

CONSERVACIÓN DEL FORRAJE DE ALFALFA

Néstor A. Juan*, Luis A. Romero** y Oscar A. Bruno**. 1995. La alfalfa en la Argentina, INTA C.R. Cuyo, cap. 9, 173-192.

*E.E.A INTA Anguil.

**E.E.A INTA Rafaela.

www.produccion-animal.com.ar / www.produccionbovina.com

Volver a: [Producción de reservas > Henos](#)

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es uno de los cultivos más valiosos para la alimentación del ganado, tanto en pastoreo directo como en las distintas formas en que su forraje puede ser conservado. El valor de la alfalfa radica en su alto potencial de producción de materia seca, alta concentración de proteína, alta digestibilidad y un elevado potencial de consumo animal. A esto debe sumarse su alto contenido de vitaminas A, E y K o sus precursores, y de la mayoría de los minerales requeridos por el ganado productor de leche y carne, en especial calcio, potasio, magnesio y fósforo (4, 5, 22, 109) (Cuadro 32).

Cuadro 32.- Composición nutritiva del heno de alfalfa cortada en diferentes estados fenológicos.

Adaptado de Holland y Kezar (37)

Estado Fenológico	PB	Lig.	Ca	Mg	P	K	TND
	% sobre MS						
Veg. tardío	23	5	1,8	0,26	0,35	2,21	66
Botón floral	20	7	1,5	0,24	0,29	2,56	63
Flor temprana	18	8	1,4	0,33	0,22	2,52	60
Flor media	17	9	1,4	0,31	0,24	1,71	58
Flor tardía	15	10	1,2	0,31	0,22	1,53	55

PB: proteína bruta, Lig.: lignina, Ca: calcio, Mg: magnesio, P: fósforo, K: potasio, TND: total de nutrientes digestibles.

Estas características hacen que la alfalfa sea una de las especies preferidas para producir forraje conservado de alta calidad, lo que permite transferir su producción entre épocas del año y regiones ganaderas.

El rol de los forrajes conservados en los sistemas de producción de carne y leche de la Argentina ha ido variando a través del tiempo. En el pasado, la producción y almacenamiento de reservas forrajeras eran considerados como un "seguro" contra emergencias que pudieran disminuir la producción de forraje, tales como períodos prolongados de sequía, de anegamiento o de temperaturas extremas, y ataques de plagas y enfermedades. Por el contrario, en la actualidad los forrajes conservados de alta calidad son considerados un componente vital de la alimentación animal para aumentar la producción ganadera mediante el incremento de la carga animal y la producción individual.

En Argentina, debido a la predominancia del aprovechamiento pastoril, la superficie de alfalfa destinada exclusivamente a cosecha mecánica para la producción de forraje conservado es muy escasa, en contraposición a lo que ocurre en sistemas de otros países en los que predomina el aprovechamiento bajo corte. Estimaciones recientes indican que en nuestro país se conservan anualmente unas 5 millones de toneladas de materia seca de alfalfa pura y 11 millones de alfalfa consociada con otras forrajeras (8), mientras que en EE.UU., el mayor productor mundial, el volumen anual de alfalfa conservada alcanza los 82 millones de toneladas (70).

Estos volúmenes de forraje conservado pueden ser producidos en la actualidad gracias al avance tecnológico que ha tenido lugar, principalmente, en materia de maquinarias. La aparición en la década del 40 de las primeras enfardadoras automáticas, y en la década del 70 de las primeras arrolladoras, revolucionaron la conservación de forraje de alfalfa, permitiendo reemplazar en gran medida la alta mano de obra requerida por medios mecánicos de gran capacidad de trabajo. El mejoramiento del germoplasma y el desarrollo de insumos químicos como desecantes, conservantes y aditivos han contribuido también a aumentar la producción de forrajes conservados.

La principal forma de conservación de la alfalfa en el mundo es la henificación. En EE.UU. sólo el 14 % es conservada en forma de silaje y henolaje, mientras que el 80 % lo es en forma de heno, ya sea como fardos prismáticos (55 %) o como rollos (25 %) (70). En Argentina el heno de alfalfa pura se produce en proporciones similares como fardos y como rollos, pero en el caso de pasturas de alfalfa consociadas predomina la forma de rollos (85 %) sobre la de fardos (15 %) (8). Una porción mucho menor de la producción de alfalfa se conserva como silaje y como henolaje empaquetado con polietileno, siendo esta última práctica muy reciente y aún no popularizada en nuestro país. Otra forma de conservación de la alfalfa es por medio del deshidratado y posterior

compactado para producir pequeños cubos o pellets de alta densidad (65), aunque el volumen procesado de esta manera en Argentina es insignificante.

Cualquiera sea el método elegido para conservar el forraje de alfalfa, el siguiente concepto debe ser tenido en cuenta: ningún método de conservación puede incrementar la cantidad y la calidad del forraje utilizado en pie. Esto es así porque a partir del corte se producen pérdidas por respiración, lixiviación, fermentaciones indeseables, caída de material, insolación, contaminación con microorganismos y suelo, etc. que en mayor o menor grado afectan el volumen y la calidad de la reserva producida.

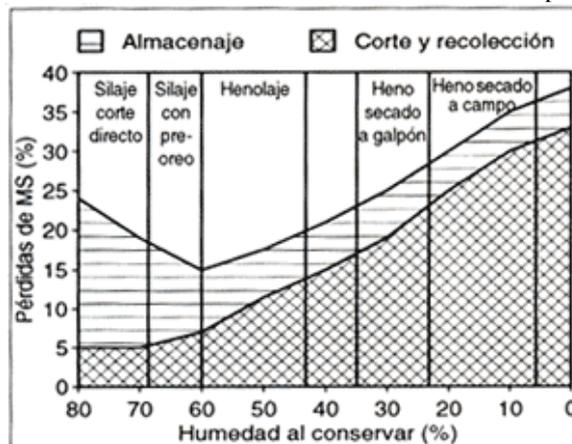
Demarquilly y Jarrige (23) demostraron este concepto al analizar 117 muestras de forraje en pie, 108 de henos y 56 de silajes. Los autores hallaron que el proceso de henificación producía una disminución del consumo animal voluntario hasta en un 32,6 % y de la digestibilidad de la materia seca hasta en un 15 % con respecto a los cultivos en pie. En el Cuadro 33 se muestra una estimación de la magnitud de las pérdidas de calidad y cantidad que tienen lugar durante los procesos de henificado y ensilado (80).

Cuadro 33: Pérdidas de materia seca y cambios en la concentración de nutrientes durante la producción de heno y silaje de alfalfa. Adaptado de Rotz y Muck (80)

Causa de pérdida		Pérdida de MS		Cambios en la Conc. de nutrientes (% de MS)		
		Rango	Normal	PB	FDN	TDN
Respiración		1-7	4	0,9	1,7	-1,7
Lluvias	5 mm	3-7	5	-4,0	1,4	-1,5
	25 mm	7-27	17	-1,7	6,0	-7,0
	50 mm	12-50	31	-3,5	14,0	-14,2
Corte y acondicionado		1-4	2	-0,7	1,2	-1,4
Aireado andanas		2-8	3	-0,5	0,9	-1,2
Volteo andanas		1-3	1	0	0	0
Rastrillado		1-20	5	-0,5	1,0	-1,2
Recolección	Fardo	2-6	4	-0,9	1,5	-1,9
	Rollo	3-9	6	-1,7	3,1	-3,8
Picado (silaje)		1-8	3	0	0	0
Almacenamiento de Heno	Intemperie	6-30	15	0	5,0	-7,0
	Bajo techo	3-9	5	-0,7	2,2	-2,1
Silo	Hermético	6-14	8	1,4	0,7	-3,7
	Vertical	7-17	10	1,8	1,7	-4,7
	Trinchera	10-16	12	2,3	2,7	-5,6

MS: Materia Seca, PB: proteína bruta, FDN: fibra detergente neutra, TND: Total de nutrientes digestibles.

Figura 107: Estimación de las pérdidas de materia seca durante el corte y almacenamiento de forrajes conservados con diferentes contenidos de humedad. Adaptado de Holland y Kezar (37)



Según Rotz y Muck (80) las pérdidas promedio en la producción de heno oscilan entre el 24 y el 28 % (de las cuales sólo el 10-20 % ocurren en la etapa de almacenamiento) y en la producción de silaje entre el 14 y el 24 % (alrededor del 50-80 % de éstas durante el almacenamiento) (Fig. 107). Las técnicas de conservación de forrajes apuntan a minimizar el deterioro desde el momento del corte hasta el momento del suministro a los animales.

PRODUCCIÓN DE HENO DE ALFALFA

La henificación fue el primer proceso utilizado por el hombre para conservar el excedente de forraje verde de primavera y verano con el fin de utilizarlo durante el invierno (66). Consiste en reducir lo más rápidamente posible el contenido de humedad del forraje fresco, que en el caso de la alfalfa normalmente oscila entre 70 y 85 %, hasta un 18-20 %, nivel en que la respiración celular y la actividad de microorganismos descomponedores son casi nulas. Esta desecación permite almacenar el heno por largos períodos de tiempo sin que se produzcan cambios sustanciales en su composición.

Una gran cantidad de factores manejables en menor o mayor medida por el hombre influyen sobre el henificado, lo que se traduce en la obtención de resultados muy variables.

Por ejemplo, Romero et al. (76) efectuaron una evaluación preliminar de la calidad de rollos realizados con pasturas base alfalfa en campos de la zona central de Santa Fe. Los resultados indicaron que en el momento de su utilización, la calidad del forraje conservado fue baja, con valores de fibra detergente neutra (FDN) que oscilaron entre el 63 y el 74 % y de digestibilidad "in vitro" de la MS (DIVMS) entre un 45 y un 55 %.

También Zubizarreta (113) encontró una gran variabilidad en calidad en muestras de alfalfa conservada tomadas en tambos y campos de invernada en la zona de Trenque Lauquen (Buenos Aires), con valores máximos y mínimos de 71 y 52 % para digestibilidad y de 23 a 10 % para proteína bruta (PB).

Recientes muestreos realizados por Barrenechea y Pozzo (3) en la cuenca lechera de Villa María (Córdoba), indicaron que el 80 % de los henos de alfalfa muestreados eran de calidad mediana baja y sólo el 20 % eran adecuados para lograr altos consumos en planteos lecheros de alta producción.

PARÁMETROS UTILIZADOS PARA ESTIMAR LA CALIDAD DEL HENO DE ALFALFA

El costo de la alimentación representa el egreso más significativo en la mayoría de las explotaciones ganaderas, por lo que es fundamental producir y conservar forrajes de alta calidad para aumentar la productividad y la eficiencia del sistema. Antes de describir en detalle los factores que afectan la producción y calidad del heno de alfalfa, se definirán brevemente los parámetros más comúnmente utilizados para evaluar su valor nutritivo.

