

Conservación de forrajes. Silajes y henolajes empaquetados

Enrique Viviani Rossi, Luis Gutiérrez y Raúl Barbarossa

*Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior del Río Negro
(Convenio Provincia de Río Negro - INTA)*



▪ **Ediciones**

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



CONSERVACION DE FORRAJES *SILAJES Y HENOLAJES EMPAQUETADOS*

Autores:

Ings. Agrs. Enrique M. Viviani Rossi¹
Luis María Gutiérrez²
Raúl Barbarossa¹

¹EEA Valle Inferior del Río Negro
(Convenio Prov. de Río Negro-INTA)

²Unidad Integrada Balcarce: INTA Balcarce y
Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)

Diagramación:

Téc. Agr. Cristina Matarrese

Septiembre 2005



ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA
VALLE INFERIOR DEL RÍO NEGRO
CONVENIO PROV. DE RÍO NEGRO - INTA
CENTRO REGIONAL PATAGONIA NORTE



ÍNDICE

BASES TEÓRICAS	7
INTRODUCCIÓN	7
PRINCIPALES TRANSFORMACIONES BIOQUÍMICAS PRODUCIDAS DURANTE EL ENSILADO.....	8
FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LA FERMENTACIÓN	11
I.- Propios a la planta forrajera	11
II.- Factores externos a la planta forrajera, relacionados con la práctica del ensilado	14
Síntesis de las principales transformaciones que ocurren	16
CORRECTORES PARA SILAJES Y HENOLAJES EMPAQUETADOS	17
PREOREO O PREMARCHITADO	25
HENOLAJE EMPAQUETADO	27
BIBLIOGRAFÍA	35
AGRADECIMIENTOS	38
APÉNDICE	39
Abreviaturas	39
Unidades.....	40

PRINCIPALES TRANSFORMACIONES BIOQUIMICAS PRODUCIDAS DURANTE EL ENSILADO

En el forraje verde cortado, picado y posteriormente ensilado comienzan una serie de cambios bioquímicos, que dependen de factores externos e internos a la planta y su acción conjugada orientan el desarrollo de la flora bacteriana y la evolución de la fermentación.

La transformación del forraje recién cortado "fresco" en **silaje** se efectúa en varias fases, que por sus características fermentativas tiene la posibilidad de ser conservado a través del tiempo.

1.- Acción de las enzimas de la planta

El forraje ensilado continua respirando, intercambios gaseosos tienen lugar en la masa ensilada. Este fenómeno se produce mientras existan azúcares o glúcidos solubles y presencia de oxígeno.

1.1. Hidrólisis de glúcidos.

Los glúcidos solubles de la planta son transformados rápidamente por las enzimas, en glucosa y fructosa, que constituyen el principal sustrato de los microorganismos presentes en la superficie de la planta. Existen otros glúcidos, en particular el almidón, que no pueden ser utilizados directamente por los microorganismos porque no pueden ser desdoblados debido a que es muy rara la presencia de enzimas que lo degraden.

1.2. Respiración.

Los glúcidos solubles son rápidamente atacados, y forman parte del "combustible" que interviene en los intercambios gaseosos (*mientras exista aire en la masa de forraje ensilada*).

La respiración provoca la liberación de gas carbónico que reemplaza poco a poco el oxígeno en el silo y además, hay liberación de calor y agua. Devuyst y Van Belle (1964) mencionan que al cabo de 5 a 6 hs el silo esta totalmente privado de oxígeno siempre que el sellado se realice rápidamente. Si el sellado ocurre a las 48 hs de terminado el silo el proceso respiratorio continua por 72 horas.



Foto: Raúl Barbarossa. Estabilización del silaje: medición de la temperatura del silaje.

1.3. Proteólisis

Según Ohshima y McDonald (1978), la proteólisis en los forrajes ensilados ocurre con mayor intensidad entre la cosecha y los primeros 3 a 7 días de iniciado el proceso fermentativo, debido principalmente a que las proteasas vegetales quedan libres bajo condiciones de acidez que favorecen tanto su actividad como la solubilidad de la proteína. Posteriormente las bacterias proteolíticas degradan a los compuestos protéicos y aminoácidos de la planta y los transforman en productos más simples y de menor valor nutritivo.

2.- Acción de los microorganismos

Luego de la actividad enzimática se produce el desarrollo rápido de la microflora presente en el momento de la cosecha. Estos microorganismos se alimentan de los jugos celulares liberados por la planta. Esta flora bacteriana comprende varios géneros y especies, que se caracterizan por su reacción frente a determinadas condiciones ambientales. Al comienzo de la fermentación y mientras subsista suficiente aire, se desarrollan **bacterias aeróbicas** estrictas (sin interés para el ensilaje) y desaparecen rápidamente cuando el medio se empobrece en oxígeno. Luego comienzan a multiplicarse las **bacterias anaeróbicas**, a medida que se acentúa la anaerobiosis.

Los primeros microorganismos que se desarrollan son las **bacterias coliformes**

(enterobacterias), anaeróbicas facultativas, que provocan el comienzo de la acidificación del medio, produciendo esencialmente ácido acético, anhídrido carbónico y alcohol. Estos microorganismos dejan de actuar cuando el pH es inferior a 4,5. Luego intervienen las **bacterias lácticas** (BAL). Al comienzo, estas bacterias son poco abundantes pero se desarrollan rápidamente y como su resistencia a la acidificación es muy grande (la acidez provocada por estas bacterias impide el desarrollo de otros microorganismos indeseables) pueden dominar rápidamente a las otras especies. Existen importantes diferencias entre las spp. bacterianas intervinientes en la fermentación láctica (homo fermentativas y hetero fermentativas). Otras bacterias que participan más o menos eficazmente en la fermentación láctica son: *Pedococcus* spp., *Streptococcus* spp. y *Leuconostoc* spp.

Sin embargo, puede ocurrir que desarrollen otro tipo de microorganismos indeseables, que utilizan como sustrato, elementos nutritivos de alta calidad (azúcares solubles, ácido láctico, proteínas y compuestos nitrogenados más simples) estos microorganismos se denominan *bacterias butíricas* (anaeróbicas esporuladas). Estas bacterias pueden producir ácidos grasos volátiles (propiónico, butírico, etc.), amoníaco, anhídrido carbónico y otros compuestos.

3.- Actividad post-fermentativa

En principio, el silaje correctamente fermentado se estabiliza en ausencia de oxígeno y con un pH igual o inferior a 4. Sin embargo, existe el riesgo de actividades post-fermentativas, en el caso de que se introduzca aire en la masa ensilada (pérdida de hermeticidad del silo o en el momento de la distribución). Estos riesgos son aun más importantes cuando las cantidades de azúcares son importantes en el forraje. Los agentes causantes de estas degradaciones son mohos y levaduras. Estos organismos pueden actuar aun en ambientes muy ácidos. Los mohos son aeróbicos estrictos y sus esporas existen en grandes cantidades en el forraje. En cambio, las levaduras pueden desarrollar con o sin la presencia de aire.



Foto: Raúl Barbarossa. Silo abierto: con degradación post-fermentativa.

FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LA FERMENTACION

I.- Propios a la planta forrajera

a.- Concentración en carbohidratos no estructurales solubles

La formación de ácido láctico necesario para la obtención de un pH bajo exige la presencia de azúcares en el forraje verde. El contenido en este tipo de carbohidratos dependerá de la especie forrajera (las gramíneas son más ricas que las leguminosas), la fenología, la fertilización con nitrógeno, etc (Cuadro 1).

Cuadro 1: Contenido en carbohidratos no estructurales solubles en plantas forrajeras con destino a silajes y henolajes empaquetados. (Viviani Rossi y Gutiérrez, datos inéditos)

Forrajera	Estado fenológico	Carbohidratos no estructurales solubles (%MS)	Observaciones
Raigrás anual	Elongación	28	Sin fertilización Con 150 kg de nitrógeno/ha
R. anual	Elongación	15	
Festuca alta	Principio de panojamiento	10	
Maíz	Grano lechoso a pastoso	30	
Pasto ovido	Espigazón	8	
Trébol rojo	Botón floral	10	
Alfalfa	Principio de floración	8	

b.- Capacidad buffer o tampón

Es la capacidad que tiene la planta forrajera a resistirse a los cambios o variaciones de pH y en particular a la acidificación. Este factor depende de la forrajera utilizada, concentración en compuestos nitrogenados, contenido en ácidos orgánicos y sales minerales, estado fenológico, naturaleza e importancia de los productos resultantes de la degradación durante la fermentación, etc (Figura 2). McDonald y col., (1991) mencionan para el caso de la alfalfa valores que oscilan entre 39 a 57 mE/100 gr.de MS.

