

# Maquinaria y distintos itinerarios para una henificación de calidad

Máquinas disponibles con especial mención a las segadoras rotativas, segadoras-acondicionadoras y rastrillos

## Pilar Barreiro.

Profesora Titular.  
Dpto. Ingeniería Rural. ETSIA.

**En este artículo se refiere el proceso de henificación del forraje así como distintos itinerarios disponibles para su consecución: siega/remoción/hilerado, siega/acondicionado/hilerado; y siega/hilerado/volteo de las hileras. Asimismo, se plantean las decisiones estratégicas que han de ser consideradas en relación a la consecución de una máxima productividad superficial, a la mejora del contenido energético del heno y de la determinación del momento óptimo de empacado.**

En este artículo describen además algunos de los detalles técnicos que determinan la calidad del apero: sistema de ajuste de la altura de corte, sistemas de seguridad, dispositivos de accionamiento mecánico y necesidades de articulación en los mismos, junto con posibilidades de accionamiento hidráulico y requisitos de tomas externas de hidráulico en el tractor de accionamiento.

Finalmente, se revisan los datos de pérdidas en función del procedimiento empleado según son referidos por diversas universidades en el ámbito internacional.

## Proceso de henificación y calidad del heno

El forraje de alta calidad es un requisito indispensable para garantizar una productividad máxima en las explotaciones de vacuno especialmente en vacuno de leche. Un contenido adecuado de fibra garantiza un adecuado funcionamiento del rumen, aunque la densidad energética de la dieta se reduce a mayor contenido en fibra. Una elevada calidad del forraje permite maximizar la cantidad energética de la dieta de cara a la optimización de la producción. Existe una variedad de forrajes: en verde, henificado, ensilado (en silo o en paca), y deshidratado (especialmente alfalfa) entre los que el heno es considerado de gran relevancia.

El heno constituye un forraje de muy alta calidad cuando la desecación se produce rápidamente, es decir, cuando se minimiza el tiempo necesario para pasar de un 70-85% de contenido en humedad del forraje en verde hasta un 17-20% representativo del punto final. Cualquier procedimiento encaminado a acelerar el proceso de henificado debe contar en cualquier caso con una meteorología adecuada que en ciertos casos es difícil de anticipar. En la actualidad existe una amplia variedad de equipos: segadoras, acondicionadores y rastrillos (he-

nificadores e hilerados) encaminados a optimizar el proceso físico-bioquímico de henificado.

Entre los factores que influyen en la velocidad de secado de la hierba cabe destacar: la estructura de la planta (altamente dependiente de la especie), la calidad del corte y la configuración del cordón de hierba, las condiciones del suelo y meteorológicas. Cuando un cultivo de alta productividad superficial es recogido en cordones estrechos, el factor más limitante en el henificado es la propia estructura del cordón que limita el flujo de humedad hacia el exterior del mismo. Cuando el forraje, en cambio, es distribuido en un cordón fino, es el movimiento del agua fuera de la planta el factor más limitante en el secado durante el proceso de henificación, y es en estas circunstancias cuando el acondicionado previo de forraje aporta un efecto más beneficioso.

