

EL SILAJE Y LOS PROCESOS FERMENTATIVOS

Ing. Agr. Aníbal Fernández Mayer. 1999. Silaje de planta entera, Cap. I:4-11.
EEA INTA Bordenave.

¿QUÉ ES EL SILAJE?

El silaje es una técnica de conservación de forraje por vía húmeda a diferencia de la henificación (fardo o rollo) donde la conservación del material se produce a partir de una deshidratación previa (Bertoia y otros, 1993).

Este tipo de reserva permite el desarrollo de un complejo grupo de microorganismos (M.O.) en un ambiente sin oxígeno (anaerobiosis). El objetivo es conservar el valor nutritivo de la planta verde, a través de distintos procesos químicos-biológicos que se producen en el material ensilado.

En estos procesos se producen pérdidas (de efluentes -escurrimiento de líquidos-, destrucción de la proteína verdadera, de los carbohidratos solubles (CHOS), entre otros componentes); por ello y en la medida que estas fases -químicas y biológicas- se desarrollen en condiciones óptimas de trabajo (cosecha en el momento oportuno, tamaño del picado adecuado, corta-picado y compactación rápida, sellado hermético del silaje, etc) se puede obtener un material ensilado cuya calidad es ligeramente inferior al cultivo verde antes de ensilar. Es importante aclarar que no existe ningún tipo de conservación que mejore la calidad del forraje verde original, de ahí la importancia de cuidar todo el proceso enzimático-fermentativo con el objetivo de alcanzar un silaje de alta calidad.

PROCESO DE ENSILAJE

Los cambios en el forraje verde se inician a partir del momento que se corta (fase enzimática), continuará en el silo en dos etapas, primero durante la fase aeróbica (con oxígeno) y finalmente, con la fase anaeróbica (sin oxígeno).

a- Fase enzimática

Desde el mismo momento que el forraje es cortado comienzan a actuar enzimas propias del vegetal, hidrolizando parte de las proteínas verdaderas, del almidón, de los CHOS y de la hemicelulosa, causando pérdidas de distintos ordenes y generando azúcares que serán usados durante la fermentación láctica (Muck, 1988).

Generalmente, la reducción de la hemicelulosa es baja, mientras que las proteínas pueden sufrir cambios muy importantes por la acción de las enzimas proteolíticas. Estas enzimas pueden convertir a parte de las proteínas verdaderas de la planta verde en nitrógeno proteico-péptidos y aminoácidos libres (AA) y nitrógeno no proteico (NNP). En cambio, por la actividad de los MO estas sustancias proteicas son reducidas a amonio y aminas (Muck, 1988).

Todas estas alteraciones se magnifican en cultivos forrajeros como la alfalfa o las gramíneas, especialmente en otoño-invierno, donde cerca del 85 % del total de nitrógeno puede estar como NNP (Muck, 1988).

Además, estas enzimas producen pérdidas en la materia seca (MS) y en el valor energético del silaje, al reducir la disponibilidad de CHOS. Afortunadamente, las enzimas de las que hablamos, son muy sensibles al descenso brusco del pH cuando se acidifica el material (Viviani Rossi, comunicación personal).

b- Fase aeróbica

Luego del picado y ensilado, las células del vegetal continúan respirando hasta que consumen todo el oxígeno del aire presente en la masa ensilada. Durante esta etapa, gran parte de los carbohidratos no estructurales, en especial el almidón, son transformados en azúcares simples (glucosa y fructosa). Posteriormente, estas sustancias son utilizadas por los M.O. que

se encuentran en la superficie del vegetal (bacterias, mohos, levaduras), generando ácidos grasos volátiles (AGV), otros compuestos orgánicos y gases (Bertoia y otros, 1993).

Simultáneamente, durante este proceso respiratorio se produce calor, agua y dióxido de carbono, el cual desplaza al oxígeno atrapado en el forraje ensilado. Cuanto más rápido se elimine el oxígeno, generalmente en 4 a 6 horas de finalizado el ensilado, menor es la reducción de los carbohidratos solubles (CHOS) y la producción de calor; y menor es el tiempo que transcurre hasta que se generen las condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos.

Sin embargo, cuando las condiciones de trabajo son inadecuadas, picado del cultivo demasiado seco, pobre compactación, picado largo, llenado lento, no tapado del silaje, etc, la fase aeróbica puede durar varios días. Esto ocasiona pérdidas significativas de azúcares junto con el deterioro en la calidad final del silaje.

