ph. (1985). Regulation de l'ingestion des vaches laitieres en debut lactation: variations au cours du nycthemere de l'activité alimentaire, des métabolites sanguins et de l'insulinémie-étude du rôle de l'insuline. These Docteur-Ingenieurur. Institut National Agronomique-Paris-Grignon.
- FAVERDIN, P. (1990). Effects d'infusions d'un melange complet d'acides gras volatils en cours de repas sur la prise alimentaire de vaches tarries ou en lactation. Reproduction, Nutrition, development, 1990, Suppl. 2: 213s - 214s.
- FORBES, J.M. (1986). The voluntary food intake of farm animals. Butterworth, London.
- GILLET, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. Edit. Acribia. 350 p.
- GORDON, C.H.; DERBYSHIRE, J.C.J WISEMAN, H.G.; KANE, E.A. and MELIN, C.G. (1961). Preservation and feeding value of alfalfa stored as hay, haylage and direct-cut silage. Journal of Dairy Science, 44: 1299-1311.
- GORDON, F.J. (1985). Nutritional implication of machinery use - intake and performance. In: J.K. Nelson and E.R. Dennis (eds.). Machinery for Silage. British Grassland Sec. Occasional Simposium N° 17. (p. 68 - 77).
- GORDON, F.J. 1988. Harvesting system for the production of grass silage for dairy cows. In: Garsworthy, P.C. (editor). Nutrition and Lactation in the Dairy Cow, pp. 355-377.
- HARRIS, CE. y RAYMOND, W.F. (1963). The effect of ensilage on crop digestibility. Journal of the British Grassland Society, 18: 204-212

- LANIGAN, G.W. and CATCHPOOLE, V. 1962. II. Plant maturity effects in the silage of ryegrass and clover under laboratory conditions. Australian Journal of Agricultural Research, 13 (5): 853-863.
- LEWIS, M. (1981). Equations for predicting silage intake by beef and dairy cattle. Proceeding of the Sixth Silage Conference, Edimburgh, pp. 35-36.
- MARSH, R. (1978). A review of the effects of mechanical treatment of forages on fermentation in the silo and on the feeding value of the silages. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 6: 271 - 278.
- MATHER, R.E.; BARTRETT, J. y CASON, J.L. 1959. Different methods of utilizing forages in dairy cattle nutrition. In : Grasslands. Edit. per H.B. Sperague. Public. N° 53 de Am. Assoc. for Adv. of Sci. Washington, D.C. U.S.A.
- MC DONALD, E. 1981. The biochemistry of silage. Edit. John Wiley y Sons. England. 218 p.
- MC DONALD, P.; HENDERSON, A.R. y HERON, S.J.E. (1991). The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, Bucks.
- MC CLYMONT, G.L.(1967). Selectivity and intake in the grazing ruminant. In: C.F. Cole (ed.), Handbook of Physiology, Section 6: Alimentary Tract, Vol. 1. Washington D.C: American Physiological Society, pp. 129-137.
- MC ILMOYLE, W.A. 1976. Effect of silage on the intake and performance of male calves and steers. Animal Production, 22: 321-328.
- MC ILMOYLE, W.A. 1977. Animal production from different systems of conservation. In: Proceedings of an International Meeting on Animal Production from Temperate. Regions Grassland, Dublin; Irish Grassland Society, p. 62-66.
- MAC PHERSON, H.T. y VIOLANTE, P. (1966). Ornithine, putrescine and cadáverine in farm silage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 17: 124 - 127.
- MINSON. D.J.; RAYMOND, W.F. y HARRIS, CE. 1960. The digestibility of grass species and varieties. Proc. 8th Int. Grassland Congress, Reading. p. 470-474.
- MOORE, L.A.; THOMAS, V.W. y SYKES, J.F. (1960). The acceptability of grass/legume silage by dairy cattle. Proceedings of the VIII International Grassland Congress, Reading, pp. 701-704.

- PITT, R.E. (1990). Silage and Hay Preservation Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 53 p.
- RAYNER, D.V. (1992). Symposium on satiety: gastrointestinal satiety in animals other man. Proceedings of the Nutrition Society, 51: 1-6.
- ROHR, K. y THOMAS, C. (1984). Eurowiltt Efficiency of silage systems - a Comparison between unwilted and wilted systems. Land bauforschung Volkenrode, Sonderheft, 69, pp. 64-70.
- ROOK, A.J. (1991). AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Report 8. Voluntary intake of cattle. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B), 61 (11): 815-823.
- TELLER, E.; VANBELLE, M.; KAMATALI, P. ; COLLIGNON, G.; PAGE, B. y MATATU, B. (1990). Effect of chewing behaviour and ruminal digestion processes on voluntary intake of grass silages by lactating dairy cows. Journal of Animal Science, Cambridge, 68: 3897-3904.
- THOMAS y THOMAS, P.C. (1985). Factors affecting the nutritive value of grass silages. In: W. Haresign and D.J.A.Cole (eds.), Recent Advances in Animal Nutrition, pp. 223-256.
- THOMAS, C. y FISHER, G.E.J. 1991. Forage conservation and winter feeding. In: Milk from grass; (2ª edición) C. Thomas, A. Reeve and G.E.J. Fisher, editores, pp. 27-51.
- WERNLI, C. (1975a). El valor nutritivo de los forrajes ensilados. I. Consumo voluntario. Agricultura Técnica (Chile) 35 (1): 47-60.
- WERNLI, C. (1975b). El valor nutritivo de los forrajes ensilados. II. Digestión y eficiencia de utilización. Agricultura Técnica. (Chile) 35 (2): 102 - 111.
- WILKINS, R.J.; HUTCHINSON, K.J.; WILSON, R.F. y HARRIS, CE. (1971). The voluntary intake of silage by sheep. I. Interrelationships between silage composition and intake. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 77: 531 - 537.
- WILKINS, R.J.; FENLON, J.S.; COOK, J.E. y WILSON, R.F. (1978). A further analysis of relationships between silage composition and voluntary intake by sheep. Proceedings of the Fifth Silage Conference, A y r, pp. 34 - 35.