Evaluación organoléptica

Es la evaluación hecha a través de los sentidos de la vista, olfato y tacto. Si bien este método es válido como una primera apreciación, no brinda adecuada información acerca del potencial nutritivo del forraje, y debe ser complementado con otros parámetros menos subjetivos (37). Las evaluaciones organolépticas más usadas en alfalfa son:

- ◆ **Madurez o estado fenológico:** si bien es difícil de estimar en forraje ya enfardado (fardo o rollo), la presencia de botones florales, flores y frutos (carretilas) en el heno da una idea del estado de madurez al que fue cortado el cultivo. Más adelante se describirá la importante relación que existe entre desarrollo fenológico y calidad.
- ◆ **Foliosidad:** la estimación de la proporción de hojas en el heno es un buen indicador, ya que las hojas son la porción de mayor calidad, y contienen aproximadamente el 70 % de la proteína, el 90 % del caroteno y más del 65 % de la energía digestible presente en la planta de alfalfa.
- ◆ **Materiales extraños:** estima el grado de contaminación con malezas, rastrojos de alfalfa y de otros cultivos, rocas, tierra, y otros materiales con poco o ningún valor como alimento.
- ◆ **Olor y presencia de hongos:** un buen heno de alfalfa no debiera presentar olores desagradables (producto de fermentaciones indeseables) ni desarrollo fúngico. Estos parámetros, junto con el color, están estrechamente relacionados con la humedad con la que se enfardó y la temperatura alcanzada durante el almacenamiento. Calentamientos por encima de 50° C, provocados por enfardado con excesiva humedad, producen altas pérdidas en calidad y cantidad.
- ◆ **Color:** un color verde brillante es un indicador de que el heno fue secado rápida y adecuadamente, sin daño por lluvias o por exceso de temperatura. El color amarillo indica un exceso de exposición al sol durante el secado, mientras que capas blanquecinas intercaladas con heno verde indican desarrollo fúngico por haber enfardado con exceso de rocío sobre la andana. Henos que alcanzaron temperaturas de 55° C muestran un color marrón acaramelado, mientras que si la temperatura sobrepasó los 60° C se verá color marrón oscuro a negro. El color es un parámetro indicativo de calidad, pero no puede ser considerado confiable para estimar la digestibilidad del heno.

Evaluación mediante análisis de laboratorio y ensayos con animales

Los métodos de laboratorio se basan en reacciones químicas y procesos de secado e incinerado que permiten estimar el contenido de los componentes químicos del forraje. Demandan en general mucho tiempo, mano de obra y drogas, pero tienen una masiva difusión a nivel mundial y sus resultados son ampliamente aceptados. Existen numerosos parámetros para caracterizar la calidad del heno de alfalfa, pero los principales, desde el punto de vista práctico, son: proteína bruta (PB), digestibilidad de la materia seca (DMS), y consumo animal voluntario de materia seca (CMS).

La proteína es el principal nutriente que aporta la alfalfa a la dieta animal, y su concentración es comúnmente estimada mediante el método Kjeldahl. Dicho método mide el contenido de nitrógeno (N) total del forraje, el cual multiplicado por el factor 6,25 da una estimación del porcentaje de PB. En forraje conservado que ha sufrido un calentamiento excesivo, parte de la PB puede estar fuertemente ligada a componentes de la pared celular, lo que la hace no digestible por el animal. En estos casos es necesario contar con una estimación del % PB indisoluble o indigestible, además del % PB total (54).

La DMS estima la proporción del forraje consumido que es retenida en el cuerpo del animal, y que provee los nutrientes necesarios para las funciones de mantenimiento, crecimiento y producción. Puede estimarse mediante métodos directos e indirectos.

Entre los métodos directos se incluyen:

- ◆ Digestibilidad "in vivo" (en animal): se mide la cantidad de materia seca consumida por animales a corral durante 10-15 días de ensayo, y el volumen de heces producido. La diferencia entre ambas mediciones, llevada a porcentaje, da la digestibilidad aparente del forraje.
- ◆ Digestibilidad "in vitro" (en tubos de ensayo): es un procedimiento que consta de dos etapas. En la primera, la muestra de forraje es digerida usando líquido ruminal de un animal donante, para simular la digestión en el rumen. En la segunda etapa la muestra es digerida con una solución enzimática para simular la digestión en el intestino delgado. La diferencia entre el peso seco inicial de la muestra y el peso del residuo da la digestibilidad del forraje (101).
- ◆ Degradabilidad "in situ": método en el que pequeñas bolsas de nylon conteniendo muestras de forraje son colocadas, a través de un orificio externo sellado, dentro del rumen de animales que consumen una dieta similar al forraje evaluado. La diferencia entre la cantidad de materia seca inicial y el residuo, luego de una determinada cantidad de horas de digestión, da el porcentaje de degradabilidad en rumen (63).

Entre las formas indirectas utilizadas para estimar la DMS del forraje se encuentra la técnica de determinación de pared celular de Van Soest, o método de detergentes (30). En este método la muestra es digerida por una hora en una solución detergente a pH 7, lo que produce la solubilización de los contenidos celulares altamente digestibles como azúcares, almidón, pectinas, carbohidratos solubles, proteínas, nitrógeno no proteico, vitaminas y minerales. La porción insoluble, compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina y sílice, es la fracción llamada Fibra Detergente Neutra (FDN), o más comúnmente, Pared Celular. Cuando la muestra es tratada con detergente ácido que disuelve la hemicelulosa, el residuo insoluble se compone de celulosa, lignina y sílice, y recibe el nombre de Fibra Detergente Ácida (FDA). La proporción de FDA de un forraje está negativamente correlacionada con su DMS, y esta última puede ser estimada mediante la fórmula:

$$\% \text{ DMS} = 88,9 - (0,779 \times \% \text{ FDA})$$

El consumo voluntario de materia seca (CMS) es uno de los principales parámetros que determinan la productividad animal. Al igual que en el caso de DMS, el CMS puede ser estimado directamente mediante ensayos con animales, midiendo suministro y rechazo de materia seca, pero este método es lento y demanda mucha mano de obra. Una forma de estimar indirectamente el CMS como % del peso vivo es a través del método de Van Soest (54), ya que la FDN presenta una fuerte correlación negativa con el CMS, es decir, a mayor FDN el animal será capaz de consumir menor cantidad de ese forraje. El CMS en alfalfa puede ser estimado mediante la fórmula:

$$\% \text{ CMS} = \frac{120}{\% \text{ FDN}}$$

Otro parámetro de calidad es el porcentaje de lignina detergente ácida (LDA). La lignina es un componente que se incrementa con la madurez, y está negativamente correlacionado con el valor nutritivo por ser prácticamente indigestible e interferir con la digestión de la celulosa y la hemicelulosa. Para la determinación de LDA se estima como primer paso la concentración de FDA. Del residuo, consistente en lignocelulosa, se disuelve y separa la celulosa por medio de una solución de ácido sulfúrico al 72 %, quedando la lignina y la ceniza no soluble en ácido.

Los valores estimados de DMS y de CMS pueden combinarse en un índice denominado Valor Nutritivo Relativo (VNR) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{VNR} = \frac{\% \text{MSD} \times \% \text{CMS}}{1,29}$$

El VNR no posee unidades absolutas, sino que es una manera simple de cuantificar el potencial alimenticio de un forraje. En la actualidad, este índice es ampliamente usado en EE.UU. para balancear raciones y fijar el precio de comercialización del heno. El Cuadro 34 muestra una escala propuesta para categorizar al heno de alfalfa de acuerdo a su valor nutritivo.

Cuadro 34: Categorización del heno de alfalfa en base su valor nutritivo.
Adaptado de Undersander et al. (103)

Categ	Madurez	VNR	FDA	FDN
Super	Prebotón floral	>151	<31	<40
1 ^a	Botón floral	151-125	31-35	40-46
2 ^a	10 % floración	124-103	36-40	47-53
3 ^a	50 % floración	102-87	41-42	54-60
4 ^a	100 % floración	86-75	43-45	61-65
5 ^a	Principio semillaz	<75	>45	>65

VNR: valor nutritivo FDA: fibra detergente ácida,
FDN: fibra detergente neutra.

Evaluación mediante espectroscopía en infrarrojo cercano

Este método computarizado (conocido como NIRS, por sus siglas en inglés) permite estimar rápidamente, con bajos costos y sin destruir la muestra, el contenido de PB, FDN, FDA, DMS, lignina, carbohidratos solubles y otros compuestos orgánicos del forraje, utilizando radiación electromagnética de infrarrojo cercano en lugar de reacciones químicas.

Se basa en el hecho de que cada uno de 108 componentes orgánicos de una muestra presenta patrones diferentes de absorción, reflexión y transmisión de las distintas longitudes de onda de la luz infrarroja.

La muestra es irradiada y la información producida es registrada por el sistema NIRS y transmitida a una computadora, la cual es comparada con la información espectral proveniente de muestras previamente analizadas por los métodos convencionales de laboratorio. El contenido de los diferentes nutrientes en la muestra es estimado mediante ecuaciones de predicción (1, 62, 67, 92, 93).

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL HENO DE ALFALFA

Puede dividirse al proceso de producción de heno en cuatro etapas: corte, secado, recolección, y almacenamiento.

A) CORTE

Estado de madurez

El estado fenológico o de madurez de la planta es el factor más importante a tener en cuenta en el momento del corte para producir forraje conservado de alta calidad, ya que expresa el efecto acumulado que el medio ambiente y el genotipo tienen sobre la planta (61).

El desarrollo fenológico de la alfalfa puede caracterizarse de varias formas. En términos generales se habla de cuatro estados: vegetativo, botón floral, floración y semillazón, aunque otras escalas incluyen también estados intermedios.

Kalu y Fick (45) desarrollaron una escala numérica, luego perfeccionada por Fick y Mueller (28), que incluye tres estados vegetativos, dos de botón floral, dos de floración y tres de semillazón, y que brinda un sistema más preciso y menos subjetivo que las anteriores.

Numerosos trabajos han demostrado los cambios que se producen en la composición química de la alfalfa asociados a cambios en el estado de madurez (2, 26, 44), y la alta correlación existente entre la calidad del forraje en pie y la calidad del heno (20).

En estados maduros la alfalfa es menos digestible y posee un consumo voluntario y un potencial de producción animal inferior que en estados inmaduros, cambios que están asociados a una declinación en el contenido de PB y un incremento en fibras y lignina (Cuadro 35).

Cuadro 35.- Efecto del estado de madurez sobre la concentración de proteína bruta, la digestibilidad y el consumo animal potencial del forraje de alfalfa. Adapt. de Undersander et al.(103); Holland y Kezar (37)

Madurez	PB	DMS	CMS
	% sobre MS		% PV
Prebotón floral	>20	>65	>3,0
Botón floral	19-20	62-65	3,0-2,6
10% floración	16-19	58-61	2,5-2,3
50% floración	13-16	56-57	2,2-2,0
100 % floración	11-13	53-55	1,9-1,8
Principio semill.	<11	<53	<1,8

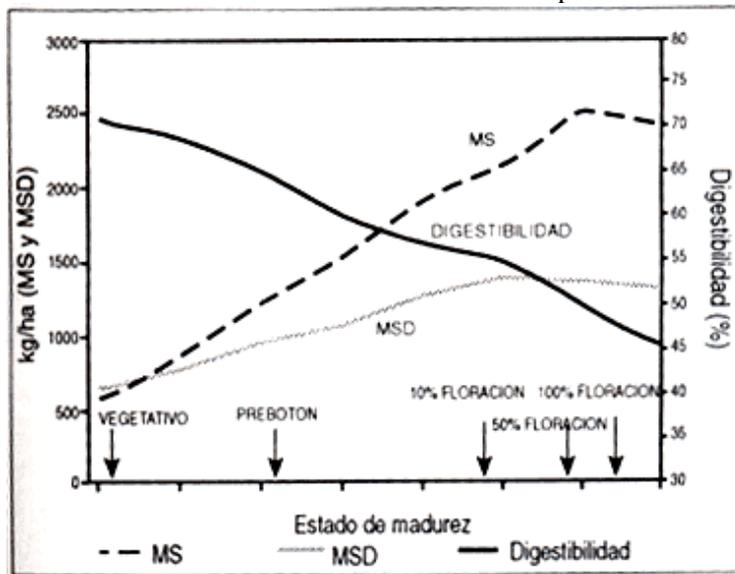
PB: proteína bruta, DMS: digestibilidad de la materia seca,
 CMS: consumo de materia seca, PV: peso vivo.