En estas condiciones, se produce una temperatura inicial mayor de 37°C (silaje atabacado de color marrón) que afecta la fermentación y aumenta la cantidad de nitrógeno que queda insoluble junto a la fracción de fibra de detergente ácido (FDA), y obviamente, menor será el valor nutritivo del mismo. Sin embargo, cuando el llenado del silo se realiza en forma rápida y se compacta bien el material, las pérdidas de azúcares, producto de la hidrólisis del almidón, normalmente no son importantes (Muck, 1988).

Además, cuando ingresa aire al silaje (cobertura no hermética, excesiva exposición del silaje a la intemperie) se favorece el crecimiento de mohos y levaduras (color blanquecino). Esto ocasiona una menor palatabilidad del material, incluso se pueden producir trastornos en la salud de los animales (por ej. la aflatoxina producido por el *Aspergillus flavus*).

En la fase anaeróbica, los CHOS representan el mejor sustrato para el desarrollo de los M.O., en especial las bacterias lácticas, que a través del ácido láctico, permiten la estabilización final del silaje. Esto significa que en un material ensilado y estabilizado la presencia de CHOS prácticamente es nula.

c- Fase anaeróbica

Una vez que el oxígeno ha sido desplazado, comienza la fase anaeróbica, que se caracteriza por la intervención de un complejo de M.O.. A continuación se describen las características más importantes de las bacterias predominantes en el silaje:

Bacterias -coliformes- productoras de ácido acético:

- Pueden desarrollar con o sin aire.
- Degradan a los azúcares en ácido acético, alcohol y dióxido de carbono.
- Tienen mayor actividad con alta humedad en la masa ensilada.
- Se inhiben cuando el pH desciende de 4.5.

Bacterias productoras de ácido láctico:

- Se dividen en homofermentativas y heterofermentativas. Las primeras, fermentan a los azúcares en ácido láctico (exclusivamente), mientras que las segundas, generan ácido láctico, ácido acético y alcohol.
- La temperatura adecuada para el crecimiento de los M.O., productores de ácido láctico, varía entre 20° y 37°C.
- Cuando el pH es elevado aumenta la producción de acético y en la medida que éste desciende, el láctico se convierte en el producto dominante, siempre y cuando sea adecuado el nivel de azúcares en el forraje (maíz y sorgo). En cambio, en los silajes de pasturas (gramíneas y leguminosas) pueden desarrollar otras fermentaciones secundarias que alteran la calidad final, como las que generan ácido butírico (olor rancio) y aminas (olor putrefacto).

Durante la fase de anaerobiosis desarrolla un complejo microbiano que consume los jugos celulares liberados por la planta, especialmente los azúcares. En una primera etapa predominan las bacterias coliformes o enterobacterias, productoras de ácido acético (olor a vinagre), alcoholes y gas carbónico. Estas bacterias habitualmente abundan en el suelo, de ahí la importancia de no incorporar al silaje este elemento -la tierra- durante su confección (Viviani Rossi, Profesor de la Facultad de Cs. Agrarias UNMDP- comunicación personal)

Posteriormente a estas bacterias coliformes, desarrollan las bacterias lácticas. En todos los casos, estos complejos de M.O. consumen diferentes cantidades de azúcares solubles del medio. “La fermentación láctica utiliza del 3.8 al 4 % de los azúcares del material puesto a fermentar, mientras que la butírica consume el 24 % y la acética el 38 %” (Bragachini y otros, 1997).

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA CALIDAD DEL SILAJE

FACTORES INHERENTES AL VEGETAL

Dentro de los factores que afectan los procesos fermentativos antes mencionados, se encuentran:

Contenido de azúcares solubles

El nivel mínimo de CHOS en el forraje a ensilar oscila entre los 60 a 80 gramos/kg de MS (Fisher y Burns, 1987). Este valor es superado fácilmente por el maíz, sorgo granífero, avena, cebado y trigo, a partir del estado de grano lechoso. Mientras que en las posturas mixtas (leguminosas y gramíneas) y los verdeos de invierno, ese nivel de CHOS se alcanzaría solo en primavera, la excepción sería un otoño muy benigno, cuando la temperatura y humedad del ambiente están sobre la normal del lugar, lo que ocasionarían un adelantamiento de la fonología del cultivo (verdeos ensañados).

Se encontró, además, que a medida que la planta de maíz madura, los azúcares formados en las hojas y tallos son transferidos a la espiga y almacenados en el grano. Durante este período, la proporción de grano (MS) en el total de la producción de MS del cultivo se incrementa (Wilkinson, 1978), observándose pequeños cambios en la digestibilidad de la planta entera, al incrementar la digestibilidad de las espigas, que balancea la declinación en la calidad de tallos y hojas (Kilkenny, 1978).

Las pérdidas de MS como CHO durante el proceso de ensilado, son más bajas cuando se ensila un cultivo de maíz con alto contenido de grano que con bajo contenido (10.4% y 19.3%, respectivamente). Esas menores pérdidas de CHO, hacen que sea mayor la digestibilidad del silaje de maíz (SM) en el primer caso. Estos resultados sugieren que la calidad del SM o del silaje de sorgo y la performance animal pueden estar relacionadas con la proporción de grano (Kilkenny, 1978) y con la concentración y digestibilidad de la pared celular de la planta (principalmente el tallo) (Elizalde y otros, 1993).

Recientemente, Della Valle y otros(1998) evaluaron el impacto de la inclusión de distintas cantidades de grano sobre los parámetros de calidad del silaje de maíz. Estos autores, concluyen que no se afectaría la calidad fermentativa del material a ensilar (pH y MS) ni habría un efecto determinante sobre el contenido de PB, FDN ni sobre la digestibilidad «in vitro» de la MS, ante los distintos niveles de grano en el silaje.

Por otro lado, estos mismos investigadores encontraron que a medida que disminuye el contenido de grano en el material a ensilar disminuye proporcionalmente la biomasa (kg MS/ha), contrariamente con lo que ocurre con los tallos, los cuales aumentan en igual proporción.

Digestibilidad

La digestibilidad de los forrajes ensilados depende fundamentalmente de la digestibilidad del cultivo original.

Normalmente, la digestibilidad de la pared celular (fibra de detergente neutro) del silaje de maíz es más bajo (49%), comparada con la de la MS de la planta total (65%) (Elizalde, 1990), debido principalmente a su baja tasa de digestión (Elizalde y otros, 1993). Además, se encontró que entre los componentes de dicha fibra, la concentración de lignina (% MS) o de fibra de detergente ácido, serían los mejores predictores de la calidad tanto del silaje de sorgo como del maíz (Fisher y Burns, 1987).

Asimismo, cuando consideramos que la proporción de materia seca de la planta (tallos y hojas) respecto a la de la espiga (mazorca y grano) es normalmente 60 : 40 respectivamente, la incidencia que puede tener la mayor digestibilidad de la fibra y el menor contenido de lignina (componente totalmente indigestible) sobre la calidad final del silaje es superior a la que se conseguiría con un aumento en el contenido de grano.

No obstante, uno de los componentes, además de la proporción de fibra, que tiene mayor efecto sobre la calidad y sobre la respuesta productiva animal es el porcentaje de almidón que pudiera tener el silaje, y éste componente se localiza principalmente en los granos.

Especie vegetal

Los cultivos de maíz y sorgo a diferencia de otros como la alfalfa y los tréboles, son más ricos en CHOS y tienen una escasa resistencia al descenso del pH (capacidad buffer) durante la fermentación en el ensilado. Esto permite mejores condiciones para el crecimiento de las bacterias lácticas, aumentando el ácido láctico en la concentración total de ácidos grasos volátiles (AGV). Una buena proporción de estos AGV indicaría que se desarrolló una fermentación adecuada (Elizalde y otros, 1993).

En otras palabras, existe un gran número de especies vegetales que permiten elaborar silajes de buena calidad, dependiendo del nivel de CHOS que puedan aportar al mismo.

En función de la **producción en kg MS digestible** y de la **concentración de almidón**, se destacan de mayor a menor el **maíz, sorgo, trigo, cebada y la avena**, todos planta entera con grano en avanzado estado de madurez. Por otro lado, están las **pasturas puras o mixtas** (alfalfas, tréboles, raigras, cebadilla, etc.), las cuales tienen un menor contenido de azúcares solubles y de materia seca, y un mayor nivel proteico. Esto obliga a un **pre-oreo** -corte y secado en el campo antes del picado- o al uso de **aditivos** para obtener buenas condiciones de fermentación en el silaje.

En las gramíneas, el nivel de CHOS aumenta con el avance de la madurez, hecho que no se observa en las leguminosas. Sin embargo, la digestibilidad de la fibra decrece drásticamente a partir de la aparición de la espiga en las gramíneas, desde el 80% hasta alrededor del 50% en estados avanzados de madurez. En otras palabras, el momento óptimo de corte de una pastura a ensilar se define a través de estos dos parámetros, el contenido de azúcares y la digestibilidad de la MS (Bruno y otros, 1997).

