

# VELOCIDAD DE SECADO DE ALFALFA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE RADIACIÓN SOLAR Y ANCHO DE HILERADO.<sup>1</sup>

## DRYING RATE OF ALFALFA UNDER DIFFERENT SOLAR RADIATION CONDITIONS AND RAKING WIDTHS.

Ernesto Jahn B.<sup>2\*</sup>, Patricio Soto O.<sup>2</sup>, Pedro Cofré B.<sup>2</sup> y Rocío Sasmay M.<sup>2</sup>

### ABSTRACT

A study was carried out to evaluate the effect of different levels of solar radiation and raking width on the drying rates of alfalfa (*Medicago sativa* L.) destined for silage or hay. The variables studied were three row widths: 0.9, 1.2, and 1.8 m, and three solar radiation levels obtained through the use of shading nets of 80%, 50% and no net. The alfalfa pasture was cut at 09:00 h with a mower-conditioner and placed in rows according to treatments. DM content was determined during two consecutive days at 09:00, 14:00 and 17:00 h. Solar radiation and row width significantly ( $P \leq 0.05$ ) affected the DM percentage of the alfalfa. Wider rows increased drying rate and increasing the shading level decreased drying rate. The interactions hour x row width and hour x radiation were significant ( $P \leq 0.05$ ). Between 09:20 and 17:00h, drying rate varied between 1.8% DM h<sup>-1</sup> with 80% shading net and row width of 0.9 m and 4.4% DM h<sup>-1</sup> for row width of 1.8 m without shading net, respectively. In the control 40% DM was obtained after 3 h and row width of 1.8 m and 9 h for 0.9 m, respectively. With 80% shading net, 40% DM was obtained in 5 h with the 1.8 m row and in over 20 h with 0.9 m row width..

**Key words:** wilting, hay, silage, *Medicago sativa* L.

### RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el efecto de diferentes niveles de radiación solar y ancho de hilerado en la velocidad de secado de alfalfa (*Medicago sativa* L.) destinada a ensilaje o heno. Las variables estudiadas fueron 3 anchos de hilerado: 0,9; 1,2 y 1,8 m, y 3 niveles de radiación solar obtenidas con malla sombreadora de 80, 50%, y un control sin malla. La pradera de alfalfa fue cosechada con una segadora acondicionadora por la mañana e hilerada según los tratamientos. El contenido de MS fue medido durante 2 días consecutivos a las 09:00, 14:00 y 17:00 h. La radiación solar y el ancho de hilerado afectaron significativamente ( $P \leq 0,05$ ) el porcentaje de MS de la alfalfa. A mayor ancho de hilerado la velocidad de secado fue mayor, y ésta disminuyó a medida que se incrementó el nivel de sombreadamiento. Las interacciones hora x ancho y hora x radiación fueron significativas. Entre las 09:20 y las 17:00 h, la tasa de secado fluctuó entre 1,8 y 4,4% MS h<sup>-1</sup> para malla de 80% e hilera de 0,9 m, y para 1,8 m sin malla, respectivamente. El control alcanzó 40% MS en 3 h con un ancho de hilera de 1,8 m y en 9 h para 0,9 m, comparado con 1,5 h y 4,5 h para obtener 30% MS para 1,8 y 0,9 m, respectivamente. Al usar malla sombreadora de 80%, el 40% de MS se logró en 5 h para la hilera de 1,8 m y en más de 20 h para 0,9 m.

**Palabras clave:** premarchitamiento, heno, ensilaje, *Medicago sativa* L.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 5 de julio de 2001 (reenviado)

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación, Casilla 426, Chillán, Chile.  
E-mail: [ejahn@quilamapu.inia.cl](mailto:ejahn@quilamapu.inia.cl) \*: [Autor para correspondencia.](#)

## INTRODUCCIÓN

La conservación de alfalfa como heno o ensilaje es una actividad altamente dependiente de las condiciones climáticas. Para la obtención de un buen ensilaje de alfalfa es conveniente premarchitar hasta alcanzar 30 a 40% de MS (Jones *et al.*, 1992; Muck, 1998); bajo 25-30% MS se producen elevadas pérdidas por percolación y sobre 40% MS se dificulta la compactación del ensilaje (Muck, 1998). En el caso del heno, para acortar al máximo los daños por respiración e hilarar adecuadamente, es conveniente alcanzar 60% de MS, lo cual es rápido en condiciones de buena radiación solar y temperatura.