Kalu y Fick (44) observaron una disminución promedio de la DMS de 4 % por cada unidad que disminuía el estado de madurez según su escala. Otros estudios mencionan una disminución diaria de 0,3 % en DMS y de 0,2 % en PB durante crecimientos de primavera. Berger et al. (5), trabajando en Santa Fe con dos cultivares de alfalfa (Scantamburlo y WL 508) determinaron que por cada día de desarrollo del cultivo la DMS y el contenido de PB disminuían 0,6 % y 0,5 %, respectivamente.

La disminución en calidad es generalmente más rápida en verano que en primavera debido a una aceleración del desarrollo fenológico y a mayores pérdidas de carbohidratos no estructurales por respiración (87, 95, 104).

La relación que existe entre madurez y valor nutritivo con el rendimiento de materia seca de la alfalfa también ha sido claramente demostrada por numerosos investigadores (Fig. 108).

Figura 108.- Rendimiento de materia seca y de materia seca digestible y porcentaje de digestibilidad de alfalfa en distintos estados de madurez en un ciclo de crecimiento primaveral. Adaptado de Wilken et al. (112)

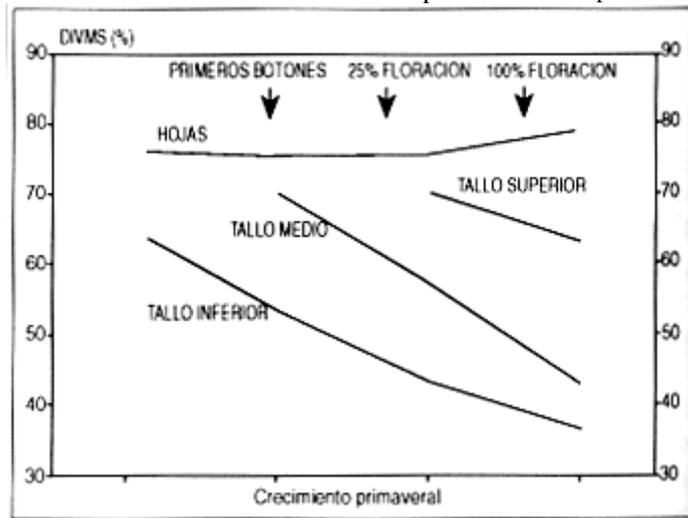


A medida que se posterga el corte de la alfalfa hasta el estado de floración el rendimiento por hectárea aumenta linealmente debido principalmente al incremento en el peso de la fracción tallo, pero esto va asociado a una disminución en la relación hoja/tallo y a cambios en la composición química que determinan un menor valor nutritivo (91). A partir del estado de floración tardía el valor nutritivo sigue declinando, y el rendimiento también comienza a disminuir debido a la caída de las hojas basales (17, 29). Por otro lado, cortes en estados muy inmaduros (vegetativo, prebotón floral) producen forraje de alta calidad, pero pueden comprometer la sobrevivencia del stand por no permitir suficiente acumulación de reservas en las raíces.

El porcentaje de hojas en peso seco puede llegar al 70 % en estado de prebotón floral, y disminuir hasta un 30 % en estado de semillazón temprana. Esta disminución de la relación hoja/tallo con el avance de la madurez tiene un alto impacto sobre el valor nutritivo de la alfalfa, ya que las hojas son más digestibles y tienen un contenido de

proteína dos a tres veces mayor que los tallos, aún en estados inmaduros, y su calidad se deteriora mucho más lentamente con la madurez que la de los tallos (16,17, 27,87) (Fig. 109).

Figura 109.- Cambios en el porcentaje de digestibilidad in vitro (DIVMS) de hojas y segmentos de tallos de alfalfa durante el crecimiento de primavera. Adap. de Buxton et al (17)



No existe un estado de madurez óptimo para cortar la alfalfa, sino que éste dependerá del objetivo de producción al que se destina el forraje conservado y de los requerimientos de los animales. Por lo común se trata de alcanzar un equilibrio entre el rendimiento de materia seca y su valor nutritivo, relación que se expresa como el rendimiento de nutrientes por unidad de superficie.

En términos generales, el punto de mayor rendimiento de nutrientes/ha para la alfalfa se ubica entre principios y mediados de floración. No obstante, ésta no es una regla fija ya que, por ejemplo, en condiciones que favorecen la caída de hojas (zonas húmedas y/o variedades sin resistencia que favorecen el desarrollo de enfermedades foliares) es necesario hacer cortes más tempranos que en condiciones que favorecen la retención de las hojas (regiones más secas y/o alfalfas resistentes) para lograr similar calidad.

Maquinaria de corte e hilerado

La maquinaria más conveniente es aquella que combina alta capacidad de trabajo con buena adaptación a distintas situaciones de rendimiento de forraje, presencia de malezas, tipo de cultivo, etc. Es deseable que la máquina realice un corte neto y sin deshilar, y principalmente que no haga "repicado" del forraje para evitar pérdida de hojas. La andana dejada por la segadora debe ser uniforme en ancho y densidad, y esponjosa y aireada para permitir un rápido secado.

Existen distintos sistemas y máquinas de corte, las que pueden agruparse de la siguiente manera:

- ♦ **Segadoras de movimiento alternativo:** cortan con secciones de cuchillas triangulares montadas sobre una barra que se desplaza alternativamente (96) (Fig. 110). Cuando las secciones y contracuchillas están correctamente afiladas realizan un corte neto y sin repicado que prácticamente no produce pérdidas de material vegetal. Como desventajas se mencionan su baja velocidad de avance, atascamiento en cultivos densos y/o enmalezados, poca adaptación a terrenos desparejos y altos costos de mantenimiento.



Figura 110: Segadora con cuchillas triangulares

- ◆ **Segadoras de movimiento rotativo:** cortan por sistema de impacto cuya efectividad depende tanto de la velocidad tangencial de la cuchilla como de su filo. Dependiendo del tipo de elemento cortante, se dividen en:
 - **De hélice:** constan de dos ejes verticales que poseen en su extremo dos cuchillas "locas" opuestas a 180°. Son máquinas con bajos requerimientos de mantenimiento y de gran capacidad de trabajo aún en cultivos densos, volcados o enmalezados, pero producen un corte deshilachado y pérdidas de pequeños trozos de forraje y caída de hojas por efecto del repicado, especialmente si la alfalfa está en madurez avanzada (Fig. 111).

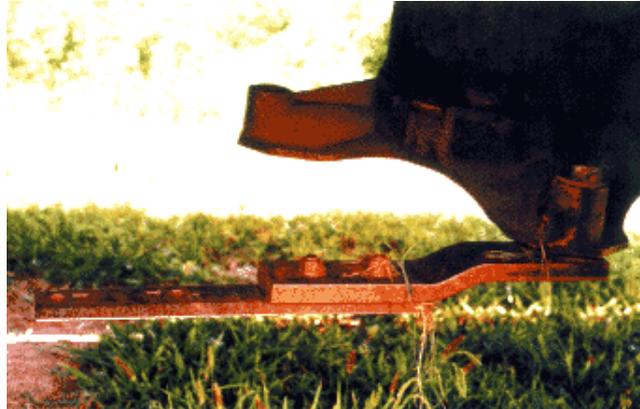


Figura 111: Segadora de hélice

- **De tambor:** constan de dos rotores con cuchillas "locas" de dos o cuatro filos. Poseen una alta capacidad de trabajo y adaptación a cultivos densos y enmalezados, y realizan un corte de mayor calidad y con menores pérdidas que las máquinas de hélice, aunque no tan neto como las máquinas de movimiento alternativo o las máquinas de discos (Fig. 112).

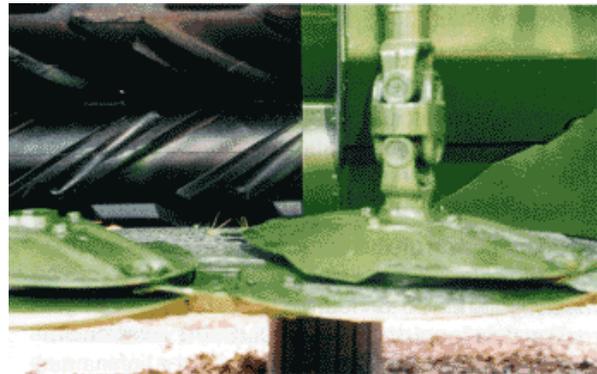
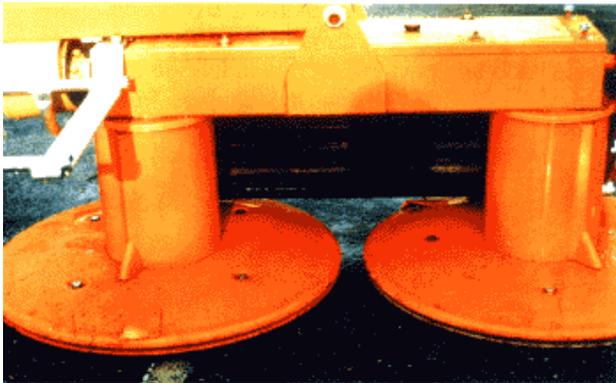


Fig. 113: Segadora de movimiento rotativo de discos; Fig. 112: Segadora de movimiento rotativo de tambor

- **De discos:** poseen pequeñas cuchillas montadas sobre varios discos que giran a alta velocidad accionados por engranajes múltiples (Fig. 113). Producen un corte neto, sin repicado y con escaso desprendimiento de hojas, y ofrecen una alta velocidad de trabajo y buen copiado del terreno. Este es actualmente el sistema de mayor uso en Europa para corte de gramíneas forrajeras. En EE.UU. fue introducido a mediados de la década del 70 y en 1982 ya representaba el 40 % de las ventas de segadoras (70). Es esperable que las segadoras de discos se popularicen en los próximos años en nuestro país. Como desventaja de este sistema se menciona que trabaja con dificultad en alfalfares con malezas de tallos duros, y tiene mayores posibilidades de roturas debido a que posee más mecanismos en movimiento.

Altura de corte

La alfalfa presenta marcadas diferencias en el valor nutritivo de las porciones superior e inferior de la planta. La DMS, el contenido de carbohidratos no estructurales y el contenido de PB disminuyen desde el ápice hacia la base de la planta. Estas diferencias se deben en parte a una menor proporción de hojas y a una mayor concentración de lignina y pared celular de los tallos en la porción inferior (12) (Cuadro 36).

Cuadro 36.- Calidad del forraje en diferentes fracciones de la planta de alfalfa. Bruno et al. (12)

Época	Fracción	PB	FDN	DA	LDA	DMS
Primavera	1/2 inferior	15,8	55,9	39,3	10,1	59,6
	1/2 superior	27,9	37,6	22,0	6,2	76,9
Verano	1/2 inferior	17,0	53,6	38,6	10,5	61,5
	1/2 superior	27,4	38,1	23,0	6,5	75,5

PB: proteína bruta, FDN: Fibra detergente neutra, FDA: Fibra detergente ácida, LDA: lignina detergente ácida, DMS: digestibilidad materia seca.

Según Buxton et al. (17) la DMS de los tallos disminuye hacia la base a razón de 2 % por cada nudo, siendo la concentración de lignina y pared celular responsable por el 95 % de la variación en DMS entre los entrenudos del tallo (Fig. 109).

Desde el punto de vista de la sobrevivencia de las plantas y de la velocidad de rebrote no existen ventajas que justifiquen dejar remanentes de más de 5-7 cm de altura. La decisión sobre a qué altura cortar para henificar alfalfa debe basarse, al igual que en el caso del estado de madurez, en un compromiso entre calidad y rendimiento de materia seca.

Presencia de malezas

La presencia de malezas en el cultivo de alfalfa destinado a henificación tiene efectos directos e indirectos sobre la producción de reservas. Los efectos directos se relacionan con el valor nutritivo *per se* de la maleza presente, y dependen de la especie de que se trate y de su estado fenológico. Las malezas en general tienen un valor nutritivo inferior al de la alfalfa, aunque algunas especies, especialmente en estados inmaduros, pueden ser similares y aún superiores a ésta en contenido de PB, DMS y CMS. Ejemplos de este último tipo de malezas son diente de león (*Taraxacum officinale* Weber), girasol guacho (*Helianthus tuberosus* L.), yuyo colorado (*Amaranthus quitensis* H.B.K.), quinoa (*Chenopodium album* L.) y ambrosia (*Ambrosia artemisiifolia* L.) (60, 99).