FACTORES QUE AFECTAN LA SOLUBILIZACIÓN DE LA PROTEÍNA EN EL SILAJE

La eficiencia de utilización de la fracción nitrogenada, es inferior en el silaje que en el forraje fresco o en el heno. Esto se debe principalmente a la degradación que sufren las fracciones proteicas y energéticas en el silaje. (Elizalde y otros, 1993)

Tal como se indicó anteriormente, el nitrógeno del pasto fresco se encuentra entre un 75 y 90% como proteína, en especial en la primavera-verano. En el proceso de fermentación, la proteína es hidrolizada (solubilizada) por acción de las enzimas de la planta convirtiéndose en nitrógeno no proteico, y en consecuencia, esto ocasiona una reducción en el contenido de proteína verdadera en el silaje cerca de un 50 - 60%, incluso en aquellos silajes bien conservados (Mc Donald et al, 1991).

En el cuadro 1 se resumen los principales factores que afectan la solubilización de la proteína en los silajes

Cuadro 1: Factores que afectan la solubilización de la proteína en los silajes (Adaptado de Pitt et al, 1991)

FACTOR	EFEECTO
Especie cosechada	La proteína de las leguminosas, especialmente la de alfalfa, es más rápidamente solubilizada en el silaje
Temperatura del silaje	La tasa de solubilización se duplica con un incremento de 11°C en la temperatura.
Contenido de materia seca	La solubilización es más rápida y elevada con silajes de corte directo con 20% MS, mientras que se reduce en un 60 % con un contenido de MS de 50%.
pH	La solubilización es más rápida a pH 6, ésta disminuye 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 el forraje

En silajes bien fermentados, el nitrógeno está constituido principalmente por aminoácidos libres. Mientras tanto, en aquellos mal conservados, los aminoácidos son degradados por microorganismos del género *Clostridium*, entre otros. La acción de estos M.O. produce elevadas concentraciones de amidas, aminos y amoníaco (Elizalde y otros, 1992).

Existen estrategias específicas para modificar esta degradación proteica, como por ejemplo:

- El Provocar una rápida reducción del pH de la masa ensilado, a través de un buen aporte de CHO no estructurales (azúcares solubles y almidón).
- Eliminar rápidamente el aire. Esto se ve favorecido por un menor tamaño de picado y por una buena compactación.
- En algunos casos, el uso de aditivos como el ácido fórmico o el ácido propiónico.
- También se consiguen reducir las pérdidas por proteólisis al aumentar el contenido de materia seca del material a ensilar (pre-marchitado, etc.).

DURANTE EL ENSILADO

EFEECTO DEL AIRE -OXÍGENO- SOBRE LA TEMPERATURA Y CALIDAD DEL SILAJE

Como se dijera oportunamente, el aire contenido en la masa ensilado provoca alteraciones de distintos ordenes. Entre otras cosas, afecta a la tasa de respiración del vegetal, la cual está regulado por la temperatura, acelerándose los procesos respiratorios a medida que ésta aumenta hasta llegar a los 30° C. A partir de este momento, siempre y cuando no existan chimeneas de aire (entrada de aire por los laterales y sin cobertura plástica superior), disminuye la respiración de las células del vegetal hasta que se inactiva totalmente (Bragachini y otros, 1997).

«En los silos herméticos (tipo bolsa o silo press) tiene poca importancia el oxígeno existente en la masa del forraje picado; solamente provocará un aumento térmico de 3 a 4° C mediante la oxidación de no más del 1 % de la cantidad de azúcares existente en la materia seca» (Bragachini y otros, 1997).

En cambio, en los silajes de picado grueso estos procesos se acentúan significativamente al encontrarse grandes cantidades de aire en el forraje picado. En ellos se aceleran las pérdidas -en especial de los azúcares- y aumenta la temperatura (> 38° C), lo que provoca un cocinado del forraje. Además, se produce la desnaturalización de las proteínas con las consecuencias obvias sobre la calidad final del silaje.

Asimismo, las fermentaciones que se activan durante un sobrecalentamiento pueden reducir la digestibilidad de la materia orgánica y de la proteína. (Elizalde y otros, 1993).