Durante la cosecha, manipulación y almacenamiento, las pérdidas de nutrientes pueden ser muy altas dependiendo de las condiciones climáticas durante el secado en terreno (Rotz y Sprott, 1984; Rotz y Abrams, 1988). Cambios físicos, biológicos, y químicos ocurren en el forraje a medida que éste se seca en el terreno, la pérdida principal es debida a respiración de las plantas, proceso que continúa después que éstas han sido cortadas. Un estudio de Rotz *et al.* (1993) señaló un 2,2% de pérdida de MS, producto de la respiración vegetal en terreno después de la cosecha. La especie vegetal, estado de madurez y tratamiento acondicionador del forraje tienen efectos pequeños e impredecibles sobre la tasa de respiración (Rotz y Muck, 1994).

Los principales tipos de pérdidas de MS durante el proceso de henificación son: (a) desprendimiento de hojas y pecíolos resultantes del segado y acondicionamiento; (b) daño por lluvia después del corte y durante el secado; y (c) desprendimiento de hojas debido a manipulación mecánica a bajos contenidos de humedad (Shinners *et al.*, 1985). El cierre de estomas en el forraje recién cortado determina un mayor contenido de agua en los tallos, situación indeseable, puesto que aumentan las pérdidas por desprendimiento de hojas debido a la mayor dificultad de secado de los tallos y prematuro secado de las hojas (Cifuentes, 1998).

Para el proceso completo de henificado se mencionan pérdidas de MS de 15 a 25% para heno hecho bajo buenas condiciones de secado, y 35 a 100% para heno dañado por la lluvia. Los constituyentes de mayor valor nutritivo son los más susceptibles a perderse, resultando en una reducción total de la calidad del forraje además de la pérdida de MS (Rotz y Abrams, 1988).

Las pérdidas por empleo de maquinaria incluyen hojas y tallos, pero las primeras se pierden más fácilmente. Debido a que en alfalfa la proteína cruda corresponde más o menos a 28% de la MS foliar, y sólo a 11% de la MS del tallo, esta reducción en la proporción hoja:tallo causada por la maquinaria, puede dar lugar a una reducción de la concentración de proteína total en el forraje (Srivastava *et al.*, 1993),

Las hojas de leguminosas se secan más rápido, debido a que su relación superficie:volumen es mayor que en los tallos. Además, una capa de cutina cerosa en la superficie de los tallos actúa como una barrera natural para la humedad y reduce su tasa de secado.

Usando técnicas convencionales de cosecha en el área centro-sur, el secado del heno en el campo requiere de 3 a 5 días dependiendo de las condiciones del clima. El uso de acondicionadores que rompen los tallos acelera el tiempo de secado y de curado de 2 a 4 días (Srivastava *et al.*, 1993). Esto se traduce en un adelanto del enfardado del forraje en horas o incluso en días. Esto permite obtener forrajes con un mayor contenido de nutrientes (mayor contenido de carbohidratos, proteínas y vitaminas) y además reducir el riesgo de pérdidas por lluvias (Cifuentes, 1998).

El proceso de secado de la alfalfa para ensilaje o heno se afecta por varios factores, entre los que destacan densidad de la pradera, temperatura del aire, radiación solar, velocidad del viento, humedad del suelo y del aire, etc. Otros factores que influyen en el secado incluyen temperatura bulbo seco o déficit de presión de vapor, y densidad de la hilera (Rotz y Sprott, 1984; Rotz y Muck, 1994).

La magnitud de las pérdidas durante la cosecha del forraje debidas a condiciones climáticas adversas, puede ser reducida con el empleo de tecnología y maquinaria adecuadas. Debido a que las condiciones climáticas varían de año en año, es necesaria una herramienta para evaluar las consecuencias económicas de decisiones de manejo o

aplicación de tecnología, desde una perspectiva del sistema total, sobre una amplia variedad de condiciones climáticas

Los modelos de simulación de factores climáticos se han desarrollado a fin de analizar los sistemas de conservación de forraje y técnicas de manejo, con el objetivo de minimizar el daño causado por el clima y maximizar el valor alimenticio del forraje conservado, y han probado ser herramientas valiosas para el estudio de procesos dependientes del clima, haciendo un uso más eficiente de los recursos que los extensos experimentos de terreno. Modelos de simulación de conservación de forraje han sido desarrollados por Rotz *et al.* (1989) y Gupta *et al.* (1989) entre otros.

El objetivo del presente trabajo es determinar los cambios en la MS de alfalfa cosechada con diferentes intensidades de radiación solar y anchos de hilerado del material, de manera de obtener datos que permitan elaborar un modelo que permita simular el secado de alfalfa en diferentes condiciones climáticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado entre el 21 y 22 de diciembre de 1998, en el segundo corte de una pradera de alfalfa (*Medicago sativa* L.) de segundo año, en el Campo Experimental Santa Rosa (36°31' lat. Sur, 71°54' long. Oeste, 220 m.s.n.m.) perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. Se realizó un ensayo para determinar MS del forraje a diferentes horas después del corte. Con un diseño experimental de arreglo factorial completo 3 x 3 con 4 repeticiones, se evaluaron tres anchos de hilerado (1,8; 1,2 y 0,9 m) y tres niveles de radiación solar, logrados con malla sombreadora de 50 y 80% y un control con radiación completa (sin malla). Los anchos de hilerado de 1,8; 1,2 y 0,9 m corresponden a 75; 50; y 37,5% del ancho de corte. Se utilizaron cuatro repeticiones de muestras para determinación de MS en cada tratamiento y hora. El efecto de la malla sombreadora sobre la radiación se determinó en la estación meteorológica ubicada en el mismo predio, mediante un ensayo anexo, en el cual se determinó la radiación solar incidente en el suelo sin malla sombreadora y con malla de 50 y 80% instalada por 1 h (13:17-14:17 h). En el **Cuadro 1** se presentan los datos meteorológicos del lugar del estudio en los días en que se efectuó el ensayo y los datos mensuales relevantes.

**Cuadro 1. Datos meteorológicos relevantes del día de la cosecha y del mes de diciembre (Chillán, diciembre 1998)**  
**Table 1. Meaningful meteorological data of the harvest day and the month of December (Chillan, December 1998).**

Parámetros climáticos día 21 diciembre 1998	
Radiación solar, kW m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	
08:34 h	0,510
09:34 h	0,708
10:34 h	0,875
11:34 h	0,995
12:34 h	1,044
13:34 h	1,067
14:34 h	1,016
15:34 h	0,908
16:34 h	0,750
17:34 h	0,557
18:34 h	0,349
Temperatura mínima, °C	9,30
Temperatura máxima, °C	26,0
Humedad, %	36,4
Velocidad del viento, km h <sup>-1</sup>	11,6
Parámetros climáticos mes de diciembre de 1998	
Temperatura media del aire, °C	19,56
Humedad relativa media, %	52,04
Precipitación total del mes, mm	6,02
Total días con lluvia	3
Evaporación máxima en 24 h, mm (día 16)	11,35
Horas de sol máxima en 24 h, h (día 16)	12,75
Velocidad media del viento en el mes, km h <sup>-1</sup>	9,94

La alfalfa, en estado fenológico de inicio de floración y disponibilidad de 3800 kg de MS ha<sup>-1</sup>, fue cortada en la mañana (inicio 09:20 h) el 21 de diciembre con una temperatura máxima de 26°C a las 18:30 h en un día soleado con una radiación de 1,067 kW m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> a las 13:00 h, y una velocidad del viento de 11,6 km h<sup>-1</sup>. Para cada tratamiento se cortó sobre 500 m<sup>2</sup>. La cosecha fue realizada con segadora-acondicionadora (New Holland Hay Bine 489, USA) de ancho de corte de 2,4 m e hilerada de acuerdo a los tratamientos. La segadora acondicionadora posee una palanca que permite regular fácilmente el ancho de hilerado y los límites de esta regulación son 1,8 m para el ancho máximo que corresponde a 75% del ancho de corte. El ancho mínimo de la hilera es de 0,9 m lo que corresponde a 37,5% del ancho de corte. La máquina tiene regulaciones intermedias con un total de 9 posiciones. En resumen, el ancho de hilerado se obtuvo con diferentes regulaciones de la segadora acondicionadora. La máquina contaba con dos rodillos de goma, los cuales se trabajaron a su ajuste máximo. El tractor trabajó a una velocidad de 4,5 km h<sup>-1</sup> y el toma fuerza a 1800 r.p.m. Las diferentes mallas se colocaron sobre las hileras en dirección perpendicular a la dirección del hilerado.