Los efectos indeseables indirectos, muy comunes en malezas suculentas y/o de tallos gruesos, están relacionados con dificultad que presentan para la maquinaria de corte (atascamiento, rotura de cuchillas, etc.) y a su lenta tasa de secado, inferior a la de la alfalfa. Esto último dificulta el secado rápido y parejo de la andana, con las consiguientes pérdidas de MS y nutrientes y el aumento del riesgo a factores climáticos adversos. Las malezas también pueden afectar la calidad del heno si son impalatables, presentan espinas que hacen que el animal las rechace, o contienen compuestos tóxicos para el ganado y, además, el forraje conservado se convierte en una fuente de diseminación de semillas de especies indeseables. Por ello, independientemente del valor nutritivo que puedan tener las malezas, su presencia en alfalfares destinados a producir reservas de calidad no es deseable (Cap. 6).

Plagas y enfermedades

El rendimiento y la calidad del heno de alfalfa pueden ser reducidos por la presencia de plagas y enfermedades, efecto atribuido a la caída de material, la reducción de la relación hoja:tallo, el incremento en el contenido de fibra, y/o la disminución en el contenido de proteína bruta (PB) y caroteno.

Por ejemplo, hojas de alfalfa con una infección de tallo negro de verano (*Cercospora medicaginis* Ellis & Evert) cuyas lesiones cubrían el 25 al 50 % de la superficie foliar presentaban un contenido de PB considerablemente menor (18 %) que hojas no infectadas (33 %), y un mayor contenido de fibra cruda (10).

En otro caso, un cultivo que había sido moderadamente infectado con tallo negro de primavera (*Phoma medicaginis* Maibr. & Rourn. var. *medicaginis* Boerema) produjo forraje con menor DMS, PB y carbohidratos no estructurales y mayor FDA, FDN y lignina que un cultivo no infectado, siendo estas diferencias atribuidas a una reducción en la calidad de la hoja y en el porcentaje de hoja de las plantas infectadas (52).

Otras enfermedades foliares que afectan la producción de heno en nuestro país son la mancha ocular de la hoja, producida por *Leptosphaerulina briosana* (Poll.) Graham & Luttrell, y el manchón foliar amarillo, causado por *Leptotrochila medicaginis* (Fckl.) Schüepp (34, 35) (Cap. 7).

Existe abundante evidencia que ataques severos de pulgones, la principal plaga del cultivo en la Argentina, producen un aumento en el contenido de lignina (64) y una reducción en el contenido de PB y caroteno (46, 32). El ataque de esta plaga también ha sido correlacionado negativamente con la DMS del forraje (46). Un efecto indirecto del ataque de pulgones son las secreciones azucaradas que éstos dejan sobre las hojas, lo cual favorece el desarrollo de hongos que disminuyen la calidad del heno.

Otras plagas importantes en nuestro país como la isoca de la alfalfa (*Colias lesbia* Fab.), isoca medidora (*Rachiplusia nu Guenéé*) e isoca militar tardía (*Spodoptera frugiperda* Smith) afectan negativamente la

producción de heno por pérdida de materia seca y disminución de la fracción hoja, especialmente en ataques severos (105) (Cap. 5).

Otros efectos de la incidencia de plagas y enfermedades, menos conocidos aunque no menos importantes, son los relacionados con la acumulación de compuestos estrogénicos en el forraje. Ataques de pulgón verde (*Acyrtosiphon pisum* Harris) y de enfermedades foliares de origen fúngico han sido correlacionados con aumentos en la concentración de cumestrol y otros compuestos fenólicos que producen desórdenes en el ganado alimentado con dicho heno (55,56),

Genotipo de la alfalfa

Aún cuando la alfalfa es una de las especies forrajeras de más alto valor nutritivo, se llevan a cabo trabajos para incrementar su calidad a través de mejoramiento genético. El objetivo principal es la obtención de cultivares que alcancen una alta DMS y la mantengan a medida que avanzan en su desarrollo fenológico, y que además presenten altos contenidos de PB.

Hasta hace muy poco tiempo la selección por mayor calidad resultaba frecuentemente en una disminución del rendimiento de materia seca (36). El reciente desarrollo de la tecnología NIRS para análisis de forrajes ha significado un importante avance para estimar la composición química de un gran número de plantas en corto tiempo y con escasa mano de obra, lo que permite a los fitomejoradores ejercer una alta presión de selección.

A partir de 1991 en EE.UU. y de 1992 en Argentina comenzaron a aparecer en el mercado variedades de alfalfa denominadas "HQ" (High Quality) que además de presentar altos rendimientos de forraje fueron seleccionadas específicamente por alta calidad mediante NIRS (39, 43). También de reciente aparición en el mercado, las variedades de alfalfas multifoliadas, es decir, alfalfa cuyas hojas tienen más de tres folíolos, apuntan a ofrecer materiales genéticamente superiores en cuanto a valor nutritivo (24,42,43,107).

Actualmente se trabaja también en mejoramiento genético por mayor digestibilidad de tallos y por mayor proporción de brotes axilares, como formas de incrementar el valor nutritivo. Es aún prematuro emitir juicios sobre el potencial de producción, el comportamiento frente a adversidades y la persistencia de estas variedades bajo las condiciones de cultivo de nuestro país. No obstante los avances logrados, por el momento la calidad del forraje conservado de alfalfa depende en mayor medida de las técnicas de confección y del manejo que de la variedad utilizada.

Hora del día

La influencia de este factor sobre la calidad de la alfalfa henificada se relaciona con la etapa de secado posterior al corte. Cortes en horas de la mañana, luego de disipado el rocío, facilitarán un rápido secado de la andana y minimizarán las pérdidas. Por el contrario, cortes realizados en las últimas horas de la tarde no aprovechan las horas de mayor temperatura e insolación, aumentando las pérdidas por respiración y alargándose el período de secado. La superficie a cortar en un día no debe ser mayor de la que se puede enfardar o arrollar en el mismo período de tiempo, porque de lo contrario se aumenta innecesariamente el tiempo de exposición de la andana (68, 112).

Disponibilidad de materia seca

La disponibilidad de forraje en el momento de corte influye de manera indirecta sobre la calidad del heno de alfalfa. Por ejemplo, un cultivo de alto rendimiento por hectárea producirá, para un mismo ancho de corte, andanas de mayor densidad que uno de rendimiento inferior. Las andanas densas demoran más tiempo para secarse, lo que aumenta las pérdidas y el riesgo de exposición a factores climáticos adversos que disminuyen la calidad. Por otro lado, un cultivo de bajo rendimiento producirá andanas de baja densidad que deben ser juntadas mediante rastrillado para aprovechar la capacidad de trabajo de la máquina recolectora (enfardadora o arrolladora), con el riesgo de pérdida de hojas que ello implica. Andanas poco densas también provocan mayores pérdidas durante la operación de enfardado (81).

B) SECADO

La deshidratación o secado implica la eliminación de la mayor parte del agua presente en el forraje en el menor tiempo posible, con mínimas pérdidas de MS y nutrientes. Para dar una idea de la magnitud de este proceso puede mencionarse que en una hectárea de alfalfa cortada a principios de floración, con un rendimiento de 10.000 kg de materia verde, es preciso eliminar alrededor de 7.500 kg de agua para transformar dicho forraje en heno.

El objetivo en alfalfa es "secar rápido y retener las hojas". La etapa de secado a campo dura normalmente entre 2 y 4 días, aunque dependiendo de las prácticas de manejo empleadas y de las condiciones climáticas este período puede extenderse desde uno hasta más de 15 días (20, 38, 80). Diversos modelos de predicción han identificado a la radiación solar y al déficit de presión de vapor (o potencial de evapotranspiración) como los factores

ambientales de mayor influencia en el secado del forraje, asignando también importancia al tenor de humedad del suelo y a la densidad de andana (58).

A partir del momento de corte, el secado a campo de la alfalfa se lleva a cabo en tres fases (6, 58):

- a) **Desde el corte hasta alcanzar un 60 % de humedad:** La alfalfa elimina por evaporación el agua depositada en la superficie de la planta (rocío, lluvia) y a través de los estomas el agua contenida en las células exteriores de los tejidos. La desecación en esta fase es rápida y fácil, aún en condiciones atmosféricas desfavorables, siempre que se permita la llegada del aire al forraje. En esta fase pueden realizarse tratamientos mecánicos para acelerar el secado, por ejemplo rastrillado o aireado, sin que se produzcan pérdidas importantes de hojas.
- b) **Desde un 60 % hasta un 30 % de humedad:** En esta fase el agua necesita moverse por difusión desde las células interiores hacia el exterior para luego evaporarse, al principio a través de los estomas, y luego atravesando la cutícula. Dicha cutícula, de composición serosa, recubre hojas y tallos y constituye una verdadera barrera contra la desecación. La diferente tasa de secado de las hojas y los tallos de alfalfa hace que por ejemplo, cuando la andana tiene una humedad promedio del 40 % la mayoría de las hojas ya estén cerca del 20 %, lo que las hace quebradizas y muy susceptibles a pérdidas si se aplican tratamientos mecánicos para favorecer el secado.
- c) **Desde un 30 % hasta un 18-20 % de humedad:** La pérdida de agua se hace más difícil, requiere más energía y depende en mayor medida de las condiciones atmosféricas. Cualquier tratamiento mecánico aplicado en esta fase provocará una alta pérdida de hojas.

Las pérdidas de materia seca y nutrientes que afectan al heno de alfalfa durante el secado incluyen:

- a) **Pérdidas por respiración:** A partir del momento en que la planta es cortada la tasa de fotosíntesis disminuye abruptamente. Por el contrario, el proceso de respiración celular disminuye a una tasa mucho menor, manteniéndose casi constante hasta que el forraje alcanza una humedad del 40-50 %. A partir de allí la respiración cae abruptamente hasta hacerse insignificante cuando la humedad baja hasta un 25-30 %. El proceso de respiración implica oxidación completa de hidratos de carbono solubles (principalmente glucosa y fructosa) con eliminación de CO₂ agua y energía. Esto resalta una vez más la importancia de lograr un secado rápido y parejo de la andana para minimizar la respiración del forraje. La magnitud de estas pérdidas puede variar entre un 3 % de la MS bajo buenas condiciones atmosféricas y un 20 % bajo condiciones de alta humedad o lluvias que alargan la etapa de secado, con el agravante de que los carbohidratos respirados son los de mayor calidad, es decir, los más fácilmente digeribles por el animal (81, 85, 106, 112).
- b) **Pérdidas por lixiviación o lavado de nutrientes:** La alfalfa es un cultivo particularmente susceptible al lavado de nutrientes hidrosolubles por acción de las lluvias durante la etapa de secado. Esto tiene un efecto directo sobre el rendimiento de heno y, principalmente, sobre su calidad, ya que los componentes lixiviados son principalmente carbohidratos no estructurales (60 %) y proteínas solubles (30 %), todos ellos de alta digestibilidad (20, 25).
El forraje en estado avanzado de desecación absorbe mayor cantidad de agua que el forraje recién cortado y pierde esa humedad absorbida con mayor facilidad que éste. Por ello, las pérdidas por lixiviación de nutrientes son mayores cuando llueve sobre una andana casi seca que sobre una andana fresca (80, 84).
- e) **Pérdidas mecánicas:** Están ligadas principalmente a la caída de hojas de la alfalfa como consecuencia de la acción de vientos y lluvias fuertes, y de la acción de las maquinarias utilizadas en esta etapa para uniformar y/o acelerar el secado, juntar andanas, etc.

Para lograr una alta producción de heno de alfalfa de calidad superior es imprescindible que la etapa de secado se acelere en todo lo posible, evitando a la vez la pérdida de hojas. Entre las técnicas que pueden ser utilizadas para lograr este objetivo pueden mencionarse:

Acondicionado mecánico

Es un proceso que acelera el deshidratado al hacer pasar el forraje recién cortado entre dos rodillos que rotan en dirección opuesta y a una velocidad mayor que la de avance. Estos rodillos causan fricción, aplastamiento y quebradura de tallos a intervalos regulares. La fricción reduce por abrasión la cutícula serosa que dificulta la difusión de agua, especialmente desde los tallos. Existen rodillos lisos, estriados y acanalados, cuyas superficies pueden ser de caucho, metal, o plástico, y cuya separación y velocidad de rotación puede ser ajustada para lograr un máximo efecto sobre los tallos de alfalfa sin producir desprendimiento de hojas.

En la actualidad la mayoría de los acondicionadores mecánicos van incorporados a la máquina de corte, ya sea ésta de movimiento alternativo o rotativo. Numerosos trabajos han demostrado la posibilidad de reducir entre 30 y 50 % el tiempo de secado de la alfalfa utilizando acondicionadores mecánicos, aunque su uso, aún en la mejores condiciones, provoca pérdidas de materia seca del 1 al 5 % (88, 89, 94, 97). En alfalfa estas pérdidas son mayores a medida que el forraje madura desde el estado vegetativo tardío hasta el de floración, posiblemente por el menor contenido de humedad y/o la mayor debilidad con que las hojas se unen al tallo en estados de madurez avanzados (94).

Acondicionado químico

El objetivo de este método es remover o alterar la cutícula serosa mencionada. Consiste en la pulverización sobre el forraje en el momento del corte de sustancias químicas desecantes como carbonato de potasio (CO_3K_2) y carbonato de sodio (CO_3Na_2) que tienen un efecto solubilizante de la cutícula (81, 102, 111). La efectividad de este método depende en gran medida de las condiciones ambientales, principalmente que la humedad relativa sea lo suficientemente baja para permitir la rápida evaporación del agua de los tejidos tratados (40). En algunos estudios se mencionan incrementos de hasta un 40 % en la tasa de secado de alfalfa, pero en otros no se obtuvieron ventajas significativas (82). En general, la combinación de ambos métodos (acondicionado mecánico y químico) es más efectiva que cualquiera de los dos métodos por separado (86). En Argentina, por el momento, es prácticamente nulo el uso de desecantes, aún en regiones con alto riesgo climático para la henificación.

Uso de rastrillos

Estos implementos, que pueden ser de tipo estelar, de cabezales rectos u oblicuos, o de peines giratorios (pag. 173) tienen dos usos principales: 1) andanado del forraje y 2) volteo y agrupamiento de andanas formadas. En el primer caso la alfalfa es cortada y dejada sobre el suelo sin hilerar hasta que la humedad baja al 50-60 %, luego se usa el rastrillo para formar las andanas donde se completará el secado. En el segundo caso el rastrillo permite invertir la andana cuando la parte superior está parcialmente seca, exponiendo al sol y al aire la parte inferior.



La magnitud de las pérdidas por desprendimiento de hojas en alfalfa aumenta a medida que disminuye la humedad del forraje en el momento de rastrillar (80), considerándose una operación riesgosa cuando ésta ha descendido, en promedio, por debajo del 40 % (69). Cuando el rastrillo es usado para juntar andanas de baja densidad que aprovechen la alta capacidad de trabajo de una enfardadora, también debe tenerse en cuenta el grado de secado alcanzado para minimizar las pérdidas (70).

C) RECOLECCIÓN

Una vez finalizada la etapa de secado a campo, el heno de alfalfa está listo para ser recolectado. Entre los factores que más influyen en esta etapa sobre la calidad final del producto se encuentran:

Humedad del forraje

Es sumamente importante, ya que determina en gran medida las condiciones en las que tendrá lugar el almacenamiento posterior del heno. Si el forraje no fue secado adecuadamente y es enfardado con un contenido de humedad superior al nivel crítico de 18-20 % se produce un deterioro en la calidad del heno. Según MacDonald y Clark (58), en heno de alfalfa almacenado con 20 % de humedad las pérdidas por respiración no deberían superar el 5 % de la materia seca, mientras que con 25 % de humedad esas pérdidas pueden llegar al 10 %, y con 35-40 % de humedad llegarían a 15-20 %. Lechtemberg y Holt (53) estimaron la pérdida de materia seca en 1 % por cada 1 % de humedad del heno por encima de un umbral crítico de 18 %.

El excesivo contenido de humedad favorece la respiración celular y el desarrollo de hongos (por ejemplo *Aspergillus glaucus*) que consumen los carbohidratos de alta calidad del forraje y generan calor a través de su respiración. Además, el desarrollo de hongos actinomicetes termofílicos como *Micropolyspora faeni* y *Thermoactinomyces vulgaris*, responsables de enfermedades respiratorias, constituyen un riesgo para la salud humana y de los animales (48).

Las temperaturas elevadas que se alcanzan en un heno húmedo pueden disminuir la digestibilidad de la proteína al producirse la reacción de Maillard, que produce, por polimerización, un fuerte ligamento de los aminoácidos a azúcares y a otros carbohidratos (31). La formación de proteína indigestible es proporcional al número de días que el heno está por encima de 35°C.

En el caso de heno enfardado con elevada humedad (más del 30 %) la temperatura generada por el desarrollo de hongos puede alcanzar hasta 70°C, pudiendo llegarse hasta la combustión espontánea del fardo o rollo.

La utilización de preservantes o conservantes químicos permite recolectar el forraje con alta humedad (20-30 %) para disminuir la pérdida de hojas o evitar lluvias, sin sufrir las consecuencias indeseables propias de henos húmedos. Dichos productos, como ácido propiónico o propiónico + acético (dosis de 1 % de la MS), propionato de amonio, u rea (dosis de 5-7 % de la MS), y anhídrido de amonio (dosis de 1-2 % de la MS) se aplican sobre el forraje en el momento de la recolección, y tienen el efecto de prevenir el crecimiento fúngico (7, 37, 49, 50, 90). Su uso no se ha difundido aún en Argentina principalmente por su alto costo, y por el efecto corrosivo sobre las maquinarias y tóxico para las personas de algunos de ellos. Otros conservantes, menos tóxicos pero no siempre efectivos, son las sales ácidas como diacetato de sodio y propionato de sodio (dosis de 0,2-0,7 % sobre materia seca), la urea, e inoculantes en base a bacterias anaeróbicas productoras de ácido láctico y ácido propiónico (37, 71).

Condiciones ambientales

Las variables que más influyen al momento de enfardar alfalfa son la humedad relativa y la radiación solar, ya que afectan el grado de humedad de la andana y la pérdida de hojas. En general se recomienda enfardar o arrollar durante la noche si no hay rocío, o durante el día a partir de que éste se disipa, teniendo la precaución de no hacerlo durante las horas de mediodía y primeras horas de la tarde si el ambiente está caluroso y seco (69).

Máquinas recolectoras

Desde hace alrededor de 40 años y hasta mediados de la década del 80 la maquinaria más común para recolectar alfalfa en Argentina era la enfardadora. Este elemento produce fardos prismáticos de aproximadamente 45 x 55 x 100 cm de lado con un peso de 25 a 30 kg por unidad, los que son atados con alambre o hilo plástico. La mayor desventaja de este sistema es la alta demanda de mano de obra requerida para juntar y almacenar los fardos en forma manual. Si bien los fardos aún son preferidos para la producción de heno de alta calidad para fines específicos (caballos de carrera, cabañas, transporte a grandes distancias, etc.) en los últimos años su uso ha decrecido notablemente.

En años recientes, la difusión de las rotoenfardadoras o arrolladoras ha sido muy amplia, siendo su principal ventaja la alta capacidad de trabajo y el alto grado de mecanización del proceso, con la consiguiente baja demanda de mano de obra. Según los modelos, producen rollos de alfalfa de 400 a 800 kg de 1,20 ó 1,50 m de diámetro y de hasta 1,80 m de altura, los que son atados con hilo plástico o red. Existen dos tipos de rollos: de núcleo flojo y de núcleo compacto. Los primeros, producidos por máquinas con cámara de volumen fijo, tienen el centro menos compactado que la periferia y son de diámetro fijo, mientras que los segundos, de mayor difusión en nuestro país, son producidos con máquinas de cámara variable, presentan una densidad homogénea y son de diámetro variable (Fig. 115).



Figura 115: Enrolladora de forraje para rollo de núcleo compacto

Las pérdidas de materia seca y calidad de heno de alfalfa debidas a la recolección son de variada magnitud y se deben principalmente a la pérdida de hojas (14) y a una compactación deficiente. El deshojamiento se produce durante la recolección de andanas y durante el compactado en la cámara (81).

El grado de compactación del heno, en cambio, no tiene un efecto inmediato sobre la calidad del fardo o rollo sino que influye sobre su hermeticidad a las lluvias durante la etapa de almacenamiento. En el caso de arrolladoras la compactación depende del tipo y calidad de las correas, de la presión de trabajo y de la uniformidad de alimentación de la cámara de enrollado. Si la cámara está siendo correctamente alimentada, una arrolladora de 1,5 m de ancho marchando a la velocidad adecuada (5-7 km/hora) debería confeccionar un rollo bien compactado cada 400 m de recorrido.

Experiencias realizadas por Kjelgaard (47) demostraron que las pérdidas de materia seca durante el arrollado de alfalfa ascendían en promedio a un 10 %, mientras que Whitney (110) estimó las pérdidas por recolección con máquina de fardos prismáticos en un 3,8 %. Otros estudios (51) indican que las pérdidas en la cámara de compactación son un 40 % mayor en arrolladoras que en enfardadoras tradicionales.

D) TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El heno de alfalfa es un producto perecedero, y como tal su manejo durante el transporte y almacenamiento influirá en la calidad final del forraje suministrado al ganado.

En Argentina, los fardos prismáticos son recolectados del campo en forma manual ya que prácticamente no existe una mecanización de esta tarea como es común en otros países, con la excepción de alguna maquinaria para la elevación desde el suelo hasta acoplados y desde éstos al lugar de depósito. Una alta proporción de los fardos prismáticos producidos son almacenados bajo techo en estructuras permanentes o temporarias. Por el contrario, el traslado de rollos es totalmente mecanizado y demanda escasa mano de obra ya que pueden ser cargados y transportados por un sólo operario con un tractor.

Casi la totalidad de los rollos de alfalfa producidos son almacenados a la intemperie, lo que los hace susceptibles a pérdidas de materia seca y valor nutritivo por efecto de los factores ambientales. El almacenamiento en lugares altos, sobre postes, cubiertas o grava, bajo cubierta plástica y en estibas separadas entre sí y ubicadas a favor de los vientos predominantes ayudan a minimizar estas pérdidas. Algunas arrolladoras poseen accesorios que permiten cubrir al rollo atado con dos o tres capas de film plástico, o bien atarlo directamente con una red o malla de nylon, lo que mejora su impermeabilidad a las lluvias.

Para el área de Rafaela, Bruno et al. (11) determinaron en rollos almacenados sin tapar durante 9 meses pérdidas de materia seca del 14 %, pero dichas pérdidas disminuyeron al 4,5 % en rollos tapados con cubierta plástica. En otro trabajo realizado en la misma área, Romero et al. (79) encontraron que las pérdidas de materia seca de rollos tapados y sin tapar fueron de 5,5 y 8,6 %, respectivamente.

Romero et al. (78) también encontraron que la capa periférica de rollos tapados durante 6 meses y que habían recibido 605 mm de lluvia presentaba una mayor DMS (69%) que la de los rollos sin tapar (59 %), aunque la DMS del núcleo era la misma en ambos casos (67 %). En un trabajo similar (79) se reporta que en los rollos sin tapar la DMS del núcleo (59 %) fue mayor que la de la periferia (55 %), la de la capa enmohecida (49 %) y la de la capa en contacto con el suelo (50 %).

Es importante tener en cuenta la magnitud de las pérdidas en la capa exterior de los rollos debido a que ésta representa una alta proporción del peso total. Por ejemplo, en un rollo de 1,80 m de diámetro los primeros 15 cm de la periferia equivalen al 30 % del volumen total y los primeros 30 cm al 55 %.

PRODUCCIÓN DE SILAJE Y HENOLAJE DE ALFALFA

La conservación de alfalfa como silaje y henolaje tiene en nuestro país una difusión considerablemente menor a la conservación como heno. En la década del 60 el silaje de alfalfa tuvo una cierta difusión en la región pampeana entre productores de avanzada (9), pero más tarde su uso decayó. En los últimos años se ha renovado el interés en esta técnica y se han reiniciado también trabajos de experimentación (75).

Se denomina silaje de alta humedad o silaje de corte directo al proceso en que el forraje es almacenado con más de 70 % de humedad, y se aplica la denominación de henolaje, silaje premarchitado o silaje preoreado a aquel en que la humedad está en el rango de 40 a 60 %.

El forraje ensilado sufre un proceso fermentativo en un ambiente anaeróbico a bajo pH. La creación de un ambiente sin oxígeno es esencial para detener la respiración del material vegetal, prevenir el desarrollo de bacterias aeróbicas que producen un calentamiento excesivo y, asimismo, estimular el desarrollo de bacterias anaeróbicas deseables que tienen la función de fermentar azúcares para producir ácidos orgánicos.

En primer término, las bacterias productoras de ácido acético provocan una caída rápida del pH incrementando la acidez del silaje. Al mismo tiempo, bacterias productoras de ácido láctico se multiplican rápidamente y se convierten en dominantes. La producción de ácido láctico hace disminuir el pH lo suficiente (a alrededor de 4,0) como para prevenir el desarrollo microbiano posterior y lograr la preservación del forraje ensilado. Si no se alcanza un pH lo suficientemente bajo durante la fermentación puede producirse la degradación de proteínas con formación de amoníaco y aminas.

A estas pérdidas fermentativas debe sumarse la pérdida de nutrientes solubles (azúcares, productos fermentativos, proteínas solubles, nitrógeno no proteico y minerales) por el drenaje de líquido o efluentes producidos como consecuencia de roturas celulares. Las pérdidas por efluentes son directamente proporcionales al tenor de humedad del forraje al ensilar, y dependen también del tipo de silo utilizado (19, 33, 57, 59, 98, 100).

Entre las principales ventajas de esta forma de conservación pueden enumerarse la escasa pérdida de hojas desde el corte hasta el ensilado, la baja pérdida de nutrientes por respiración, la breve exposición a factores

climáticos adversos luego de realizar el corte, el alto grado de mecanización que alcanza el proceso, y la posibilidad de conservación por períodos de tiempo prolongados con pérdidas mínimas de calidad (108).

La alfalfa no es un cultivo que presente condiciones ideales para el ensilado, debido a que posee un bajo tenor de carbohidratos solubles precursores de los ácidos orgánicos, y una alta concentración de proteínas y cationes que actúan como atenuadores de cambios en el pH.

Las pérdidas totales de materia seca y nutrientes durante el proceso de ensilado de la alfalfa pueden variar entre valores mínimos de 3 a 6 % bajo condiciones adecuadas, hasta el 70 % o más cuando el forraje ensilado sufre serias alteraciones (106).

Otros estudios (33) han comprobado que en alfalfa las pérdidas son más severas en el caso de silajes que en el de henolajes. Rotz et al. (83), utilizando el modelo de simulación DAFOSYM creado por Buckmaster et al. (15), estimaron las pérdidas de materia seca de alfalfa en silo premarchitado y en silo de corte directo (Cuadro 37).

Cuadro 37.- Valores simulados de pérdidas promedio de materia seca durante almacenamiento de silaje de alfalfa premarchitado (65 % de humedad) y de corte directo (más del 75 % de humedad). Adaptado de Rotz et al.(83)

	Pérdida de MS %	
	Premarchitado	Corte directo
Efluentes	0.0	4,7
Respiración aeróbica en llenado	0,8	1,3
Fermentación	0,7	1,5
Respiración aeróbica en almacenamiento	5,0	4,7
Respiración aeróbica en vaciado	5,2	3,8
Total	12,1	17,7

No obstante los inconvenientes descriptos, el ensilaje de material preoado (40-60 % de humedad) y el uso de aditivos permite conservar alfalfa como henolaje con muy buenos resultados en cuanto a calidad.

Una tecnología de reciente incorporación en nuestro país, pero que es masivamente utilizada en Inglaterra, Francia, Alemania e Italia, es la del henolaje empaquetado o "silopack".

Consiste en la confección de rollos de forraje con alta humedad (40-60 %), que luego son envueltos individualmente en film plástico por máquinas empaquetadoras para permitir la fermentación anaeróbica (Fig. 116).



Figura 116.- Máquina empaquetadora para confección de "silopack"

En este caso, a las ventajas del henolaje tradicional, con sistema de almacenado en silos tipo trinchera, torta, puente, etc. deben sumarse las emergentes de poder hacer un uso más efectivo de la maquinaria para confección de rollos, la posibilidad de cortar y conservar superficies reducidas del cultivo, y la facilidad de suministro.

Aún es escasa la información generada en nuestro país sobre esta práctica pero, en general, las pérdidas en cantidad y calidad serían menores que en el caso de rollos de heno (18, 41).

Romero y Bruno (datos no publicados) analizaron la calidad de henolajes empaquetados de pasturas base alfalfa confeccionados en campos de productores en el área central de Santa Fe. Los valores promedio de PB variaron entre 16,0 y 24,0 %, los de FDN lo hicieron entre 44,0 y 60,0 %, los de FDA entre 33,0 y 41,0 % y los de DIVMS entre 60,0 y 65,0 %. Las características fermentativas presentaron valores normales en la parte interior del rollo (pH entre 5,0 y 5,8, y proporción de amoníaco sobre nitrógeno total entre 9,0 y 14,0 %), mientras que en la capa exterior, en contacto con el plástico, dichos valores fueron superiores a lo normal.

Muchos de los factores que determinan pérdidas de materia seca y de nutrientes antes del corte y en el momento del mismo en el proceso de henificación actúan en forma similar sobre los procesos de ensilaje y

henolaje. No obstante, la producción de henolaje empaquetado de alfalfa requiere un conocimiento y manejo correcto de técnicas específicas (18, 41, 106).

El rollo debe confeccionarse cuando el forraje andanado tiene un porcentaje de humedad del 45 al 55 %, ya que con menos del 40 % no se logrará la fermentación deseada, y con más del 55 % se dificulta la envoltura y se provoca escurrimiento excesivo y deformación del rollo. Se debe utilizar la mayor presión que permita la arrolladora para lograr rollos uniformes y de alta densidad que favorezcan la anaerobiosis; confeccionar rollos de tamaño mediano (no más de 1,20 metros de alto), y no llevar a cabo el empaquetado bajo lluvia o rocío denso para no dificultar la adhesión entre las capas de plástico.

Se recomienda, en lo posible, empaquetar dentro de las tres horas desde la confección del rollo (y nunca dejar pasar más de 6 horas) para evitar fermentación aeróbica y deformación.

Debe superponerse el film un 50 % entre capas sucesivas, asegurándose que toda la superficie del rollo tenga por lo menos 4 capas de cobertura.

Las bobinas de film a utilizar deben ser de alta calidad, tener de 0,50 a 1 metro de ancho, y realizar un pre-estirado del mismo del 50 % al empaquetar.

Las características de estiramiento, espesor y resistencia a los rayos solares y temperatura determinan la calidad del film. Es importante evitar la rotura del nylon durante el traslado y almacenamiento para mantener la hermeticidad.

Además de las empaquetadoras individuales, están disponibles en el mercado nacional máquinas que envuelven rollos uno a continuación de otro con sus caras planas en contacto, formando una estiba («siloline») que permite un ahorro de film del 40 %.

También de reciente aparición en nuestro país es la práctica del ensilado de material picado en grandes bolsas de nylon, conocidas como "silobag" o "silopress". Estas bolsas tienen un diámetro que varía entre 1,40 y 3 metros, un largo de 30 a 90 metros y un espesor de pared de 250 a 500 micrones, y permiten almacenar de 100 a 300 toneladas de silo. El llenado y compactación se realiza con máquinas especiales para tal fin y el sistema presenta varias ventajas en comparación con el silo tradicional: tiene alta capacidad de trabajo (más de 45 tn/hora) y baja demanda de personal ya que la embolsadora no necesita atención permanente además de permitir detenciones temporarias de la tarea de ensilado para continuar más tarde sin afectar la fermentación. La bolsa de silo puede ser abierta y cerrada varias veces para adecuarse a las necesidades de suministro manteniendo su calidad inicial (73, 74).

Un comentario especial merece la utilización de aditivos en la confección de silajes y henolajes de alfalfa. Los mismos son productos que pueden usarse cuando la escasez o exceso de algún elemento del forraje impide el logro de condiciones adecuadas para el ensilado, o cuando se desea mejorar el valor nutritivo o la apetecibilidad del silo (9).

En la actualidad, los aditivos más comunes son los inoculantes bacterianos, los inoculantes enzimáticos, y los ácidos orgánicos como el acético, el propiónico y el fórmico.

Los primeros complementan y suplementan a la población de bacterias del ácido láctico propia del cultivo. Las bacterias inoculantes pertenecen a cepas seleccionadas por su rápida tasa de multiplicación y su alto grado de homofermentación, lo que permite obtener silajes con menor tenor de ácido acético y mayor tenor de ácido láctico y pH más bajo que en silos sin aditivos (72).

Los inoculantes enzimáticos consisten en una mezcla de celulasas, hemicelulasas, pectinasas y amilasas que degradan carbohidratos complejos a azúcares simples que puedan ser utilizados por las bacterias del ácido láctico, y reducen el contenido de fibra del silaje. En general la efectividad de estas enzimas es mayor en silos de gramíneas que en silos de alfalfa (71).

Otros aditivos recomendados son los azúcares, que favorecen el rápido desarrollo de bacterias lácticas a razón de 30 kg de melaza por tonelada de materia verde ensilada. También los granos molidos de cereales ricos en almidón (sorgo, cebada, avena, etc.), y las mezclas de cereal molido y malta rica en enzimas amilolíticas y celulolíticas (4-6 % del peso verde del silo de mezcla 20 % malta y 80 % grano) (9).

En Rafaela (Bruno y Romero, 1994, comunicación personal) se evaluaron silajes con aditivos en base a glucosa y ácido fórmico en comparación con silajes con preoreo, sin aditivos, y silajes de corte directo, sin aditivos. En general los silajes con preoreo y con conservantes presentaron una mayor estabilidad para distintos parámetros de valor nutritivo y de fermentación.

CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo se ha presentado una reseña acerca de la importancia del cultivo de alfalfa para producir forraje conservado de alta calidad.

De los conceptos vertidos se desprende que existe un gran número de factores que afectan en mayor o menor medida la calidad y cantidad de la alfalfa conservada, desde antes del momento de corte y hasta el momento de suministro a los animales.

El éxito final dependerá del grado de conocimiento que el productor, contratista o profesional tenga sobre cómo y cuándo influyen cada uno de estos factores, y de la utilización de las técnicas de producción y manejo más adecuadas en cada caso.