Una forma práctica y económica para tomar la temperatura del silaje es clavar una varilla de hierro durante unos minutos y luego de sacarla se debe tomar con la mano. Si la temperatura es inferior a 40° C se puede agarrar la varilla sin problemas (Gentileza Sr. M. Pasdevicelli)

EFEECTO DEL PH DEL SILAJE

Cuando el pH de un silaje es superior a 5 pueden actuar bacterias indeseables, como el **Clostridium saccharomises** que fermenta a los CHOS y ácidos orgánicos produciendo ácido butírico, dióxido de carbono e hidrógeno (silaje color negro y olor a rancio). Incluso, otros M.O. proteolíticos fermentan a los aminoácidos (AA) y generan, especialmente, amonio (olor a amoníaco o a orina) y aminas (olor a pútrido). Estas últimas son potencialmente reductoras del consumo voluntario de los animales (Bergen et al, 1974).

Además, las bacterias coliformes actúan particularmente cuando el forraje posee un elevado porcentaje de humedad, alto contenido de proteínas (leguminosas) o bajo nivel de azúcares.

Algo similar a lo que ocurre con las enzimas, las fermentaciones generadas por estos M.O. producen una disminución tanto de la materia seca (MS) del silaje como de la energía del mismo (Muck, 1988). Sin embargo, la acción de estos microorganismos se ve inhibido cuando el pH es inferior a 4.5, por ello, en la medida que éste descienda rápidamente se reducen las pérdidas causadas por estos agentes extraños.

El rápido aumento de la acidez del silaje está vinculado directamente con la MS del forraje verde. A medida que aumenta el porcentaje de MS se requiere un pH menor para lograr la estabilización del material. Por ejemplo, si la planta verde tiene un contenido de 35% de MS el silaje se estabiliza con un pH cercano a 5. En estas condiciones se detiene el desarrollo de los microorganismos que generan fermentaciones secundarias indeseables (Viviani Rossi, comunicación personal) (cuadro 2).

Cuadro 2 : Contenido de MS para estabilizar un silaje (Viviani Rossi)

Materia seca %	pH
15-20	4.0
20-25	4 - 4.2
25-30	4.2 - 4.4
30-35	4.4 - 4.6
35-40	4.6 - 4.8

Como se dijera anteriormente, cuando el pH del silaje desciende por debajo de 5 las bacterias coliformes o acéticas se inhiben, y son reemplazados por las bacterias lácticas, que son poco abundantes al inicio pero aumentan progresivamente en la medida que existan CHOS en abundancia. El ácido láctico, producto de estas bacterias, es el responsable de la conservación del forraje ensilado (Bertoia y otros, 1990). Para que ello ocurra rápidamente es necesario que el forraje a ensilar asegure una suficiente provisión de estos CHOS (Fisher y Burns, 1987).

EFEECTO DE LOS AGV Y DEL AMONIO

El contenido de los AGV en el material ensilado, varía en función del nivel de materia seca del cultivo y de la técnica de ensilado empleada. El ácido láctico oscila entre el 4 al 6 % de la MS cuando la MS del cultivo varía del 22 al 35%, respectivamente.

La presencia de ácido butírico, producto de las fermentaciones indeseables por Clostridium especialmente, en un silaje de buena calidad deberían ser prácticamente nulas, en cambio, en uno de mala calidad puede superar el 10% sobre base seca (Bertoia y otros, 1993). (Cuadro 3)

Cuadro 3: Perfil típico de un silaje bien fermentado (Bragachini y otros, 1997).

Perfil	Análisis
pH del silaje	3.6 - 4
N-amoniaco/N total	< 6 %
N soluble/N total	< 50 %
Productos finales de la fermentación	
Ácido láctico	4 - 6 %
Ácido acético	< 2 %
Ácido butírico	< 0.1 %
Ácido propiónico	< 0.5 %
Etanol	< 0.5 %
Poblaciones microbianas	
Levaduras	< 100.000 UFC/g *
Hongos	< 100.000 UFC/g *
Organismos aeróbicos	< 100.000 UFC/g *
* Unidad formadoras de colonias por gramo de silaje	

Otro parámetro de suma importancia en los silajes es el nivel de amonio sobre el total de nitrógeno en el material estabilizado. Este parámetro indica la proteólisis (destrucción de las proteína del pasto) que se produjo durante la fermentación y mide, simultáneamente, el grado de descomposición de otros componentes del vegetal. Se acepta como valor máximo entre el 8 al 10% de amonio/NT (Gross, 1987).