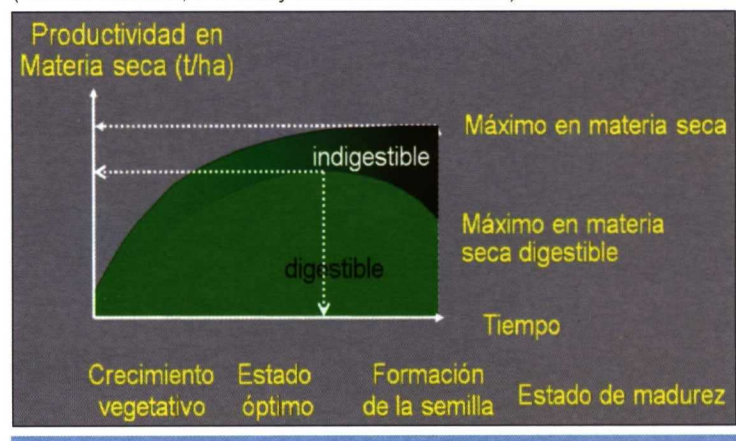
Tanto el acondicionamiento (empleo de rodillos de acondicionadores junto con la siega para lacerar las plantas) como la remoción (uso de rastrillo henificadores para remover la hierba) permiten acelerar el proceso del secado del heno, aunque el número de pases de la maquinaria afecta las pérdidas en materia seca, así como los cambios nutritivos del producto final; ha de elegirse entre el acondicionado y la remoción. El beneficio derivado del empleo sucesivo de varias remociones debe ser evaluado en relación con el incremento del coste de producción y de la mejora de la calidad final del heno, y es enormemente dependiente de las condiciones locales en cuanto a productividad superficial y condiciones meteorológicas.

El objetivo del henificado es retener los nutrientes de la hierba en forma almacenable de manera que esté disponible para el gana-

## Figura 1.

### EVOLUCIÓN TÍPICA DEL ESTADO DE MADUREZ DEL FORRAJE.

(Fuente: Wattiaux, University of Wisconsin-Madison).



do durante los meses de invierno. Uno de los aspectos más críticos es que coincida el momento óptimo de la planta para la siega con las condiciones meteorológicas adecuadas, especialmente crítico en el primer corte. El valor nutritivo óptimo del forraje antes del primer corte se alcanza ligeramente antes del máximo de productividad superficial (kg/ha, **figura 1**) dado que en ese estadio la planta acumula altas concentraciones de almidón, proteínas y minerales que empleará para el último pico de crecimiento. Cuando la planta madura, el contenido en lignina se incrementa y atrapa los nutrientes en las indigerible pared celular de las células vegetales. En los segundos, terceros y cuartos cortes, el material rebrotado contiene muchas hojas y es de alta calidad y coincide con temperaturas más cálidas que favorecen el henificado.

Algunas veces el agricultor tiene que realizar un pequeño sacrificio adelantando el primer corte, para garantizar los sucesivos. En estos casos una buena estrategia es segar justo antes, o justo después de la lluvia para aumentar la probabilidad de disponer de dos o tres días secos que es el periodo máximo necesario para el henificado. En muchos casos se prefiere segar a primera hora de la mañana para disponer de prácticamente toda la fase diurna para el secado (temperaturas más altas), mientras que algunos productores siegan al atardecer para incrementar el nivel energético del forraje mediante la retención de azúcares que pueden perderse en los tallos durante el día.

## ► Siega

La segadora rotativa se ha convertido en el apero normalizado en los últimos años. Está compuesto por un conjunto de discos que giran de manera convergente a una elevada velocidad (1.600 rev min<sup>-1</sup> a 3.600 rev min<sup>-1</sup>) con el fin de conseguir velocidades tan-

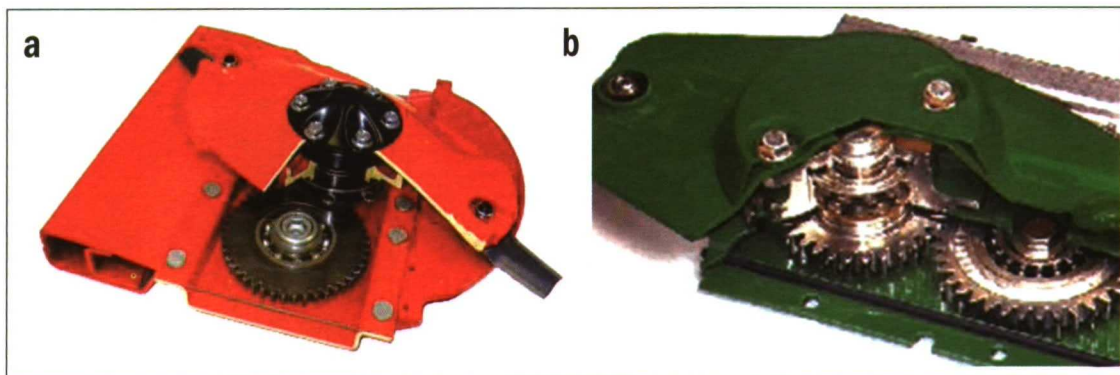


Foto 1. Segadora rotativa de discos: a) accionamiento de los discos en segadoras Elho; b) detalle de la robustez de accionamiento de una barra de discos (John Deere).

genciales del disco de hasta a 80 m s<sup>-1</sup> imprescindibles a la hora de conseguir un corte por impacto. Las pequeñas cuchillas que se sitúan periféricamente en los discos pueden ser retiradas para su afilado o sustitución (**foto 1**). La configuración mecánica en la transmisión de movimiento a los discos es fundamental para garantizar un mínimo de mantenimiento.

Existe una amplia variedad de segadoras rotativas cuyas anchuras de trabajo se van incrementando según pasamos de aperos suspendidos (1,2-2,8) a semisuspendidos (2,4-3,5), arrastrados (2,8-4,4), o combinación de aperos traseros y frontales (hasta 7-8,8 m, **figura 3**), que trabajando hasta 15-20 km/h capacidades de trabajo entre 1,8 ha/h y 17,6 ha/h, en este último caso especialmente pensadas para empresas de servicios.

Todas las segadoras dispo-



Foto 2. Combinaciones de siega: a) Pöttinger y b) Vicon.

nen de un sistema de seguridad de manera que los discos no son accionados si los faldones de seguridad se encuentran levantados, y en caso de chocar contra algún obstáculo se provoca el retroceso parcial de la máquina. Las segadoras con máxima capacidad de trabajo incorporan cintas hileradoras, para la formación de

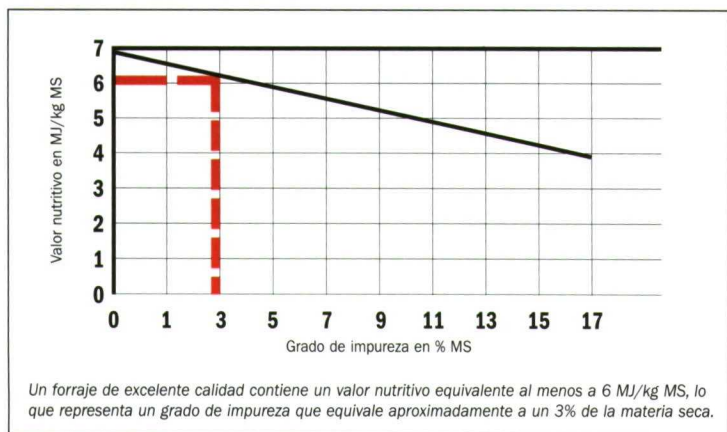
cordones de alta densidad (**foto 2**). En terrenos con elevadas pendientes puede ser recomendable el empleo de segadoras arrastradas con timón lateral que precisan baja potencia de accionamiento y favorecen los giros en cabecera.



Foto 3. Adaptación de segadoras rotativas a los desniveles del terreno: a) trapezio tirante con resorte en segadora frontal (Claas) y b) suspensión oleo-neumática en segadoras (Elho).

Figura 2.

**CALIDAD DEL FORRAJE. CORRELACIÓN ENTRE EL GRADO DE SUCIEDAD DEL FORRAJE Y SU VALOR NUTRITIVO.**



En las gamas más bajas de las segadoras rotativas y en las suspendidas de acoplamiento frontal, los sistemas de ajuste del corte emplean cuadriláteros articulados regulados por resortes de aligeramiento mecánicos (foto 3a), mientras que en las gamas intermedias y altas el control de la altura de corte se efectúa mediante sistemas oleo-neumáticos (foto 3b), en cuyo caso precisan acoples hidráulicos externos del tractor.

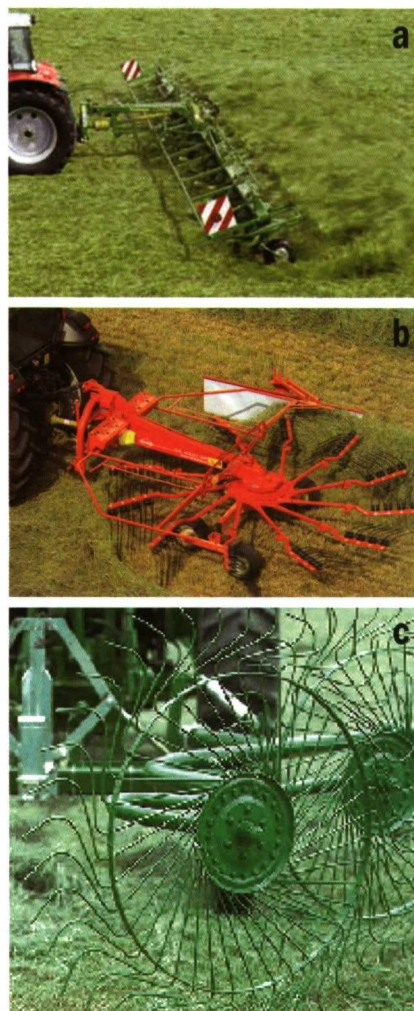
Una mayor uniformidad en la altura de corte, redundando en una mayor limpieza del forraje y en un más uniforme rebrote de la parcela. El grado de impurezas en máquinas bien reguladas se sitúa en torno al 3% obteniéndose por término medio un valor nutritivo del forraje de 6MJ/kg materia seca (figura 2), mientras que el aligeramiento uniforme con sistemas oleo-neumáticos permite preservar la zona de amacollamiento (donde aparecen las hojas nuevas) para garantizar un rebrote rápido.

Foto 4. Rastrillos: a) henificadores (Krone), b) hileradores (Kuhn) y c) de soles (John Deere).

## Remoción e hilerado

Cuando se opta por la opción de siega con segadora rotativa y posterior remoción e hilerado mediante rastrillos, hay que establecer el número de remociones y el momento óptimo para realizar esta operación; el efecto de la remoción es óptimo cuando la humedad del forraje es superior al 40%. Cuando la hierba ha sido segada a primera hora de la mañana es posible remover con rastrillo el material esparcido a la tarde o voltear el cordón de hierba, siempre y cuando se garantice que el material está ya seco por la parte superior.

Dependiendo de las condiciones meteorológicas, si el material se encuentra esparcido puede ser conveniente hilerar durante la noche si se prevén condiciones de rocío. Un empleo excesivo de los



rastrillos puede favorecer el desprendimiento de las hojas de alfalfa y trébol disminuyendo la calidad del heno. En general se recomienda no hilerar hasta que el rocío de la mañana se haya secado (sobre las 11:00 en zonas frescas) y esperar una o dos horas antes de empacar para mejorar el secado y hacer varias determinaciones manuales del contenido en humedad del heno para verificar su correcto estado de humedad. Algunos expertos recomiendan coger un puñado de paja y tirar fuertemente con las dos manos. Si los tallos se rompen al primer tirón, entonces el heno está listo para empacar, mientras que si hacen falta varios tirones el heno está demasiado verde; un contenido superior al 22% en la paca puede redundar en una combustión espontánea de la misma debido al calor de respiración.

Los rastrillos más empleados son del tipo rotativo accionados por la toma de fuerza, y entre ellos cabe distinguir entre los rastrillos henificadores (empleados en remoción, foto 4a) y los hilerados (más versátiles en su uso pero menos adaptados a una labor concreta, foto 4b); también permanecen en el mercado rastrillos de soles (foto 4c, accionados por rozamiento con el suelo) aunque la calidad de la labor es muy diferente de los anteriores. En los rastrillos, como en las segadoras, es fundamental la calidad del accionamiento mecánico. La foto 5 muestra un cárter cerrado con una reducción cónica (foto 5a) propio de rastrillos henificadores e hileradores con rotores de menor tamaño, mientras que el segundo (foto 5b) presenta doble reducción cónica propia de rastrillos hileradores de más alta gama.

En los rastrillos henificadores, puesto que se montan en serie alineados, la transmisión mecánica se produce desde el centro hacia los extremos empleando rotores que algunas casas comerciales han diseñado en forma de dedos (foto 6) para garantizar una correcta transmisión.

En los rastrillos hileradores de doble rotor, el accionamiento del cárter puede ser hidráulico (foto 7a) de manera que es necesaria una toma de doble efecto para el accionamiento y otra de simple efecto para el plegado en transporte, en caso de tratarse de un accionamiento mecánico el rastrillo hilerador con doble rotor debe disponer de una articulación cardánica que permita una movilidad 3D de ambos rotores para adaptarse al suelo (foto 7b). En los rastrillos semisuspendidos (independientemente del tipo) es importante disponer de juego pivotante (bien en las ruedas o en el tripuntal) que favorezca la adaptación del bastidor del rastrillo respecto al suelo con juego 3D (articulado en todos los planos) respecto al tractor. En los rastrillos henifica-

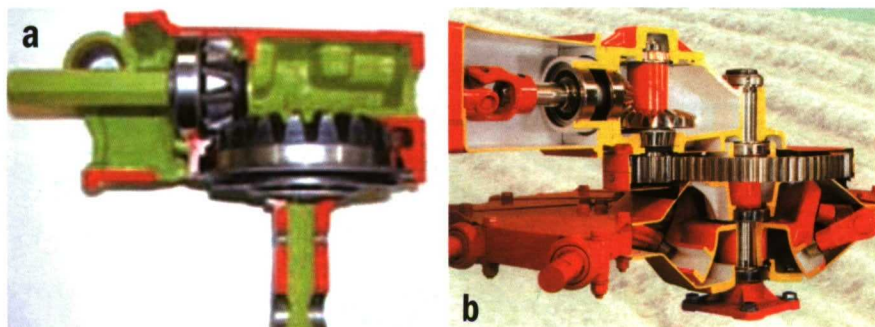
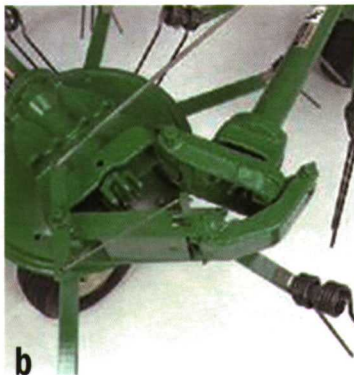


Foto 5. Detalles del accionamiento mecánico en rastrillos: a) cárter cerrado con reducción cónica (Claas) y b) cárter con doble reducción cónica para rastrillo hilerador de gran capacidad (Kuhn).



Foto 6. Detalle de la conexión mecánica entre molinetes en rastrillos henificadores: a) Claas y b) John Deere.



dores múltiples (anchuras de hasta 17,2 m, **foto 8**) el bastidor ha de estar articulado para favorecer la adaptación al suelo, y por ello el sistema de transmisión debe estar adaptado a este tipo de juego o movimiento relativo.

## ► Acondicionamiento

Como alternativa al procedimiento de henificado consistente en la siega, remoción/ones hilerado/hilerados, se puede optar por una siega con acondiciona-

miento e hilerado. El acondicionamiento es una labor que se realiza en el mismo pase que la siega, y consiste en provocar pequeñas heridas en el material vegetal de manera que se acelere el proceso de desecación. Este procedimiento puede reducir el tiempo de henificado incluso a la mitad aunque la calidad del heno puede verse ligeramente afectada. Existen dos tipos básicos de acondicionadores: de dedos (**foto 9a**), y de rodillos de caucho (**foto 9b**), los primeros realizan una labor sobre la cu-

tícula de las hojas y no son recomendables en leguminosas como alfalfa y trébol dado la tendencia a la caída de las mismas. Los acondicionadores de rodillos de poliuretano proceden despuntando los tallos. Recientemente se ha incorporado a los acondicionadores de dedos un peine ajustable y reversible que mejora el acondicionamiento de gramíneas.

Las pérdidas de materia seca y de los nutrientes asociados durante la henificación (pérdidas por respiración y lixiviación) se ven magnificadas durante el acondicionamiento. En general se recomienda un acondicionamiento moderado para obtener alta reducción del tiempo de secado (30-50%) con unas pérdidas moderadas de productividad (1-5%), pérdida que tiene escasa incidencia en la calidad del heno.

La Universidad de New Hampshire destaca la labor realizada en los últimos veinte años en el estudio del efecto de un acondi-

cionamiento severo. Según datos de esta universidad la velocidad de secado se puede incrementar entre un 20 y un 150% con hileras anchas y buen tiempo, aunque la potencia requerida se multiplica por dos respecto a la siega y las pérdidas pueden ser muy elevadas (hasta el 15%) según el estado de madurez del forraje y el tipo de especie y de ahí la importancia de seleccionar adecuadamente el tipo de acondicionado.

Aunque se han planteado los itinerarios (a) siega/remoción/hilerado, y (b) siega/acondicionado/hilerado como alternativos, en algunas ocasiones los rastrillos pueden ser empleados para esparcir los cordones generados por una segadora acondicionadora. Esta opción reduce aún más el tiempo de henificado y provoca un secado más uniforme eliminando puntos húmedos a lo largo del heno que son inevitables en el secado/acondicionado en hilera. Las desventajas del empleo de los rastrillos en cualquier itinera-



# TRACTORES KIOTI



EX40/LX500L



DK451/451C



DK551/551C



DK753/903



CK20/22



CK27/35

La mejor relación  
prestaciones-calidad-precio

**2 AÑOS DE  
GARANTIA TOTAL**



**CATRON**  
INTERNACIONAL

Av. Ausias March, 222 - 46026 Valencia - Tel.: 96 339 03 10 - Fax: 96 339 03 15  
www.catron.es - info@catron.es - www.kioti-iberica.com



Foto 7. Rastrillos hileradores Kuhn: a) de doble rotor con hidro-rotos, y b) de doble rotor con accionamiento mecánico.

rio son el incremento de consumo de combustible y de mano de obra, y el coste de la maquinaria. Cuando los rastrillos se emplean sobre un forraje con 50% ó más de humedad las pérdidas de forraje son inferiores al 3% aunque si se emplean tarde en el proceso de secado las pérdidas pueden alcanzar un 10%. El empleo de rastrillos esparcidores no puede justificarse con bajas productividades superficiales de forraje dado que la labor de hilerado posterior se complica, y el heno puede decolorarse disminuyendo el valor económico del mismo aunque esto no afecte necesariamente al valor nutritivo. Según datos del USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos), cuando se compara el coste de utilización de rastrillos y los beneficios asociados, el empleo sistemático de los rastrillos hileradores es difícil de justificar particularmente en la alfalfa. El uso ocasional en situaciones de difícil secado muy beneficioso según este mismo organismo.

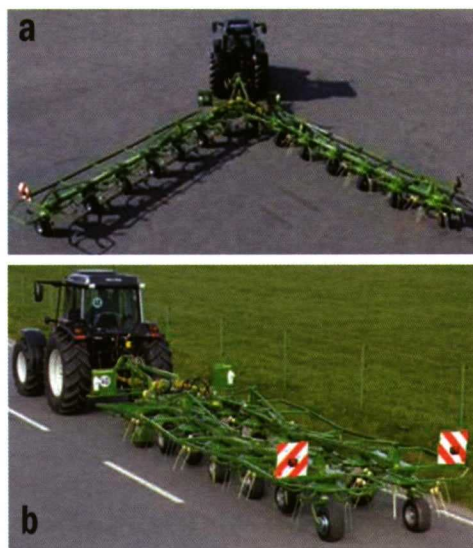


Foto 8. Rastrillos henificadores Krone de gran capacidad: a) en el proceso de plegado y b) en transporte.

## ► Inversión

Un tercer procedimiento que se viene gestando en el proceso de henificación es el empleo de segadoras acondicionadoras junto con rastrillos hileradores que permitan la inversión de hileras. La exposición de la parte inferior de la hilera, más húmeda, tras el volteo permite mejorar significati-

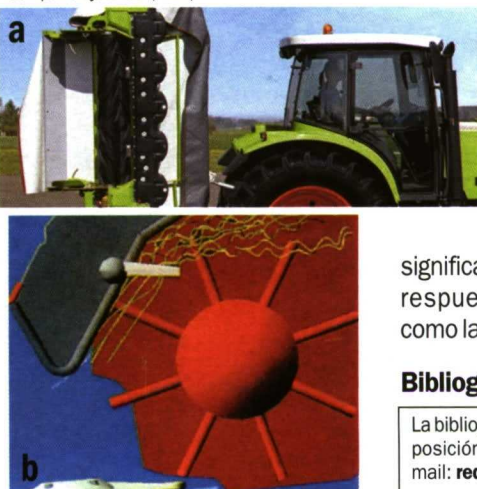
vamente el secado pero con una menor incidencia relativa de las pérdidas por respiración y lixiviación, sin embargo el coste añadido de la labor en términos de combustible y mano de obra hacen difícilmente justificable el beneficio aportado.

En cualquiera de los itinerarios la operación de hilerado genera pérdidas mínimas cuando el forraje está húmedo (por encima del 30-40%) pero puede alcanzar incluso un 15% si el forraje está muy seco. En días muy cálidos es recomendable hilerar cuando hay una ligera humedad (al atardecer o al inicio del día).

## ► Conclusiones generales

Existen diversos itinerarios a considerar en el proceso de henificado:

Foto 9. Segadoras acondicionadoras: a) de rodillos de poliuretano (Claas), b) de dedos en V con peine ajustable (Kuhn).



- a) Siega/remoción/hilerado.
- b) Siega/acondicionado/hilerado.
- c) Siega/hilerado/volteo de las hileras.

El segundo itinerario es el que menor número de pases requiere aunque implica pérdidas que en función de la especie y estado de madurez del forraje hay que evaluar. En las condiciones actuales de coste gasoil y mano de obra, es necesario evaluar detalladamente los itinerarios más exigentes en estos conceptos (a y c) en función de la productividad de la zona, la densidad energética esperable del heno y su posible valor de mercado.

Es importante remarcar en todo el proceso de henificado la relevancia de la toma de decisiones relativas a cuando se debe comenzar una operación en función de las condiciones meteorológicas y del forraje, y las consecuencias que esto tiene en términos de productividad y calidad del heno.

Un aspecto que es importante destacar al término de este artículo es la enorme variedad de equipos que van desde las necesidades de las explotaciones más pequeñas (anchos de trabajo de 1,2 m) con parcelas de alta inclinación, hasta equipos de muy alta capacidad (17 m) especialmente adaptados a grandes explotaciones y empresas de servicios contra terceros. En estos últimos casos la incorporación de dispositivos electrónicos para el control de operación (tal y como se ha visto en el Concurso de Novedades Técnicas de FIMA), así como terminales virtuales y controladores de te-

reas en el marco de Isobus (figura 3) pueden ser de gran importancia. En ningún caso el posible comprador de equipos más modestos debe desdeñar pequeñas variaciones técnicas que mejoran

significativamente la duración y la respuesta de los equipos, así como la seguridad del operador. ■

## Bibliografía

La bibliografía de este artículo está a disposición de nuestros lectores en el e-mail: [redaccion@eumedia.es](mailto:redaccion@eumedia.es)

## Figura 3.

TERMINAL VIRTUAL PARA LA GESTIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE APEROS ENTRE ELLOS, SEGADORAS Y REMOLQUES AUTOCARGADORES.