Con respecto a futuros trabajos de investigación sobre este tema, si bien existe abundante bibliografía disponible a nivel mundial, es necesario generar más información local sobre la utilización de técnicas de manejo, maquinarias, germoplasma y productos recientemente desarrollados, evaluando su adaptación a las condiciones agroecológicas y a los sistemas de producción de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABRAMS, S.M., J.S. SHENK, M.O. WESTERHAUS and F.E. BARTON. 1987. Determination of forage quality by near infrared reflectance spectroscopy: Efficiency of broad based calibration equations. *J. Dairy Sci.* 70:806-813.
2. BARNES, RY and C.H. GORDON. 1972. Feeding Value and On-Farm Feeding. In: Hanson, C.H. (ed.). *Alfalfa Science and Technology*. ASA. Madison. WI. USA. p. 601-630.
3. BARRENECHEA, A. y L.A. POZZO. 1993. Reservas de Forraje: Alfalfa para Animales Lecheros. INTA - AER Villa María (Arg.). Proyecto MEPROLE. 7 p.
4. BERGER, M.E., R.J. LEN y H.F. FENOGLIO. 1986. Cambios en la digestibilidad in vitro, proteína bruta y materia seca de los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con el avance a madurez. *Rev. Arg. Prod. Animal* 6(7-8):423-427.
5. BERGER, M.E., R.J. LEN y H.F. FENOGLIO. 1985. Cambios en la concentración de elementos minerales en alfalfa (*Medicago sativa* L.) con el avance a madurez. *Rev. Arg. Prod. Animal* 5(3-4): 149-155.
6. BODEN, S.M. 1965. Técnica de la henificación acelerada. *Acribia*. Zaragoza. España. 135 p.
7. BOTHAST, R.J., E.B. LANCASTER, and C.W. HESSELTINE. 1973. Ammonia kilis spoilage molds in corn. *J. Dairy Sci.* 56:241-245.
8. BRAGACHI NI, M., P. CATTANI y E. RAMIREZ. 1993. Resumen Ejecutivo Proyecto Integrado PROPEFO. INTA E.E.A. Manfredi (Arg.). 39 p.
9. BRERO, R.A. 1975. Nociones básicas de conservación de forrajes. INTA - E.E.A. Rafaela (Arg.). Boletín de Divulgación Técnica N° 10.
10. BRIGHAM, R.D. 1959. Effect of Cercospora disease on forage quality of alfalfa. *Agron. J.* 51:365.
11. BRUNO, O.A., L.A. ROMERO y M.C. GAGGIOTTI. 1991. Influencia del período de almacenamiento sobre la calidad de los heno. In: Jornada de Información Técnica para productores. INTA - E.E.A. Rafaela (Arg.). p. 53-54.
12. BRUNO, O.A., L.A. ROMERO, M.C. GAGGIOTTI and O.R. QUAINO. 1993. Chemical composition of two lucerne cultivars. XVII International Grassland Congress. New Zealand. Summarie Sessions 1-24:45-46.
13. BRUNO, O.A., M.C. GAGGIOTTI y L.A. ROMERO. 1989. Jornada para Productores sobre Conservación de Forrajes: 1. Henificación. In: 3° Congreso Panamericano de la Leche. p. 43-44.
14. BUCKMASTER, D. R., C.A. ROTZ and J. R. BLACK. 1990. Value of alfalfa losses in dairy farms. *Trans. ASAE* 33:351-360.
15. BUCKMASTER, D.R., C.A. ROTZ and R.E. MUCK. 1989. A comprehensive model of forage changes in the silo. *Trans. ASAE* 32:1143-1152.
16. BUXTON, D.R. and J.S. HOFINSTEIN. 1986. Cell wall concentration and components in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil and red clover. *Crop Sci.* 26:1801-84.
17. BUXTON, D.R., J.S. HORNSTEIN, W.F. WEDIN, and G.C. MARTEN. 1985. Forage quality in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil, and red clover. *Crop Sci.* 25:273-279.
18. CASAGRANDE, J.R. 1993. Henolaje empaquetado: Nueva tecnología en reserva forrajera. In: Primeras Jornadas Nacionales de Reservas Forrajeras. 11-12 nov. 1993, INTA - E.E.A. Manfredi (Arg.). p. 9-14.
19. CLANCY, M., P.G. WANGSNESS and B.R. BAUMGARDT. 1977. Effect of silage extract on voluntary intake, rumen fluid constituents and rumen motility. *J. Dairy Sci.* 60:580-590.
20. COLLINS, M. 1990. Composition and yields of alfalfa fresh forage, field cured hay, and pressed forage. *Agron. J.* 82:91-95.
21. COLLINS, M. 1982. The influence of wetting on the composition of alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil hay. *Agron. J.* 74: 1041-1044.
22. CONRAD, H. R. and F.A. MARTZ. 1985. Forages for dairy cattle. p. 550-559. In: Heath, M., D. Metcalfe, and R. Barnes (ed.). *Forages*. 4th ed. Iowa St. Univ. Press. Ames. W. USA.
23. DEMARQUILLY, C. and R. JARRIGE. 1970. In: International Grassland Congress. Proc. 11th. Surfers Paradise. Queensland. Australia. p. 733-737.
24. ETZEL, M.G., J.J. VOLENEC, and J.J. VORST. 1988. Leaf morphology, shoot growth, and gas exchange of multifoliate alfalfa phenotypes. *Crop Sci.* 28:263-269.
25. FONNESBECK, P.V., M.M. GARCA DE HERNANDEZ, J.M. KAYKAY, and M.Y. SAIADY. 1986. Estimating yield and nutrient losses due to rainfall and field drying alfalfa hay. *Anim. Feed Sci. Technol.* 16:7-15.
26. FICK, G.W. and D.W. ONSTAD. 1988. Statistical models for predicting alfalfa herbage quality from morphological or weather data. *J. Prod. Agric.* 1:160-166.
27. FICK, G.W. and R.S. HOLTHAUSEN. 1975. Significance of parts other than blades and stems in leaf-stem separations of alfalfa herbage. *Crop Sci.* 15:259-262.
28. FICK, G.W. and S.C. MUELLER. 1989. Alfalfa: quality, maturity, and mean stage of development. Cornell Univ. Dept. of Agr. NY. USA. *Inf. Bul.* N° 217, 13 p.

29. FUESS, F.W. and M. B. TESAR. 1968. Photosynthetic efficiency, yields, and leaf loss in alfalfa. *Crop Sci.* 8:159-163.
30. GOERING, H.K. and P.J. VAN SOEST. 1970. Forage Fiber Analysis: Apparatus, reagents, procedures and some applications. U.S. Gov. Print. Office. Washington DC. USA. USDA Agric. Handbook NQ 379.
31. GOERING, H.K., C.H. GORDON, R.W. HEMKEN, D.R. WALDO, P.J. VAN SOEST, and L.W. SMITH. 1972. Analytical estimate of nitrogen digestible in heat-damaged forages. *J. Dairy Sci.* 55:1275-1290.
32. HARVEY, T.L., H.L. HACKEROTT, and E.L. SORENSON. 1971. Pea aphid injury to resistant and susceptible alfalfa in the field. *J. Econ. Entomol.* 64:635-636.
33. HAWKINS, D.R., H.E. HENDERSON, and D.B. PURSER. 1970. Effect of dry matter level of alfalfa silage on intake and metabolism in the ruminant. *J. An. Sci.* 31:617-625.
34. HIJANO, E.H. 1993. Enfermedades de la alfalfa. In: *Alfalfa: Protección de la pastura*. INTA - C. R. Cuyo. Mendoza (Arg.). Agro de Cuyo - Manuales N° 4. p. 9-28.
35. HIJANO, E.H. 1991. Enfermedades de la alfalfa. INTA - C. R. Cuyo. Mza. (Arg.). Agro de Cuyo - Bol. N° 1.
36. HILL, R. R., J. S. SHENK, AND R. F. BARNES. 1988. Breeding for Yield and Quality. In: Hanson, A., D. Barnes and R. Hill (ed.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. ASA. Madison. WI. USA. p. 809-825.
37. HOLLAND, C. AND KEZAR, W. 1990. *Pioneer Forage Manual: A Nutritional Guide*. Pioneer Hy-Bred International. Des Moines. Iowa. USA. 55 p.
38. HUERGO, H. 1987. Fardos en un día. *Revista Cultivar 2000 (Arg.)* 1(1):12-15.
39. HUSET, D.E., D.A. SCHNEBBE, J.L. KUGLER, and M.A. PETERSON. 1991. Registration of 'W1 322 HQ' alfalfa. *Crop Sci.* 31:1699-1670.
40. IWAN, J.M., J.F. SHANAHAN, and D.H. SMITH. 1993. Impact of environmental and harvest management variables on alfalfa forage drying and quality. *Agron. J.* 85:216-220.
41. IZA, G.A. 1993. Empaquetado de rollos (henolaje) Informe Mimeografiado. Tres Arroyos. Bs. As. Argentina
42. JUAN, N.A., C.C. SHEAFFER, and D.K. BARNES. 1993. Temperature and photoperiod effects on multifoliolate expression and morphology of alfalfa. *Crop Sci.* 33:573-578
43. JUAN, N.A., C.C. SHEAFFER, D.K. BARNES, D.R. SWANSON, and J.H. HALGERSON. 1993. Leaf and stem traits and herbage quality of multifoliolate alfalfa. *Agron. J.* 85:1121-1127.
44. KALU, B.A. and G.W. FICK. 1983. Morphological stage of development as a predictor of alfalfa herbage quality. *Crop Sci.* 23:1167-1172.
45. KALU, B.A. and G.W. FICK. 1981. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. *Crop Sci.* 21:267-271.
46. KINDLER, S.D., W.R. KEHR, and R.L. OLSEN. 1971. Influence of pea aphids and spotted alfalfa aphids on the stand, yield of dry matter and chemical composition of resistant and susceptible varieties of alfalfa. *J. Econ. Entomol.* 64:653-657.
47. KJELGAARD, W. 1979. Energy and time needs in forage systems. *Trans. ASAE.* 22(3).
48. KLINNER, W.E. and G. SHEPPERSON. 1975. *J. Br. Grass. Soc.* 30:259-266.
49. KNAPP, W.R., D.A. HOLT, and V.L. LECHTEMBERG. 1976. Propionic acid as a hay preservative. *Agron. J.* 68:120-123.
50. KNAPP, W.R., D.A. HOLT, and V.L. LECHTEMBERG. 1975. Hay preservation and quality improvement by anhydrous ammonia treatment. *Agron. J.* 67:766-769.
51. KOEGEL, R.G., R.J. STRAUB, and R.P. WALGENBACH. 1985. Quantification of mechanical losses in forage harvesting. *Trans. ASAE* 28:1047-1051.
52. LEATH, K.T., W.A. KENDALL, and J.S. SHENK. 1977. Phoma leafspot and alfalfa quality. In: *Rep. 26th Alfalfa Improvement Conference*. South Dakota St. Univ. Agric. Reviews and Manuals. USDA-SEA. Wash. DC. USA. p.46-47.
53. LECHTEMBERG, V.L. and D.A. HOLT. 1982. Innovations in hay harvesting and storing. In: *Proc. Natl. Alfalfa Symp.* Lexington. KY. 6-8 April. Certified Alfalfa Seed Council. Woodland. CA. USA. p. 38-47.
54. LINN, J. and N.P. MARTIN. 1985. Using Forage Test Results in Dairy Rations. *Agric. Ext. Service Bulletin*. University of Minnesota, USA. AG-FO-2637. 5 p.
55. LOPER, G.M. 1968. Effect of aphid infestation on the coumestrol content of alfalfa varieties differing in aphid resistance. *Crop Sci.* 8:104-106.
56. LOPER, G.M., C.H. HANSON, and J.H. GRAHAM. 1967. Coumestrol content of alfalfa as affected by selection for resistance to foliar disease. *Crop Sci.* 7:189-192.
57. MCCULLOUGH, M.E. 1962. Some factors influencing intake of direct cut silage by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 45:116-119.
58. MACDONALD, A.D. and E.A. CLARK. 1987. Water and quality loss during field drying of hay. *Advances in Agronomy* 41:407-437.
59. MCDONALD, P. and R.A. EDWARDS. 1976. The influence of conservation methods on digestion and utilization of forages by ruminants. In: *Proc. Nutr. Soc.* 35:201-211.
60. MARTEN, G.C. and R.N. ANDERSEN. 1975. Forage nutritive value and palatability of 12 common annual weeds. *Crop Sci.* 15:821-827.
61. MARTEN, G.C., D.R. BUXTON, and R.F. BARNES. 1988. Feeding Value (Forage Quality). In: Hanson, A., D. K. Barnes, and R. Hill (ed.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. ASA. Madison. WI. USA. p. 463-491.
62. MARTEN, G.C., J.S. SHENK, and F.E. BARTON. 1990. Nearinfrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality. U.S. Government. Washington DC. USA. USDA-ARS Agric. Handbook N° 643. 110 p.

