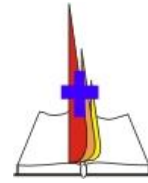




Universidad Nacional de La Pampa  
Facultad de Ciencias Veterinarias



Carrera de Posgrado “ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN  
BOVINA DE CARNE EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL”

Trabajo final de la Especialización:

**Conservación de forrajes mediante el proceso de henificación como herramienta  
para estabilizar la productividad ganadera en la Pampa Semiárida**

Autor: Ing. Agr. José Enrique Rosiére

Fecha de entrega: Marzo de 2015

Universidad Nacional de La Pampa

Facultad de Ciencias Veterinarias

Carrera de Posgrado “ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN  
BOVINA DE CARNE EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL”

Trabajo final de la Especialización:

**Conservación de forrajes mediante el proceso de henificación como herramienta  
para estabilizar la productividad ganadera en la Pampa Semiárida**

Autor: Ing. Agr. José Enrique Rosiére

Director de tesina: Dr. Ing. Agr. Carlos María Ferri

Intendente Alvear (La Pampa); Diciembre de 2014

## **Agradecimientos**

Sobre todas las cosas, gracias a Dios.

Gracias a mi esposa e hijos, por su amor, paciencia y comprensión.

Gracias al Dr. Ing. Agr. Carlos Ferri, por su dedicación y aportes durante la dirección del presente trabajo.

## Índice

	Resumen	3
I	Introducción	4
II	Pasturas en sistemas ganaderos de la región Pampeana Semiárida Central	10
II.1	Ubicación y régimen de lluvias de la región	10
II.2	Pasturas megatérmicas	14
II.2.1	Pasto llorón ( <i>Eragrostis curvula</i> -Schrader- Nees)	14
II.2.2	Mijo perenne o pasto Klein ( <i>Panicum coloratum</i> L. var. <i>coloratum</i> )	19
II.2.3	Digitaria ( <i>Digitaria eriantha</i> Steudel ssp. <i>eriantha</i> )	23
II.2.4	Las precipitaciones y la producción de forraje	27
II.2.5	El consumo y la calidad del forraje	29
III	Métodos de conservación de forraje	32
III.1	Henificación del recurso forrajero: etapas	34
III.1.1	Reserva y eventual fertilización del lote de pastura para corte	36
III.1.2	Corte de la pastura	37
III.1.2.1	Momento de corte	37
III.1.2.2	Altura de corte	40
III.1.2.3	Ancho de corte	41
III.1.2.4	Prevención del repicado del corte	41
III.1.2.5	Horario de corte	43
III.1.2.6	Cantidad de forraje a cortar	47
III.1.2.7	Calidad de corte	47
III.1.2.8	Sistemas de corte	48
III.1.2.8.1	Corte alternativo por cizalla	48
III.1.2.8.2	Corte rotativo	51
	Corta-hileradoras con hélices	52
	Corta-hileradoras a tambores	54
	Cortadoras rotativas a discos	57
III.1.2.9	Acondicionadores mecánicos de forraje	65
III.1.2.9.1	Acondicionadores a rodillos	68
III.1.2.9.2	Acondicionadores con mayales	71
III.1.3	Manipulación del forraje cortado	73
III.1.3.1	Remoción del forraje tendido	78
III.1.3.2	Rastrillado del forraje tendido	82
III.1.3.2.1	Rastrillos de ruedas estelares	87

III.1.3.2.2	Rastrillos de barras paralelas y molinetes oblicuos	93
III.1.3.2.3	Rastrillos giroscópicos	94
III.1.3.3	Inversores y formadores de andanas	98
III.1.4	Confección del heno	101
III.1.4.1	Regulaciones para una correcta operación de embalado	106
III.2	Almacenamiento del heno	114
IV	Conclusiones	119
V	Bibliografía	121

## **Resumen**

Los productores agropecuarios de zonas áridas y semiáridas necesitan manejar múltiples riesgos; sus inversiones y producciones están sujetas a grandes variaciones e incertidumbres, entre ellas, los factores ambientales. Los sistemas de producción ganadera que predominan en el país son en base pastoril; en la región semiárida de Argentina, el pastizal natural es el recurso forrajero más importante para la ganadería vacuna, y se caracteriza por la baja productividad, la estacionalidad de su producción y susceptibilidad de la misma a los cambios en las temperaturas ambientales y precipitaciones. Durante los períodos de escasez forrajera se observan deficiencias nutricionales en los rodeos que repercuten en la respuesta productiva y económica del sistema. La disponibilidad de recursos alternativos al pastizal natural evitaría que el productor deba adaptar el manejo de la carga animal para acompañar a las fluctuaciones climáticas. En el presente trabajo, se realizó una búsqueda bibliográfica actualizada sobre especies forrajeras cultivadas que pudieran ser utilizadas como alternativa productiva al pastizal natural, y del proceso de henificación como herramienta para trasladar excedentes forrajeros hacia situaciones con déficits nutricionales. El cultivo de especies gramíneas forrajeras megatérmicas, como *Eragrostis curvula*, *Panicum coloratum* y *Digitaria eriantha*, se justificaría debido a su mayor eficiencia en el uso del agua, productividad y capacidad de adaptación ambiental, en particular a la variabilidad en las precipitaciones. La henificación del recurso forrajero permitiría elevar la eficiencia de utilización del mismo, pero es menester realizarla observando todos los pasos involucrados en el proceso debido al elevado potencial de pérdidas de nutrientes que posee la técnica.

**Palabras clave:** región semiárida central; ganadería bovina; *Eragrostis curvula*; *Panicum coloratum*; *Digitaria eriantha*; henificación

## **I. Introducción**

Entre los principales desafíos del siglo XXI se encuentran la alimentación de una población mundial en aumento, la disminución de la degradación de los suelos agrícolas y el control y reducción de la liberación de los gases de efecto invernadero hacia la atmósfera que contribuyen al cambio climático. Las opciones de uso y manejo del suelo que previenen su degradación, también disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero, promueven el secuestro de carbono y mejoran la seguridad alimentaria (FAO, 2007). La inversión en mejores técnicas de manejo del suelo, que conduzcan al incremento de su fertilidad y al secuestro de carbono, puede conducir a una mayor productividad agronómica contribuyendo, a su vez, al crecimiento económico, seguridad alimentaria y conservación de la biodiversidad.

Los productores agropecuarios de zonas áridas y semiáridas se ven obligados a manejar múltiples riesgos; sus inversiones y producciones están sujetas a grandes variaciones e incertidumbres, tales como la disponibilidad de mano de obra calificada, accesibilidad a las tecnologías de insumos y procesos y factores ambientales. Uno de los riesgos críticos surge de la gran variabilidad en las precipitaciones, con consecuencias en los rendimientos físicos y económicos de las empresas. Otros riesgos significativos que deben enfrentar son la variabilidad en los precios de los insumos que utiliza y la volatilidad de los precios de su producción.

Según Mortimore y Adams (1999, citado en FAO 2007), las múltiples limitaciones productivas de los sistemas de producción pueden encontrar una solución a través de tres caminos: (i) la diversificación de los factores de la producción, entendidos como tales al suelo, el capital, las tecnologías y el trabajo, con la debida racionalidad como para distribuir convenientemente los riesgos; (ii) la toma de decisiones activas y flexibles en el manejo diario de estos recursos para enfrentar y adaptarse a la variabilidad a corto plazo y, (iii) la toma de decisiones acumulativas, a largo plazo, que promoverán la generación de sistemas sostenibles y adaptables al ambiente en el que los productores desarrollan su actividad.

Los sistemas de producción ganadera que predominan en el país son en base pastoril (Rearte, 2007; Bragachini, 2008; Rearte, 2010; Pordomingo, 2013); en la región del Caldenal, dentro de la región semiárida de Argentina (Cabrera, 1971; Covas, 1963), el pastizal natural es el recurso forrajero más importante para la ganadería vacuna

(Covas, 1963; Cairnie, 1974; Covas y Cairnie, 1985; Cairnie, 1991; Privitello, 2004; Frasinelli y Veneciano, 2014) ( $\frac{2}{3}$  de la superficie total; tabla 1), donde la actividad ganadera predominante es la cría (tabla 2), con proporciones variables de recría e invernada según las zonas (Butti y col., 2012; Privitello, 2004).