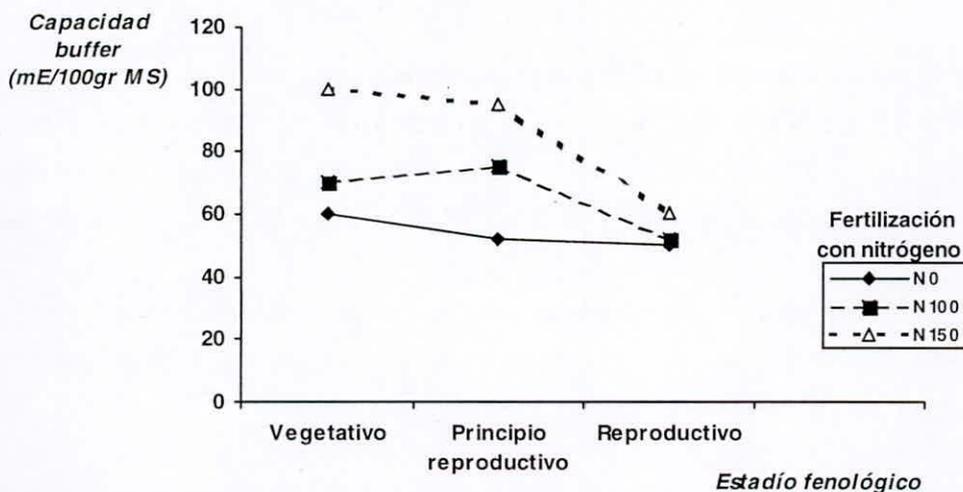


Figura 2: Efectos de la fertilización con nitrógeno y momento de corte sobre la capacidad buffer en raigrás anual. (Martín y col., 1997)

c.- Contenido en materia seca

El contenido en agua representa la parte más importante de la planta y forma parte esencial de los jugos celulares. Es el vehículo de los componentes nutritivos. La concentración de los jugos celulares, determina la presión osmótica. Los microorganismos que actúan durante el ensilado tienen distintas sensibilidades a esta presión. Por ejemplo, las bacterias lácticas son más resistentes que los fermentos butíricos. En la práctica, la elevación de la presión osmótica se puede lograr disminuyendo la cantidad de agua contenida en el forraje, es decir a través del preoreo o premarchitado.

En síntesis, la estabilidad de un silaje se puede alcanzar con un forraje que ha sido preoreado a un pH superior a aquel necesario para un silaje de corte directo. Sin embargo, para que el efecto del preoreo sea importante es necesario alcanzar al menos 30 %MS (Figura 3).

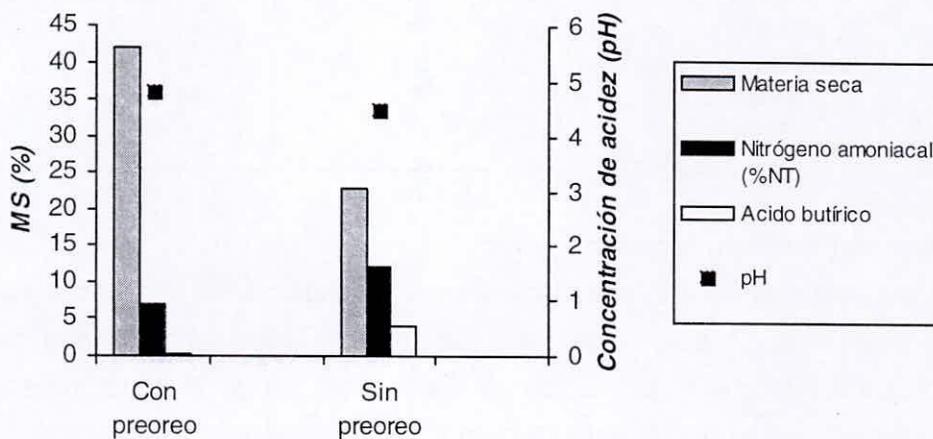


Figura 3: Efecto del preoreo en silaje de Pasto ovillo. (Dumon y col., 1995)

d.- Aptitud de algunas forrajeras al proceso del ensilado

Esta característica es el resultado de las propiedades químicas propias de cada planta forrajera. Si bien, el contenido en materia seca es un factor importante su modificación a través del preoreo puede afectar radicalmente la fermentación láctica.

Sin embargo, para los silajes de corte directo la concentración en carbohidratos no estructurales y la capacidad buffer o tampón condicionan la aptitud de las plantas forrajeras al ensilado (Figura 4).

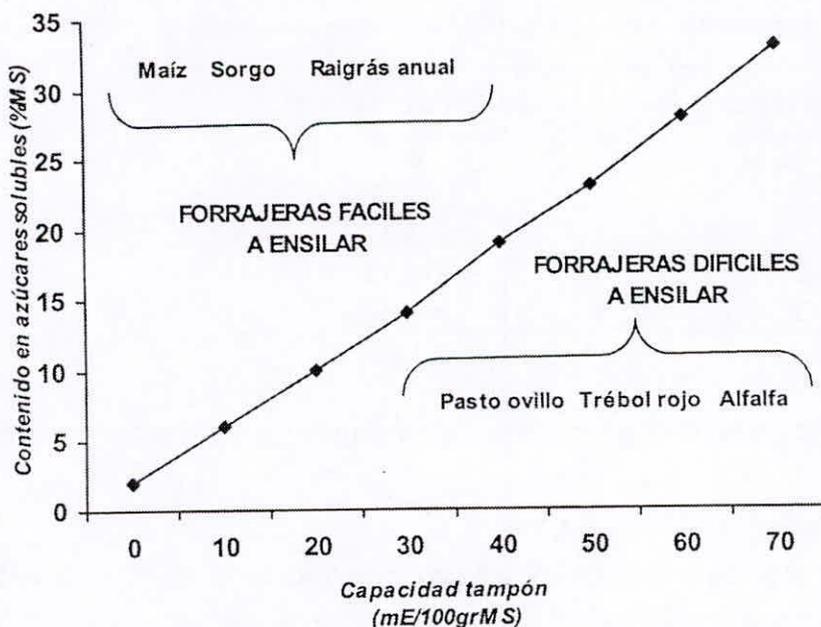


Figura 4: Aptitud de algunas forrajeras al ensilado (Adaptado de Dulphy,s/f)

De acuerdo a los resultados obtenidos por Viviani Rossi y col., (1999), la alfalfa presenta muchas dificultades para ser ensilada satisfactoriamente debido a su bajo contenido en carbohidratos solubles y a su elevada capacidad buffer. La probabilidad de obtener un pH inestable en la masa ensilada es alta; aspecto que provocará el desarrollo de fermentaciones indeseables. Caso contrario ocurre con el maíz (Cuadro 2) que por sus características químicas (alto contenido en azúcares solubles y baja capacidad buffer o tampón) asegura un buen silaje (Dalla Valle y col., 1998).

Cuadro 2: Perfiles fermentativos de los silajes de alfalfa y maíz en corte directo.

Tipo de Silaje	MS (%)	N-NH3 (%NT)	pH
Alfalfa	26	33	5,3
Maíz	25	7	3,8

Utilizando el criterio de MS:pH (Cuadro 3) como indicador de la calidad fermentativa y estabilidad de la masa ensilada, se destaca que en el silaje de alfalfa de corte directo hubo una intensa degradación proteolítica originada por la pobre aptitud de esta forrajera al proceso del ensilado, todo lo contrario ocurrió con el maíz.

Cuadro 3: Variaciones del pH de estabilidad en función del tenor en materia seca del forraje. (Dulphy, 1978)

Materia seca (%)	pH de estabilidad
15 – 20	4
20 – 25	4 – 4,2
25 – 30	4,2 – 4,4
30 – 35	4,4 – 4,6
35 – 40	4,6 – 4,8

II.- Factores externos a la planta forrajera, relacionados con la práctica del ensilado

a.- Tamaño de picado

Es bien conocido el efecto positivo del picado fino sobre el desarrollo de la fermentación favoreciendo la dispersión de los jugos celulares (por lo tanto, de azúcares solubles) en la masa forrajera, y a su vez facilita la eliminación del aire a través de la mejor compactación. En el Cuadro 4 se indican algunos resultados, comparando distintos tamaños de picado.

Cuadro 4: Efecto de dos tamaños de picado en silajes de maíz. (Viviani Rossi y col., 1997)

Tamaño de picado (cm)	pH	Azúcares solubles (% MS)
1,5	3,5	17
15,5	6,4	9

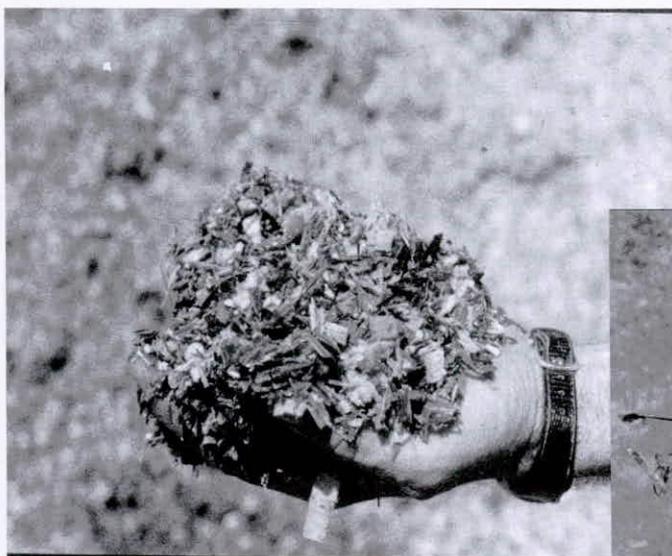


Foto: Raúl Barbarossa. Picado fino.



Foto: Raúl Barbarossa. Picado grueso.

Viviani Rossi y col. (1997) señalan que el picado fino de la planta de maíz favoreció el descenso del pH al liberar rápidamente los azúcares solubles (sustrato de las bacterias lácticas) y de esta manera se estimuló el inicio de la fermentación láctica.

b.- Eliminación rápida del oxígeno contenido en la masa del forraje

Se obtiene a través de una adecuada compactación y del comienzo rápido de la fermentación (producción de anhídrido carbónico). Es importante impedir la introducción de aire en el silo. Para ello es necesario controlar el tamaño de picado, trabajar rápidamente (organización operativa), suficiente compactación (tipo de silo y material agrícola especializado) y asegurar la hermeticidad y duración del sellado del silo.



Foto: L. Gutiérrez. Eliminación del aire por compactación.



Foto: L. Gutiérrez. Sellado del silo con cobertura plástica y neumáticos.

c.- Evitar la contaminación con tierra

La incorporación accidental de tierra, es una probable fuente de desarrollo clostridial. La presencia de tierra, puede aportar esporas clostridiales, que en condiciones adecuadas de acidez, humedad y temperatura germinan degradando el ácido láctico, los azúcares residuales y los compuestos nitrogenados, promoviendo la formación de ácidos grasos volátiles.



Foto: L. Gutiérrez. Distribución «limpia» del forraje en el silo.

Síntesis de las principales transformaciones que ocurren durante las fases del desarrollo de la fermentación (Adaptado de Dulphy y Demarquilly, 1978).

FASES	TRANSFORMACIONES BIOQUIMICAS
ENZIMATICA	<p style="text-align: center;">Hidrólisis de glúcidos</p> <p>Azúcares \longrightarrow glucosa-fructosa</p>
	<p style="text-align: center;">Respiración</p> <p>Glucosa-fructosa + O₂ \longrightarrow CO₂ + H₂O + n calorías</p>
	<p style="text-align: center;">Proteólisis</p> <p>Proteínas \longrightarrow aminoácidos</p>
FERMENTATIVA	<p style="text-align: center;">Comienzo de la acidificación (Acción de bacterias coliformes o enterobacterias)</p> <p>Azúcares \longrightarrow ácido acético+alcohol+CO₂</p> <p>Aminoácidos \longrightarrow amoníaco+A.G.V</p>
	<p style="text-align: center;">Acidificación del medio (Acción de bacterias lácticas)</p> <p>Azúcares $\begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix}$ bacterias homofermentativas \longrightarrow ácido láctico</p> <p>acético+alcohol Bacterias heterofermentativas \longrightarrow ácido láctico+ácido</p>
	<p style="text-align: center;">Desvíos fermentativos (Acción de bacterias butíricas)</p> <p>Azúcares residuales y ácido láctico \longrightarrow CO₂+ácido butírico+A.G.V</p> <p>Aminoácidos $\begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix}$ A.G.V+NH₃ Aminas</p>
POST FERMENTATIVA	<p style="text-align: center;">Desarrollo de mohos</p> <p>Azúcares+O₂ \longrightarrow CO₂+H₂O+calorías</p> <p>Acidos orgánicos+O₂ \longrightarrow Enmohecimiento</p> <p style="text-align: center;">Desarrollo de levaduras</p> <p>Azúcar \longrightarrow Alcohol+CO₂</p> <p>Acido láctico+O₂ \longrightarrow Acido acético+CO₂+H₂O</p>

CORRECTORES PARA SILAJES Y HENOLAJES EMPAQUETADOS

INTRODUCCIÓN

La utilización de correctores o aditivos en los silajes y henolajes es una práctica tecnológica poco generalizada en la Argentina. Sin embargo, la aplicación de estos productos son de uso frecuentes en países con mucha tradición en la confección de forrajes conservados de alta calidad.

El objetivo original de estos productos fue asegurar el dominio de las bacterias productoras de ácido láctico (BAL) durante el ensilaje, asegurando de esta manera la buena preservación fermentativa. En este aspecto, la melaza estuvo disponible comercialmente a principios de siglo XX para ser utilizada como fuente azucarada (carbohidratos rápidamente fermentables). Posteriormente, Virtanen adoptó un enfoque diferente y recomendó el uso de ácidos minerales para lograr la rápida acidificación del medio (pH 3,50) con la finalidad de prevenir cierta actividad bacteriana y enzimática indeseable. Hoy en día, el empleo de los correctores tienen como objetivo el control de la fermentación para mejorar el valor nutritivo y reducir las pérdidas de materia seca.

McDonald y col. (1991) clasificaron a los aditivos en cinco grandes categorías (Cuadro 5). Las dos primeras se adoptan para controlar la fermentación, estimulando la fermentación láctica o inhibiendo el desarrollo microbiano indeseable. La tercera categoría tiene por función controlar o impedir el deterioro aeróbico del silaje y la cuarta tiene por finalidad mejorar el valor nutritivo y la última se agregan a los cultivos muy húmedos, a fin de reducir las pérdidas de nutrientes por efluentes y reducir la contaminación potencial del ambiente.

Cuadro 5: Clasificación de aditivos con destino a silajes o henolajes.

(I) Estimulante de la fermentación láctica		(II) Inhibidor bacteriano y enzimático		(III) Inhibidor del deterioro aeróbico	(IV) Nutriente	(V) Absorbente
Cultivos bacterianos Bacterias lácticas	Fuentes azucaradas Sucrosa Melaza Cereales Remolacha Papa Enzimas	Ácidos Minerales Acético Láctico Fórmico Cítrico	Otros Formaldehído Nitrito sódico Antibióticos	Ácido propiónico Ácido sórbico	Urea Minerales Amonio	Remolacha Bentonita Cebada

(I) Estimulantes de la fermentación láctica

➤ Cultivos bacterianos o inoculantes biológicos

Distintos investigadores han definido ciertos criterios que un organismo debe satisfacer para ser utilizado como cultivo bacteriano en silajes: vigoroso crecimiento y gran capacidad para competir con otros microorganismos; ser homo fermentativos y de rápida producción de ácido láctico a partir de hexosas; ácido tolerantes y capaces de producir un pH final de al menos 4,00; capaces de fermentar la glucosa, fructosa, sucrosa y fructosanos; no deben actuar sobre ácidos orgánicos; poseer un rango de temperaturas para crecer de hasta 50 °C; capaces de crecer en materiales de baja humedad y no poseer actividad proteolítica. Uno de los primeros inoculantes bacterianos comerciales utilizados contenía *Lactobacillus acidophilus*. Posteriormente se desarrollaron inoculantes en base a *Lactobacillus plantarum* y *Pedococcus pentosaceus*.

En los Cuadros 6 (a y b) y 7 (a y b) se presentan algunos resultados experimentales utilizando un inoculante biológicos comercial en silajes de Trébol rojo y Pasto ovillo.

Cuadro 6 a y b: Efecto un inoculante biológico sobre el valor nutritivo y el perfil fermentativo en un silaje de trébol rojo. (Dumón y col., 1995)

a. Valor nutritivo

	PB	FDN	CNES	DIVMS
	(%)			
Con Inoculante	24	39	3	64
Sin Inoculante	22	40	3	63

b. Perfil fermentativo

	MS (%)	pH	N-NH3 (%N total)	Acidos Grasos Volátiles (AGV)		
				Acido acético (g/kgMS)	Acido propiónico (g/kgMS)	Acido butírico (g/kgMS)
Con Inoculante	20	4,8	11	22	2	5
Sin Inoculante	22	5	8	15	1	3

El agregado del inoculante biológico a las dosis recomendadas comercialmente (10 gr/t MV) no mostró tener efectos destacables sobre la calidad final del silaje de trébol rojo. Se deberían profundizar los estudios que relacionen los distintos tenores de materia seca del forraje a ensilar con la aplicación del inoculante biológico e insistir en experimentos en los que se evalúe la aplicación de diferentes dosis de inoculante adaptables a las distintas especies forrajeras y condiciones ambientales ya que estas dos variables condicionan la eficiencia de estos productos.

Cuadro 7 a y b: Efecto del inoculante biológico sobre el silaje de pasto ovillo. (Dumón y col., 1995)

a.- Valor nutritivo

	PB	FDN	CNES	DIVMS
	(%)			
Con inoculante	18	54	3	57
Sin Inoculante	22	51	1	60

b.- Perfil fermentativo

	MS (%)	pH	N-NH3 (%N total)	Acidos Grasos Volátiles (AGV)		
				Acido acético (g/kgMS)	Acido propiónico (g/kgMS)	Acido butírico (g/kgMS)
Con Inoculante	35	5	8	5	1	2
Sin Inoculante	30	4,8	11	5	1	3

De acuerdo a la información presentada en el Cuadro 7, el aditivo biológico utilizado a las dosis recomendadas no tuvo ningún efecto significativo sobre la calidad final del silaje de pasto ovillo. Es recomendable que oficialmente se evalúe la composición microbiológica de los inoculantes con la finalidad de determinar el tipo de bacterias lácticas y las cantidades de cada una de ellas presentes en el formulado.

➤ **Fuentes azucaradas**

Materiales ricos en carbohidratos son agregados al silaje con la finalidad de incrementar la disponibilidad de energía para el crecimiento de la bacterias lácticas (BAL). Son particularmente útiles en silajes de leguminosas y gramíneas tropicales.

- **Melaza**, este subproducto de la remolacha azucarera o de la cana de azúcar tienen un

tenor en materia seca del orden de 70 a 75 % y un contenido en carbohidratos no estructurales solubles (CNES) de 65% de la MS. El principal componente es la sucrosa. Varios autores han señalado que la incorporación de melaza incrementa la producción de efluentes.

■ **Enzimas que degradan la pared celular**, el uso de enzimas celulolíticas y hemicelulolíticas han sido consideradas desde dos puntos de vista: incrementando los azúcares fermentables y mejorando la digestibilidad de la materia seca. Es conocido que el proceso de ensilado tiene efecto sobre la pared celular en particular sobre el componente hemicelulosa.

■ **Cereales** (maíz, cebada, avena, etc.), han sido utilizados con un doble propósito, mejorar el proceso fermentativo y la calidad nutritiva del silaje. Autores han señalado que agregando grandes cantidades de granos de cereal se han reducido la producción de efluentes. Debido a que el principal carbohidrato de los cereales es el almidón (polisacárido, no disponible para las BAL) distintos autores han sugerido que en el momento de agregar granos se adicione una fuente enzimática conteniendo la enzima amilasa (por ejemplo, malta). La adición de una mezcla de malta + grano a silajes de gramíneas, trébol rojo y alfalfa han dado como resultado silajes de buena calidad

(II) Inhibidores bacterianos y enzimáticos

➤ **Ácidos minerales**, se han desarrollado métodos aplicando ácidos minerales (fosfórico, sulfúrico, etc.) con el objetivo de preservar el silaje provocando el descenso rápido del pH. De esta forma la actividad enzimática se reduce considerablemente evitando la proteólisis.

➤ **Ácido fórmico y su efecto en el silaje de alfalfa**

La utilización de este ácido orgánico fuerte esta ampliamente difundido. Carpintero y col., (1969) informan que en Inglaterra el uso de ácidos orgánicos en silajes de alfalfa, con resultados satisfactorios es una práctica muy común.

La concentración normal de aplicación es al 85% pero puede variar en función de la forrajera a conservar. Este producto tiene un importante efecto, haciendo descender rápidamente el pH a 4,00. La acción antibacterial del ácido fórmico es debida a la concentración del ión hidrógeno y también a la acción bactericida del ácido inhibiendo el crecimiento de *Clostridium* spp, *Bacillus* spp y otros géneros del grupo Gram-negativo. Las levaduras son tolerantes a este ácido. Su aplicación afecta la composición química del silaje, dependiendo de las dosis utilizadas, el tenor en materia seca y la especie ensilada. Distintos investigadores han señalado el importante efecto inhibitorio de este corrector sobre la proteólisis en silajes de alfalfa y verdeos de invierno fertilizados con nitrógeno.

Según Carpintero y col., (1979) la degradación proteica varía según la especie forrajera, estado fenológico, composición química, contenido de materia seca y tratamiento previo del forraje con destino a silaje. McDonald y col., (1991) señalan que uno de los procesos más importante que ocurre durante el ensilado es la proteólisis o la degradación enzimática de la proteína a nitrógeno no proteico soluble (NNP soluble: péptidos, aminoácidos libres, nitrógeno amoniacal, etc.).

Estos procesos ocurren durante los primeros días de la fermentación, pudiendo dar como resultado que el 85% de la proteína bruta de los silajes de alfalfa se encuentra en forma de NNP soluble.

Con el objetivo de evaluar el efecto de este ácido sobre algunos parámetros fermentativos en alfalfa ensilada inmediatamente luego del corte (sin preoreo), se realizó un experimento utilizando una pastura monofítica de alfalfa (c.v. Monarca, sin latencia). Este cultivo fue cosechado al 50 % de floración. Luego del corte, fue corta-picada (2,50 cm.) y asperjada con ácido fórmico al 85% en una dosis de 0,5% en base a la materia verde (5 litros/t peso fresco) e inmediatamente ensilada. Los silos fueron abiertos a los 60 días de confección.

En el Cuadro 8 se presenta la composición química de la alfalfa previo al ensilado.

Cuadro 8: Valor nutritivo y aptitud para el ensilado de la alfalfa previa al ensilaje.

	Valor nutritivo				Aptitud para el ensilado	
	DIVMS (%)	NT (%)	PB (%)	FDN (%)	MS (%)	CNES (%)
Alfalfa	69	3,38	21,12	36,6	31	6,35

Los elevados valores de PB y DIVMS y la baja concentración en FDN indican que este cultivo no tiene limitantes nutritivas para rodeos de altos requerimientos. Sin embargo, la baja concentración en CNES, asociada a la elevada capacidad buffer (39 a 57 mE/100g; McDonald y col., 1991) hacen suponer que habría limitantes para su ensilado inmediatamente después del corte.

Según, Carpintero y col., (1969) para lograr un silaje de alfalfa de alta calidad fermentativa la concentración en CNES debe ser de 12,6 a 16,1 %; estos valores son necesarios para compensar la elevada capacidad buffer de la alfalfa.

Dulphy y Demarquilly (1978) y McDonald y col., (1991) mencionan que tenores de materia

seca similares a los hallados en este experimento o superiores a este valor impedirían el desarrollo de bacterias clostridiales (sensibles al aumento de la presión osmótica de la masa ensilada) y parcialmente responsables de la descomposición de la proteína, compuestos nitrogenados, azúcares residuales y del ácido láctico.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados correspondientes al valor nutritivo y parámetros fermentativos. La DIVMS y PB fueron afectados por el agregado de ácido fórmico. Sin embargo, sobre la FDN hubo efecto, de acuerdo con Letrille y Alomar (1993), manteniéndose en valores no limitantes para el consumo animal.

Carpintero y col., (1969) y Heron y col., (1986) sugieren que el incremento en CNES en el tratamiento con ácido fórmico se debe a la acción de enzimas y a la hidrólisis ácida de carbohidratos estructurales de la planta, por ejemplo, la hemicelulosa. De acuerdo a las condiciones experimentales utilizadas se obtuvieron silajes de alto valor nutritivo adecuados para sistemas ganaderos de altos requerimientos alimentarios.

Si bien, no se compararon estadísticamente los %MS entre el material de origen y los valores del silaje, de los resultados obtenidos se puede comentar que los menores valores de materia seca de los silajes respecto al material de origen indicarían un proceso respiratorio al comienzo de la fermentación dando como resultado un mayor contenido en agua en la masa ensilada y a su vez un mayor consumo de CNES, que junto con la hidrólisis de glúcidos y el consumo por parte de las bacterias lácticas da como resultado valores de CNES inferiores a 4,3 % (Dulphy y Demarquilly, 1978).

No se hallaron diferencias significativas sobre la MS (%), entre tratamientos. Resultados similares fueron hallados por Gutiérrez y col., (1998) trabajando en silajes de gramíneas templadas fertilizadas con nitrógeno y ácido fórmico.

El rápido descenso del pH en el tratamiento con ácido fórmico ha provocado la mayor estabilidad de la proteína, fenómeno señalado por Carpintero y col. (1979). En este mismo sentido, McKersie (1985) informa que el bajo pH inhibe la proteólisis. El uso de este ácido orgánico además, ha favorecido la acidificación del medio al reducir el efecto neutralizante del nitrógeno amoniacal (Seale y col., 1981).

Utilizando la relación MS: pH, (27: 4,5) en el silaje tratado con este aditivo indicaría que la calidad fermentativa y la estabilidad de la masa ensilada, fue satisfactorias respecto al no tratado (26:5,3 cuadro 9).

Pichard y Rybertt (1993) señalan que en un silaje de calidad, las proteínas se degradan

principalmente a péptidos y aminoácidos, pero cuando se producen desvíos fermentativos con proliferación clostridial hay una excesiva degradación de los aminoácidos a niveles altos de nitrógeno amoniacal. La proporción de este tipo de nitrógeno, es muy variable y esta asociado principalmente a la actividad de las enterobacterias y clostridios, durante la fermentación. La presión osmótica y la rapidez en la obtención del pH crítico condiciona esta actividad.

Los resultados de nitrógeno amoniacal (Cuadro 9) obtenidos por Viviani Rossi y col. (2001) son consistentes con los informados por Haigh y Parker (1985); Haigh (1988), Haigh y Chapple (1998).

Cuadro 9: Valor nutritivo y perfil fermentativo del silaje de alfalfa

	Tratamiento	Valor nutritivo					Perfil fermentativo					
		DIVMS (%)	FDN (%)	NT (%)	PB (%)	CNES (%)	MS (%)	N-NH3 (%NT)	pH	Ac. acético (g/kgMS)	Ac. propiónico (g/kgMS)	Ac. butírico (g/kgMS)
Alfalfa	Con ácido fórmico	69	34	2,9	18	4	27	4	4,5	12	0,4	0,4
	Sin ácido fórmico	63	37	2,6	16	3	26	33	5,3	22	1,8	3,9

La información disponible indica que el ensilado de la alfalfa inmediatamente luego del corte directo dificulta seriamente el proceso fermentativo incrementando el nitrógeno amoniacal, producido por la intensa actividad proteolítica de origen enzimático y bacteriano. Viviani Rossi y col. (2001), indicaron que el uso del ácido fórmico al 85% en dosis de 5 l/t de peso fresco provocó un descenso significativo del pH y una importante disminución en los valores de nitrógeno amoniacal al inhibir el desarrollo de fermentaciones secundarias, reducir la proteólisis y la deaminación nitrogenada.

➤ **Acido acético**, la posibilidad de utilizar este ácido como aditivo ha sido desalentada debido que la presencia del mismo en altas concentraciones en silajes ha sido asociada a una pobre performance productiva.

➤ **Formaldeído**, es conocido su efecto bacteriostático. Autores han destacado que su utilización tiene dos efectos importantes: actividad bacteriostática y protección de los componentes nitrogenados de la planta por parte de la degradación microbiana del rumen. También ha sido reconocido el efecto perjudicial para la salud la exposición a este producto.

(III) Inhibidores del deterioro aeróbico

Los mayores responsables del deterioro aeróbico de los silajes son los mohos, levaduras y bacterias aeróbicas.

➤ **Ácido propiónico**, este ácido orgánico ha sido ampliamente utilizado como inhibidor microbiano en la preservación de granos almacenados. Algunos autores han señalado el efecto positivo, reduciendo el deterioro causado por la exposición al aire en silajes de maíz. Ha sido demostrado que la aplicación de ácido propiónico reduce el crecimiento de *Saccharomyces exiguus*. Diversos autores destacan que el efecto de este ácido es importante cuando es usado en altas dosis. También se demostró que el efecto fungistático se incrementa cuando el pH disminuye.

➤ **Otros**, investigadores en el tema han destacado el potencial uso del ácido sórbico como un inhibidor del deterioro. Se señala el fuerte efecto inhibidor del mismo impidiendo el crecimiento de mohos y levaduras.

(IV) Nutrientes

Son sustancias que se agregan al material ensilado que contribuyen a las necesidades nutritivas de los animales. Algunos de los aditivos mencionados precedentemente cumplen con esta finalidad.

➤ **Componentes nitrogenados**, algunos cultivos como el maíz son deficientes en nitrógeno por lo tanto cuando se suplementa con silajes provenientes de este verdeo es necesario complementar con alimentos proteicos. Una alternativa para mejorar la proteína en silajes de maíz es con el agregado adicionando de urea en el momento de ensilar el cultivo. La urea, en general produce silajes de maíz con valor altos de pH. También se incrementa la capacidad buffer debido a la producción de nitrógeno amoniacal y otros componentes nitrogenados.

(V) Absorbentes

El ensilado de forrajeras sin preoreo, se incrementa notablemente la producción de efluentes. Algunos aditivos químicos tienen la propiedad de plasmolizar la célula vegetal y favorecer la producción de líquidos. El agregado de productos absorbentes puede solucionar este problema pero la eficiencia en el poder de absorción dependerá de las características físicas del cultivo, método de aplicación, tipo de silo, etc.

➤ **Pulpa de remolacha azucarera**, varios autores indican el efecto reductor sobre la producción de efluentes y la mejora en el proceso fermentativo de este aditivo.

➤ **Paja**, este producto esta aceptado como una técnica para reducir la producción de efluentes, pero se mencionan una serie de desventajas incluyendo los efectos sobre la fermentación y la calidad nutritiva del silaje.

➤ **Bentonita**, trabajos experimentales han destacado lo efectivo de este producto como absorbente sin embargo hubo una reducción en el valor nutritivo del silaje.

PREOREO O PREMARCHITADO

Esta práctica tiene por objetivo incrementar el porcentaje de materia seca en el forraje y consiste en dejar secar parcialmente el forraje previo al ensilado. El ensilaje preoreado tiene menores necesidades de ácido para conservarse. De esta manera, se mejora considerablemente la calidad de la conservación sobre todo en aquellos forrajes pobres en azúcares solubles, por ejemplo: alfalfa, trébol rojo, pasto ovido, etc. Además, el incremento en la materia seca aumenta la presión osmótica del forraje, proceso que detiene o "frena" el desarrollo de las bacterias butíricas, que son las más sensibles a este fenómeno.

Rotz y Muck (1994) y Marsh (1979) señalaron que el premarchitado mejoró la calidad del silaje en especies forrajeras complejas para el ensilado (alfalfa, trébol rojo, etc). Según Haigh (1987) el preoreo mejoró sensiblemente la calidad de la masa ensilada, disminuyendo el contenido de nitrógeno amoniacal y pH. Por otro lado, el aumento en el porcentaje de la materia seca favorece el consumo animal y también reduce las pérdidas de elementos nutritivos y la contaminación ambiental al reducir la producción de efluentes.

La pérdida de agua durante el preoreo depende de una serie de factores: la planta, tratamiento mecánico y fundamentalmente de las condiciones climáticas.

Pionner (1995), recomienda en su Manual diferentes porcentajes de humedad en el forraje según la madurez en el momento de la cosecha, tipo de silo y tamaño de picado.

Dumon y col. (1995), sugieren realizar esta práctica en los silajes puros de Pasto ovido y Trébol rojo (Cuadros 10 y 11) y señalan que el premarchitado disminuyó el desarrollo de fermentaciones secundarias aumentando la estabilidad de los silajes.

Cuadro 10: Efecto del premarchitado en un silaje de Pasto ovido (Dumón y col., 1995)

Tratamiento	MS	PB	DIVMS	FDN	CNES	pH	N-NH3	Acidos Grasos Volátiles (AGV)		
								Ac. acético	Ac. propiónico	Ac. butírico
								(g/kgMS)		
Premarchitado	42	18	58	55	2,5	5,1	7	5	0,4	0,4
Sin premarchitado	23	22	60	50	1	4,8	12	6	2	4

Cuadro 11: Efecto del premarchitado sobre el silaje de Trébol rojo, a los 120 días de su confección (Dumón y col., 1995).

Tratamiento	MS	PB	DIVMS	FDN	CNES	pH	N-NH ₃	Acidos Grasos Volátiles (AGV)		
								Ac. acético	Ac. propiónico	Ac. butírico
								(g/kgMS)		
Premarchitado	23	22	63	40	3	4,8	8	12	1,9	2
Sin premarchitado	19	24	63	39	3	4,5	10	26	0,8	5



Foto: Luis Gutierrez: Recolección y cortapicado de una pastura con destino a silaje.

Foto: Raúl Barbarossa: Preoreo de una pastura para silaje.



CONSIDERACIONES FINALES

El mejor conocimiento de los fenómenos bioquímicos inherentes al proceso fermentativo ha permitido identificar las "herramientas" técnicas más adecuadas para la obtención de silaje de alta calidad fermentativa y nutritiva. Las recomendaciones para el uso de los aditivos y el preoreo deben estar basadas no solo en resultados comprobados científicamente sino también en la evaluación económica correspondiente. Es importante señalar que un producto utilizado como aditivo debe demostrar que no posee efectos tóxicos o nocivos antes de ser difundidos comercialmente. En el caso de utilizar productos de comprobada corrosividad se deberán seguir estrictamente las recomendaciones para su manipulación y almacenamiento, indicadas en los marbetes respectivos.

HENOLAJE EMPAQUETADO

Entre el heno y el silaje

INTRODUCCIÓN

El principio del henolaje empaquetado de rollos húmedos es simple, es una técnica de confección de forrajes conservados que consiste básicamente en cortar el pasto en el estado óptimo en cuanto a su calidad y someterlo a un preoreo o premarchitado natural, de manera tal, que se logre un nivel de materia seca superior a 30% y posteriormente envolverlos en un film expandible o estirable a base de polietileno y dejar que se desarrolle una fermentación láctica (Gaillard y Berner, 1988). Un aspecto particular de esta técnica es que el forraje no se cortapica, como lo es en el silaje.

Experimentos realizados en el extranjero han señalado que la calidad del ensilaje empaquetado ha sido satisfactoria durante los primeros seis meses (Andrieu, Gaillard Y Dulphy, 1981). Sin embargo, se han hallado pérdidas de materia seca y calidad nutritiva a través del tiempo. Gaillard y Berner (1988) y Gaillard (1990) mencionan que este sistema de reservas es altamente dependiente de las propiedades del film utilizado [estiramiento, elasticidad, adhesividad, resistencia a los rayos UV, oxidación y resistencia mecánica (perforaciones, desgarros, etc)].

