



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Evaluación de Rotoenfardadora Yomel Magna 940

### Resumen

El objetivo de la evaluación fue conocer la performance y la calidad de trabajo de la rotoenfardadora Yomel Magna 940 de cámara variable, equipada con sistema de procesador de fibra. La evaluación se realizó sobre cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*). La experiencia consistió en medir el consumo de combustible, la capacidad de trabajo, calidad del heno elaborado y las pérdidas durante la confección del rollo comparando 4 configuraciones distintas que ofrece la máquina (1: cutter desactivado y núcleo compacto; 2: cutter con 7 cuchillas y núcleo compacto; 3: cutter con 15 cuchillas y núcleo compacto; 4: cutter con 15 cuchillas y núcleo compacto). Se evaluó también el efecto que ejercía el procesador de fibra sobre el tiempo de procesamiento del heno en un mixer vertical (rollos núcleo compacto) y horizontal (rollo fibra procesada y núcleo flojo). Los resultados indican que con esta máquina equipada con sistema de precortado se logran conformar henos con un largo de fibra menor comparado a enfardadoras que no cuentan con dicho sistema, sin producir un aumento significativo de pérdidas en el proceso de elaboración.

### Introducción

Las rotoenfardadoras llegaron al país en el año 1984 y revolucionaron la forma de hacer reservas de forrajes debido a que permitieron mecanizar todo el sistema de confección, almacenaje y suministro de heno. Desde hace más de 15 años conviven con otra tecnología muy eficiente de henificación como son las megaenfardadoras de fardos gigantes que en los últimos tiempos han incrementado sustancialmente su participación en el mercado. Debido a esto las rotoenfardadoras han tenido que evolucionar para aumentar su eficiencia con el fin de bajar los costos operativos y aumentar la calidad del forrajes henificado, lo que sumado al menor costo de adquisición que poseen, la posicionan como un implemento de gran adopción en nuestro país, fundamentalmente en el uso es doméstico, a diferencia del megafardo cuyo uso es 95% con fines comerciales (contratistas y ventas de megafardos).

La tendencia tecnológica en las rotoenfardadoras de nueva generación es hacia el automatismo, adoptando monitores más complejos y precisos con el cual se puedan regular distintas variables. También se ha evolucionado en los sistemas de atado con el objetivo de ahorrar tiempo y el número de vueltas dentro de la cámara de compactación con la finalidad de lograr una mayor capacidad de trabajo y reducir las pérdidas de hojas de la periferia que se producen cuando estas toman contacto con las correas.

Actualmente, los sistemas ganaderos parecen tender hacia un grado de mayor intensificación utilizando mixers que mezclan cantidades controladas de distintos ingredientes (silo, concentrados, heno, etc), conformando raciones totalmente mezcladas o "TMR" (por sus siglas en inglés). Bajo esta realidad, ciertos modelos de rotoenfardadoras de nueva generación poseen un sistema procesador de fibra,

denominado cutter, el cual brinda la posibilidad de henificar material vegetal con fibra cortada a un largo de 7 cm, lista para ser incluida dentro de las raciones, sin la necesidad de un trozado previo.

Tradicionalmente los usuarios preferían máquinas de un ancho de cámara entre 1,5 y 1,6 m. con diámetro de rollo de 1,7 a 1,9 m. por la mayor facilidad de uso que presentan estos al suministrarlos en los aros porta rollos. Actualmente el mercado presenta una fuerte demanda de máquinas con ancho de cámara de 1,2 m., dado que si se necesitan transportar, la carga del camión no puede superar el ancho de 2,40m (Figura 1).



**Figura 1:** Rollos de 1,20 metros transportados en camión de 2,40 metros de ancho (entran dos rollos).



**Figura 2:** Camión transportando rollos de 1,56 m de ancho, con lo cual se supera el ancho máximo permitido.

### **Objetivo**

Evaluar el desempeño de la Rotoenfardadora Yomel Magna 940 de cámara variable, sistema de atado por red y procesador de fibra (cutter), teniendo como material alfalfa pura, cortada en el momento óptimo con una segadora a discos y acondicionador de goma.

### **Objetivos específicos**

1. Medición de las pérdidas del equipo en cantidad y calidad de material en condiciones de ser henificado con el procesador de fibra con 15 cuchillas, con 7 cuchillas y sin el procesador de fibra activado, trabajando en condiciones similares.
2. Determinar para las 3 configuraciones de la máquina el consumo de combustible, capacidad de trabajo, velocidad, densidad de los rollos y pérdidas que pueden ocurrir en iguales condiciones de almacenaje a campo.
3. Comparar, mediante muestreo y análisis químico, la calidad obtenida de los rollos elaborados con cada una de las configuraciones.

### **Materiales y métodos.**

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental del INTA ubicada en la localidad de Manfredi (Prov. de Córdoba), en un lote de alfalfa pura variedad Milonga cuya superficie era de 6,5 ha. Esta pastura fue sembrada en directa el 15 de mayo de 2010 con una densidad de siembra de 11 kg/ha. Al momento de realizar el corte el lote presentaba en promedio 80 plantas/m<sup>2</sup>, con valores de 9.800 kg de materia verde/ha (2.175 kg MS/ha). En la tabla 1 se presentan los parámetros de calidad promedio del cultivo en pie.

**Tabla 1:** Calidad de planta en pie de cultivo de alfalfa sobre el cual se desarrolló el ensayo

	MS %	PB%	FDN%	FDA%	Dig%	C.E	Cz %
<b>Planta en pie</b>	22,20	22,23	42,34	27,46	67,53	2,43	10,02

El corte fue realizado el día 21 de diciembre de 2012 a partir de las 14:00 hs. El mismo se realizó en forma de espiral para poder trabajar en andanas continuas con las máquinas henificadoras y que estas trabajen en todos los sectores del lote. El lote presentaba un estado de 15% de floración, con lo cual el cultivo poseía una buena cantidad de materia seca con un valor nutritivo aceptable.

El corte se efectuó con una segadora de arrastre Yomel Moscato 3370 (Figura 3), traccionada por un tractor Case IH 110. El ancho de corte fue de 3,20 m, con las cuchillas dispuestas con un ángulo de ataque de 2°, produciendo una altura de corte teórica de 6 cm y formando una andana de 0,90 metros de ancho. La velocidad de trabajo fue de 12 km/h, con el tractor a un régimen de 2100 rpm en el motor (marcha 1 V) y 540 RPM en la toma de potencia. El acondicionador, compuesto por dos rodillos de goma, poseía una apertura entre ellos de 4 mm, dado el volumen de pasto que ofrecía este lote de alfalfa. La presión ejercida por los rodillos acondicionadores permitió quebrar uniformemente los tallos sin dejar manchas oscuras en las hojas de alfalfa. Para un adecuado proceso de oreado del forraje en el campo, es muy importante utilizar equipos de corte con acondicionador como en este caso, debido a que aceleran el secado del tallo disminuyendo las pérdidas de hojas que se pueden producir por una mayor exposición en el campo. Estos implementos trabajan abriendo vías de escape en los tallos, facilitando la evaporación del agua que se encuentra en el interior de la planta. Recordar que para cultivos de mayor rendimiento esta luz entre rodillos puede llegar a 10 mm.



**Figura 3:** Detalles del corte con la segadora/acondicionadora Yomel Moscato 3370. Observar la calidad del corte neto (sin producir deshilachado de los tallos) y el accionar de los rodillos acondicionadores.



**Figura 4:** Lote cortado en espiral y detalle de giro a 90° sin disminuir la velocidad de avance ni las revoluciones en la toma de potencia del tractor por estar equipada con caja Pivot.

El rastrillado se realizó el 26 de diciembre de 2012 desde las 8:15 a las 9:00 hs. Para este se utilizó un rastrillo Yomel de entrega central en V de 11 estrellas (ancho de trabajo 6,2 m.) que transformo 3 andanas en una sola gavilla (Figura 5). Este rastrillo presentaba un diseño con una rueda central, lo cual permitió que al trabajar juntando tres andanas, la del medio pudiera ser movida para igualar la velocidad de secado de todas las porciones de la gavilla que se formaba. La velocidad de trabajo fue de 7,5 km/h, dado que se trató de no ocasionar pérdidas excesivas de material de calidad. Según estudios de la Michigan State University, por cada km/h que se incremente la velocidad por encima de los 7 km/h, se pierde alrededor de un 5% más de material de alta digestibilidad como son las hojas. A su vez, para mejorar la tarea del rastrillo y reducir su agresividad, la dirección de trabajo fue la misma en la que se realizó el corte, para darle un trato menos violento a las plantas respetando la orientación con que habían quedado en las andanas. En las 6,5 ha se formaron 6,47 km lineales de gavilla cuyo ancho variaba entre 1,2 y 1,4 m. Para las 3 máquinas se prepararon las mismas gavillas.

000



**Figura 5:** Rastrillo estelar Yomel de entrega central en V. Detalle de las andanas antes de ser rastrillada (izquierda de la foto) y de la gavilla ya rastrillada.

Al momento de realizar el rastrillado se procuró trabajar a una altura tal que no se dejara forraje sin mover para evitar pérdida directa de material, evitando a su vez tocar el suelo, para minimizar la contaminación del forraje con tierra y tampoco producir daños por impacto en los meristemas de crecimiento de las coronas. De esta manera se trata de impedir que la pastura sufra daño y además se evita recolectar broza de cortes anteriores. Al respecto, es muy importante cuidar su flotación y nivelación, sobre todo cuando se trabaja con implementos de gran ancho de labor como este. Esta tarea se realizó cuando el forraje disminuyó su tasa de secado, o sea cuando presentó una humedad de 35 %. De esta manera, también se aceleró la velocidad de secado, procurando cuidar la hoja para lograr un forraje con mayor valor nutritivo.

La henificación se realizó el día 26 de diciembre del 2012, a partir de las 23:00 h utilizando una rotoenfardadora de cámara variable **Yomel Magna 940** (Figura 6 y Tabla 2).



**Figura 6:** Rotoenfardadora Yomel Magna 940 y figura de esquema su interior.

**Tabla 2:** Características técnicas Yomel Magna 940.

<b>Cámara</b>	Variable
<b>Medida del rollo (m)</b>	0,80 – 1,70
<b>Sistema de enrollado</b>	Correas
<b>RPM</b>	540
<b>Número de Cuchillas (Cutter)</b>	15 (0 – 7 -15)
<b>Largo teórico mínimo de corte</b>	7 cm
<b>Potencia mínima requerida</b>	100 HP
<b>Largo del Recolector</b>	2 m
<b>Distancia entre dientes del recolector</b>	6,5 cm
<b>Barra porta dientes</b>	4/28
<b>Atador de red y de hilo</b>	Standard
<b>Lubricación de las cadenas</b>	Standard
<b>Neumáticos estándar</b>	15/55-17
<b>Neumáticos opcional</b>	19/45-17
<b>Alimentador forzado</b>	Rotativo
<b>Cadenas</b>	Con limitador de carga
<b>Alimentación eléctrica</b>	12 V
<b>Enganche</b>	Regulable
<b>Ancho</b>	2,5
<b>Alto</b>	2,64
<b>Longitud</b>	4,55
<b>Peso del equipo vacío</b>	3300 kg

### Recolector

La maquina presenta un recolector de bajo diámetro. Esta característica facilita la carga del forraje, evitando impactos innecesarios en un material que es muy susceptible de perder hojas, provocando también un flujo de alimentación será continuo y delicado. A su vez cuenta con un rodillo que va sujetando, acomodando y “pre comprimiendo” el forraje al momento de la recolección (Figura 7).



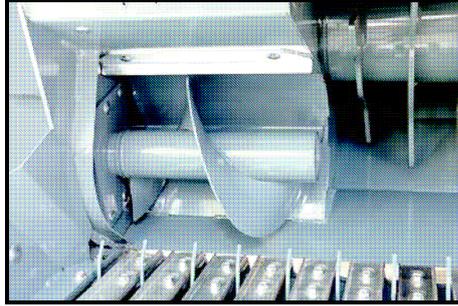
**Figura 7:** Rodillo flotante de pre-compresión del forraje que mejora las condiciones de recolección.

Otro aspecto es que el recolector (1,89 m), es más ancho que la cámara de compactación (1,20 m), lo que facilita la carga lateral del forraje sobre los costados de la cámara, mejorando las condiciones de operación e incrementando la densidad en los laterales del rollo para un mejor aprovechamiento de todo el volumen útil de la cámara de compactación.



**Figura 8:** Recolector más ancho que la cámara de compactación.

El forraje de la andana se recolecta normalmente y es trasladado hacia el lateral de cámara de compactación por un sinfín lateral, asegurando que todo el forraje sea recolectado, con mayor facilidad y comodidad para el operador.



**Figura 9:** Sinfín de 250 mm de diámetro colocado al frente del rotor para facilitar de alimentación lateral del recolector ancho.

Otra característica destacable del recolector es que, es flotante y poseen una rueda de copiado. Esto facilita la recolección cuando se trabaja en terrenos desparejos o se heneifica en pasturas subtropicales que tienden a formar matas de tamaño considerable, donde se corre el riesgo que los dientes del recolector impacten el suelo (Figura 10).



**Figura 10:** La máquina cuenta con ruedas pivotantes de copiado. La altura de estas ruedas es ajustable con un sistema de pernos (Izquierda). A su vez las ruedas pueden ser removidas para disminuir el ancho de transporte a 2,40m (Derecha).

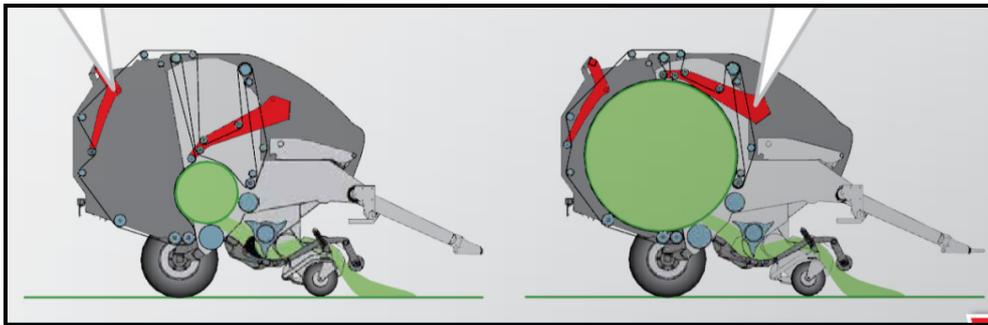
La altura de recolección utilizada en esta evaluación fue de 2 cm por debajo de altura de corte, colocando la rueda de copiado a 1,5 cm debajo de la altura de recolección, para evitar cualquier impacto durante el trabajo.

### **Cámara de compactación**

Luego de ser tomado por el recolector, el material es captado por el rotor alimentador que hace pasar la alfalfa por las cuchillas dispuestas en el piso (Cutter), cuando estas están activadas. Posteriormente el forraje es empujando por este mismo rotor al interior de la cámara.

Una vez que el material ingresa a la cámara se pone en rotación por el accionar de las correas que presionan el material. El sistema de compactación está integrado por 5 correas de 22 cm de ancho cada una, las cuales son de filamentos de nylon y poliéster que son elásticas a los efectos de punción y resistentes a la tracción. Posee un dispositivo de electro-válvulas que permite elegir a partir de qué momento se quiere realizar la compactación del forraje (núcleo flojo o núcleo compacto). A su vez brinda la opción de asegurar una presión constante en el rollo al variar su diámetro, para lo cual actúa aumentando paulatinamente la presión sobre las correas a medida que se va incrementando el diámetro del rollo. De este modo, la compactación lograda en la periferia del rollo es directamente proporcional al valor obtenido en su interior.

El brazo de presión externo de la cámara está compuesto por 3 rodillos los cuales mantienen las correas siempre tensionadas, incluso cuando el diámetro del rollo es mínimo, garantizando una constante tracción de la correa sobre el rollo posibilitando crear un heno con el diámetro deseado. Además, los 3 rodillos del brazo de presión, están auxiliados por 2 pulmones con nitrógeno que permiten mantener constante la presión indicada desde el monitor, evitando hacer picos o pulsos que generan momentos puntuales de sobre-presión o sub-presión (Figura 11).



**Figura 11:** Esquema de funcionamiento de sistema de compactación.

### **Monitor**

El operador puede seleccionar desde el monitor diversos parámetros para configurar el tamaño y el prensado de los rollos que se mencionan a continuación (Figura 12):

- **Diámetro del núcleo:** Esta máquina permite cortar la presión para que el diámetro del corazón no se vea afectado por la tensión de las correas, pudiendo de esta forma hacer un núcleo flojo (sin presión) al igual que lo realiza una máquina con cámara fija.
- **Diámetro máximo:** es el diámetro exterior del rollo.
- **Presión inicial:** es la presión con que la enrolladora comienza el ejercicio y con el que realiza todo el diámetro del núcleo.
- **Presión final:** es la presión que ejerce la enrolladora una vez que realizó el núcleo hasta alcanzar el diámetro exterior del rollo.

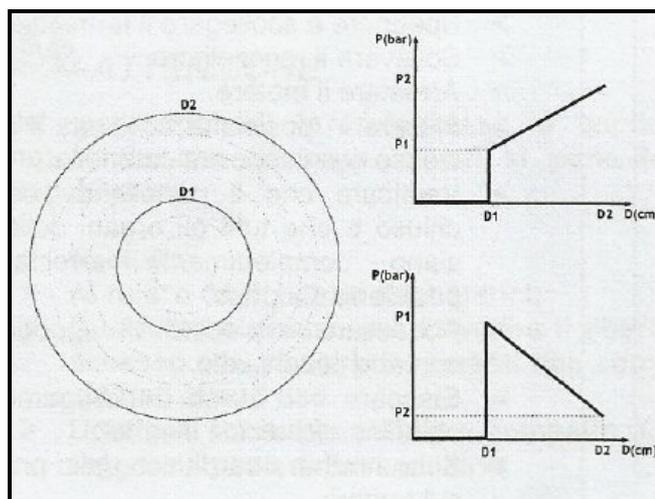


**Figura 12:** Configuración de distintos parámetros desde el monitor

De esta forma, cuando realice núcleo flojo, la presión sobre el material será igual a cero hasta alcanzar el diámetro del núcleo. Posteriormente, la máquina comenzará a presionar el material de acuerdo con el valor que se establezca para iniciar la presión, y luego la presión se irá incrementando linealmente hasta alcanzar los valores de ajuste del diámetro exterior del rollo.

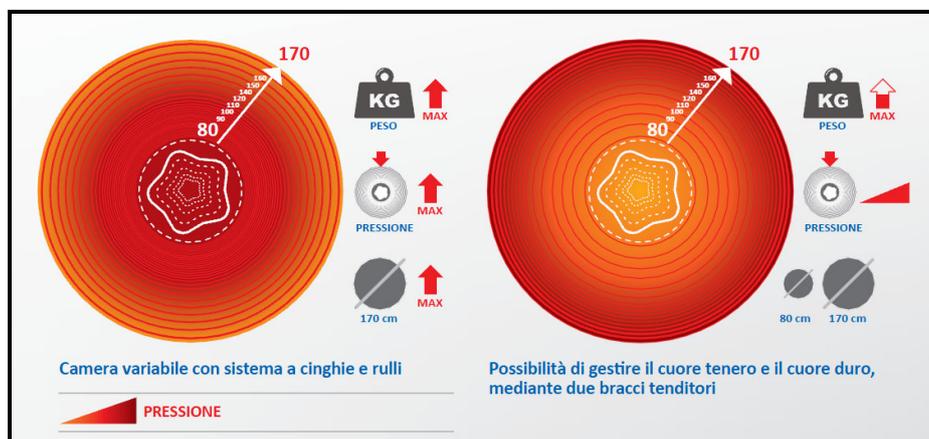
La figura 13 muestra el diámetro del núcleo ( $D_1$ ) y el diámetro externo de los rollos ( $D_2$ ). A su vez se muestran dos ejemplos de ajuste de la presión del núcleo ( $d_1$ ) y del exterior ( $d_2$ ).

Esta rotoenfardadora tiene la capacidad de desactivar la función de la presión progresiva (como se muestra en el gráfico superior) y lograr que tanto la presión del núcleo ( $P_1$ ) como la del exterior ( $P_2$ ) tengan el mismo valor (gráfico inferior).



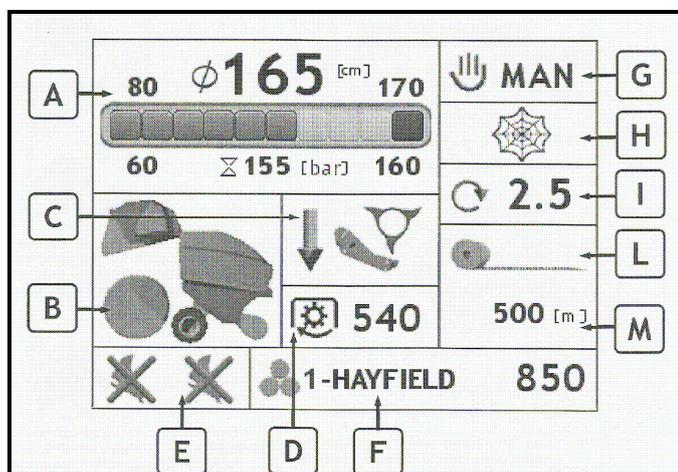
**Figura 12:** diámetro de rollo con dos ejemplos de ajustes de presión

El valor de la presión a utilizar depende del tipo de material que se vaya a enrollar, tomando como referencia valores de 120-170 libras para rastrojos o materiales secos y de 80-130 libras para alfalfa (Figura 13).



**Figura 13:** presiones recomendadas para trabajar con rastrojo (izquierda) y para henos de alfalfa (derecha).

A continuación se muestra la pantalla que presenta el monitor cuando la máquina está operando, luego de ser configurado diversos parámetros (Figura 14).



**Figura 14:** Pantalla del monitor en el momento de henificación.

**A:** indicador de diámetro y presión.

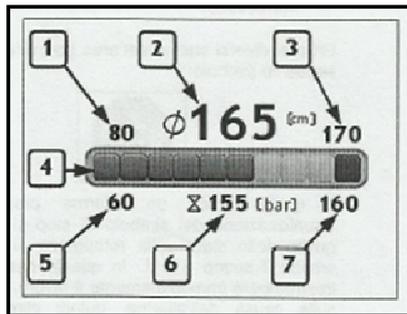
**B:** Indica si la compuerta está abierta o cerrada en posición de trabajo.

**C:** Visualiza la acción que está realizando la máquina en ese instante: detenida con la puerta abierta, llenando la cámara, atando, expulsando rollo, si las cuchillas del procesador de fibra están excluidas, expuestas o bien si éstas se retiraron y se encuentran colocadas las falsas cuchillas, etc.

**D:** Revoluciones de la toma de potencia.

**E:** Indicada si se está trabajando sin las cuchillas, con 7 cuchillas (colocadas de forma intercalada) o con las 15 cuchillas colocadas.

- F: Contador de rollos elaborados en ese lote. Puede almacenar hasta 10 lotes diferentes.
- G: Indica si la máquina está trabajando en forma automática o manual.
- H: Visualiza si se está atando con red o con hilo.
- I: Número de vueltas que da el rollo para su atado tanto con red o con hilo.
- L: Cantidad de red o hilo que queda en el depósito.
- M: Longitud de red o hilo utilizada en los rollos confeccionados.



**Figura 15:** Indicador de (Punto A en figura 14).

diametro y presion

- 1: Diámetro del núcleo (cm)
- 2: Diámetro actual del rollo en tiempo real (cm)
- 3: Diámetro externo del rollo que se está henificando (cm)
- 4: Barra de llenado que indica de forma gráfica cuanto falta para finalizar el rollo.
- 5: Presión inicial con la que se formará el núcleo (bar).
- 6: Presión momentánea en tiempo real.
- 7: Presión de la parte externa del rollo.



**Figura 16:** Pantalla del monitor cuando la máquina está detenida.



**Figura 17:** Pantalla del monitor cuando la máquina está en pleno funcionamiento llenando la cámara procesando fibra con 7 cuchillas.

El monitor es a color y los datos son almacenados en una tarjeta SD que posteriormente se puede descargar en una PC. Además posee un programa de emergencia con la cual la máquina puede continuar trabajando en ausencia del monitor por cualquier inconveniente que puede ocasionarse en esta. Para ello se puede conectar la central de la máquina con las luces del tractor para que estas nos hagan de señal de advertencia cuando la cámara se ha llenado.

#### **Sistema de procesamiento de fibra (Cutter)**

El sistema de corte de fibra denominado “cutter” está constituido por un rotor que monta 14 pares de estrellas de distribución helicoidal y que toma el material captado por el recolector y lo hace transitar hacia la cámara de compactación. En la parte inferior de este rotor pueden ubicarse 15 cuchillas dentadas semicirculares de zafe independientes y sistema de levante/bajada hidráulico, que cuando están expuestas originan un corte por cizalla de la fibra con un largo de 7 ó 14 cm, dependiendo si se trabaja con las 15 cuchillas o con 7 colocadas de forma alternada (Figura 18 y 19).



**Figura 18:** Detalle del rotor alimentador compuesto por 14 pares de estrellas de distribución helicoidal.



**Figura 19:** detalle de las cuchillas, vista frontal (Izquierda) y trasera (Derecha).

El Cutter ocupa un largo de 1 m en el cual se distribuyen las 15 cuchillas, dejando 11 cm en los laterales para ubicar en este sector fibra más larga que le brinde una mayor conformación cilíndrica al rollo (Figura 20).



**Figura 20:** Detalle del piso del rotor donde se pueden colocar cuchillas cada 7 cm dejando 11 cm en los laterales.

Según datos del fabricante el filo de la cuchilla dura entre 300 y 600 rollos (400 en caso de alfalfa). Las cuchillas pueden afilarse hasta 3 veces antes de su recambio (Figura 21).



**Figura 21:** Detalle de cuchilla dentada.

En caso de querer trabajar con el cutter desactivado y retirar las cuchillas, las aberturas donde van ubicadas pueden cubrirse con unas falsas cuchillas que quedan colocadas prácticamente al ras del piso. Cabe destacar que las cuchillas poseen un sistema de exclusión hidráulico, por lo cual, también existe la posibilidad de esconderlas para realizar henos sin fibra procesada con solo tocar un mando desde el monitor, sin necesidad de retirarlas manualmente (Figura 22).



**Figura 22:** Piso del rotor con las aberturas cubiertas con falsas cuchillas para trabajar sin procesar fibra.

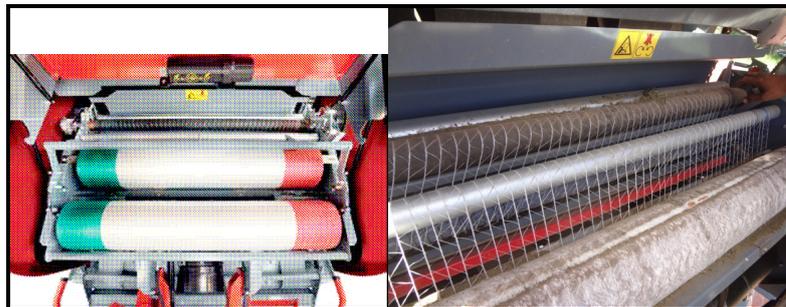
### **Sistema de atado**

Este equipo posee sistema de atado en red el cual es una alternativa que ayuda a incrementar tanto la calidad del heno confeccionado como la productividad de la maquinaria. Esto se debe a que con solo dos o tres vueltas de rollo dentro de la cámara de compactación, el mismo queda perfectamente atado y “protegido”.

A su vez, la implementación de la red incrementa la productividad del equipo teniendo en cuenta que solo se necesitan para el atado de 2 a 3 vueltas, respecto de las

16 a 18 que son necesarias para realizar el atado con hilo, con lo cual los tiempos muertos donde la máquina está parada se reducen notablemente aumentando la cantidad de rollos confeccionados en una jornada de trabajo. Al reducir la cantidad de vueltas que da un rollo dentro de la cámara de compactación, también se está reduciendo la cantidad de impactos que reciben las hojas que se encuentran en la superficie del mismo, mejorando su calidad total.

Finalmente se puede destacar que con mayor cantidad de hojas en superficie y sumado a que la red ayuda a escurrir el agua de lluvia, en períodos no superiores a 6 meses de almacenaje, un estudio realizado en la Universidad de Michigan (Harrigan and Rotz, 1994), observó una menor penetración del agua de lluvia en los rollos que fueron atados con red en comparación a los que se ataron con hilo (Figura 23).



**Figura 23:** Sistema de atado con red de polipropileno.

Cabe aclarar que cuando se confeccionan rollos con fibra procesada debe atarse exclusivamente con red. La máquina también brinda la posibilidad de atar con hilo mediante un sistema de doble aguja para cuando se realizan rollos con el sistema cutter desactivado. A su vez hay otra opción en la cual se puede atar con red y con hilo simultáneamente (Figura 24).



**Figura 24:** Rollo atado con red y detalle de la red de polipropileno.

### **Sistema de expulsión**

La rampa de descarga posee una longitud de 95 cm y se extiende 30 cm más. A su vez en este mecanismo se encuentra ubicado el sensor que indica cuando sale el rollo (Figura 25).



**Figura 25:** Sistema de expulsión extensible.\

### **Equipamiento complementario**

La máquina posee sistema de lubricación automático de cadenas, el cual trabaja con una bomba tipo cigüeñal que envía aceite a unos cepillos que están colocados sobre las cadenas y poseen la función de limpiar la broza y lubricar (Figura 26).



**Figura 26:** Depósito de aceite del sistema de lubricación automático.

El sistema de engrase de rodamientos es manual, pero cada 8 horas de trabajo el monitor manda una señal la cual si bien permite enrollar, no activa el sistema de atado, obligando al operario a engrasar en 2 puntos específicos todos los rulemanes para continuar trabajando. De esta forma se protege la vida útil de las partes móviles de la máquina (Figura 27).



**Figura 27:** vista lateral de la rotoenfardadoras. Detalle del sistema de transmisión a cadenas.

La rotoenfardadora Yomel Magna 940 viene equipada con neumáticos 11/80-15 de alta flotación. La toma de fuerza es de tipo homocinética con fusible.

La lanza de la máquina cuenta con dos registros de dientes tipo mordaza regulable en cada extremo de la misma para la adaptación de la inclinación respecto a la posición de la barra de tiro del tractor. Esto permite mantener un nivel de trabajo correcto del recolector y la cámara de compactación.

### **Evaluación a campo de Rotoenfardadora Yomel Magna 940**

Esta máquina fue traccionada por un tractor John Deere 7515; potencia a la TDP de 142 HP con toma de potencia independiente 540/1000 rpm de accionamiento electrohidráulico; transmisión PowerQuad 16 marchas de avance y 16 de retroceso.

Los rollos confeccionados en los distintos tratamientos (cutter desactivado, cutter de 7 cuchillas y cutter 15 cuchillas) fueron confeccionados con una presión de 150 Bar y poseían un diámetro exterior 170 cm. con un núcleo de 80 cm. También se realizó un cuarto tratamiento con cutter activado de 15 cuchillas y en donde los rollos presentaban un diámetro exterior de 120 cm. elaborados con una presión de 120 Bar con núcleo flojo de 80 cm. de diámetro con una presión de 70 Bar.

#### **Evaluación de pérdidas**

En la determinación de las pérdidas por recolector se procedió a limpiar el suelo para dejarlo libre de broza y hojas provenientes de cortes anteriores. Se marcó con estacas tres sectores diferentes (clausuras), de 3 m de largo por el ancho de las gavilla, en cada uno de los tratamientos, procediendo a juntar el material no captado por los recolectores al pasar la máquina, determinándose luego el porcentaje de material perdido.

Posterior al recolector de la rotoenfardadora, se construyó una bandeja de lona con las dimensiones del piso, hasta 50 cm por detrás del final de la cámara de compactación

(Figura 28). Por ello las pérdidas recolectadas cuando la máquina trabajo con el procesador de fibra activado, se consideraron junto a las del resto de la cámara de compactación. Dichas pérdidas recolectadas en cada tratamiento se pesaron y muestrearon, realizándose los mismos análisis que a las del recolector.

Para establecer las pérdidas totales de cada tratamiento, se las refirió en porcentaje del peso en MS henificada, de los rollos realizados.



**Figura 28:** detalle de la bandeja recolectora de pérdidas en cámara de compactación

### Otras determinaciones

En cada uno de los casos se tomó el tiempo que necesitó la máquina con cada una de las configuraciones antes descritas para henificar 1.400 m de gavilla, lo que luego se refirió a la cantidad de rollos elaborados por cada máquina en esa distancia. A su vez se fueron tomando los tiempos parciales que requería la máquina, para la elaboración de cada uno de los rollos henificados.

La capacidad de trabajo de los diferentes equipos, fue evaluada por las toneladas de fibra henificada por minuto de trabajo.

En todos los casos para determinar el consumo de combustible, se partió con el tanque lleno y se trabajó henificando 1.400 m de gavilla sin interrupciones. Posteriormente se llenaron los tanques del tractor, determinándose la cantidad de gasoil consumido por cada equipo.

Para el cálculo de la velocidad de avance, se cronometró el tiempo transcurrido en una distancia de 200 m de andana a ritmo normal de trabajo, expresando el dato luego en km/h. A su vez se registró con un GPS de mano las velocidades promedio, velocidades máximas y se verificaron las distancias.

Por último, para determinar la densidad promedio del material compactado de cada máquina, se midieron y pesaron sobre una báscula tres rollos de cada tratamiento. Posteriormente se estableció por fórmula la densidad de trabajo.

### **Calidad del material confeccionado**

Se determina por análisis de laboratorio, a través un muestreo de los rollos elaborados en cada tratamiento. También se muestrearon las pérdidas por cámara de compactación con cada configuración, para establecer: materia seca (MS), fibra detergente ácido (FDA), fibra de detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) y Cenizas (Cz) de cada muestra.

### **Resultados**

#### **Perdidas por recolector**

Las pérdidas, medidas en cada una de las clausuras de 3 m de largo, de las respectivas gavillas en las que trabajaron las máquinas, arrojaron un promedio de 110 gr de MS, con lo cual si referimos ese dato a cada metro lineal de gavilla, podemos afirmar que las pérdidas promedios medidas a nivel de recolector fueron de 37 gr MS/m.

En forma paralela se tomó el peso de varias muestras de 2 m de la gavilla en condiciones de ser henificada, para conocer las condiciones de trabajo y expresar las pérdidas de recolector como porcentaje del material procesado. Los valores promedios obtenidos fueron del 3,8 kg MS como peso final, con un contenido promedio de materia seca del 85%. A modo de referencia se expresa este valor como 1,9 kg MS/m lineal de andana. Este valor es bajo si lo comparamos con los 5-6 kg MS/m lineal recomendados para el correcto trabajo de rotoenfardadoras (Bragachini et al, 2008).

#### **Pérdidas en cámara de compactación**

En el siguiente tabla se muestran los valores promedios obtenidos en la recolección de pérdidas. El material captado por la bandeja fue extraído luego del atado de cada rollo y se midió durante la confección de 3 rollos con cada una de las configuraciones antes descriptas.

**Tabla 3:** Pérdidas a nivel de cámara de compactación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso húmedo (kg)</b>	<b>%MS</b>	<b>Peso Final (kg MS)</b>
<b>Cutter desactivado</b>	8,25	88,83	7,32
<b>Cutter 7 cuchillas</b>	9,53	89,62	8,54
<b>Cutter 15 cuchillas</b>	13,66	86,51	11,81

El porcentaje de pérdida promedio originado por la cámara de compactación de la rotoenfardadora cuando se trabajó sin el procesador de fibra fue de 1,32%, respecto de un peso promedio del rollo de 551,2 kg MS. Al trabajar con el sistema procesador de fibra activado con 7 cuchillas distanciadas a 14 cm, las pérdidas fueron del 1,66% (rollo de 514,37 kg MS), mientras que cuando el sistema procesador de fibra estaba configurado con las 15 cuchillas las pérdidas medidas fueron de 2,19%, para un peso promedio de 551,2 kg MS/rollo.

En el tratamiento donde se efectuaron rollos de 200 kg MS, núcleo flojo y con el procesador de fibra activado con 15 cuchillas donde las pérdidas registradas fueron de 4,20 kg MS, lo que representa 2,10%.

El forraje recolectado por las bandejas en cada tratamiento, fue muestreado representativamente formando en cada caso dos muestras complejas. A continuación se presentan los resultados de laboratorio de las diferentes muestras (Tabla 4):

**Tabla 4:** Análisis de calidad de las pérdidas a nivel de cámara de compactación.

Máquina	MS %	PB%	FDN%	FDA%	LDA%	C.E	Cz %
<b>Cutter desactivado</b>	88,83	24,61	43,69	29,34	66,07	2,44	20,40
<b>Cutter 7 cuchillas</b>	89,62	20,61	44,90	39,16	63,43	2,10	27,05
<b>Cutter 15 cuchillas</b>	86,51	23,15	42,51	26,99	67,90	2,44	20,40

**Aclaración:** Se aclara que, durante la prueba las máquinas no trabajaron en forma simultánea. La rotoenfardadora sin el cutter comenzó a trabajar a las 22 hs sobre una gavilla que poseía en promedio 85% MS. Luego, a las 23:30 hs, henificó la rotoenfardadora configurada con el cutter con 7 cuchillas sobre un material con 84 % de MS. El último turno fue para la rotoenfardadora con el cutter con 15 cuchillas, la cual inició su tarea a la 1:00 en una gavilla con 81% de MS. Estos datos deben considerarse dado que bajo estas circunstancias de trabajo en el primer tratamiento (sin cutter) se trabajó con 15 % de humedad, el segundo se efectuó con 16 % de humedad de confección (cutter con 7 cuchillas); mientras que el tratamiento con cutter con 15 cuchillas se realizó con una humedad del 19 %, valor muy cercano al óptimo de henificación.

### **Pérdidas totales**

Para estimar la cantidad total de material perdido, fueron sumadas las pérdidas por recolector y las de cámara de compactación.

Si se tiene en cuenta que las pérdidas producidas por el trabajo del recolector están relacionadas al metro lineal de andana y sabiendo que fueron necesarios en promedio 290.10 m para la confección de un rollo y las perdidas por recolector en la rotoenfardadora fueron un total de 10,73 kg de forraje; ello equivale a un 1,94% del total del material henificado por rollo. Si a este dato le sumamos las pérdidas por cámara, la cuales representan un 1.32% de material henificado por rollo, las pérdidas totales representan un 3.26% de material de excelente calidad que no logra henificarse.

Teniendo en cuenta que en los tratamientos cutter 7 cuchillas y cutter 15 cuchillas las perdidas por recolector fueron también de 1,94% del total del material henificado por rollo, si le sumamos las pérdidas por cámara que fueron de 1.66% y 2.19% respectivamente, las pérdidas totales representan un 3.6% con la configuración cutter 7 cuchillas, y de 4.13% con cutter 15 cuchillas.

### **Capacidad de trabajo**

La capacidad de trabajo se determinó cronometrando los tiempos parciales que requería cada máquina para la elaboración de cada uno de los rollos henificados. Estos valores luego se refirieron a la cantidad rollos y megafardos elaborados por cada máquina en esa distancia. Dicho datos y parámetros generados se encuentran resumidos en la tabla 5.

**Tabla 5:** Registro de distancia, tiempos y cantidad de henos elaborados por la máquina con las distintas configuraciones. Capacidad de trabajo expresada minuto y en tn MS/h.

Tratamiento	Distancia (m)	Tiempo de trabajo (min)	Tn de MS henificada	Tiempo/tn MS	tn MS/ Hora.
Cutter desactivado	1.390	8 min. 50 seg	2,48	3 min 59 seg	15,10
Cutter 7 cuchillas	1.440	9 min. 21 seg	2,57	3 min 38 seg	16,52
Cutter 15 cuchillas	1.330	8 min. 15 seg	2.42	3 min 23 seg	17,75

### Velocidad de trabajo promedio

En la tabla 6, se pueden apreciar las distancias y tiempos empleados totales durante la elaboración de las reservas por cada uno de los equipos intervinientes.

**Tabla 6:** Velocidad de trabajo de los diferentes equipos.

Tratamiento	Distancia recorrida (m)	Tiempo demandado (minutos)	Velocidad Promedio (km/h)
Cutter desactivado	1.390	8 min. 50 seg	9,45
Cutter activado 7 cuchillas	1.440	9 min. 21 seg	9,29
Cutter activado 15 cuchillas	1.330	8 min. 15 seg	9,67

La rotoenfardadora sin cutter activado transitó el lote a una velocidad media de 13 km/h para producir el llenado de su cámara, pero es importante aclarar que también estuvo detenida para realizar el atado y expulsión de cada uno de los 5 rollos confeccionados. Para éste ensayo, el tiempo promedio para producir el llenado de la cámara fue de 44 seg./rollo, el atado 11 segundos y para su expulsión de 8 segundos. En el tratamiento cutter 7 cuchillas y en el de 15 cuchillas, debido al bajo volumen que representaba las gavillas, los valores de velocidad cronometrado y por ende, las tn MS/h, fueron similares a los obtenidos a la maquina configurada sin cutter.

### Consumo de combustible

Se determinó en forma ininterrumpida el consumo de cada tractor para henificar las distancias indicadas en la tabla 6, para cada uno de los tratamientos. Finalmente, se corroboró la cantidad de MS henificada en esos trayectos y se completaron los tanques de gasoil, para determinar el consumo producido. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7:** Registro de consumo de combustible y materia seca henificada.

Tratamiento	Diesel Oil (l)	MS henificada (kg)	Consumo Diesel l/tn MS
Cutter desactivado	6	2.480	2,42
Cutter activado 7 cuchillas	11,10	2.570	4,32
Cutter activado 15 cuchillas	13,9	2.420	5,74

NOTA: Se aclara que los datos de consumo son estimativos. Tener en cuenta que para los tres tratamientos se utilizó el mismo tractor, el cual posee un motor de 142 HP, que es una potencia superior a los 120 HP recomendados para utilizar con esta máquina, y que pueden haber generado un consumo superior al necesario.

### Densidad de compactación

La densidad lograda en los rollos con fibra larga fue de 205 kg/m<sup>3</sup>, en los rollos procesados con 7 cuchillas fue 180 kg/m<sup>3</sup> y cuando se utilizó el cutter con las 15 cuchillas se logró una densidad promedio de 195 kg/m<sup>3</sup> (Tabla 8).

**Tabla 8:** registro de medidas, volumen y peso de los henos elaborados.

Tratamiento	Medidas (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Seco (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Cutter desactivado</b>	1,69 diámetro x 1,20 ancho	2,691	551,20	204,83
<b>Cutter activado 7 cuchillas</b>	1,75 diámetro x 1,20 ancho	2,886	514,37	178,23
<b>Cutter activado 15 cuchillas</b>	1,71 diámetro x 1,20 ancho	2,755	538,09	195,31

### Análisis de calidad nutritiva

A continuación se presentan en la tabla 9, los resultados de laboratorio de análisis de calidad de los rollos confeccionados, los cuales fueron muestreados representativamente.

**Tabla 9:** resultados de análisis de calidad.

Tratamiento	MS%	PB%	FDN%	FDA%	Dig.%	CE%	Cz %
<b>Cutter desactivado</b>	90,10	19,34	48,01	33,96	62,47	2,25	10,94
<b>Cutter activado 7 cuchillas</b>	84,88	20,02	39,44	26,71	68,11	2,45	12,04
<b>Cutter activado 15 cuchillas</b>	81,16	20,89	46,72	30,16	65,43	2,36	12,59

También se analizó con un separador de partículas tipo "Penn State" (Figura 29), los largos de fibra obtenidos en muestras, de los henos de cada tratamiento. Sus resultados están resumidos en la tabla 10.



**Figura 29:** Separador de partículas tipo Penn State.

**Tabla 10:** Resumen de resultados de separador de partículas de los distintos henos elaborados.

TRATAMIENTO	Cutter desactivado	Cutter activado 7 cuchillas	Cutter activado 15 cuchillas
% FRACCIÓN > 19 mm	74,47	72,22	67,04
% FRACCIÓN > 8mm	15,82	17,18	19,44
% BANDEJA CIEGA	9,71	10,60	13,52
Long hebra prom. (cm.)	30 - 50	15-25	7 - 20

### Uso de la fibra henificada

Finalizada la elaboración de los rollos con las distintas configuraciones se observó el comportamiento de la fibra proveniente de los henos con fibra procesada con cutter 7 cuchillas y con cutter 15 cuchillas. Para ello se evaluó la facilidad del uso de esa fibra y su posterior comportamiento dentro de una ración.

La ración que se conformó para evaluar el comportamiento de la fibra estaba compuesta por 210 kg de granos de maíz molido, 20 kg de expeller de soja, 470 kg de heno de alfalfa, 160 kg de silo de alfalfa y 400 kg de silo de maíz. Se buscó hacer esta prueba en una ración destinada a un rodeo lechero de vaquillonas y vacas secas debido que la misma presenta en su composición una mayor participación del ingrediente fibra que es el que se deseaba evaluar. El orden de carga utilizado fue el recomendado para este tipo de mixer horizontales de sinfines lisos. Se comenzó cargando el silaje de maíz, luego el heno, el silaje de alfalfa y por último los granos de maíz molido y el expeller de soja. El tiempo de mezclado fue de 6 minutos.

A continuación se presenta la secuencia de uso de fibra proveniente de un rollo elaborado con fibra procesada con el cutter a 15 cuchillas, desde el momento en que se desarma el rollo hasta la distribución en el comedero de una ración mezclada con un mixer horizontal con sinfines lisos (Figura 30).



**Figura 30:** Secuencia de uso de fibra henificada con procesador de fibra con 15 cuchillas.

Esta misma prueba fue realizada con los rollos provenientes del tratamiento Cutter 7 cuchillas. A continuación se presenta la secuencia de desarmado del mismo. Observar que al sacar la red de atado, el rollo no comienza a desarmarse como ocurre en el tratamiento con 15 cuchillas, sino que queda su estructura cilíndrica original intacta (Figura 31).



**Figura 31:** Secuencia de desarme de un rollo elaborado con fibra procesada con 7 cuchillas.

Como última evaluación del uso de fibra procesada con el cutter de 15 cuchillas, se colocó dentro de un mixer horizontal con sinfín lisos un rollo de 235 kg (1,20 m de diámetro y 1,20 m de ancho), realizado con una presión inicial de 70 Bar en los primeros 80 cm de diámetro (núcleo flojo) y una presión final de 120 Bar. Si bien esta prueba no es de uso frecuente en establecimientos ganaderos, con la misma se quiso demostrar que no hace falta procesar la fibra procedente de un rollo elaborado con cutter 15 cuchillas para utilizarlo en un mixer horizontal liso (Figura 32).



**Figura 32:** Secuencia de desarme de un rollo de 235 kg, henificado con fibra procesada con 15 cuchillas y con núcleo flojo.

## Conclusiones

**Tabla 11:** Resumen de parámetros evaluados con y sin procesador de fibra.  
(Referencias: verde: positivo y rojo negativo)

Parámetros	Rotoenfardadora cutter desactivado	Rotoenfardadora cutter 15 cuchillas
Pérdidas por recolector	Similar	
Pérdidas por cámara		
Pérdidas totales		
Capacidad de trabajo	Similar para gavillas de bajo porte (2 kg/m lineal)	
Velocidad promedio	Similar para gavillas de bajo porte (2 kg/m lineal)	
Consumo de combustible		
Densidad del heno		
Calidad del heno		
Presentación y uso de la fibra		
Consumo de hp en mixer procesador de fibra		
Uso de mixer mezclador		

### Pérdidas por recolector

Las pérdidas a nivel de recolector en la rotoenfardadora, expresado como un porcentaje del total de material henificado, significan el 1,94% del total de la materia seca recolectada para la confección de un rollo, dado que este pesó en promedio 551,2 kg MS.

El ancho de gavilla formada por el rastrillo variaba desde 1,20 a 1,40 m, mientras que el ancho de la cámara de compactación de la Yomel Magna 940 era de 1,20 m, lo cual, junto con el rotor alimentador, permitió una alimentación pareja a su cámara de compactación, generando rollos cilíndricos de correcta simetría y sin necesidad de realizar zigzagues sobre la andana.

Se debe aclarar, que cuando se trabaja con rotoenfardadoras con procesador de fibra sobre lotes de altos rendimientos de MS, se debe rastrillar con valores de humedad cercanos al 30% para evitar la formación de bollos que se generan por rastrillar con mayor humedad, dado que estos dificultan la alimentación de las máquinas. Estos inconvenientes se presentan normalmente cuando son utilizados para juntar andanas rastrillos estelares, dada su particular manera de trabajar enrollando el material contra el suelo durante su desplazamiento lateral. Distinto es el accionar de un rastrillo giroscópico que peina verticalmente la andana; éste hecho permite engavillar con mayor humedad, sin generar éstas puntuales sobrecargas de pasto.

### Pérdidas en cámara de compactación

El porcentaje de pérdida promedio originado por la cámara de compactación de la rotoenfardadora cuando se trabajó sin el procesador de fibra fue de 1,32%, 1,66% al trabajar con el sistema procesador de fibra activado con 7 cuchillas distanciadas a 14 cm y 2,19% cuando el sistema procesador de fibra estaba configurado con las 15 cuchillas a 7 cm. Estos resultados indican que cuando se utiliza el procesador de fibra las pérdidas se incrementan linealmente en 0,34% cuando se utiliza el cutter con 7 cuchillas y en 0,82% cuando se procesa fibra con las 15 cuchillas.

En cuanto a las pérdidas que se ocasionaron durante la confección, en los tres tratamientos evaluados, la fracción vegetal recogida estaba constituida por brotes y hojas

de alto valor nutritivo, dado que dicho material poseía en su composición valores proteína bruta (PB) elevados.

Los valores de Cenizas (Cz) que indican los análisis de calidad de las pérdidas recolectadas, superaron en todos los casos el 20%, lo que muestra el importante volumen de material indeseable que está presente en la gavilla al momento de la confección del heno, pero que a su vez parte se pierde en el momento de la henificación, dado que todos los henos elaborados poseen la mitad del % de Cz que el que se observa en las pérdidas recolectadas. Esto indica que cuando el material ingresa al circuito de la máquina henificadora sufre un movimiento en el cual libera gran parte de la fracción tierra con el que está contaminado en la gavilla. En base a este análisis de calidad se puede afirmar que el material recolectado como pérdida, en las tres máquinas evaluadas es de gran calidad, pero posee un 20% o más de elementos minerales extras, que no deberían ser considerados como pérdidas.

En general los porcentajes de pérdidas del heno de alfalfa producidos, tanto por el recolector como por las cámaras de compactación, son bajos en los tres tratamientos; dado que en ninguno de los casos superan el 4,5%, el cual es el valor de tolerancia de pérdidas según lo expresa Koegel et al (1985), en ensayos sobre pérdidas en rotoenfardadoras realizados en los Estados Unidos.

### **Capacidad de trabajo.**

La capacidad de trabajo de este equipo fue similar para las tres configuraciones con la que henificó, dado los tiempos que le demandó enrollar una tonelada de materia seca ya sea procesando o sin procesar la fibra fueron similares. Hay que aclarar que se trabajó sobre una gavilla de 1.9 kg MS/m lineal, lo cual no genera un ingreso significativo del material a enrollar. Distinto hubiese sido si se hubiera trabajado sobre una gavilla de mayor volumen de alfalfa (ej. 4 o 5 kg MS/m lineal), donde seguramente el procesado de la fibra hubiese demandado transitar a menor velocidad al momento de llenar la cámara de compactación para poder ir procesando la fibra. Se sugiere repetir esta prueba en un lote de alfalfa de mayor rendimiento.

### **Consumo de combustible**

La diferencia de consumo de diésel a favor de la rotoenfardadora con cutter desactivado, en relación al consumo de la rotoenfardadora configurada con el cutter con 7 y 15 cuchillas, para la confección de una tonelada de materia seca de heno, es de 1,9 y 3,32 litros respectivamente, lo que expresado en porcentaje indica que cuando se procesa la fibra a 14 cm se incrementa el consumo de combustible en 178,51%, y cuando se la procesa la fibra a 7 cm se aumenta el consumo en un 237,19%. En este punto se debe aclarar que si bien, henificar un rollo con fibra procesada requiere un mayor consumo de combustible, este se ve compensado a la hora de utilizar esa fibra, dado que no requiere un mayor gasto de energía para trozar la fibra.

Henos de fibra precortada pueden generar en un mixer vertical partículas adecuadas en 3 minutos (15 con fibra larga), reduciendo el consumo en un 65% (Giordano et al, 2011). Además al iniciar la mezcla con los otros ingredientes evita tener que utilizar las trabas, requiriendo un tractor de 80 hp en lugar de 100 hp, lo que disminuye aún más el gasto de combustible al utilizar fibra procesada.

### **Densidad de compactación**

En el ensayo realizado con la rotoenfardadora Yomel Zonda C155 de cámara fija (Giordano et al, 2011), se lograron valores de 180 kg/m<sup>3</sup> cuando se henificó fibra procesada y 160 kg/m<sup>3</sup> cuando se enrolló fibra tal cual. Esta tendencia de lograr mayor densidad en los henos de fibra procesada se revierte en los resultados obtenidos en pruebas donde se trabajó con mayor presión de compactación como sucedió en esta evaluación de Yomel Magna 140. Cabe recordar que henificando con una presión de 150 Bar los rollos de fibra tal cual pesaron 205 kg/m<sup>3</sup>, mientras que con la fibra procesada promediaron 195 kg/m<sup>3</sup>. Resultados similares se obtuvieron en un ensayo de megaenfardadora (Bragachini et al, 2013) en la cual se trabajó con 140 Bar de presión y en donde los mega fardos de fibra larga tuvieron una densidad de 242 kg/m<sup>3</sup>, mientras que los de fibra procesada a 7 cm. donde los kilos por unidad métrica de volumen se redujo a 226.

Se recomienda realizar una contra prueba para estudiar el comportamiento de la densidad de compactación en rotoenfardadoras de cámara variable a distintas presiones (ejemplo 110 Bar, 130 Bar y 150 Bar), observando a su vez parámetros influyentes como la relación hoja/tallos que presente la alfalfa.

### **Calidad de los rollos henificados**

En cuanto a los análisis de calidad de los distintos rollos elaborados no se observa diferencias significativas de calidad entre los resultados del análisis de laboratorio de las muestras obtenidas en los distintos tratamientos, lo cual indica que el incremento de pérdidas que se produce al utilizar el procesador de fibra no se ve reflejado en una pérdida de calidad del heno elaborado.

### **Análisis del separador de partículas**

Como principal diferencia que se observa en los datos arrojados por el separador de partículas, se debe mencionar que el largo de las fibras de la rotoenfardadora con cutter con 15 cuchillas está entre 7 y 20 cm, mientras que cuando se utilizan sin procesador de fibra este largo fluctúa entre 30 y 50 cm. Cuando se utilizó el cutter con 7 cuchillas se logró un largo de fibra entre 15 y 20 cm.

Otra diferencia, es la que se observa en la bandeja ciega del separador, donde se encuentran las partículas de menor tamaño (hojas y tallos) y componentes inorgánicos como tierra. Respecto de ello se encontró una diferencia del 4% del tratamiento 15 cuchillas respecto a los dos restantes, debido a que el procesado de la fibra generó una mayor fragmentación del componente hoja y tallo, que se reflejó en la presencia de hojas finamente molidas en la bandeja ciega.

### **Uso de la fibra**

Partiendo de la experiencia obtenida en el ensayo realizado con la Rotoenfardadora Yomel Zonda C 155 (Giordano et al, 2011) donde quedó demostrado que los henos realizados con fibra precortada, pueden generar en un mixer vertical, partículas adecuadas en unos 3 minutos para iniciar luego la mezcla con los otros ingredientes, realizando una correcta ración para rodeos lecheros. Además no sería necesario durante la etapa de mezclado mantener sus placas de restricción colocados, mientras que con los rollos del otro tratamiento, sería aconsejable mantenerlas a fondo durante la etapa de mezclado, para terminar de reducir el largo máximo de las fibras obtenidas en la primera etapa de procesado.

Esta diferencia de trabajo es muy importante, pues los picos más altos de consumo de potencia se generan durante la etapa de mezclado del heno (Mediciones dinámicas ensayo mixer Akron, Giordano, J. 2010) cuando están todos los ingredientes cargados. Por lo tanto es posible efectuar un buen trabajo con un tractor de 65 HP de potencia en la TPP, o sea unos 80 HP de motor.

Para realizar la misma operación pero con rollos tradicionales, quedan fibras más largas luego del proceso de trozado, siendo importante entonces realizar el mezclado con los frenos colocados, como consecuencia se necesitan 100 HP en el motor del tractor.

En base a estos antecedentes, en este ensayo se evaluó el comportamiento de la fibra proveniente de los rollos con fibra procesada con cutter 7 cuchillas y con cutter 15 cuchillas. Para ello se evaluó la facilidad del uso de esa fibra y su posterior comportamiento dentro de una ración.

En el caso de los rollos elaborados con el cutter con 15 cuchillas se observó una gran facilidad para el uso de esa fibra, dado que se debe cortar la red de atado, momento en que se desprende la capa más periférica del rollo, que luego al golpearlo suavemente con la pala conforma un montículo de fibra lista para incluir dentro de un mixer.

El largo promedio del material varía entre 7 y 20 cm, el cual se presenta en condiciones de ser mezclado con el resto de los ingredientes en un mixer con sinfines lisos. Cabe aclarar que la fibra de más de 15 cm, puede presentar un tamaño excesivo que podría traer inconvenientes mecánicos en el mixer cuando se incluyen grandes cantidades de heno (más de 250 kg), llegando a obstruirlo. La fibra de mayor longitud normalmente es la que se encuentra en los extremos de los rollos, donde la distancia del cutter es de 10 cm y no de 7 cm.

En el caso de los rollos elaborados con cutter con 7 cuchillas, se observó una mayor dificultad para romper su estructura cilíndrica del rollo y desvanecerlo, requiriendo para ello mayor cantidad de golpes con la pala. Sin embargo es posible trabajar con este tipo de rollos sin mayores inconvenientes. Cabe mencionar que los problemas observados con los rollos de los tratamientos cutter 15 cuchillas, se ven incrementados en este tratamiento debido que la fibra presenta un largo de entre 15 y 20 cm. Es por ello que este tipo de rollo es recomendado para utilizar en mixer horizontales con capacidad de procesar fibra, o bien, con mixer verticales. La ventaja de este tipo de rollo es que no necesita de un trozado previo, sino que la fibra puede ser procesada a un largo menor en el momento de mezcla con otros ingredientes.

### **Bibliografía**

- Bragachini, M.; Sánchez, F; Peiretti, J. Evaluación de tecnología de henificación. INTA EEA Manfredi. 2013.
- Bragachini, M.; Cattani, P; Gallardo, M; Peiretti, J. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. EEA Manfredi. 2008.
- Bragachini, M; Cattani, P; Ramirez, E; Ruiz, S. Ensayo comparativo entre la enfardadora prismática de fardos gigantes CASE 8575 vs rotoenfardadora convencional de última generación. INTA EEA Manfredi. 1996.
- Giordano, J; Sánchez, F; Peiretti, J. Evaluación de Rotoenfardadora Yomel Zonda C155. INTA EEA Manfredi. 2011.

- Giordano, J. Mixer. Mecanización de la alimentación. Uso del mixer para formular dietas balanceadas (TMR) en base a forrajes conservados. 2010.
- Harrigan, T. M. and C. A. Rotz. (1994). *Net, plastic and twine wrapped large round bale storage loss*. Applied Engineering in Agriculture. Vol.10(2): pages 188-194. 1994 American Society of Agricultural Engineers
- Koegel, R.G., Straub R.J. and Walgenbach R.P. (1985). Quantification of mechanical losses in forage harvesting. Transactions of the ASAE, 28: 1047-1051.

Ensayo elaborado por INTA (Modulo de Tecnología de Forraje Conservados – Programa Nacional Agroindustria) en asistencia técnica con Yomel S.A.

Participaron de este ensayo: Ing. Agr. M.Sc. Mario Bragachini (INTA Manfredi), Ing. Agr. José Peiretti (INTA Manfredi), Ing. Agr. Federico Sanchez (INTA Manfredi), Luis Carrera (Yomel S.A.), Martin Giussi (Yomel S.A.), Silvina Gassmann (UNVM FBA), Sebastián Frutos (UNVM FBA), Gaston Sendoya (Yomel S.A.), Facundo Fernandez (Yomel S.A.).