**Tabla 1: participación de la superficie con cultivos implantados y con otros destinos sobre el total departamental (en porcentaje), en departamentos de La Pampa con características de la Región Semiárida Central (elaboración propia, con datos del INDEC, 2002).**

Deptos. de la RPSC	Campo natural y otros usos				Superficie implantada				Total implantado
	Pastizales	Bosques y/o montes	Otros usos <sup>(1)</sup>	Total natural	Cultivos y forrajeras		Bosques y/o montes	Sin discriminar	
					Anuales	Perennes			
					----- (%) -----				
Q. Quemú	20	16	64	28	58	42	0,09	0,02	72
Trenel	29	18	53	30	64	36	0,04	0,00	70
Capital	48	39	13	33	72	27	0,06	0,39	67
Realicó	33	5	62	34	65	35	0,04	0,00	66
Catriló	36	20	44	34	59	41	0,32	0,11	66
Conhelo	22	63	14	45	71	29	0,00	0,00	55
Atreucó	31	33	36	45	63	37	0,14	0,00	55
Rancul	9	87	4	45	75	25	0,00	0,00	55
Guatraché	30	56	14	51	76	24	0,12	0,01	49
Toay	17	80	3	76	61	39	0,09	0,07	24
Hucal	44	54	3	79	61	39	0,06	0,00	21
Loventué	24	75	1	87	22	78	0,04	0,00	13
Utracán	23	76	1	89	49	51	0,09	0,15	11
<b>TOTAL</b>	26	65	9	64	99,86				36

<sup>(1)</sup>: superficie apta no utilizada; no apta o desperdicio; caminos, parques y viviendas; sin discriminar uso.

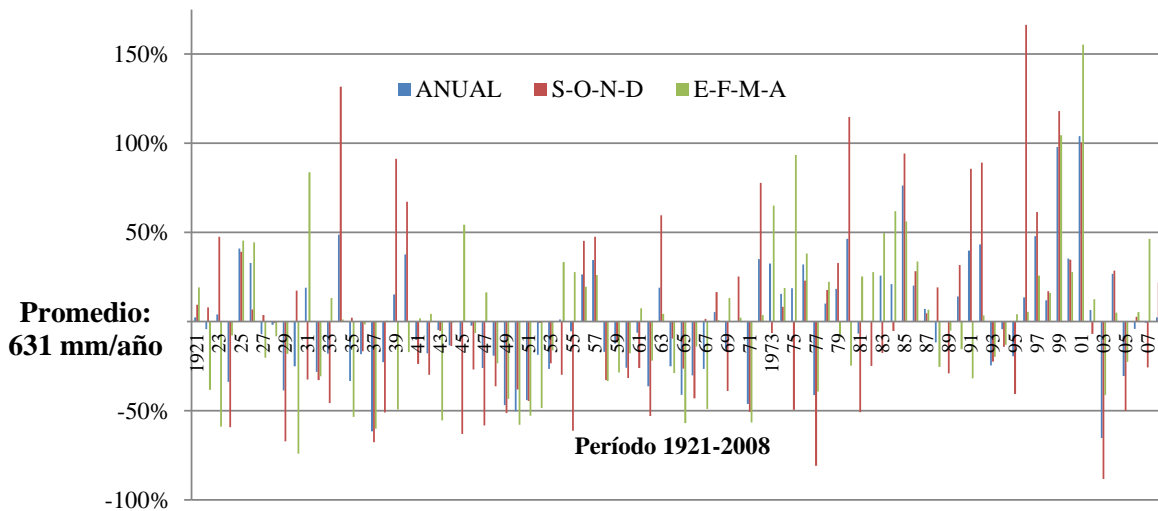


**Tabla 2: stock promedio de bovinos por categorías en algunos departamentos de la provincia de La Pampa tomado de las campañas de vacunación de aftosa entre 01-07-2002 y 31-12-2012 (elaboración propia, con datos del SIIA, 2013).**

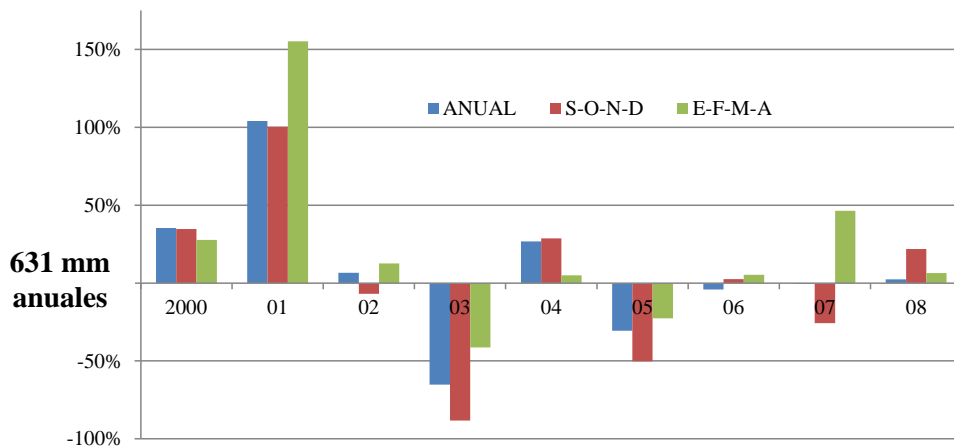
Departamentos analizados	Categorías						
	Novto.	Nov.	Terneros	Terneras	Vacas	Toros	Vaquillonas
Atreucó	29333	36714	20059	22839	54177	2859	28251
Capital	21165	22074	14868	16689	35957	2319	20599
Catriló	28390	35719	16122	21369	40003	2160	22980
Conhelo	45665	44763	27660	31111	75811	4863	31876
Loventué	11565	10379	28738	28566	107960	6050	21565
Toay	16568	15130	26402	26736	84507	4581	25442
Promedio departamental	25448	27463	22308	24552	66403	3805	25119
----- Participación relativa -----							
Por categorías	13,04%	14,08%	11,43%	12,58%	34,04%	1,95%	12,87%
Por actividad	Recría e internada			Cría			(1)
	33,56%			66,44%			

<sup>(1)</sup>: se consideró 50% en cría, y 50% en recría y/o internada.

Los pastizales naturales del Caldenal se caracterizan por la estacionalidad de su producción y susceptibilidad de la misma a los cambios en las temperaturas ambientales y precipitaciones (Adema y col., 2003; Lorda y col, 2008; Martín y col., 2008). En las figuras 1 y 2 se pueden apreciar, a modo de ejemplo, la variación interanual en las precipitaciones totales, de primavera (S-O-N-D) y verano (E-F-M-A), para una localidad de la provincia de La Pampa (Rucanelo). La variabilidad en la producción de forraje tiene relación directa con la variabilidad de las precipitaciones en la región (Piazza y col., 2010; Privitello y col., 2012).



**Figura 1: variación de la cantidad relativa (%) de lluvia precipitada respecto del promedio en Rucanelo –La Pampa- (elaboración propia; fuente: D.G.E. y C.).**



**Figura 2: variación de la cantidad relativa (%) de lluvia precipitada durante el período 2000-2008 respecto del promedio en Rucanelo (elaboración propia; fuente: D.G.E. y C.).**

La disponibilidad de recursos alternativos al pastizal natural, tales como pasturas perennes conformadas por gramíneas megatérmicas (especies C<sub>4</sub>) (Petruzzi y col., 2003; Veneciano y col., 2006; Echenique y col., 2008; Stritzler, 2008), o pasturas de leguminosas (especies C<sub>3</sub>) (Romero, 2011 a), así como forrajes conservados como henos, evitaría que el productor deba adaptar el manejo de la carga animal para acompañar a las fluctuaciones climáticas.

En la región semiárida central, las pasturas perennes artificiales conformadas por especies C<sub>3</sub> se deterioran, en general, al cabo de pocos años, 3 a 6, aún con buen manejo

(Covas, 1963; Romero, 2011 a, b), por efecto de diversas circunstancias, entre las que deben señalarse:

- i) Agotamiento de la humedad del suelo.
- ii) Acción de enfermedades, plagas y malezas incontrolables, o controlables a un costo elevado.
- iii) Longevidad limitada de las especies y dificultad con que se re-siembran, la mayor parte de ellas, por efecto de la competencia de las plantas ya establecidas, teniendo en cuenta que la humedad del suelo se encuentra a menudo en niveles críticos.
- iv) Diferencias en la aptitud competitiva y palatabilidad entre las especies que integran la pastura, cuando ésta es mixta.

El cultivo de pasto llorón (*Eragrostis curvula* -Schrad.- Nees), al igual que otras especies C<sub>4</sub> de reciente difusión, en suelos arenosos del sector semiárido constituye una excepción, de modo que puede “manejarse como pastura permanente” (Covas, 1963: 6).

También, es esperable que en el futuro surjan sistemas mucho más intensivos debido a que el principal insumo, la tierra, constituirá un factor escaso y caro (Bragachini, 2008; Rearte, 2010). En estos sistemas, el alimento se provee al animal en forma de ración balanceada, disminuyendo la cosecha directa del forraje mediante el pastoreo. La mecanización de la cosecha del forraje permitiría elevar la eficiencia de aprovechamiento del recurso forrajero al 90% (Bragachini y col., 2013 a), dado que con el pastoreo directo del mismo sería difícil alcanzar ese nivel de uso del forraje (Gomez, 1981; Vicentin y col., 2013), siendo al mismo tiempo incompatible con una producción secundaria eficiente (Giordano y col., 2013; Bragachini y col., 2013 a). Sin embargo, la tecnificación de la cosecha del forraje debería complementarse con el cuidado de la calidad del nuevo producto obtenido, el forraje almacenado, en pos de la ansiada eficiencia.

Con estos argumentos, los forrajes conservados de calidad tienen y tendrán un papel estratégico en la competitividad de los sistemas ganaderos, en un contexto de intensificación de la ganadería con crecimiento en la utilización de tecnologías de insumos y procesos, pretendiendo elevar la productividad del recurso tierra. La competitividad de la ganadería bovina dependerá de la producción de altos volúmenes de materia seca (MS) de forraje por hectárea con la mejor calidad posible, su almacenamiento y conservación adecuados para evitar pérdidas, para ofrecer

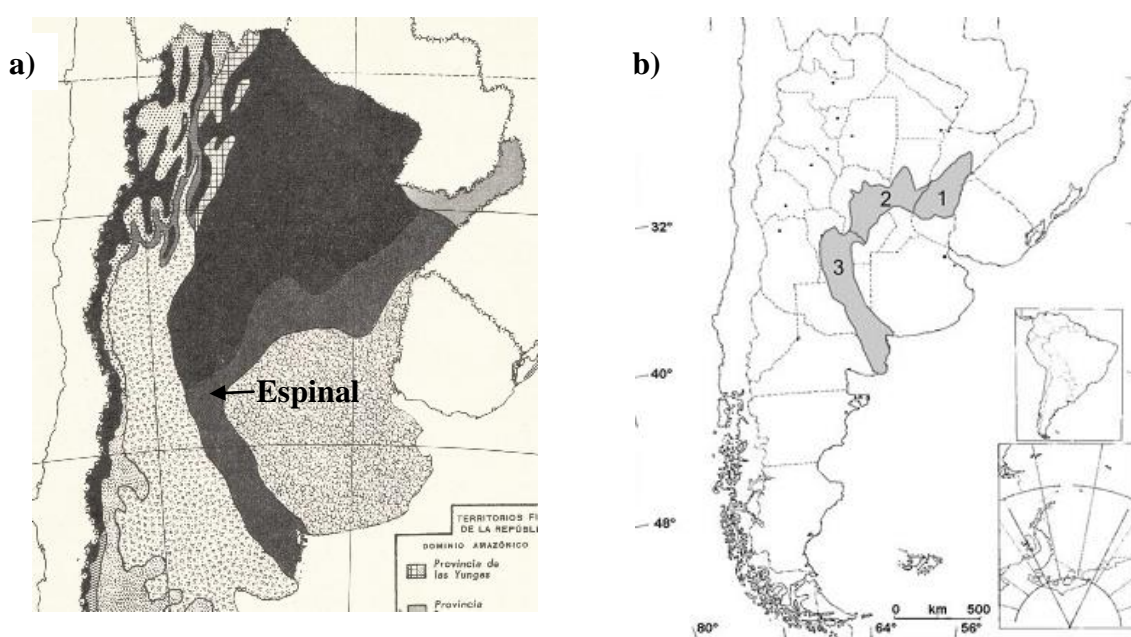
formulaciones de ración balanceadas a los requerimientos que exigen las distintas situaciones productivas, alcanzando los mejores índices de conversión con el menor costo posible.

Es por ello que, en el presente trabajo, se plantea una revisión bibliográfica tendiente a reunir información relacionada con los procesos de corte e hilerado del forraje en pie, manejo del forraje cortado, henificación y almacenaje del mismo. También, se abordará la producción y utilización de pasturas perennes conformadas por especies  $C_4$ , con posibilidad de ser utilizadas para henificar en la región del Caldenal, y de esta forma trasladar excedentes forrajeros estacionales, de manera planificada, para ser empleados en los momentos de escasez forrajera o para balancear las dietas de los rodeos, de acuerdo a las necesidades productivas y los requerimientos empresariales.

## II. Pasturas en sistemas ganaderos de la región Pampeana Semiárida Central

### II.1 Ubicación y régimen de lluvias de la región

El distrito del Caldén se sitúa dentro de la provincia del Espinal, dominio Chaqueño, según la clasificación de territorios fito-geográficos de la República Argentina (figuras 3 y 4). Se extiende por el centro y sur de San Luis, centro de La Pampa hasta el sur de Buenos Aires (Cabrera, 1971; Agencia Córdoba D.A.T. y C. S.E.M., 2002; Menéndez y LaRocca, 2006).

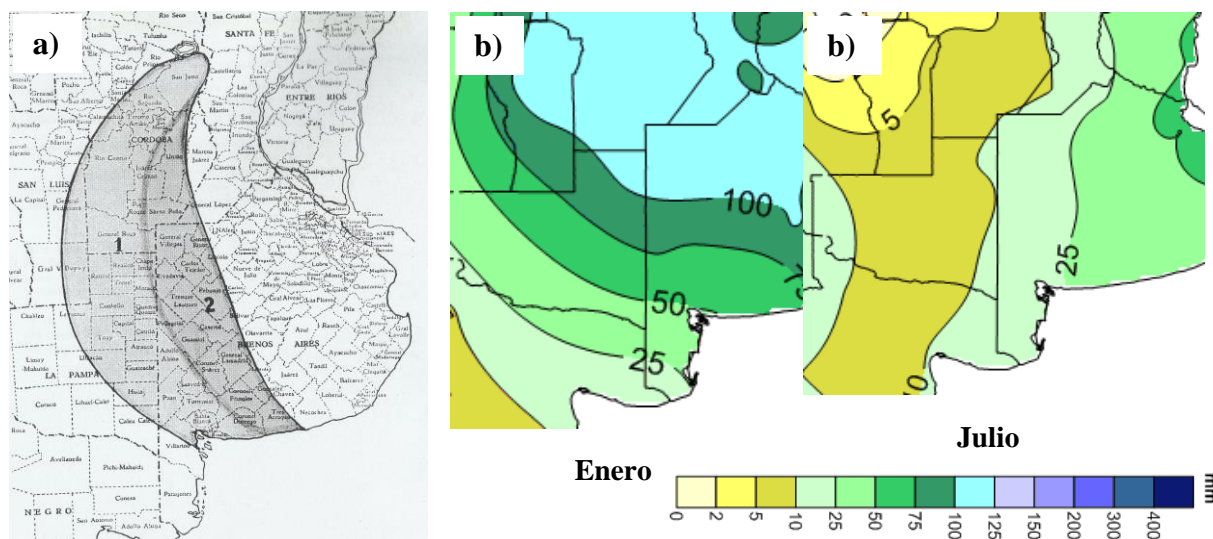


**Figura 3: (a) provincia del Espinal, (b) distritos del Espinal; 1, 2 y 3 representan a los distritos Ñandubay, Algarrobo y Caldén, respectivamente. Fuentes: (a) Cabrera, 1971; (b) Menéndez y LaRocca, 2006.**

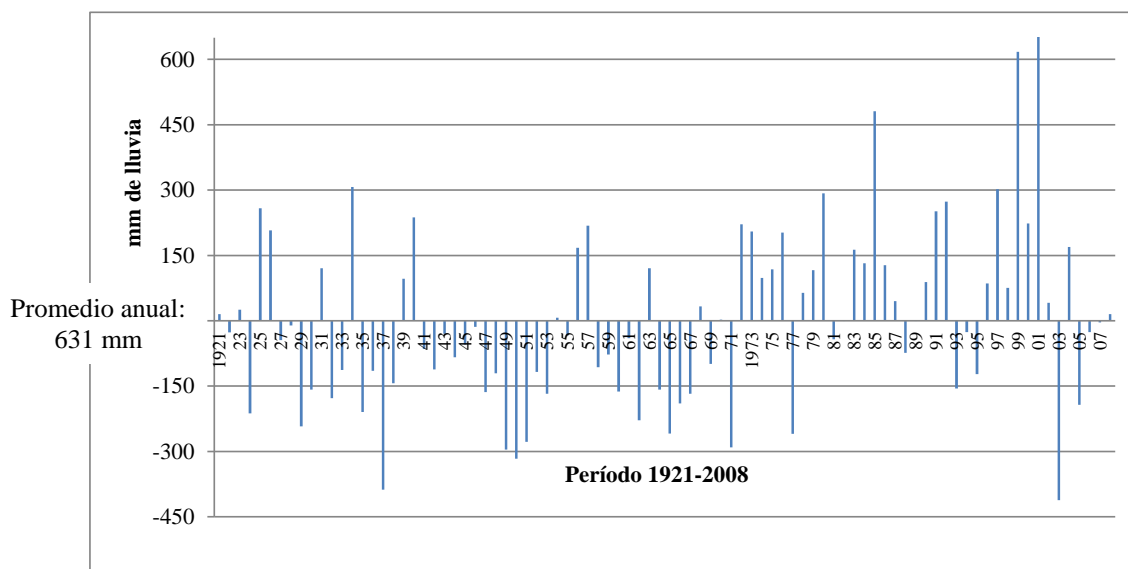


**Figura 4: distribución del *Prosopis caldenia* Burkart dentro del distrito del Caldén. Fuente: AGENCIA CÓRDOBA D.A.T. y C. S.E.M., 2002.**

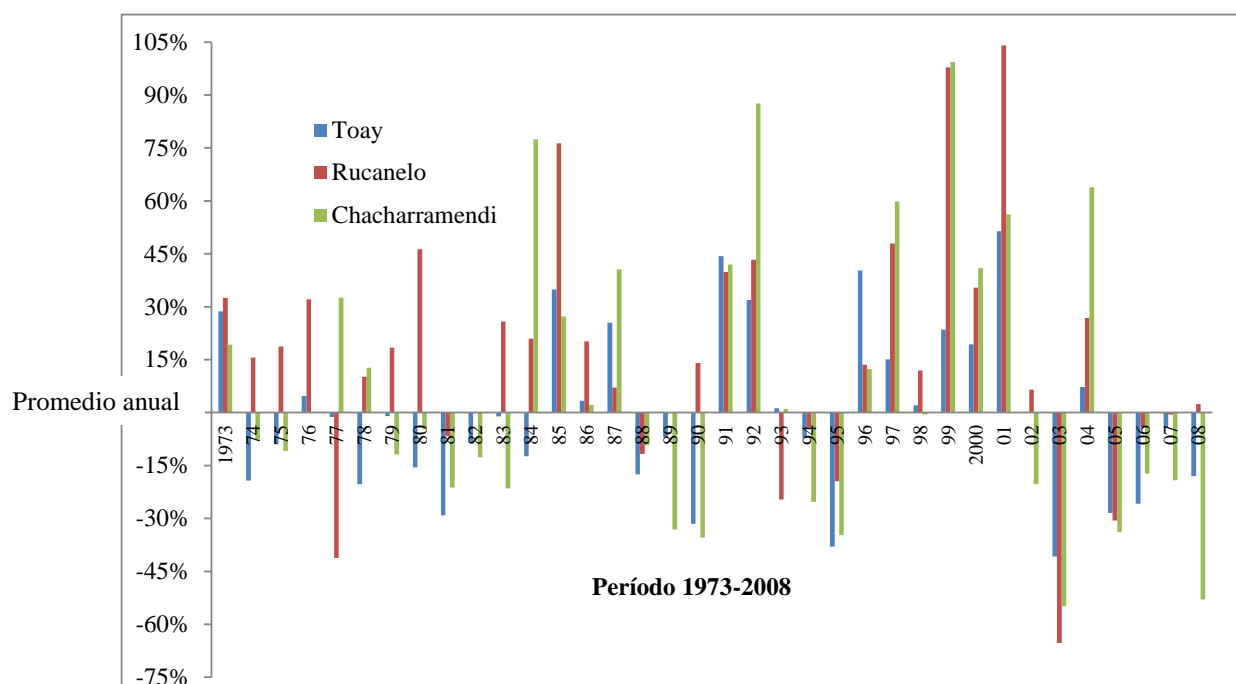
Esta zona de la llanura pampeana, recibe entre 450 y 750 mm de lluvia por año, abarca uno de los sectores ganaderos más importantes de nuestro país (figura 5) (Covas, 1963), y es denominada región Pampeana semiárida (Covas, 1982; Viglizzo, 1982). Es un ambiente con un gradiente continuo de precipitaciones, cuyo promedio es intermedio entre zonas húmedas y áridas (Salas, 2000); la distribución interanual de las lluvias indica que el promedio resulta una pobre expresión de la realidad, ya que se compone de manera imprevisible por años húmedos y años secos (figuras 6 y 7) (Viglizzo, 1982; Stritzler y col., 1996; Frasinelli y col., 2004; Stritzler y col., 2007). Debido a la escasez de precipitaciones, la alta evapotranspiración potencial y el bajo grado de evolución de los suelos, los ecotonos Caldenal-Monte Occidental y Caldenal-Jarillal presentan severas limitaciones climáticas y edáficas para la producción de forraje (Adema y col., 2003; Martín y col., 2008; Butti y col., 2012).



**Figura 5: delimitación aproximada de la región pampeana (1) semiárida y (2) subhúmeda; y precipitaciones durante el mes más cálido (Enero) y frío (Julio), valor normal de la serie 1960-2011. Fuentes: (a) Covas, 1963; (b) Instituto Clima y Agua-INTA.**



**Figura 6: variación inter-anual de las precipitaciones, en mm, respecto del promedio en Rucanelo (La Pampa). Fuente: elaboración propia, con datos de la D.G.E. y C.**

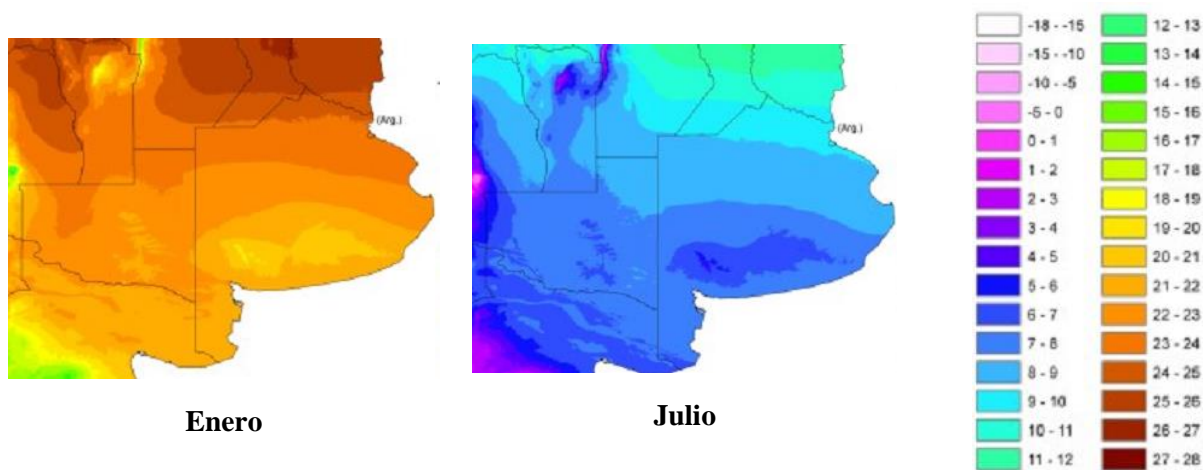


**Figura 7: variación inter-anual de las precipitaciones, en porcentaje, respecto del promedio en localidades de La Pampa. Fuente: elaboración propia, con datos de la D.G.E. y C.**

Adema y col. (2003) hallaron que el uso consuntivo (UC) anual para la zona de Chacharramendi fue semejante al valor de las precipitaciones registradas para el mismo período analizado. Este paralelismo entre el UC y las lluvias reflejó la dependencia por esta última que presentaba la vegetación. Aunque, el perfil del suelo acumuló agua por

breves períodos de tiempo, el crecimiento de la vegetación natural se produjo por pulsos estrictamente relacionados con la ocurrencia de las lluvias.

La condición de humedad y temperatura del suelo, la intensidad lumínica y el régimen de temperaturas del aire (figura 8) junto con el período del año libre de heladas, también, contribuyen a caracterizar esta zona (Covas, 1982; Frasinelli, 1997; Veneciano, 2006).



**Figura 8: mapas digitales de temperaturas medias mensuales del mes más cálido (Enero) y más frío (Julio). Fuente: Bianchi y Cravero, 2010.**

En esta región, el pastizal natural es el recurso forrajero más importante para la ganadería vacuna (Covas, 1963; Cairnie, 1974; Covas y Cairnie, 1985; Cairnie, 1991; Privitello, 2004; Frasinelli y Veneciano, 2014), donde la actividad ganadera predominante es la cría, con proporciones variables de recria e internada según las zonas (Butti y col., 2012; Privitello, 2004)

Estos pastizales son de escasa productividad (Covas, 1982; Cano y col., 1988 a, b; Butti y col., 2012), ya que una proporción importante de sus especies integrantes son pastos duros o malezas introducidas de reducido valor forrajero (Covas, 1963; Sala y col., 1981; Covas, 1982; Frasinelli, 1997); los pastos nativos con valor forrajero escasean en los potreros como consecuencia del sobrepastoreo a que fueron sometidos en la región (Wysiecki, 1993; Fernández, 2003; Martín y col., 2008; Fernández y col., 2009), y la estacionalidad de su producción dependerá de la composición florística (Sala y col., 1981; Wysiecki, 1993; Adema y col., 2003; Llorens, 2013).

La disponibilidad de recursos alternativos al pastizal natural, tales como pasturas perennes conformadas por especies con ciclo de crecimiento otoño-primaveral o



especies gramíneas megatérmicas (especies C<sub>4</sub>) (Petruzzi y col., 2003; Veneciano, 2006; Echenique y col., 2008; Stritzler, 2008; Frasinelli y Veneciano, 2014), así como forrajes conservados como henos (Borrajo, 2010), evitaría que el productor deba ajustar la carga animal para acompañar a las fluctuaciones climáticas y el crecimiento estacional de las especies forrajeras (Wysiecki, 1993). En la región Pampeana semiárida central, las características climáticas, como la distribución estacional de las precipitaciones, perjudican a las especies de crecimiento otoño-primaveral. La oferta forrajera invernal constituye el aspecto crítico de la actividad pecuaria regional, ya que los rodeos no alcanzan a cubrir sus requerimientos de materia seca cuando ocurren sequías invernales intensas (Covas, 1982; Cairnie, 1982).

*Por mejor que se maneje el pastizal natural, la potencialidad de éste de acuerdo a las mediciones realizadas por cortes y determinación de materia seca en pastizales bien conservados, no compite con las pasturas cultivadas (Covas, 1982: 31).*

Es por ello que, se ha buscado incluir a las gramíneas megatérmicas perennes en la conformación de la base pastoril (Frasinelli y Veneciano, 2014).

## **II.2 Pasturas megatérmicas**

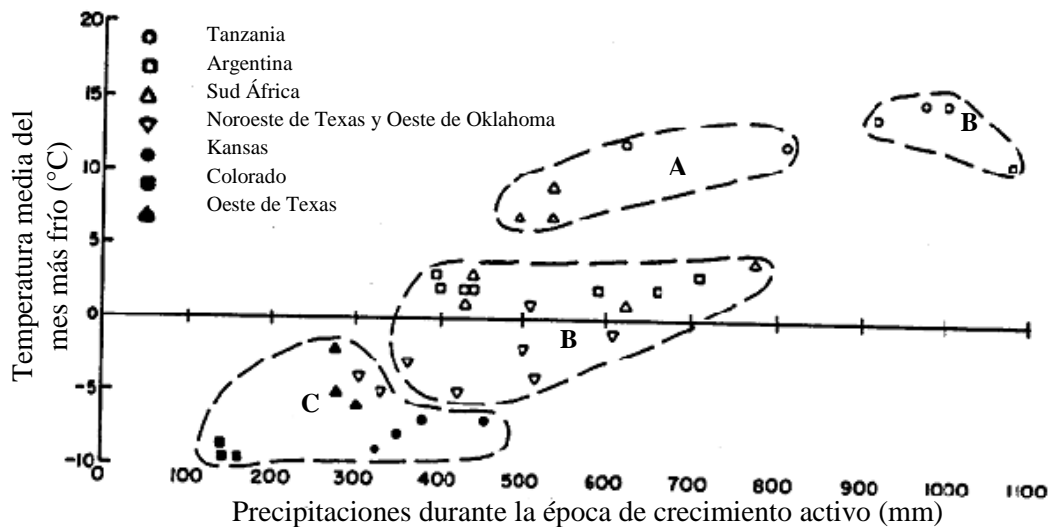
Las condiciones ambientales de la región Pampeana semiárida permiten una agricultura forrajera diversificada. La pluralidad de recursos forrajeros hace posible establecer cadenas de pasturas perennes y estacionales con las que se puede lograr un alto nivel de producción (Covas, 1982; Veneciano, 2006; Bandera y col., 2013; Ávila y col., 2014).

La inclusión de pasturas megatérmicas perennes en los establecimientos de cría basados en pastizales naturales permite aumentar la receptividad de los campos. Además, permite simplificar el manejo, diversificar la producción y disminuir los costos de producción, a la vez que, otorgaría estabilidad ambiental y económica a los sistemas de producción (Cairnie, 1991; Frasinelli, 1997; Pordomingo, 1997; Frasinelli y col., 2004; Frasinelli y col., 2009; Díaz y col., 2010; Bandera y col., 2013; Frasinelli y Veneciano, 2014).

### **II.2.1 Pasto llorón (*Eragrostis curvula* -Schrader- Nees)**

En la región Pampeana semiárida central, el pasto llorón es la especie megatérmica de referencia, por conocimiento y difusión (Bandera y col., 2013), siendo

esta la forrajera más cultivada en la zona semiárida templada del país, representando una solución técnica-económica de magnitud para la producción agropecuaria de dicha región (Covas y Cairnie, 1985; Fernández y col., 1991). Se adapta a una amplia variedad de suelos (Gamble, 1970; Merino y col., 1983; Covas y Cairnie, 1985; Johnston y col., 2006), no salinos (Dalrymple, 1970; Merino y col., 1983), con preferencia por aquellos con textura arenosa a franco-arenosa (Cox y col., 1988; Busso y Brevedan, 1991; Torres Carbonell y Marinissen, 2012) y tolera bajos niveles de fertilidad (Montani y Fernández, 1991). El pH del suelo tiene poca influencia en su adaptación ambiental, pudiendo persistir en suelos con pH de 3,3 (Gamble, 1970; Merino y col., 1983; Dahl y Cotter, 1984; Butler y col., 2003), aunque crece mejor en el rango de 7 a 8,5 (Ávila y col., 2014). Resulta intolerante a los suelos sódicos (Gamble, 1970; Merino y col., 1983), al anegamiento o suelos pobremente drenados (Gamble, 1970; Dahl y Cotter, 1984; Butler y col., 2003); un cultivo establecido sobrevivirá unos pocos días (cinco a siete) en condiciones de anegamiento (Gamble, 1970; Butler y col., 2003). El sistema radical puede alcanzar profundidades de hasta 4,5 m (Covas y Cairnie, 1985; Fagioli, 1980), lo cual le confiere la capacidad para utilizar el agua disponible en estratos profundos del perfil edáfico, siendo éste uno de los mecanismos que le confiere la tolerancia a sequías en ambientes semiáridos o en suelos arenosos con baja capacidad de retención de agua (Fagioli, 1972 b; Hodgkinson, 2010). Los consumos hídricos en verano pueden alcanzar los 4 a 5 mm.día<sup>-1</sup> bajo condiciones de alta demanda ambiental (Fagioli, 1972 a). Montani y col. (1996) afirmaron que una de las estrategias de supervivencia de la especie, en ambientes áridos y semiáridos, está dada por la relación biomasa aérea/biomasa subterránea inferior a la unidad. Varios autores, indicaron que se adapta a suelos poco profundos, con perfiles menores a 50 cm de profundidad (Lauric y col., 2011; Bandera y col., 2013). Esta especie sobrevive en regiones con precipitaciones mayores a 350 mm, durante la época de activo crecimiento, y una temperatura mínima promedio del mes más frío superior a -5°C (Cox y col., 1988) (figura 9).



**Figura 9: efecto de la temperatura media de invierno y la precipitación de verano sobre la persistencia de *E. curvula* en los hemisferios norte y sur (adaptado de Cox y col., 1987). A: sitios donde el pasto llorón es invasivo; B: sitios donde sobrevive pero no es invasivo; C: sitios donde muere.**

Dentro de las cualidades del pasto llorón, se pueden destacar las siguientes (Álvarez Beramendi, 1974; Cairnie, 1982; Covas y Cairnie, 1985; Montani y Fernández, 1991; Hernández, 1991):

- ✓ Seguridad y elevado potencial de producción de forraje, comparado con el pastizal natural, permitiendo una alta receptividad ganadera durante el período de activo crecimiento.
- ✓ Su introducción en los sistemas de producción complementa a las especies nativas, permite implementar rotaciones que favorecen la producción de semilla y la vigorización de las especies del pastizal natural.
- ✓ Rebrotan temprano en la primavera, con un periodo amplio de producción; aunque alrededor del 80% de su producción se genera durante el periodo primaveral.
- ✓ Tolera sobrepastoreo y estrés climático.
- ✓ Se adapta a suelos de baja fertilidad y presenta excelente respuesta a la fertilización nitrogenada.
- ✓ Mejora la estructura del suelo e incorpora materia orgánica, siendo ideal para la consolidación de médanos y acciones conservacionistas.
- ✓ Se asocia bien con leguminosas como tréboles de olor (*Melilotus alba* o *M. officinalis*), alfalfa (*Medicago sativa*) o vicias (*Vicia dasycarpa*, *V. sativa* o *V. villosa*).

✓ Comportamiento agresivo una vez implantado; la competencia que ejerce por los recursos debido a su elevada eficiencia en el uso de agua y su tolerancia al pastoreo, le permite dominar malezas como roseta (*Cenchrus pauciflorus*), sorgo de Alepo (*Sorghum alepensis*), gramón (*Cynodon dactylon*), pasto puna (*Stipa brachychaeta*), olivillo (*Hyalis argentea*), entre otras.

✓ Se descarta para nuestra región el comportamiento de maleza potencial, a diferencia de lo que ocurre en otras partes del mundo -FIRN, 2009; D.A.F.F., 2013- ya que se mantiene dentro de los límites de las áreas de cultivo y puede ser erradicada fácilmente con agroquímicos o en la primera aradura.

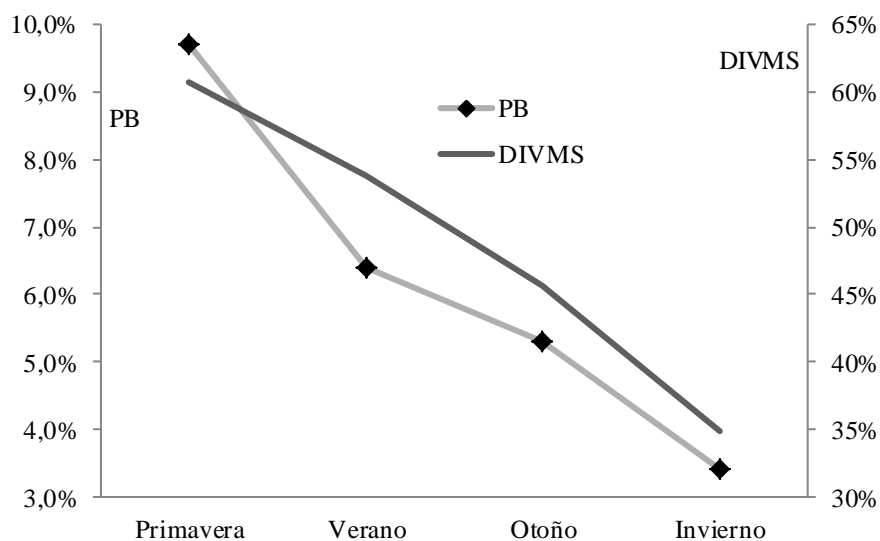
✓ Comparado con otros cultivos, requiere un bajo nivel de insumos.

✓ Tiene muy buena sanidad.

✓ Moderada calidad nutricional del forraje.

✓ El pasto llorón es una especie que responde a las quemas prescriptas mejorando su productividad al mantener o incrementar el vigor del forraje y calidad, aumentando la producción de semilla.

Estas virtudes, presentes en el pasto llorón, lo tornan insustituible en la cadena forrajera de la región Pampeana semiárida central; siendo el problema más importante su pérdida de calidad nutricional a lo largo del ciclo de crecimiento (Covas y Cairnie, 1985; Rommann, 1988; Coria y col., 2009; Stritzler y col., 2009; Bolletta y Lagrange, 2011; Covas y col., 2011) (figura 10).



**Figura 10: variación del porcentaje de proteína bruta (PB) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del pasto llorón a través de las estaciones del año en ambientes de la región Pampeana semiárida central (adaptado de Stritzler, 2008).**

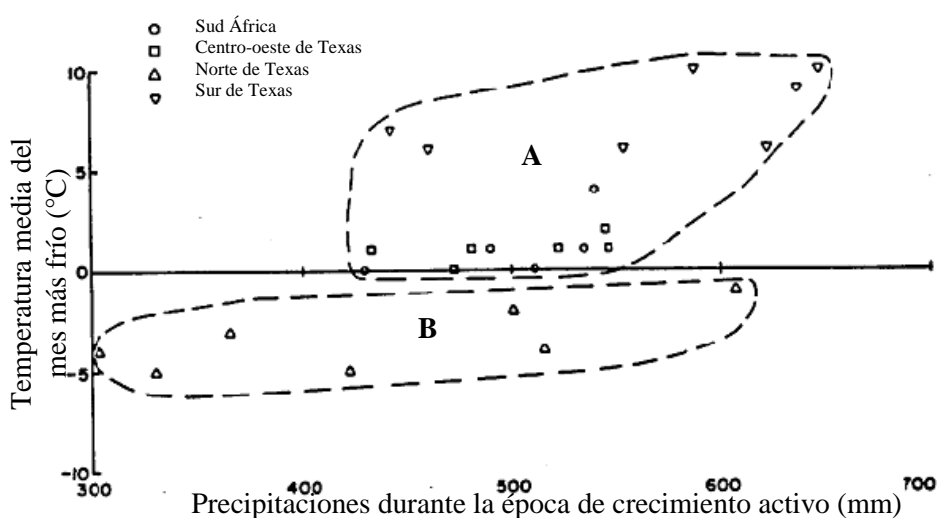
La evolución de la calidad del pasto llorón, durante su ciclo de crecimiento, indica que puede henificarse obteniendo un producto con características aceptables, pero solamente a partir de cortes realizados durante la primavera (Laborde, 1991). De este modo, el heno puede emplearse como suplemento proteico en pastoreos de llorón diferido (Laborde, 1991; Frasinelli y col., 2004). La henificación de este recurso en otros momentos sólo constituye un aporte de forraje voluminoso; la decisión de realizarlo estará influenciada por cuestiones económicas, como el ingreso marginal de la técnica y el costo para obtener y ofrecer el heno; o por la necesidad de contar con materia seca como herramienta de previsión de inviernos secos ante la ausencia de otro recurso forrajero de mejor calidad. Se considera que sólo el primer rebrote primaveral provee forraje con buen valor nutritivo; con el avance de la estación de crecimiento su calidad nutricional decae constantemente perdiendo capacidad para cubrir altos requerimientos o para transferir nutrientes como diferido en pie (Stritzler y Petruzzi, 2012).

Para superar estos problemas, relacionados con la pérdida del valor nutritivo de esta especie y la baja productividad del pastizal natural, se realizaron trabajos de introducción, selección y evaluación de otras especies forrajeras megatérmicas (Covas, 1963; Covas, 1974; Covas, 1982; Frasinelli, 1997; Veneciano, 2006; Stritzler, 2008),

con características similares de adaptación al ambiente y producción, pero con mejor valor nutritivo. A partir de estos trabajos se inició la transferencia, a los sistemas de producción de la región, de las especies: mijo perenne (*Panicum coloratum* L. var. *coloratum*) y digitaria (*Digitaria eriantha* Steudel ssp. *eriantha*) (Petruzzi y col., 2003; Díaz y col., 2010; Stritzler y Petruzzi, 2012; Frasinelli y Veneciano, 2014; Ávila y col., 2014).

### II.2.2 Mijo perenne o pasto Klein (*Panicum coloratum* L. var. *coloratum*)

Es una gramínea de crecimiento primavero-estival, perteneciente a la tribu de las Paniceas. Es un recurso que prospera bien en ambientes con precipitaciones de ocurrencia estival por encima de 400 mm anuales (Cox y col., 1987; Veneciano, 2006; Esquivel, 2008). Tiene alta tolerancia a sequía y frío (Torres Carbonell y Marinissen, 2010; Ávila y col., 2014), y requiere un período mínimo libre de heladas de 190 días (Cox y col., 1987; USDA-NRCS, 2008). En su centro de origen, los rangos de temperaturas mínima y máxima media mensual oscilan entre -2 a 17 °C y 16 a 31 °C, respectivamente (Cox y col., 1987); para que sobreviva inviernos secos la temperatura mensual promedio del mes más frío debe superar los 0 °C (figura 11). En la RPSC, el cultivar Verde ha sobrevivido a heladas de hasta -18 °C (Petruzzi y col., 2003); pero también existen otros cultivares menos tolerantes (Cook y col., 2005).



**Figura 11:** efecto de la temperatura media de invierno y la precipitación de verano sobre la persistencia de *P. coloratum* en los hemisferios norte y sur (adaptado de Cox y col., 1987).

**A:** sitios donde mijo perenne persistió pero no fue invasivo; **B:** sitios donde no sobrevivió.

Se la utiliza como estabilizadora de suelos (Cook y col., 2005; Carr, 2014); su habilidad para producir coronas de 90 a 180 cm de diámetro es una característica deseable, en particular donde pueden ocurrir anegamientos (R.A.H.P.C., 1972). Crece bien en suelos arenosos, francos o arcillosos, con bajos niveles de fertilidad (Cox y col., 1987; Petruzzi y col., 2003; Cook y col., 2005; Torres Carbonell y Marinissen, 2010). Las raíces del cv. Bushman Mine (*P. coloratum* L. var. *coloratum*) pueden alcanzar 1,8 m de profundidad (Cook y col., 2005). Como el pasto llorón, crece bien en suelos bien drenados, pero a diferencia de aquél, tolera suelos pobremente drenados (Butler y col., 2003), anegamientos e inundaciones (Cook y col., 2005), y puede producir en suelos poco profundos, requiriendo un perfil mínimo de 40 cm (USDA-NRCS, 2008).

El rango de pH edáfico para su crecimiento y desarrollo es más acotado que el de pasto llorón, siendo de 5,1 a 8,5 (Butler y col., 2003; USDA-NRCS, 2008), existiendo diferencias entre cultivares. Butler y col. (2003) lo calificaron como tolerante a suelos ácidos, aunque con problemas para crecer en éstos cuando existía  $Al^{+3}$  en la solución edáfica. Posee moderada a alta tolerancia a salinidad en el suelo (Cook y col., 2005; Esquivel, 2008; Bandera, 2012; Aguirre y col., 2013), y soporta bien suelos sódicos (Torres Carbonell y Marinissen, 2010; Otondo, 2011); ostenta una tolerancia media a  $CaCO_3$  (USDA-NRCS, 2008). Existe variabilidad genética para la tolerancia a salinidad (Pittaro y col., 2013; Pittaro, 2014); algunos genotipos alcanzan a producir hasta el 50% de su potencial forrajero en suelos con CE de 16,4 dS/m (Cook y col., 2005). Esta característica es importante, ya que el contenido de agua útil en suelos salinos se reduce 25% por cada 4 dS/m de CE del extracto de suelo saturado (Butler y col., 2003).

Medianamente tolerante a la acción del fuego (USDA-NRCS, 2008); sobrevive a quemas anuales, aunque no es una práctica común en la mayoría de las áreas donde crece debido a que la calidad aceptable del forraje diferido es una característica que lo distingue del pasto llorón. El fuego puede estimular la emergencia de nuevas plántulas en la pastura (Petruzzi y col., 2003; Cook y col., 2005). Se asocia bien con leguminosas, en intersembras una vez que el mijo perenne está implantado o en siembras consociadas (Dovel y col., 1990; Petruzzi y col., 2003; González y col., 2004).

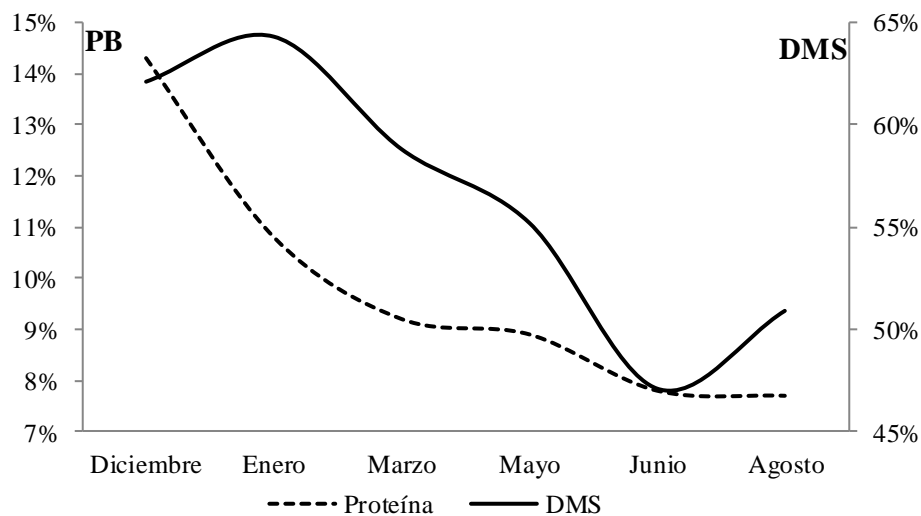
Muchas de las especies del género *Panicum ssp.* (incluso mijo perenne) contienen saponinas causantes de dermatitis por fotosensibilización en rumiantes, asociado al pastoreo de plantas estresadas (Thomas, 2004); esto podría ocurrir entre el fin de

primavera e inicio del verano, cuando sobrevienen condiciones muy calurosas después de una lluvia abundante. Los animales más jóvenes son más susceptibles; para evitar este problema, deberían realizarse pastoreos cortos e intensos con animales adultos. En la región, hasta el presente, no se han reportado esos problemas (Petruzzi y col., 2003).

Dentro de las cualidades del mijo perenne, aplicables a la región, se pueden destacar las siguientes (Petruzzi y col., 2003; Cook y col., 2005; Veneciano, 2006; USDA-NRCS, 2008; Leonhardt y Butti, 2009; Ferri, 2010; Torres Carbonell y Marinissen, 2010):

- ✓ Larga perennidad y persistencia: se registran cultivos con más de 15 años de edad.
- ✓ Alta tolerancia a sequía y heladas.
- ✓ Se desconocen plagas o enfermedades que puedan afectar al cultivo.
- ✓ Existe variabilidad genética para la tolerancia a salinidad.
- ✓ El forraje es de mejor calidad que el de pasto llorón durante todo el ciclo (figura 12), logrando mejores diferimientos invernales como cultivo en pie o heno.
- ✓ El inicio del rebrote de primavera se produce después del de llorón, pudiendo complementarse entre ambos en una cadena forrajera que además contemple al campo natural.
- ✓ Aunque de menor rendimiento que pasto llorón, se pueden cosechar hasta 8 t MS·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>.
- ✓ Existen cultivares estoloníferos y rizomatosos, ideales para estabilizar suelos con procesos de erosión. Puede originar raíces desde los nudos del tallo cuando éstos hacen contacto con el suelo.
- ✓ Se adapta a suelos de baja fertilidad, pero ha habido selección genética para lograr mejores respuestas a fertilización nitrogenada.
- ✓ Se asocia bien con leguminosas, como alfalfa y *Vicia villosa*.
- ✓ Su alta palatabilidad lo vuelve susceptible al sobre-pastoreo o al pastoreo selectivo cuando está acompañado de especies menos palatables.





**Figura 12: variación del porcentaje de proteína bruta (PB) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del mijo perenne a través del año (adaptado de Stritzler y col., 1997).**

Se considera un recurso adecuado para diferir en pie sólo si se aplica un período corto de diferimiento y momentos tempranos de uso (Steinberg y col., 2012). La duración del período de diferimiento modifica la biomasa total acumulada, la altura de los macollos reproductivos, el porcentaje de láminas y la relación lámina/tallo (Ferri y col., 2005), impactando sobre el consumo de forraje, la eficiencia de conversión del alimento y de cosecha (Ferri y col., 2011). Por estos motivos, en la zona de Santa Rosa (La Pampa), el período de diferimiento debería comenzar desde fines de enero o principios de febrero (Ferri y col., 2005; Ferri y col., 2006). El forraje de mijo perenne conservado en pie presentaría un nivel de proteína suficiente para satisfacer los requerimientos de los animales sin la necesidad de realizar suplementación nitrogenada y valores superiores al 55% de digestibilidad (Steinberg y col., 2012).

Esta especie es utilizada tanto para el suministro de forraje en pie (en la época de crecimiento o diferido) como para la confección de heno (Sanderson y col., 1999; Cook y col., 2005; Esquivel, 2008; Carr, 2014). Se puede afirmar que posee una ventana más amplia que el pasto llorón para elegir el momento de henificación. Petruzzi y col. (2003) informan que, entre el fin de la primavera y los meses de verano, se pueden henificar pasturas de mijo perenne y obtener pacas con valores de proteína bruta cercanos al 11% y DMS superior al 62%. Estos autores, también señalaron que la confección de heno

con el remanente del cultivo después de cosechada la semilla podía generar un producto con 54% de digestibilidad y 8% de proteína.

### II.2.3 Digitaria (*Digitaria eriantha* Steudel ssp. *eriantha*)

Especie nativa de África, al igual que las dos anteriores, perteneciente a la tribu de las Paniceas (Theunissen, 1997; Dannhauser, 2012), perenne, cespitosa y con rizomas vigorosos, a veces desarrolla estolones, características que contribuyen a la provisión de abundante cobertura de la superficie del suelo (Theunissen, 1997; Cook y col., 2005); la importante cobertura de mantillo que genera esta especie también suma en este sentido (Frasinelli y col., 2014 a). Debido a la capacidad para generar estolones, ciertas variedades reaccionan como especies pioneras típicas (Theunissen, 1992). Los ecotipos estoloníferos, en general, son menos palatables que aquellos cespitosos (Theunissen, 1997). Desarrolla un sistema radicular muy fibroso y profundo (Torres Carbonell y Marinissen, 2010).

De elevada perennidad; en Australia existen cultivos que alcanzaron los 35 años de edad bajo pastoreo (NSW-DPI, 2003). La tabla 3 reseña los valores obtenidos en algunas variables de interés agronómico para esta forrajera en comparación con pasto llorón, después de 10 años de implantadas en la zona del paraje Soven (Sur del departamento Pedernera, San Luis).

**Tabla 3: variables con interés agronómico en pasturas de digitaria y pasto llorón luego de 10 años desde la siembra, en San Luis (adaptado de Frasinelli y col., 2014 a).**

Variables	Especies	
	Digitaria	P. llorón
Cobertura, %	55	73
Frecuencia, %	100	100
Densidad, plantas/m <sup>2</sup>	9,7	10,4
Diámetro de corona, cm	13,5	14,2
Cobertura de malezas, %	10	0,7
Suelo desnudo, %	2	2
Mantillo, %	4,7	1,6

Aunque el pasto llorón presentó mayor cobertura que digitaria, ambos valores pueden ser considerados aceptables. La abundancia de malezas indicó que pasto llorón fue mejor competidor; destacandose la presencia de la maleza “falso alcanfor”

(Frasinelli y col., 2014 a: 30), *Heterotheca subaxillares* (Lam.) Britt. & Rusby, la cual manifestó un crecimiento poco vigoroso en competencia con digitaria.

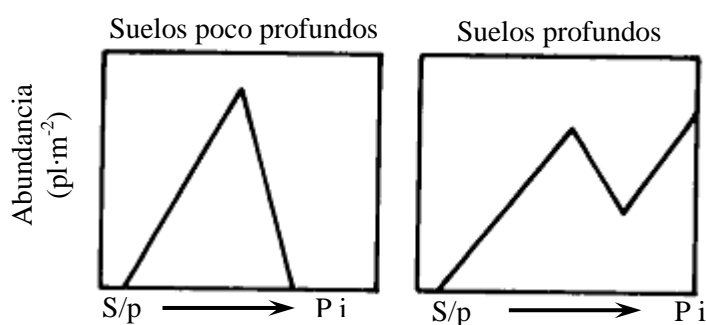
Es una especie adaptada a regiones tropicales y subtropicales con lluvias estivales superiores a los 500 mm (Veneciano, 2006), aunque se la encuentra en regiones con precipitaciones anuales que oscilan entre 250 y 1000 mm, con lluvias erráticas y sequías estacionales (Theunissen, 1992; Theunissen, 1997). Es considerada resistente a sequía (Cook y col., 2005; Veneciano, 2006). Su centro de origen presenta veranos templados a cálidos e inviernos fríos a menudo con heladas (Cook y col., 2005). Crece bien en ambientes con una temperatura media anual superior a 15 °C, existiendo variabilidad entre accesiones para la tolerancia a heladas y en la capacidad de rebrote después de las heladas (Cook y col., 2005). Veneciano (2006) indicó tolerancia a heladas de -18,2 °C a 0,05 m sobre el nivel del suelo en inviernos típicos de la región donde se halla la EEA INTA San Luis, sin afectar al cultivo. También manifestó que, durante inviernos benignos donde se generaron rebrotes vigorosos, seguidos de fríos intensos provocaron una importante mortandad de plantas jóvenes (de un año), pero sin afectar a cultivos con más de dos años.

Puede crecer en suelos de baja fertilidad, aunque con poca productividad (Moore, 2006; Veneciano, 2006). Responde muy bien a las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno durante la estación de crecimiento (Gargano y col., 2003), siempre que se ajusten a las necesidades de producción y del ambiente en donde crece (Cook y col., 2005). Es sensible a la deficiencia de cobre en suelos arenosos, la cual puede subsanarse con cobre elemental (Vendramini y col., 2012); estos autores también destacaron la sensibilidad del cultivo a deficiencias de manganeso y zinc, las que pueden solucionarse (previo análisis de suelo) con fertilizaciones.

La mayor parte de las colecciones de esta especie provienen de suelos con textura arenosa a franco-arenosa; la siembra en suelos de textura más fina sin remoción previa, ocasiona implantaciones deficientes (Cook y col., 2005; Torres Carbonell y Marinissen, 2010). Digitaria es descrita como especie tolerante a suelos saturados, pudiendo soportar entre 15 y 25 días esta condición (Butler y col., 2003), aunque existen diferencias entre genotipos (Cook y col., 2005; Moore, 2006; Lloyd, 2007). A diferencia de pasto llorón, resulta favorecida por suelos con regímenes de alta humedad tolerando

aquellos pobremente drenados, pero su producción es incompatible con suelos extremadamente sueltos (Butler y col., 2003).

Bajo pastoreo, se comporta como una especie decreciente (reducción de la densidad de plantas) en suelos pocos profundos, mientras que en suelos profundos se torna creciente (Theunissen, 1992) (figura 13). En San Luis, Veneciano (2006) manifestó que esta especie soportó bien el pastoreo intenso. Debido a su alta palatabilidad, es recomendable su utilización bajo pastoreo rotativo, ya que con pastoreo continuo se originan áreas intensamente utilizadas (sobrepastoreo) asociadas con otras ligeramente utilizadas (subpastoreo) (Lloyd, 2007; Vendramini y col., 2012). La aplicación de intervalos de defoliación de 35 a 40 días determinó que la materia seca acumulada de lámina representara alrededor del 60% del total (Veneciano, 1999).



**Figura 13: efecto de la intensidad del pastoreo sobre la abundancia de *D. eriantha* en suelos profundos y poco profundos (adaptado de Theunissen, 1992).  
Gradiente de pastoreo: S/p (sin pastoreo) → P i (pastoreo intenso).**

Al igual que pasto llorón, tolera suelos fuertemente ácidos a moderadamente alcalinos -pH 5,1 a 8,4- (Butler y col., 2003; Cook y col., 2005; Vendramini y col., 2012); también ostenta moderada a alta tolerancia al  $Al^{+3}$  -hasta 35% de la saturación del complejo de intercambio catiónico- (Cook y col., 2005; Moore, 2006; Lloyd, 2007). Posee baja a moderada tolerancia a salinidad en el suelo (Cook y col., 2005). Tolerante a la acción del fuego (Moore, 2006; Veneciano, 2006; Lattimore y McCormick, 2012).

Diferentes leguminosas pueden acompañar a esta especie, dependiendo del ambiente y el genotipo de la gramínea; los cultivos cespitosos combinan bien con alfalfa (NSW-DPI, 2003; Moore, 2006), pero los estoloníferos resultan muy competitivos y pueden suprimir el crecimiento de la leguminosa acompañante (Cook y col., 2005). Tow y col. (1997 a, b) indicaron que la asociación de alfalfa y digitaria fue más productiva y con mejor distribución del forraje que las respectivas monoculturas.

Dentro de las cualidades destacadas de digitaria, se pueden mencionar las siguientes (Sanderson y col., 1999; NSW-DPI, 2003; Cook y col., 2005; Veneciano, 2006; Mazzuco y col., 2006; Lloyd, 2007; Torres Carbonell y Marinissen, 2010; Bandera y col., 2013; Ávila y col., 2014; Frasinelli y Veneciano, 2014):

- ✓ Larga perennidad y persistencia.
- ✓ Es tolerante a frío, sequía y baja fertilidad edáfica.
- ✓ Adaptada a suelos arenosos a franco-arenosos.
- ✓ Tolera suelos ácidos y moderados contenidos de  $Al^{+3}$  intercambiable.
- ✓ El rebrote de primavera es posterior al de pasto llorón, alcanzando las máximas tasas de crecimiento hacia fines de diciembre o principios de enero.
- ✓ Presenta una calidad de forraje superior a la de pasto llorón durante todo su ciclo de crecimiento, e incluso durante el invierno como diferido en pie.
- ✓ Su distribución estacional del forraje (60-70% durante verano) complementa muy bien al campo natural y al pasto llorón, constituyendo una alternativa para aumentar la receptividad de los sistemas productivos.
- ✓ Aunque muy dependiente del nivel de fertilidad del suelo, especialmente nitrogenada, puede alcanzar producciones superiores a las  $6,5 \text{ t MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ , similares a las de *P. coloratum*.
- ✓ Es recomendada para henificar o ensilar.
- ✓ Alta palatabilidad
- ✓ Carece de potencial para producir desórdenes alimenticios en el ganado; tampoco la afectan severamente insectos o enfermedades.

Lorda y Pordomingo (1987) concluyeron que el consumo de MS digestible ( $36,9 \text{ g}\cdot\text{kg PV}^{-0,75}$ ) de *D. eriantha* conservada en pie hasta mediados de julio superó los requerimientos para mantenimiento del peso corporal de vacas de 400 kg (estimados en  $30 \text{ g}\cdot\text{kg PV}^{-0,75}$ ), aventajando al pasto llorón, ya que el mismo precisa de suplementación proteica para cubrir dichas necesidades.

El cultivo de digitaria se recomienda para pastoreo directo (durante la estación de crecimiento o diferido en pie), henificación o silaje (Frasinelli y col., 1997; van Niekerk y col., 2007; