



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

JUNIO 2021

## EVALUACIÓN A CAMPO DE LA VAPORIZADORA DEWPOINT 6210 EN LA CONFECCIÓN DE MEGAFARDOS DE HENO DE ALFALFA EN CONDICIONES DE BAJA HUMEDA DE ANDANA



El uso de la tecnología del vapor aplicada en el momento de la confección de megafardos, está siendo motivo de numerosas consultas por parte de un gran número de productores e industrializadores de alfalfa de la provincia de Córdoba, al considerar el beneficio del aumento de la capacidad de trabajo que aportaría su aplicación al incrementar la ventana de humedad de ejecución de esta operación, así como la posibilidad de mejorar las condiciones para la obtención de henos de alta calidad y baja humedad. El objetivo, es obtener henos de alta calidad y compactación, con niveles de humedad aptos para el comercio en el mercado interno y el de exportación.

Con la intención de evaluar el efecto de esta tecnología sobre la calidad de heno obtenida, el Grupo de recursos Forrajeros de INTA Manfredi llevó a cabo junto a representantes de la firma Gauss y de la firma Alfaban, una primera prueba técnica con el objetivo de valorar las prestaciones de la vaporizadora DewPoint 6210 fabricada por la firma norteamericana Staheli West, y comercializada en el país por Gauss SRL.

### **Objetivo:**

El objetivo fue evaluar el efecto de esta tecnología sobre el peso, densidad y calidad del heno obtenida al confeccionarse megafardos en condiciones de baja humedad de andana.

### **Características de la prueba a campo:**

La evaluación se realizó el día 8 de enero de 2021 en campos y con equipos de la firma Alfaban SRL, en la localidad cordobesa de Tránsito, ubicada en el centro de la provincia.

Se trabajó sobre un lote de alfalfa de 49 ha, sembrado en marzo de 2017 con la semilla de cosecha propia del eco-tipo conocido como Cordobesa, GRI-6 (grado de reposo invernal

6), encontrándose en su tercer año de uso y con 30 días de crecimiento desde el corte anterior.

La pastura fue cortada y luego andanada llegando a secarse completamente para recién proceder a la confección de los megafardos con humedades de 7 a 9%.

Se trabajó sobre andanas de 2,2 kgMS/m lineal de avance, con un rendimiento de material andanado de 2.328 KgMS/ha.

Las evaluaciones se realizaron en forma comparada confeccionando megafardos con aplicación de vapor y sin el mismo, ambas en iguales condiciones de humedad de andana, dentro del rango mencionado. Cada una de estas alternativas representó un tratamiento.

*Tratamientos:*

*T1 - Sin Vapor*

*T2 - Aplicando Vapor*

Para ambos tratamientos se evaluaron los parámetros, *calidad de heno obtenido, humedad final del heno, pérdidas en Kg MS y Densidad final del heno*, realizándose 5 repeticiones por tratamiento.

El corte de la pastura se realizó con segadora acondicionadora Krone EasyCut 1000 CR Collect, de 10,10 m de ancho de corte, y se hileró con rastrillo estelar en "V" Mainero 5980 de 10 m de ancho de trabajo generándose andanas distanciadas entre sí a 9,5 m promedio.

Los megafardos se realizaron con megaenfardadora Krone Big Pack 1290 HDP, que genera heno en forma de megafardos de 1,2 m de ancho, 0,9 m de alto y el largo seleccionado que en este caso fue de 2,2 m de longitud.

La aplicación de vapor se realizó a partir del uso de la vaporizadora DewPoint 6210, de la marca Staheli West.

Descripción general de la Vaporizadora:

La DewPoint 6210 genera vapor a partir de una caldera instalada en su interior, cuya fuente de calor es un quemador alimentado con gasoil, permitiendo agregar hasta 5 a 7 puntos de humedad a las condiciones de humedad de la andana.

El objetivo es que la hoja permanezca pegada al momento de su recolección y compactación reduciendo pérdidas en condiciones de trabajo de baja humedad de la fibra, ampliando la ventana de trabajo.



Figura 1: Detalle de la Vaporizadora: 1-caldera, 2-quemador, 3-generador diesel, 4-prolongación toma de potencia para accionamiento de megaenfardadora, 5-sistema de alimentación de agua, 6-tanques de combustible, 7-válvulas de vapor conectadas a las mangueras de conducción, 8-depósitos de agua, 9 neumáticos de alta flotación. Fuente: staheliwest.com

El vapor generado en la caldera es conducido a través de 4 mangueras colectoras hacia las 4 barras porta boquillas ubicadas debajo del recolector, encima del mismo, debajo de la precámara de compactación y por encima de la misma. De este modo el material es humedecido con vapor justo cuando entra en contacto con la mega-enfardadora y es conducido hacia la cámara de compactación.



Figura 2: En la imagen superior se observa las 4 mangueras colectoras, cada una de ellas conectada a una válvula de regulación de caudal de vapor, comandadas por el maquinista desde el monitor ubicado en la cabina del tractor. Estas 4 mangueras colectoras luego derivan en 8 mangueras (dos por barra de aplicación), las cuales se observan en la imagen inferior izquierda, liberándose el vapor por las boquillas de cada una de las barras de aplicación que se observan por ejemplo en la imagen inferior derecha.

Cada manguera colectoras de vapor puede controlarse por separado o en conjunto desde la pantalla de control en la cabina del tractor, ya que se encuentran conectadas a válvulas de regulación de caudal que permiten al maquinista ajustar el caudal de vapor que quiera aplicar en cada una de las 4 barras porta boquillas.

Para una distribución pareja del vapor, a cada barra porta boquillas llegan dos mangueras provenientes de cada una de las 4 mangueras principales.



Figura 3: Las 4 barras de aplicación de vapor son comandadas desde la cabina del tractor mediante monitor exclusivo para la vaporizadora. Fuente: staheliwest.com

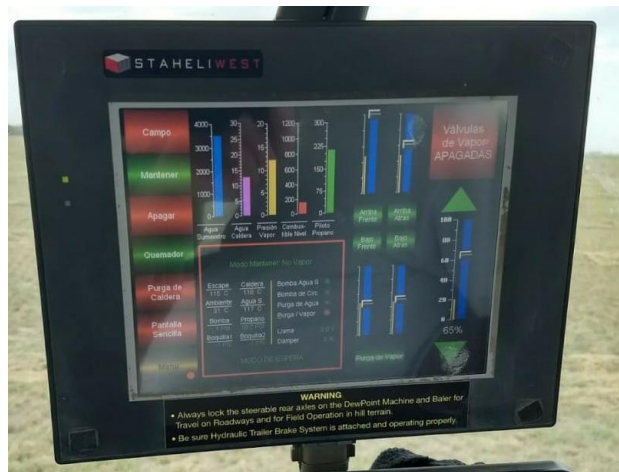


Figura 4: Imagen del monitor de comando de la Dewpoint 6210 ubicada en la cabina del tractor de la Firma Alfaban.

Un sensor de humedad dispuesto en el túnel de salida de la cámara de compactación, permite al maquinista conocer qué nivel de humedad está logrando en la fibra, y a partir de dicha información, poder hacer los ajustes necesarios en el volumen de vapor aportado a la andana.



Figura 5: Sensor de humedad instalado en el canal de entrega de la megaenfardadora reportando humedad instantánea al monitor ubicado en la cabina del tractor. Fuente: Staheliwest.com

La Dewpoint 6210 está equipada con 6 tanques de agua con una capacidad de 3.780 l totales, que sumados a los casi 1000 litros de capacidad de la propia caldera, permite alcanzar cerca de 4700 l de reserva. Esto posibilita una autonomía indicada por el fabricante de entre 4 y 6 hs antes de su reposición. De acuerdo a la experiencia de la firma Alfaban, esta autonomía nunca es por debajo de las 5 hs de trabajo.

Respecto al combustible, dispone de dos 2 depósitos de gasoil alcanzando una capacidad de reserva de 1.100 l totales. El consumo promedio indicado por el fabricante es de 1,89 l/t heno. A partir de su experiencia, la firma Alfaban registra un consumo promedio de 1 l/megafardo de 550 kg, es decir 1.8 l/t. De acuerdo a estos valores, el combustible almacenado permite una autonomía mínima de 9hs, pudiendo ser de hasta 18hs de trabajo.

Considerando estos datos, se afirma que el equipo posibilita una autonomía de trabajo de al menos 5 hs.