En cada parcela se determinó el porcentaje de MS a las 09:00, 14:00 y 17:00 h durante dos días consecutivos, obteniendo por interpolación las horas a las cuales se obtuvieron 30 y 40% MS. El muestreo se realizó de manera tal de dejar material hilerado entre las diferentes muestras. El tamaño de cada muestra correspondió a una franja de 20 cm por el ancho de cada tratamiento de hilerado (0,2 x 0,9 m; 0,2 x 1,2 m y 0,2 x 1,8 m) y ésta se sometió a cuarteo para obtener una muestra representativa de aproximadamente 500 g para su posterior secado. La MS se determinó secando las muestras en horno de ventilación forzada a 60°C hasta peso constante en bandejas metálicas que permiten un elevado flujo de aire. Se realizó un análisis de varianza a los datos utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La malla sombreadora de 80% disminuyó la radiación solar a una radiación incidente de 41%, y la malla de 50% la redujo a 64% en relación al control sin malla, el cual se consideró como equivalente a un día soleado (100%). Las temperaturas y radiación durante el período de muestreo se indican en el **Cuadro 1**. Ambos días fueron totalmente soleados. La máxima radiación se presentó aproximadamente entre las 10:00 y 16:00 h.

El ancho de hilerado y la radiación solar afectaron significativamente la velocidad de secado de la alfalfa y el contenido de MS del forraje ( $P \leq 0,05$ ) (**Cuadro 2a, b y c**). Las interacciones hora x ancho y hora x radiación fueron significativas. La interacción ancho x radiación resultó no significativa ( $P > 0,05$ ).

En el tratamiento sin malla sombreadora, la alfalfa se secó más rápido con el ancho de hilerado mayor, es así como hilerado a 1,8 m (75% del ancho de corte) la alfalfa alcanzó 30% MS en 1,5 h, en cambio, con un hilerado a 0,9 m (37,5% del ancho de corte) se requirieron 4,5 h para obtener el mismo porcentaje de MS. Se requirieron 3 h para obtener 40% de MS con el ancho de hilerado de 1,8 m, y 8 h con la hilera de 0,9 m (**Figura 1**).

**Cuadro 2. Tasa de secado para intervalos entre muestreos y para un día de mediciones.**  
**Table 2. Drying rate between sampling intervals and one day measurements.**

a) Porcentaje de pérdida de materia seca por hora (09:20-14:15 h)

Sombra %	Ancho de hilera m			Promedio
	0,9	1,2	1,8	
0	1,70	3,03	4,57	3,10 a
50	1,27	1,56	2,72	1,85 b
80	1,11	1,36	1,81	1,42 c
Promedio	1,36 a	1,98 b	3,03 c	

b) Porcentaje de pérdida de materia seca por hora (14:15-17:00 h)

Sombra %	Ancho de hilera m			Promedio
	0,9	1,2	1,8	
0	3,62	4,46	4,13	4,07 b
50	2,60	3,27	4,84	3,57 a
80	3,17	3,19	6,87	4,41 c
Promedio	3,13 a	3,64 b	5,28 c	

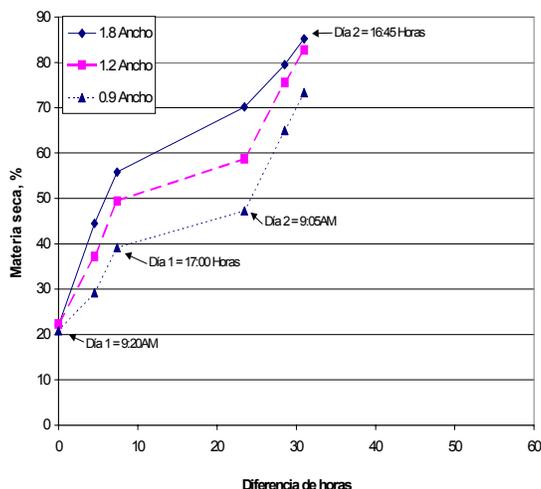
c) Porcentaje de pérdida de materia seca por hora (09:20-17:00 h, aproximadamente 9 h)

Sombra %	Ancho de hilera m			Promedio
	0,9	1,2	1,8	
0	2,39	3,54	4,41	3,45 b
50	1,75	2,18	3,48	2,47 a
80	1,85	2,01	3,62	2,50 a
Promedio	2,00 a	2,58 b	3,84 c	

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas según Duncan ( $P < 0,05$ ).