63. MEHIREZ, J. and E.R. ORSIKOV. 1977. A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.* 88:645-650.
64. MEYER, J.H. and L.G. JONES. 1962. Controlling alfalfa quality. *California Agric. Exp. Sta. Bull.* 784.
65. MILLER, H.F. and W.F. WEIDIN. 1972. Equipment for Harvesting, Storing, and Feeding. *In: Hanson, C.H.(ed.). Alfalfa Science and Technology.* ASA. Madison. WI. USA. p. 575-599.
66. MOORE, I. 1968. Ensilado y Henificación. *Acricbia. Zaragoza. España.* 114 p.
67. NORRIS, K.H, R.F. BARNES, J.E. MOORE, and J.S. SHENK. 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J. Animal Sci.* 43(4):889-897.
68. ODIDINO, C. 1993. Principales aspectos a tener en cuenta para lograr rollos de calidad. *In: Primeras Jornadas Nacionales de Reservas Forrajeras.* 11 -12 nov.1 993. INTAEEA Manfredi . p. 1-6.
69. ODIDINO, C. 1991. Cuadernillo Henificación. Carlos Mainero y Cía. S.A. 67 p.
70. PAULI, A.W., V.L. LECHTEMBERG, and W.F. WEDIN. 1988. Equipment for harvesting, transporting, storing and feeding. *In: Hanson, A., D. Barnes, and R. Hill (ed.). Alfalfa and Alfalfa Improvement.* ASA. Madison. WI. USA. p. 567-594.
71. PITT, R.E. 1990. Silage and hay preservation. *Comell Univ. Coop. Ext. Ithaca. N Y. USA. Bull. NRAES-5.* 53 p.
72. PITT, R.E. and R.Y. LEINBENSPERGER. 1987. The effectiveness of silage inoculants: A systems approach. *Agricultura; Systems* 25(1987):27-49.
73. PONSSA, E. 1994. Cómo invertir en la bolsa. *Revista Producir XXI (ArgJ. Abril 1994.* p. 24-30.
74. PRECIOS Y SERVICIOS, 1993. La máquina que hace embutidos de forrajes. *Servicio Técnico GándaraLactona. Revista Ng* 58.
75. ROMERO, L.A., M.C. GAGG IOTTI y O.A. BRUNO. 1989. *In: Jornada para Productores sobre Conservación de Forrajes: 2) Ensilaje.* 3,1 Congreso Panamericano de la leche. p. 44-45.
76. ROMERO, L.A., O.A. BRUNO, J.L. FOSSATI, M.J. MONDINO y O.R. QUAINO. 1986. Calidad de rollos: evaluación preliminar. *INTA - E.E.A Rafaela (Arg.). Area Producción Animal. Información para Extensión N2* 67. 6 p.
77. ROMERO, L.A., O.A. BRUNO, J.L. FOSSATI y H.F. FENOGLIO. 1986. Comparación de rollos y fardos: evaluación de la calidad. *INTA E.E.A Rafaela (Arg.). Area Producción Animal. Información para Extensión N2* 57. 4 p.
78. ROMERO, L.A., O.A. BRUNO y M.C. GAGGIOTTI. 1991 a. Alimentación de vaquilonas con rollos de alfalfa tapados y sin tapar. *In: Jorn. de Inf. Tecn. para productores. Abril 1991. INTA-EEA Rafaela (Arg.).* p. 65-66.
79. ROMERO, L.A., O.A. BRUNO y M.C. GAGGIOTTI. 1991b. Sistemas de almacenamiento de rollos. *In: Jornada Néstor A. Atan - Luis A. Roine ro - Oscar A. Bruno de Inf. Tecn. para productores. Abril 1991. INTA-EEA Rafaela (Arg.).*
80. ROTZ, C.A. and R.E. MUCK. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. *In: Fahey, G., M. Collins, D. Mertens, and L. Moser (ed.). Forage quality, evaluation and utilization.* ASA, CSSA and SSSA. Madison. WI. USA. p. 828-868.
81. ROTZ, C.A. and S.M. ABRAMS. 1988. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. *Trans. ASAE* 31:350-355.
82. ROTZ, C.A., J.W. THOMAS, T.R. JOHNSON, and D.A. HERRINGTON. 1982. Mechanical and chemical conditioning to speed alfalfa drying. *Am. Soc. Agric. Eng. Paper* 82-1036. St. Joseph. Mi. USA.
83. ROTZ, C.A., R.E. PITT, R.E. MUCK, M.S. ALLEN, and D.R. BUCKMASTER. 1993. Direct-cut harvest and storage of alfalfa on the dairy farm. *Trans. ASAE* 36(3):621 628.
84. ROTZ, C.A., R.J. DAVIS, and S.M. ABRAMS. 1991 . Influence of rain and crop characteristics on alfalfa damage. *Trans. ASAE* 34: 1583-1591.
85. ROTZ, C.A., S.M. ABRAMS, and R.J. DAVIS. 1987. Alfalfa drying, loss and quality as influenced by mechanical and chemical conditioning. *Trans. ASAE* 30:630-635.
86. ROYBAL, J. 1987. El acondicionamiento químico enfrenta un brillante porvenir. *Revista Cultivar* 2000 (Arg.) 1(3):18-21.
87. SANDERSON, M.A. and W.F. WEIDIN. 1988. Cell wall composition of alfalfa stems at similar morphological stages and chronological age during spring growth and summer regrowth. *Crop Science* 28:342-347.
88. SAVOIE, P. 1988. Hay teiding losses. *Can. Agric. Eng.* 30:39-42.
89. SAVOIE, P., C.A. ROTZ, H.F. BUCHOLTZ, and R.C. BROOK. 1982. Hay harvesting system losses and drying rates. *Trans. ASAE* 25:581-585.
90. SHEAFFER, C.C. and N.P. MARTIN. 1979. Hay preservation. *University of Minnesota. Agric. Ext. Service. USA. Extension Foider W* 489.
91. SHEAFFER, C.C., G.D. LACEFIELD, and V.L. MARBLE. 1988. Cutting schedules and stands. *In: Hanson, A., D. Barnes, and R. Hfl (ed.). Alfalfa and Alfalfa Improvement.* ASA. Madison. WI. USA. p. 411-437.
92. SHENK, J.S. and M.O. WESTERHAUS. 1994. The application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage analysis. *In: Fahey, G., M. Collins, D. Mertens, and L. Moser (ed.). Forage quality, evaluation and utilization.* ASA, CSSA and SSSA. Madison. Z/I. USA. p. 406-449.
93. SHENK, J.S. and M.O. WESTERHAUS. 1991. New standarization and calibration procedure for NIRS analytical systems. *Crop Sci.* 31:1694-1696.
94. SHINNERS, K.J., R.G. KOEGEL, and R.J. STRAUB. 1991. Leaf loss and drying rate of alfalfa as affected by conditioning rol; type. *Appl. Eng. Agric.* 7:46-49.
95. SMITH, D. 1969. Influence of temperature on the yield and chemical composition of 'Vernal' alfalfa at first flower. *Agron. J.* 61:470-472.
96. SMITH, J y R. DELAFOSSE. 1983. Máquinas para el corte de forrajes. *INTA - CIRN, Inst, de Ingeniería Rural. Castelar. Bs. As. (Arg.) Información Técnica NQ* 4. 6 p.

97. SORENSON, J.W. and N.K. PERSON. 1967. Harvesting and drying selecteciforage crops. Texas A & M Univ, Bull. 1071.
98. STALINGS, C.C., R. TOWNES, B.W. JESSE, and J.W. THOMAS, 1981. Changes in alfalfa haylage during wilting and ensiling with and without aciditives. J. Anim. Sci. 53:765-773.
99. TEMME, D.G., R.G. HARVEY, R.S. FAWCETT, and A.W. YOUNG. 1979. Effects of annual weed control on alfalfa forage quality. Agron. J. 71:51-54.
100. THOMAS, J.W., L.A. MOORE, and J.F. SYKES. 1961. Further comparisons of alfalfa hay and alfalfa silage for growing dairy heifers. Journal of Dairy Sci. 44:862-873.
101. TILLEY, J.M. and R.A. TERRY. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Sr. Grassi. Soc. 18:104-111.
102. TULLBERG, J.N. and D.J. MINSON. 1978. The effect of potassium carbonate solutions on the drying of lucerne. J. Agric. Sci. 91:557-561.
103. UNDERSANDER, D., N. MARTIN, D. COSGROVE, K. KELLING, M. SCHMITT, J. WEDBERG, R. BECKER, C. GRAU, and J. DOLL. 1991. Alfalfa management guide. ASA-CSSA-SSSA. Madison. WI. USA. 41 p.
104. VAN SOEST, P.J., D.R. MERTENS, and B. DEINUM. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. J. Anim. Sci. 47:712-720.
105. VILLATA, C.A. 1993. Bioecología y control de plagas en alfalfa. *In: Alfalfa: Protección de la Pastura*. INTA - C. R. Cuyo. Mendoza. (Arg.). Agro de Cuyo - Manuales N2 4. p.31-76.
106. VIVIANI ROSSI, E. 1993. Reservas Forrajeras: Henos, Henolajes y Silajes de Pasturas. *In: Jornadas de Actualización Técnica en Invernada*. INTA-EEA Balcarce (Arg.). p. 21-27.
107. VOLENEC, J.J. and J. CHERNEY. 1990. Yield components, morphology, anciforage quality of multifoliolate alfalfa phenotypes. Crop Sci. 30: 1234-1238.
108. WALDO, D. R. 1977. Potential of chemical preservation and improvement of forages. J. Dairy Sci. 60:306326.
109. WALDO, D.R, and N.A. JORGENSEN. 1981. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. J. Dairy Sci. 64:1207-1229.
110. WHITNEY, L. , H. AG RAMAL, and R. LIVINGSTON. 1969. Stomatal effects on high temperature, short time drying of alfalfa leaves. Trans. ASAE. p. 769-771.
111. WIEGHART, M., J.W. THOMAS, and M.S. TESAR. 1980. Hastening drying rate of cut alfalfa with chemical treatments. J. Anim. Sci. 51:1 -9.
112. WILKEN, F., C. GIORDANI, C. MARÍN MORENO, N. NOACCO, L. GONZÁLEZ VICTORICA, E. SERANTES y F. ELIZALIDE. 1978. Reserva de forrajes- Henificación. Rev. Nuestro Holando (Arg.). Fasc. Orient. Tec. N° 6. 14 p.
113. ZUDIZARRETA, J. 1992. Reservas: Uso y Análisis. Revista CREA. Bs. As. (Arg.) Junio/julio 1992. p. 90-97.

[Volver a: Producción de reservas > Henos](#)