Una limitación para su uso es la temperatura ambiente. El fabricante recomienda detener la operación cuando la temperatura de la fibra alcanza los 57.2 °C. Esto sucede en momentos de alta temperatura ambiente (comúnmente por encima de los 34°C), ya que al calor del ambiente se suma aquel aportado por el vapor. Existen dos razones, la primera es que al confeccionarse henos en dichas condiciones pueden iniciarse reacciones de Maillar que consiste en la fusión de aminoácidos y azúcares vegetales con pérdida de valor alimenticio del heno y un cambio de color hacia un verde a marrón. Estas reacciones hacen menos digestibles a las proteínas. A su vez, con estas temperaturas es difícil que los megafardos de heno logren un proceso normal enfriado.

#### **Determinaciones:**

Se evaluaron los siguientes parámetros del conjunto durante la confección de heno:

- \*humedad final del heno
- \*pérdidas en Kg MS
- \*peso y densidad final del heno
- \*calidad de heno obtenido

#### -Humedad Final del Heno:

En laboratorio se determinó contenido de MS tanto del heno en andana, previo a la confección de los megafardos, así como de las muestras compuestas obtenidas en cada tratamiento una vez ya confeccionados los mismos.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio con doble bolsa de nylon, secándose en estufa a 60º previo su pesado inicial.

La estimación de humedad aproximada de andana a campo a los fines de asegurar la realización de la prueba dentro del rango de humedad 7 a 9% se realizó mediante humidímetro de lanza y humidímetro incorporado a la maquina megaenfardadora.

#### -Peso y densidad final del heno:

Se procedió al pesado de los megafardos de cada repetición, relacionándose dichos pesos con el contenido de materia seca obtenida en laboratorio, y relacionándose estos valores con la dimensión de los megafardos para relacionar el peso al volumen ocupado y así determinar densidad promedio.

#### -Pérdidas en Kg MS:

Durante la confección de megafardos, ocurren pérdidas de material a partir de que la fibra es manipulada por la megaenfardador, en primer lugar en su recolección desde el suelo, luego su conducción a través de la precámara de compactación y finalmente por los golpes de pistón en la cámara de compactación.

Las pérdidas de materia seca totales provocadas por la megaenfardadora, se determinaron para ambos tratamientos, a partir de comparación entre material tirado en suelo antes de la confección de megafardos y posterior a la misma.

La diferencia entre las pérdidas promedio posteriores al paso del conjunto respecto de aquellas preexistentes, fueron las pérdidas debidas a la acción de megaenfardado bajo cada tratamiento.

Para determinar material desperdiciado luego de la confección, se realizaron las mediciones en 5 puntos de muestreo por tratamiento. Para obtener el valor de pérdidas preexistentes a la confección y por tanto no provocadas por la megaenfardadora se midieron también 5 sitios de muestreo luego de retirar cuidadosamente la andana en cuadrantes de superficie conocida.

Cada punto de muestreo estuvo representado por una fracción de terreno de 0.8 m en sentido de avance de la megaenfardadora x 1,2 m de ancho en sentido transversal al avance, utilizándose un rectángulo hueco de perímetro de hierro de 0,96 m<sup>2</sup> de superficie. El material recolectado en forma manual fue pesado en balanza de precisión Ohaus con sensibilidad de 0,1 g. Las andanas se encontraban cada 9,5 m de distancia, por lo que cada muestra representó las pérdidas durante la confección de megafardos para 7,6 m<sup>2</sup> de terreno. Los valores se expresaron en Kg MS/ha, una vez conocido en laboratorio el contenido de humedad de la fibra.

#### -Calidad de heno obtenido:

Se obtuvieron 5 muestras de material andanado inmediatamente antes del paso del conjunto tractor-vaporizadora-megaenfardadora, con el objetivo de conocer la calidad inicial previa al momento de confección de los megafardos.

Luego de realizadas las 5 repeticiones de cada tratamiento se procedió al muestreo compuesto de cada megafardo confeccionado, para determinar en laboratorio calidad final.

Todas las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Forrajes de INTA Manfredi para valoración de calidad.

A partir de la valoración en laboratorio de calidad inicial y de las calidades finales de cada tratamiento, se pudo determinar las pérdidas de calidad ocurridas durante la confección en función del uso o no de la tecnología del vapor.