APERTURA DEL SILAJE

Cuando un silaje es abierto para ser suministrado y permanece demasiado tiempo en esas condiciones o cuando ingresa aire, por errores en el tapado, los hongos y levaduras comienzan a activarse nuevamente, degradando los azúcares en dióxido de carbono, agua y calor. Esto ocasiona pérdidas importantes y la producción de micotoxinas, que además de ser causantes de enfermedades en los animales reducen la respuesta productiva de ellos.

En síntesis, existe una serie de factores que contribuirán a la obtención de un silaje de calidad. Para ello, cuanto antes se alcance la estabilización del material, menores serán las pérdidas por respiración y fermentaciones secundarias negativas y también se reducirán las pérdidas por efluentes.

AMBIENTE RUMINAL QUE GENERA EL SILAJE DE MAÍZ

El alto contenido de fibra favorece la rumia, la cual al aumentar la producción de saliva, provocaría un aumento del pH ruminal en animales alimentados con pasturas de alta calidad. En estas condiciones se favorecería la población celulolítica, elevaría la producción de acetato y de butirato y por ende, la síntesis de grasa de la leche. (Rearte y Posinato, 1990).

En ensayos realizados con silaje de maíz se observó que las relaciones Acetato:Propionato en el rumen son, en general, de 3:1 y que, además, se generó una elevada concentración de ácido butírico el cual puede superar el 15% de los AGV producidos, cerca del doble al alcanzado con henos (Elizalde J.C., 1990). Estas características determinan que entre un 70 a un 75% de los ácidos volátiles producidos en el rumen serían precursores de la grasa de la leche.

Tal como se anticipara, la mayor proporción del nitrógeno en el silaje se encuentra como NNP, AA y péptidos. Solo una pequeña cantidad se halla como proteína verdadera, la cual es parcialmente degradada a nivel ruminal, quedando en una situación de alta solubilidad. Esto genera una elevada concentración de amonio en el rumen inmediatamente después de ingerido.

Siempre y cuando la tasa de liberación del amonio supere a la tasa de síntesis de proteína microbiana, se produce una acumulación de este compuesto en el rumen. El amonio en exceso será absorbido por las paredes de aquel y transportado por la sangre al hígado, donde se detoxifica a urea. Una parte de esta urea es reciclada al rumen a través de las paredes del mismo y con la saliva, y otra parte importante se pierde por la orina. Este proceso de absorción de amonio y reciclado de la urea es dependiente del pH ruminal.

Es decir, a medida que bajo el pH disminuye la absorción, aumentando el reciclado de urea, que tiende a elevarlo (al pH) hasta llegar a un equilibrio.

Dijimos que para aprovechar el amonio generado a nivel ruminal era necesario la presencia de una fuente energética para la síntesis de proteína microbiana. La misma puede provenir de algún aporte extra de grano (almidón) o bien del ácido láctico producido durante la fermentación en el ensilaje.

Además, el silaje de maíz se comporta también como un suplemento energético, por su contenido en almidón -aportado por los granos- y la digestibilidad de la MS, permitiendo captar el amonio producido en rumen, producto del consumo de pasturas de alta calidad, ricas en proteína y de elevado degradabilidad, mejorando la síntesis de proteína microbiana, la provisión de aminoácidos y la síntesis de proteínas lácteas (Elizalde y otros, 1993) (cuadro 4).

Los datos presentados en el cuadro 4 permiten sugerir que, para que la suplementación con SM tenga un efecto mejorador sobre la utilización del NH₃ ruminal y más aún, sobre el tenor proteico de lo leche, el contenido proteico de la dieta total (pastura + SM) debe ser elevado (superior al 14%) (Moran y otros, 1986). En general, para evitar reducciones en el consumo, se recomienda no utilizar más de un 40 a 50% de la dieta con SM, o que el contenido de proteína de la dieta total no sea inferior al 14% (Phillips y Leaver 1985).

Cuadro 4: Composición química del ambiente ruminal y consumo de animales que pastoreaban dos pasturas diferentes, suplementados con silaje de maíz (SM) en primavera (Adaptado de Elizalde y otros, 1993).

	PB %	FDN %	pH	NH ₃ mg/dl	Consumo kg MS/día
Pasturas de leguminosas y gramíneas	17	54	6.15	12.7	15
Pasturas de leguminosas y gramíneas + 5 kg SM (tal cual)	14	53	6.29	9.1	16.7
Verdeo de avena	12.8	40.8	6.14	4.7	14.2
Verdeo de Avena. + 5 kg SM (tal cual)	11	44.8	6.31	4.5	12.2