Información obtenida por medio de encuestas, análisis de laboratorio y constataciones in situ, en cuanto al comportamiento de esta técnica, ha sido muy variable (Viviani Rossi, 1993).



Foto: Raúl Barbarossa.
Henolajes empaquetados
de pastura de raigrás y
almacenamiento.

CARACTERISTICAS DESTACABLES DE LA TECNICA

Procedimiento técnico

Una vez realizado el corte, el forraje debe ser debe ser premarchitado El lapso de mantenimiento a campo para lograr el preoreo deseado variará de acuerdo a las condiciones climáticas en se momento (humedad relativa, viento, temperatura, etc.). Además, este tiempo de permanencia a campo dependerá de otros factores: especie vegetal y estado fenológico, acondicionamiento mecánico previo del forraje, fertilización nitrogenada, etc.

Este premarchitamiento tiene por objetivo aumentar la concentración de azúcares en la planta, incrementar la presión osmótica, reducir la actividad clostridial y disminuir la producción de efluentes.

Una vez alcanzado el %MS deseado se procede al enrollado, tomando algunas precauciones: rollos de tamaño pequeño (0,90 a 1,10 m de diámetro), de forma cilíndrica, bien atados y fundamentalmente muy compactos. Como en todo proceso fermentativo el aire es un agente que provoca deterioro en la masa ensilada por lo tanto el aire interior del rollo se desaloja por efecto de la alta presión que ejerce la propia rotoenfardadora. El atado del rollo es muy importante ya que permite una mejor compactación y una forma mas cilíndrica del rollo, condición indispensable para una buena envoltura plástica. Si las vueltas de hilo son pocas, aparecen bolsas de aire en el mismo y perjudica la fermentación. Se recomienda atar con 5 ó 6 vueltas en los extremos y colocar las líneas centrales de hilo, separadas a 6-7 cm entre sí.



Foto: Raúl Barbarossa. Rollo húmedo de alfalfa (50% de MS) con destino a henolaje.

Posteriormente, la mesa empaquetadora toma el rollo y se procede al recubrimiento con el film de polietileno o empaquetado, el estiramiento, la adhesividad y la memoria del film permiten eliminar el aire superficial del rollo. De esta manera se lograron las condiciones de anaerobiosis adecuadas y esenciales para el desarrollo fermentativo. Luego de la estabilización,

periodo que puede variar según la planta forrajera y el contenido en materia seca se obtiene un henolaje de baja humedad.

Características del film de polietileno

La utilización de un film de polietileno de alta calidad es un aspecto clave y éste debe reunir ciertas condiciones (resistencia al "envejecimiento" provocado por los rayos UV, oxidaciones y temperatura ambiental, estiramiento, adhesividad entre capas, memoria y resistencia mecánica a las perforaciones, desgarros y frotamientos).

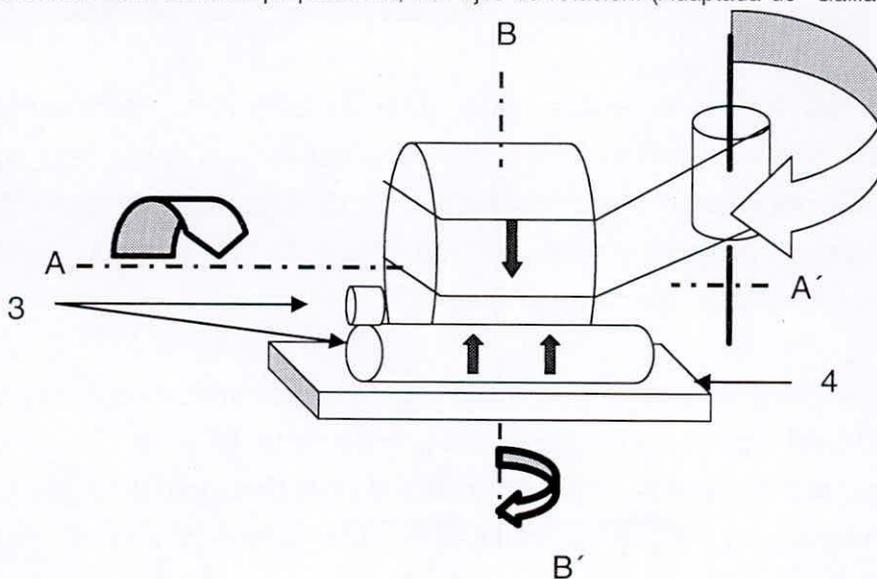
Además, Gaillard y Berner (1988) señalan que el film de polietileno debe reunir ciertas propiedades: mantenimiento de las propiedades y hermeticidad (esencial para lograr una fermentación adecuada y evitar degradaciones post-fermentativas) del film durante el almacenamiento, según estos autores la duración durante el almacenamiento puede llegar a 6 meses incluso 1 año. Durante este período de tiempo el henolaje empaquetado está sometido a los rigores del clima (variaciones de la temperatura, radiación UV, viento, etc.) y por lo tanto es necesario disponer de un polietileno que tenga estabilidad a largo plazo.

Las bobinas de film de polietileno son de 500 ó 750 mm de ancho, por 1500 ó 1800 m de largo, las que se emplean con mayor frecuencia son de 22 kg y 1800 m de largo por 500 mm de ancho y 25 micrones de espesor. Con estas dimensiones y recubriendo el rollo con 4 capas, se pueden empaquetar: 21 rollos de 1,20 por 1,50 m; 22 rollos de 1,20 por 1,20 m. ó 35 rollos de 0,90 por 1,20 m.

Empaquetado de los rollos de forraje húmedo

El empaquetado permite envolver integralmente al rollo a partir de un film de de 50 cm. de ancho y 25 micrones de espesor.

Esquema de funcionamiento de la empaquetadora, dos ejes de rotación. (Adaptada de Gaillard y Berner, 1988)



La bobina de film (1) gira libremente sobre el eje fijo (2). El rollo tiene dos movimientos de rotación según los ejes AA' y BB'. La rotación AA' es originado por dos rodillos (3) sobre los que reposa el rollo. Estos dos rodillos (3) son solidarios al catre (4) que genera la rotación según el eje BB'. Esta última rotación es la que origina el desenvolvimiento del film de la bobina. El movimiento de la empaquetadora se origina a través del sistema hidráulico del tractor.

Estiramiento del film

Las propiedades de estiramiento, elasticidad y memoria son muy importantes en el empaquetado. El rollo debe quedar perfectamente envuelto en el film y no debe haber espacio entre el forraje y el film de polietileno.

El estiramiento convencional, se realiza cuando éste tiene lugar entre el rollo y la bobina de polietileno. Este estiramiento puede modificarse frenando la bobina con un freno axial o tangencial.

El pre-estiramiento, consiste en estirar el film entre dos rodillos paralelos (ubicados cerca de la bobina). La bobina de polietileno colocada en el sistema dispensador, mediante un juego de rodillos de goma es sometido a un pre-estiramiento antes de adherirlo al rollo, para activar la memoria del mismo de manera que una vez adherida al material tienda a contraerse y de este modo eliminar el aire superficial.

La correcta regulación del mismo influye en el producto final conseguido, pues si el pre-estiramiento es excesivo se debilita la cobertura, pudiendo romperse o formarse porosidad en el polietileno, volviéndolo permeable al aire con la consiguiente pérdida del material empaquetado.

Si el pre-estiramiento es insuficiente no se logra desalojar completamente el aire superficial y además no se garantiza una correcta adherencia de las capas de polietileno entre sí.

En general, se aconseja un pre-estiramiento de entre 50 y 70% y para determinar si el equipo está bien calibrado se debe medir el ancho de la bobina a la salida del dispensador y si este es correcto, esta debe tener un ancho menor en un 15%. Es muy recomendable controlar continuamente el nivel de pre-estiramiento ya que éste está determinado también por el diámetro de la bobina y por la temperatura ambiente.

Cobertura, la tasa de recubrimiento determina el número de capas de polietileno colocadas simultáneamente. De esta manera se empaqueta completamente el rollo, cuando el eje AA' completó una vuelta disponiendo dos capas de film con un recubrimiento del 50%. La cobertura del film debe ser al menos del 50% con la finalidad de obtener buena hermeticidad.



Foto: Raúl Barbarossa. Henolaje empaquetado de gramíneas.

Rendimiento del empaquetado, dependerá del sistema elegido de trabajo a campo. Si la empaquetadora se mantiene fija en el lugar de estiba y es abastecida con algún sistema de transporte, se pueden lograr un rendimiento de 28 a 32 rollos/hora. Si la empaquetadora sigue a la arrolladora, empaqueta y descarga sobre el lote, se conseguirán un rendimiento de 15 a 18 rollos/hora.

Estiba o almacenamiento los rollos empaquetados, se estibarán en lugares altos, alejados de montes de árboles, con buen drenaje del agua de lluvia y con acceso fácil principalmente en invierno. La estiba se aislará en todo su perímetro para que los animales no puedan acceder. Es indispensable mantener limpio este lugar con la finalidad de evitar, en lo posible, la presencia de roedores y peludos.

Se recomienda la verificación periódica de los rollos para controlar posibles daños y reparar las perforaciones con parches plásticos específicos.

Factores que inciden en la operatividad de esta técnica:

- Conocimiento de la técnica por parte de los operarios
- Condiciones climáticas y época del año.
- Especie forrajera.
- Tiempo de preoreo.
- Producción forrajera (kg MS/ha).
- Distancia del lote al lugar de almacenamiento.
- Tractores y "mano de obra" disponibles.

Características del forraje, andana y rollo:

- Porcentaje de MS: 37 %MS
- Peso del rollo: 700 kg
- kg de material verde por metro: 2
- Metros de andana por rollo: 350 m
- Presión de enrollado: 70-80 kg/cm²
- Tamaño de rollos: 1,10 por 1,6 m

Tiempos operativos orientativos empleados en la confección, atado y empaquetado (Gutiérrez y Viviani Rossi, com. pers.)

- Tiempo de confección: 3'
- Tiempo de atado: 1'
- Número de vueltas por rollo: 24
- Tiempo de empaquetado: 1' 20"

Consideraciones operativas sobre el empaquetado, la organización y fundamentalmente la sincronización de las tareas operativas es un aspecto a destacar en el correcto esquema de trabajo.

ELABORACIÓN DE HENOLAJE EMPAQUETADO DE ALFALFA

Se utilizó una pastura de alfalfa pura (10% de floración). Las características del forraje, luego de un premarchitado de cuatro horas previo al ensilado fueron: materia seca (50 %), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS): 65%, proteína bruta (PB): 17%, fibra de detergente neutro (FDN):42% y carbohidratos no estructurales solubles (CNES): 6%.

Los rollos húmedos se confeccionaron con una rotoenfardadora de cámara variable, utilizando alta presión de compactación (90 kg/cm²). El tamaño promedio de estos rollos fue de 1,10 (diámetro) x 1,50m (largo). Se utilizó un film de polietileno importado de color blanco (25 micrones de espesor). Se siguieron estrictamente las recomendaciones técnicas (Gaillard, 1990) durante la envoltura (50% de estiramiento, 50% de superposición de las bandas y cuatro capas de film).

Los rollos empaquetados fueron evaluados a los 120 y 280 días a partir de la fecha de confección y se muestrearon dos estratos: borde (hasta 20cm de profundidad) y centro (más de 20cm).

En el Cuadro 12 se presentan los valores de MS (%),DIVMS (%), PB (%), FDN (%), pH y N-NH₃ (%NT) de borde y centro. El contenido en N-NH₃ para ambos lugares son aceptables para el silaje de alfalfa según los valores de referencia elaborados por Dulphy y Demarquilly (1979). Respecto al pH, Zimmer (1969) señala que estos valores elevados se deben fundamentalmente a la alta capacidad buffer de esta forrajera.

Cuadro 12: Efecto del lugar de muestreo sobre la calidad del henolaje

LUGAR	MS	PB	DIVMS	FDN	pH	N-NH ₃
	(%)					(%N total)
BORDE	61	17	52	55	8	8
CENTRO	68	20	59	51	7	4

Con respecto a las evaluaciones a los 120 y 280 días, los resultados indicaron que hubo diferencias importantes en el tenor de MS (Cuadro 13). El probable aumento en el contenido de MS se debe a la calidad del film (falta de adhesividad y formación de microporos) este efecto también ha sido señalado por Gaillard y Berner (1988) y Gaillard (1990).

Cuadro 13: Evolución en el tiempo de los henolajes empaquetados

FECHA (días)	MS	PB	DIVMS	FDN	PH	N-NH ₃
	(%)					(%N total)
120	50	19	56	54	8	4
280	79	18	59	51	7	7

CONSIDERACIONES FINALES

El ensilado de rollos húmedos no es un sistema de reservas forrajeras complejo y para conservar un forraje de alta calidad con este sistema es importante seguir estrictamente las recomendaciones técnicas: elección de un film de polietileno de alta calidad, alta presión de compactación, número de vueltas en la envoltura, forraje libre de contaminación con tierra y fundamentalmente tener en cuenta el estado fenológico del forraje en el momento de corte y tomar los recaudos necesarios durante el almacenamiento.

En los bordes existe cierta inestabilidad fermentativa debido a la pérdida de hermeticidad de los film de polietileno [mala calidad del film, movimiento de los rollos una vez envueltos o materiales extraños aprisionados entre las bandas de plástico (hilo, hojas, tallos, etc.).

Con respecto al efecto que tiene el tiempo de almacenamiento se señala que hubo una disminución de la DIVMS y un incremento del FDN con respecto al material de origen y un aumento considerable del tenor en MS a los 9 meses de la confección, se menciona que la causa probable de estos resultados se deba a la pérdida de hermeticidad del film utilizado.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRIEU, J., GALLAIRD, F. y DULPHY, J. 1981. L'ensilage d'herbe mi-fanée en balles rondes, utilisations par des génisses laitières d'un an. Bull. Tech. CRZV Theix. INRA. N° 46.
- CARPINTERO, M. C., HOLDING, A.J. y MCDONALD, P. 1969. Fermentation studies on Lucerne. J. Sci. Fd. Agric. 20: 678-681.
- CARPINTERO, C. M., HENDERSON, A. R. y MCDONALD, P. 1979. The effect of some pre-treatments on proteolysis during the ensiling of herbage. Grass and Forage Sci. 34: 311-315.
- DALLA VALLE, D., VIVIANI ROSSI, E., ANDRADE, F. y WADE, M. 1998. Calidad fermentativa y nutritiva de maíz para silaje en función de granos fijados. Universidad Abierta. Encuentro de investigadores, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. Bs. As. 197-198.
- DEVUYST, A. y VANBELLE, M. 1964. Les bases scientifiques de l'ensilage. Agriculture Vol. XII. 2^{ème} serie. N° 1. pp 125 -140.
- DULPHY, J. P. y DEMARQUILLY, C. 1978. Special Ensilage. Perspective Agricole. pp 10-33.
- DULPHY, J. y DEMARQUILLY, C. 1981. Problemes particulieres aux ensilages. In Prévision de la valeur nutritive des aliments de Ruminants. INRA. Publ. pp 81-104.
- DUMON, M. G., VIVIANI ROSSI, E. M., GUTIÉRREZ, L. M., MORENO, E. M., MONTERUBBIANESI, M. G. y DELPECH, E. 1995. Efecto del agregado de Bacterias Lácticas, enzimas y del premarchitado sobre la calidad del silaje de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). Rev. Arg. Prod. Anim. 15 (1): 151-153.
- DUMON, M.G., VIVIANI ROSSI, E.M., MORENO, E. M., MONTERUBBIANESI, M.G. GUTIERREZ, L.M., y DELPECH, E. 1995. Efecto del agregado de un inoculante biológico y del premarchitado sobre la calidad del silaje de una pastura de trébol rojo (*Trifolium pratense* L.). Rev. Arg. Prod. Anim. 15 (1): 153-156.
- FINLEY, J. W., PALLAVICINI, C. y KOHLER, G. O. 1980. Partial isolation and characterisation of *Medicago sativa* leaf proteases. J. Sci. Food Agric. 31: 156-161.
- GAILLARD, F. y ZWAENEPOEL, P. 1987. L'ensilage en balles rondes sous film étirable. BTMEA. CEMAGREF. 18:37-46.
- GAILLARD, F. y BERNER, J. L. 1988. La technique de l'ensilage en balles rondes sous film étirable. BTMEA, CEMAGREF. 33:34-44.
- GAILLARD, F. 1990. L'ensilage en balles rondes sous film étirable. Fourrages. 123: 289-304.
- GOERING, H.K. y VAN SOEST, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis. USDA Agricultural Handbook No 379. USDA. Washington. DC.
- GRUM, D.E., SHOCKEY, W.L. y WEISS, W.P. 1991. Electrophoretic Examination of alfalfa silage proteins. J. of Dairy Sci. 74(1): 146-174.
- GURFINKEL, L.M. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada y del ácido fórmico sobre la calidad fermentativa de un verdeo de invierno con destino a silaje, para dos momentos de corte. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 37 p + anexos.

- GUTIÉRREZ, L. M., ROLDÁN, G., VIVIANI ROSSI, E. M., MAUTI, A. y DELPECH, E. 1996. El ácido fórmico y la fertilización nitrogenada sobre el silaje de Avena cv Bonaerense Payé. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 16 (Supl.1): 225-226.
- GUTIÉRREZ, L.M., ROLDÁN, G., VIVIANI ROSSI, E.M., MONTERUBBIANESI, M.G., MAUTI, A. y DELPECH, E. 1996. Fecha de corte, ácido fórmico y fertilización nitrogenada sobre el silaje de raigrás anual cv Tama. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 16 (Supl.1): 225-226.
- GUTIÉRREZ, L. M., VIVIANI ROSSI, E. M., LABORDE, H. E. y DELPECH, E. 1998. Efecto de un aditivo orgánico al silaje de avena y trébol rojo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18 (Sup. 1): 141-142.
- HAIGH, P.M. y PARKER, J.W.G. 1985 Effect of silage additives and wilting on silage fermentation, digestibility and intake and on liveweight change of young cattle. *Grass and Forage Sci.* 40: 429-436.
- HAIGH, P.M. 1988. The effect of wilting and silage additives on the fermentation of autumn made grass silage ensiled in bunkers on commercial farms in South Wales 1983-1985. *Grass and Forage Sci.* 43: 337-345.
- HAIGH, P.M. y CHAPPLE, D.G. 1998. The effect of formic acid with formalina addition and wilting on silage fermentation and intake, and on liveweight change of young cattle. *J. Agric. Engng Res.* 69: 179-183.
- HERON, S. J., ALUN EDWARDS, R. y MCDONALD, P. 1986. Changes in the nitrogenous components of Gamma-irradiated and inoculated ensiled ryegrass. *J. Sci. Food Agric.* 37: 979-985.
- HIJANO, E. H. y BASIGALUP, D. H. 1995. El cultivo de la alfalfa en la Republica Argentina. **in** La alfalfa en la Argentina. INTA. pp 11-18.
- JUAN, N. A., ROMERO, L. A. y BRUNO, O. A. 1995. Conservación del forraje de alfalfa. **in** La alfalfa en la Argentina. INTA. 173-192.
- LATRILLE, L. y ALOMAR, D. 1993. Experiencias en el uso de aditivos de ensilajes. *Ciencias e Investigación Agraria, Chile.* 20 (2): 345-371.
- MARTÍN, N. ARPAIA, R. FERNÁNDEZ, M. C., BIANCHINI, M. R., VIVIANI ROSSI, E., CENDOYA, M. G., SAN MARTINO, S. y GUTIÉRREZ, L. M. 1997. Efecto de la fertilización con nitrógeno y la fecha de corte sobre la capacidad reguladora en verdeos con destino a silaje. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(1): 171-172.
- McDONALD, P., HENDERSON, A.R. y HERON, S.J.E. 1991. *Biochemistry of Silage.* Second Ed. Chalcombe Pub. Gran Bretaña. 340 p.
- McKERSIE, B. D. 1981. Proteinases and peptidases of alfalfa herbage. *Can.J. Plant Sci.* 61: 53-59
- McKERSIE, B. D. 1985. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agronomy Journal.* 77: 81-86.
- MERRY, R.J., CUSEEN-MACKENNA, R.F. y JONES, R. 1993. Biological silage additives. *Ciencias e Investigación Agraria, Chile.* 20 (2): 372-401.

- MONTGOMERY, D.C. 1991. Diseño y Análisis de experimentos. Ed. Iberoamérica. 589 p.
- O'KIELY, P. 1991. Factors affecting silage fermentation. 5th Annual European Animal Production. Dublin. pp 79- 119.
- OHSHIMA, M y McDONALD, P. 1978. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. J.Sci. Fd. Agric. 29: 497-505.
- PICHARD, G. y RYBERTT, G. Degradación de las proteínas en el proceso de ensilaje. Ciencias e Investigación Agraria, Chile. 20 (2): 402-429.
- POLAN, C. E., STIEVE, D. E. y GARRETT, J. L. 1998. Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. J. Dairy Sci. 81: 765-776.
- PROPEFO, INTA. 1998. Mirando hacia el futuro en la Conservación de Forrajes. Producir XXI. N° 84. pp 24-28.
- ROMERO, L., BRUNO, O., DÍAZ, M. y GAGGIOTTI, M. 1995. Efecto del momento de empaquetado sobre la calidad de henolajes de alfalfa. Información técnica para productores. INTA, Rafaela. p 10.
- SEALE, D.R., QUINN, C.M. y WHITTAKER, P.A. 1981. Microbiological and chemical changes during the first 22 days of ensilage of different grasses. Ir. J. Agric. Res. 20: 61-71.
- SIDDONS, R.C., ARRICASTRES, C. GALE, D.L. y BEEVER, D.E 1984. The effect of formaldehyde or glutaraldehyde application to lucerne before ensiling on fermentation and silage N digestion in sheep. Br. J. Nutr. 52: 391-401.
- THOMAS, C. y FISHER, G. 1991. Forage conservation and winter feeding. In Milk from grass. 2a Ed. pp 27-51.
- TILLEY, J. M. y TERRY, R. M. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J Br Grassl Soc 18: 104-111.
- VIRTANEN, A. 1933. The A.I.V. method of preserving fresh forage. Emp J Exp Agric 1: 143-155
- VIVIANI ROSSI, E. M. 1993. Diagnóstico y perspectivas en el uso de reservas forrajeras. Encuentro Nacional: Reservas Forrajeras para carne y leche, Tandil. pp 19-27.
- VIVIANI ROSSI, E. M., MORENO, E., SAN MARTINO, S. y GUTIÉRREZ, L. M. 1995. Evaluación de henolajes empaquetados de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el sudeste bonaerense. Rev. Arg. Prod. Anim. 15(1): 156-158.
- VIVIANI ROSSI, E., GUTIERREZ, L. M. MATINATA, E. MORENO y E. DELPECH. 1995. Effet de l'addition d'un conservateur biologique sur la qualité de l'ensilage enrubannées. Elsevier-INRA, Annales de Zootechnie 44:90.
- VIVIANI ROSSI, E., GUTIÉRREZ, L. M., MORENO, E. y MAZZANTI, A. 1997. Nitrogen fertilizer effects upon silage composition and quality of *Lolium multiflorum* L. Proceed. XVIII International Grassland Congress. Sess. 17, 15-16.
- VIVIANI ROSSI, E. y GUTIÉRREZ, L. M. 1998. Aditivos para silajes y henolajes. In. Últimos avances en silajes. Curso de Actualización para Profesionales. INTA PROPEFO, Manfredi. pp 15-20.

- VIVIANI ROSSI, E. M., GUTIÉRREZ, L. M. y CANGIANO, C. 2001. Efecto del ácido fórmico sobre el perfil fermentativo en silajes de alfalfa. *Avances en Producción Animal*, Chile. 26 (1 y 2): 175-180.
- VOUGH, L. R y GLICK, L. 1993. Round Bale Silage. **In** *Silage Production from seed to animal*. Proc. from the National Silage Production. Syracuse. pp 117-123.
- WATSON, J.P. (s/f). Linear low density Polyethylene films for animal feed production. XI International Congress on the use of plastic in Agriculture, Inglaterra. pp 41-46.
- ZIMMER, E. 1969. Biochemicals principles of ensiling. Proc. 3rd Europ. Grassl. Fed. Crop. Conservation and grassland. pp 113-126.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las siguientes instituciones: EEA Balcarce (INTA), EEA Valle Inferior del Río Negro (Convenio Prov. de Río Negro-INTA), Facultad de Ciencias Agrarias, (Universidad Nacional de Mar del Plata) y Ministerio de Producción de la Prov. de Río Negro, por el soporte logístico y económico. A todos los productores, colegas, estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) y empresas que permanentemente nos estimularon y apoyaron para realizar estos estudios. A nuestras familias, por la paciencia y comprensión.

APENDICE

Abreviaturas

A.G.V	ácidos grasos volátiles
BAL	bacterias acidolácticas
CB	capacidad buffer
C.F.U	colonias formadoras por unidad
CNES	carbohidratos no estructurales solubles
C ₂ O	anhídrido carbónico
DIVMS	digestibilidad in vitro de la materia seca
EEA	Estación Experimental Agropecuaria
EM	energía metabólica
FDN	fibra detergente neutra
H ₂ O	agua
INTA	Instituto de Tecnología Agropecuaria
MR	madurez relativa
MS	materia seca
MSD	materia seca digestible
MV	materia verde
N	nitrógeno
N0	0 kg de nitrógeno
N100	100 kg de nitrógeno
N150	150 kg de nitrógeno
N-NH ₃	nitrógeno amoniacal
NNP	nitrógeno no proteico
NT	nitrógeno total
PB	proteína bruta
Pcia.	provincia
pH	concentración de acidez
UV	ultra violeta

Unidades

centímetro	cm
centímetro cuadrado	cm ²
grados Celsius	°C
gramo	g
hectárea	ha
horas	hs
metro	m
litro	l
libra por pulgada	lb.pulg ⁻¹
metro cuadrado	m ²
milímetro	mm
miliequivalente	mE
quilogramo	kg
kilogramo por centímetro cuadrado	kg.cm ⁻²
parte por millón	p.p.m
tonelada	t

10072

8216

~~XXXXXXXXXX~~

29

Estación Experimental Agropecuaria Valle Interior del Río Negro
Convenio Provincia de Río Negro - INTA
CC 153 (8500) Viedma (Río Negro)
comuint@correo.inta.gov.ar