Las muestras de calidad final se obtuvieron con muestreador de heno tipo zonda, modelo FM 13-450 desarrollado por INTA Manfredi junto a la firma Foodco.

Las muestras para envío a laboratorio respetaron un peso de entre 45 y 70 g MS.

#### **Resultados:**

Se presentan a continuación los resultados obtenidos de cada parámetro para ambos tratamientos:

#### -Humedad Final del Heno:

De acuerdo a las muestras obtenidas en andana y valorada en laboratorio, la humedad de trabajo fue en el rango de 7,4% hasta 8,3%.

La humedad del heno confeccionado como megafardos, evaluada en laboratorio a partir de las muestras obtenidas inmediatamente confeccionados los megafardos fue de 7,42 % para T1 y de 8,05 % para T2. De acuerdo a estos resultados, T2 observa un incremento de 0,63 % de humedad respecto a T1.

Para el mismo momento inicial de muestreo, el humidímetro de lanza al igual que el humidímetro de la misma megaenfardadora, indicaron una humedad del heno de 7,54% en T1 y 12,69 % en T2, tal como se observa en la Tabla 1.

Al medir nuevamente la humedad de los megafardos mediante humidímetro de sonda a los 15 días de la confección de megafardos, se obtuvo como resultados 7,45 % para T1 y de 8,15 % para T2. En esos 15 días la lectura de humedad a partir de humidímetro de sonda, observó una caída de 4.5 puntos en T2 frente a solo 0,1 puntos en T1. Esto permite afirmar que la humedad adquirida por T2 fue humedad superficial de rápida difusión.

Tabla 1: Humedad del heno medida con humidímetro tipo sonda inmediatamente confeccionado los megafardos y a los 15 días de su confección.

Humedad del heno compactado como megafardos (%)						
Tratamiento	Repetición	Recien confeccionados		A los 15 días de su confección		DIF
T1	T1Mega1	7,9	7,54	7,7	7,45	0,1
	T1Mega2	7,4		7,4		
	T1Mega3	6,9		6,9		
	T1Mega4	8,2		7,9		
	T1Mega5	7,3		7,4		
T2	T2Mega1	12,7	12,69	8,2	8,15	4,5
	T2Mega2	12,4		8,1		
	T2Mega3	12,0		8,0		
	T2Mega4	12,9		8,3		
	T2Mega5	13,6		8,2		

-Peso y Densidad del heno obtenido:

El peso promedio de megafardos obtenidos para cada tratamiento fue de 651 kg MF (materia fresca) para T1 y 755 kg para T2. Expresado en kg MS, los valores fueron de 605 para T1 y 697 para T2, tal como se observa en la Figura 6.

Las dimensiones de los megafardos para ambos tratamientos fueron de 2.2 m de largo, 0,9 m de alto y 1,2 m de ancho, por lo que cada uno de ellos ocupó un volumen de 2,376 m<sup>3</sup>.

A partir de la relación de ambos parámetros peso y volumen, se obtuvo la densidad expresada en KgMS/m<sup>3</sup> del heno obtenido. Para el caso de T1 este valor fue de 255 kgMS/m<sup>3</sup> y de 293 kgMS/m<sup>3</sup> para T2, tal como se puede observar en la Figura 7. Para



igualar esta densidad con megafardos de dimensiones 0.7 m de alto x 1.2 m de ancho y 2,2 m de largo, los mismos deben tener un peso de 540 kg MS.

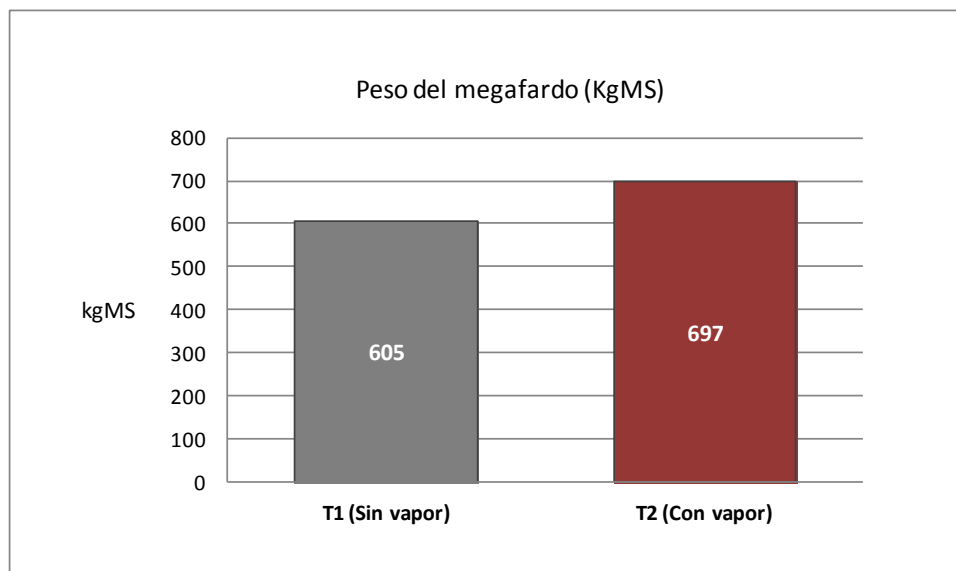


Figura 6: Peso promedio logrado en los megafardos bajo cada tratamiento expresado en KgMS.

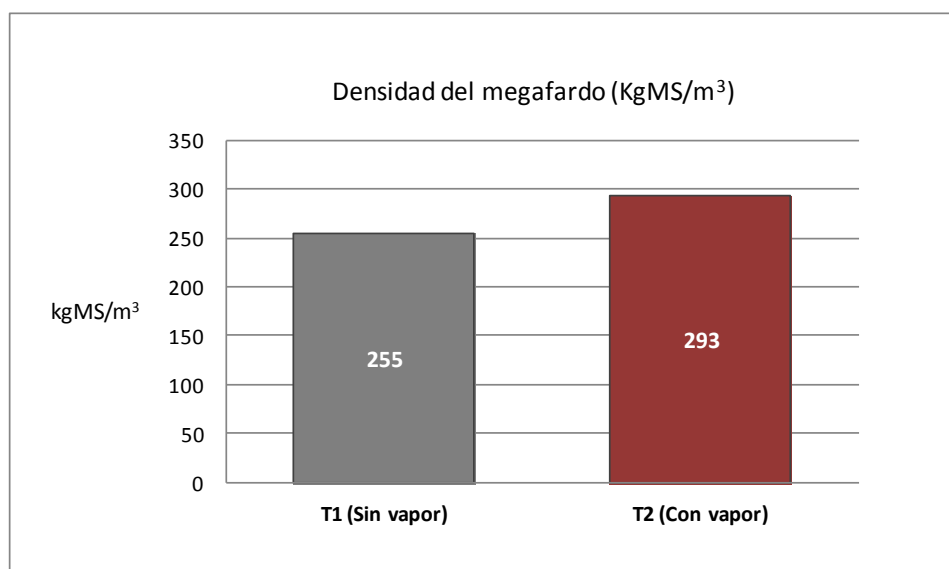


Figura 7: Densidad promedio logrado en los megafardos bajo cada tratamiento expresado en KgMS/m<sup>3</sup>.

A partir de estos resultados se observa una diferencia a favor de T2 de 15% de incremento en peso y densidad respecto a T1.

De acuerdo a lo observado en el parámetro anterior, el incremento de peso no se debe al aumento de contenido de humedad del heno, ya que de los 104 kg de diferencia en MF entre los megafardos de T2 y T1 solo 0,66 Kg MF se debieron a aumento de peso por mayor contenido de agua incorporada con el vapor.

-Pérdidas en Kg MS:

El efecto de la vaporizadora en la reducción de pérdidas durante la confección de megafardos a una humedad de andana de 7,85%, fue estadísticamente significativa. Las mismas fueron de 114,2 kgMS/ha en T1 mientras que en T2 las mismas fueron de 67 KgMS/ha.

Tabla 2: Pérdidas de heno previas y durante la confección expresadas en kgMS/ha.

Perdidas expresadas en kgMS/ha				
Pérdidas Previas	Pérdidas Totales		Pérdidas Durante la Confección	
	T1 (Seco)	T2 (Vapor)	T1 (Seco)	T2 (Vapor)
260,8	375,1	327,8	114,2	67,0

Estas pérdidas representaron una proporción respecto al material disponible en andana para ser henificado del 4.9 % para T1 y del 2.9% para T2 (Figura 8). Estas pérdidas ocurridas durante la confección de megafardos contemplan tanto las pérdidas ocurridas por cabezal (al entrar en contacto la fibra con el sistema de recolección) como por precámara y cámara de compactación.

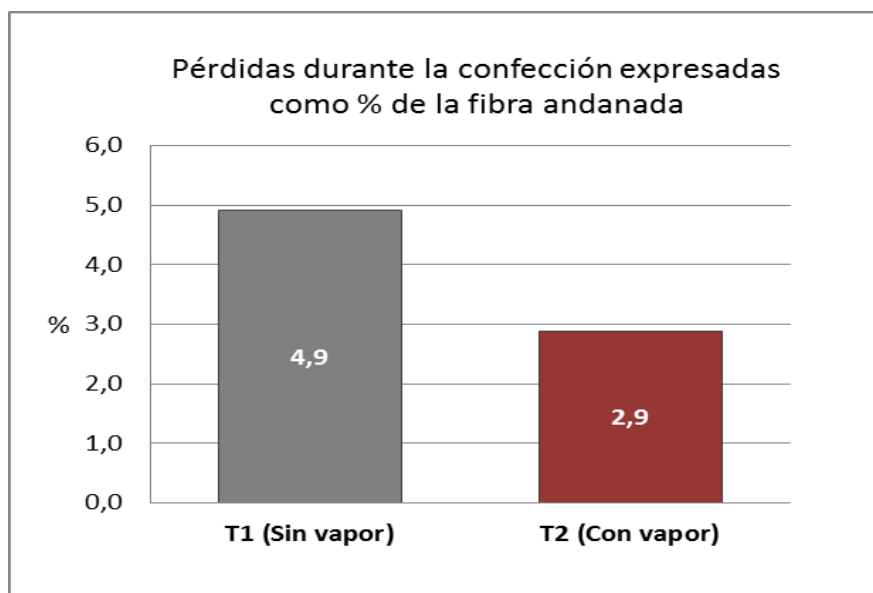


Figura 8: Pérdidas de material ocurridas durante la confección de megafardos expresado como porcentaje del material andanado.

La aplicación de vapor (T2) permitió una reducción en las pérdidas de material andanado igual a 41% respecto a aquellas ocurridas al confeccionarse megafardos sin vapor (T1).

-Calidad de heno obtenido:

En la Tabla 3 se refleja la calidad final de cada tratamiento, así como la calidad inicial de la pastura andanada, previo al paso del conjunto vaporizadora-megaenfardadora. y las diferencias de calidad al final del proceso de henificación respecto a la calidad inicial de andana.

Tabla 3: Calidad inicial de la fibra en la andana y calidades finales del heno confeccionado bajo cada tratamiento.

Calidad inicial en andana y calidades finales de cada tratamiento							
	%FDA	%FDN	%LDA	%Cenizas	%PB	%DMS	VRF
Cal. Inicial	32,4	40,9	6,2	11,0	21,0	63,7	145
Cal. Final T1	33,9	43,3	6,6	10,9	19,6	62,5	135
Cal. Final T2	32,8	42,6	6,3	11,2	20,7	63,4	138

En lo que refiere al contenido de Proteína Bruta (%PB), la calidad inicial en andana previo a la confección de megafardos, la concentración es de 21%, cayendo la misma a 20.7% en T2 y a 19.6% en T1. De acuerdo a los valores de pérdidas de calidad observados en el Tabla 4, la pérdida de %PB observa diferencias significativas (superiores al 5%) entre tratamientos, siendo 5,1% inferiores en T2 que en T1.

En cuanto a VRF (Valor Relativo del Forraje) que considera tanto FDA como FDN, T2 observa pérdidas de 6,5 puntos mientras que T1 10,4 puntos. La diferencia no puede considerarse significativa ya que es de solo el 2,7% del valor total de VRF de T2.

Tabla 4: Pérdidas de calidad del heno ocurridas durante la confección de megafardos bajo cada tratamiento.

Pérdidas de Calidad							
	%FDA	%FDN	%LDA	%Cenizas	%PB	%DMS	VRF
Pérd. Cal. T1	-1,5	-2,4	-0,4	0,1	1,4	1,2	10,4
Pérd. Cal. T2	-0,4	-1,7	0,0	-0,2	0,3	0,3	6,5
% Perd. Cal. T1	-4,7	-5,9	-5,6	1,3	6,6	1,8	7,2
% Perd. Cal. T2	-1,2	-4,2	-0,6	-1,5	1,4	0,5	4,5
Dif. Perd. Cal.	-1,1	-0,7	-0,3	0,3	1,1	0,9	4,0
Dif. Perd. %	-3,5	-1,7	-5,0	2,8	5,1	1,4	2,7

## Conclusiones

La realización de la prueba a campo llevada a cabo en forma conjunta entre el Equipo de Alfalfa de INTA Manfredi y la firma GAUSS, sobre la Vaporizadora Dewpoint 6210 permitió alcanzar las siguientes conclusiones:

- Esta tecnología permitió agregar hasta 5.5 puntos porcentuales de humedad superficial a los 7,5 puntos de humedad medidos en andana, llevando la misma en forma superficial a 12,69 %, permitiendo confeccionar megafardos en condiciones consideradas normalmente como excesivamente secas.
- El vapor aplicado generó un efecto de reducción de quiebre y caída de hojas y tallos finos, disminuyendo en un 41 % las pérdidas de MS ocurridas durante la confección, respecto a aquellas ocurridas en iguales condiciones de humedad de andana, confeccionando sin aplicación de vapor.
- Al permitir el trabajo en condiciones de baja humedad (entre 8 y 12%) aumenta las horas de trabajo ampliando la ventana de confección de heno y por lo tanto la capacidad de trabajo del equipo, tractor y operario. Esto es así en la medida que la temperatura ambiente no supere los 34° C momento en que debe detenerse la operación.
- La humedad aportada en forma de vapor incrementa la concentración de agua solo en modo superficial y temporal. Los valores de humedad medidos a los 15 días de la confección de los megafardos realizados con aplicación de vapor, confirmaron que la humedad volvió a encontrarse en valores en torno a los 8,05 % similares a los 7.42 % iniciales presentados en los megafardos confeccionados sin vapor.
- La tecnología genera una mayor cohesión y compactabilidad del material incrementando el peso y por tanto densidad de los megafardos en 15 %. Este efecto es de gran importancia al reducir los costos de fletes y almacenamiento. Los costos de fletes representan alrededor del 60% del valor de una tonelada de heno de alfalfa exportada.
- El conjunto megaenfardadora Krone Big Pack 1290 HDP – vaporizadora Dewpoint 6210 obtuvo megafardos de 293 kg/m<sup>3</sup> de densidad en condiciones de baja MS permitiendo ofrecer heno de alta compactación y bajo contenido de humedad, haciendo posible aprovechar las oportunidades de negocio tanto en el mercado interno como externo.
- Los 697 Kg MS/megafardo logrados en los megafardos tratados equivaldrían a 540 kg MS en megafardos de dimensiones 0.7 m de alto x 1.2 m de ancho x 2.2 m de largo, considerando igual estado fenológico de la pastura, contenido de MS y época del año.
- Al conservar mayor proporción de hojas y tallos finos, la calidad final de heno fue mayor al aplicar vapor aumentando en 1,1 puntos porcentuales la PB y 2.7 puntos el VRF. También podría observarse beneficios en la comercialización del heno, ya que logró mejorar el aspecto del forraje, al conservar mejor su estructura original, reduciendo la molienda y desprendimiento de hojas.
- El consumo de combustible no fue evaluado en el presente trabajo, pero de acuerdo a los datos aportados por el productor, en coincidencia con los valores teóricos aportados por el fabricante, el consumo medio es de 1,85 l/t heno y la autonomía del

equipo de al menos 4 horas considerando reposición de agua y combustible. Este parámetro podrá evaluarse en alguna prueba futura de la máquina en la cual se considere también la potencia demandada y la autonomía de trabajo.

- Al incrementar las horas diurnas de trabajo a la operación de confección de megafardos aporta a la mayor calidad de vida de quienes se dedican a esta operación.

**Autor: Ing. Agr. MBA Gastón Urrets Zavalía**  
**Grupo Alfalfa - Área de Recursos Forrajeros - INTA Manfredi**

*Manfredi, Córdoba - JUNIO 2021*