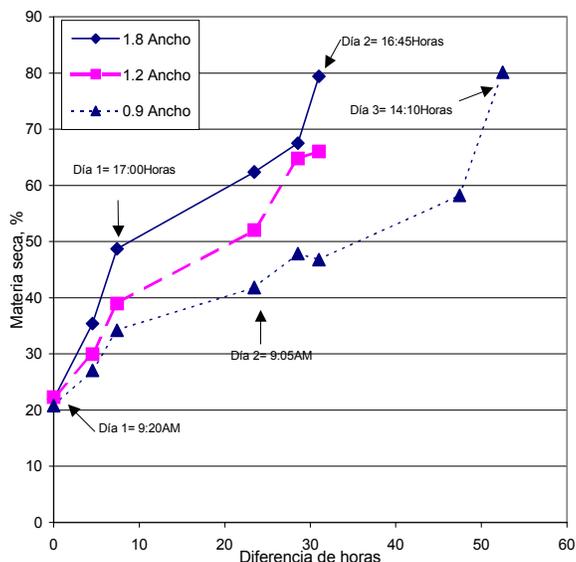
Para el tratamiento con malla sombreadora de 50%, el 30% de MS se obtuvo en 2,6 h para el hilerado de 1,8 m y 6 h para 0,9 m. Para lograr 40% de MS, el hilerado de 1,8 m tardó 5,5 h y 19 h para 0,9 m (**Figura 2**). En este último caso, debe considerarse que parte del proceso de secado se produjo durante la noche, lo cual pudo rehumedecer el forraje.

Al usar una malla sombreadora de 80% (radiación similar a un día nublado), el 30% de MS se logró en 4 h para el hilerado de 1,8 m y 5,5 h para 0,9 m. Para obtener 40% de MS se necesitaron 5 h para el hilerado de 1,8 m, en cambio con hileras de 0,9 m este contenido de MS se obtuvo en un período superior a 20 h (**Figura 3**), ya que este lapso incluyó una noche en la cual la alfalfa prácticamente no perdió humedad.



**Figura 1.** Porcentaje de materia seca de alfalfa sometida a diferentes horas de secado y anchos de hilerado. Ancho de corte de 2,4 m sin uso de malla sombreadora.

*Figure 1. Dry matter content of alfalfa with different drying times and row widths. Cut width of 2.4 m without shading net.*



**Figura 2.** Porcentaje de materia seca de alfalfa sometida a diferentes horas de secado y anchos de hilerado. Ancho de corte de 2,4 m y malla sombreadora de 50%.

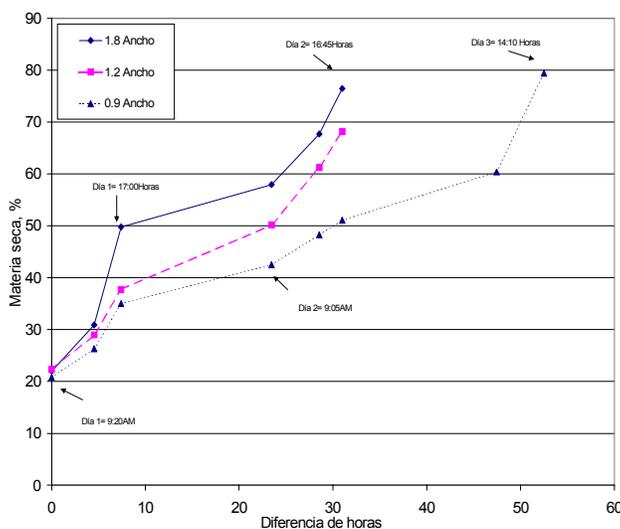
*Figure 2. Dry matter content of alfalfa with different drying times and row widths. Cut width of 2,4 m and 50% shading net.*

Las tasas de secado se incrementan a medida que aumenta el ancho de hilerado (**Cuadro 2**) y disminuyen con el incremento del nivel de sombreado. Se observó un incremento en las tasas de secado entre las 14:15 y las 17:00 h en comparación con el horario anterior 09:20 – 14:15 h. En el ancho de hilerado de 1,8 m en el horario entre 14:15 y 17:00 h se observa un incremento en las tasas de secado a medida que aumenta el nivel de sombreado (**Cuadro 2**), esto es difícil de explicar y se puede deber a errores de muestreo, a un incremento de la velocidad del viento o mayor temperatura bajo la malla sombreadora. Para el promedio del primer día de secado, la tendencia general fue bastante lógica, con excepción del tratamiento con 1,8 m de ancho de hilerado y malla de 80%.

Los resultados obtenidos por Borreani *et al.* (1999), quienes compararon la efectividad de sistemas de acondicionamiento mecánico, demostraron que sólo acondicionadoras con rodillos de goma, como la usada en este estudio, permitieron una satisfactoria relación entre los requerimientos de calidad y un aumento en pérdida de agua durante el secado de cultivos con tendencia a desmenuzarse como es la alfalfa.

Los resultados obtenidos concuerdan con aquellos de Rotz y Sprott (1984), quienes señalaron que la alfalfa dispuesta en una hilera angosta se secó entre 20 y 30% más lento que aquella secada en una hilera ancha. Sin embargo, según Rotz y Abrams (1988) el método de reorganizar una hilera ancha en otra más estrecha mostró las mayores pérdidas debidas a la mecanización del proceso, pero junto con Rotz y Muck (1994) destacaron que esta pérdida estaba inversamente relacionada con la producción del cultivo o densidad de la hilera.

Las pérdidas de MS durante el hilerado varían ampliamente de 1 a 20% de la MS total, y están influenciadas mayormente por el contenido de humedad del cultivo y la densidad de la hilera. La pérdida aumenta a medida que el contenido de humedad disminuye, particularmente bajo 30% (Rotz y Muck, 1994).



**Figura 3. Porcentaje de materia seca de alfalfa sometida a diferentes horas de secado y anchos de hilerado. Ancho de corte de 2,4 m y malla sombreadora de 80%.**

**Figure 3. Dry matter content of alfalfa with different drying times and row widths. Cut width of 2,4 m and 80% shading net.**

El objetivo final de modelar todas las potenciales pérdidas de alfalfa es determinar su valor económico, y esta información debería ayudar a priorizar la investigación para identificar aquellas áreas donde ocurren las mayores pérdidas. Debe considerarse que el valor económico de las pérdidas también es sensible al peso corporal, capacidad ingestiva y producción de leche potencial de los animales lecheros. Mientras las pérdidas de MS resultan en menos alimento disponible, los cambios en calidad afectan los requerimientos de alimento suplementario y pueden afectar la ingestión de alimento y producción de leche (Buckmaster *et al.*, 1990).

De la revisión realizada por Wright *et al.* (2000), sobre factores que influyen la respuesta en ingestión de ensilaje y rendimiento animal después de marchitamiento del forraje previo al ensilado, se concluye que aunque la alimentación con ensilaje hecho de forraje marchitado generalmente ha resultado en mayor ingestión de MS, las

respuestas en rendimiento animal han sido variables. Las reducciones en rendimiento animal pueden ser atribuibles a menores valores nutritivos de los ensilajes, los cuales pueden ser una consecuencia del marchitado o de la calidad de fermentación del ensilaje no marchitado (Dawson *et al.*, 1999; Wright *et al.*, 2000). Wright *et al.* (2000) demostraron que la tasa de secado del forraje en el terreno durante el período de marchitamiento, es la variable individual que explicó la mayor proporción de la variación en el aumento proporcional en ingestión de MS asociada con el marchitamiento ( $r^2 = 0,393$ ).

Cuando se asigna valor a las pérdidas de MS ocurridas durante la cosecha, secado y conservación de forraje en alfalfa, la reducción del valor puede ser atribuida a dos efectos: menor producción láctea y/o aumento de los costos de alimentación. En el estudio de Buckmaster *et al.* (1990) el valor de las pérdidas de alfalfa aumentó en promedio de 7 a 9% con un aumento aproximado de 10% en el nivel de producción de leche del rebaño. Por lo tanto, el valor de las pérdidas depende en cierta medida del precio recibido por la leche y del precio pagado por alimentos suplementarios, y a medida que la producción de leche aumenta, las pérdidas de alfalfa se vuelven más valiosas.

Modelos que relacionan la tasa de secado con los factores que la afectan, han provisto un coeficiente de determinación de 0,64 al validarse comparando la tasa de secado real con aquella predicha (Rotz y Chen, 1985). El problema de las predicciones es su relativa falta de confiabilidad, y además, frecuentemente los agricultores carecen de una adecuada capacidad para aplicar estas predicciones climáticas en la producción agrícola, pero éstas son más confiables si se basan en modelos desarrollados desde datos observados en lugar de datos estimados.

Los datos obtenidos en este ensayo se usarán para desarrollar un modelo de simulación que permita predecir la velocidad de secado de la alfalfa en diferentes condiciones climáticas, que permita entregar a los agricultores información útil, confiable y aplicable a las condiciones locales, y que pueda ayudarlos en la toma de decisiones productivas en lo que se refiere a la cosecha del forraje para posterior conservación.

## CONCLUSIONES

El ancho de hilerado y la radiación solar afectan significativamente ( $P < 0,05$ ) la velocidad de secado de la alfalfa, de modo que un mayor ancho de hilera favorece la rapidez del secado al igual que una mayor radiación incidente.

La tasa de secado de alfalfa es mayor entre las 14:15–17:00 h en comparación con las 09:20–14:15 h, durante el período de verano.

## RECONOCIMIENTO

Los autores desean agradecer la cooperación de los ayudantes de investigación señores Daniel Reyes y Gabriel Ormeño en la realización de este estudio.

## LITERATURA CITADA

- Borreani, G., E. Tabacco, and A. Ciotti. 1999. Effects of mechanical conditioning on wilting of alfalfa and Italian ryegrass for ensiling. *Agron. J.* 91:457-463.
- Buckmaster, D.R., C.A. Rotz, and J.R. Black. 1990. Value of alfalfa losses on dairy farms. *Trans. ASAE* 33:351-360.
- Cifuentes, A. 1998. Uso de desecantes en forrajes de alta calidad. 126 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.
- Dawson, C.E.R., C.P. Ferris, R.W.J. Steen, F.J. Gordon, and D.J. Kilpatrick. 1999. The effects of wilting grass before ensiling on silage intake. *Grass Forage Sci.* 54:237-247.
- Gupta, M.L., McMillan, R.H. McMahon, and D.W. Bennett. 1989. A simulation model to predict the drying time for pasture hay. *Grass Forage Sci.* 44:1-10.

- Jones, B.A., L.D. Satter, and E.E. Muck. 1992. Influence of bacterial inoculant and substrate addition to lucerne ensiled at different dry matter contents. *Grass Forage Sci.* 47:19-27.
- Muck, R.E. 1998. Preparing high quality alfalfa silage. p. 1-11. Serie Quilamapu N° 100. *In* Jahn, E. (ed.). *Conservación de forrajes de alta calidad*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Rotz, C., and D. Sprott. 1984. Drying rates, losses and fuel requirements for mowing and conditioning alfalfa. *Trans. ASAE* 27:715-720.
- Rotz, C.A., and Chen, Y. 1985. Alfalfa drying model for the field environment. *Trans. ASAE* 28:1686-1691.
- Rotz, C., and S. Abrams. 1988. Losses and quality changes during alfalfa harvest and storage. *Trans. ASAE* 31:350-355.
- Rotz, C., D.R. Buckmaster, D.R. Mertens, and J.R. Black. 1989. DAFOSYM: A dairy forage system model for evaluating alternatives in forage conservation. *J. Dairy Sci.* 72:3050-3063.
- 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* 36:621-628.
- Rotz, C., and R. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. p. 828-868. *In* Fahey, G. (ed.). *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- SAS Institute. 1990. Procedure guide release. 45 p. 7th ed. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- Shinners, K.J., G.P. Barrington, R.J. Straub, and R.G. Koegel. 1985. Forming mats from macerated alfalfa to increase drying rates. *Trans. ASAE* 28:374-377, 381.
- Srivastava, A.K., C.E. Goering, and R.P. Rohrbach. 1993. Engineering principles of agricultural machines. 601 p. Textbook number 6. Am. Soc. Agric. Engineers, St. Joseph, Minnesota, USA.
- Wright, D.A., F.J. Gordon, R.W.J. Steen, and D.C. Patterson. 2000. Factors influencing the response in intake of silage and animal performance after wilting of grass before ensiling: a review. *Grass Forage Sci.* 55:1-13.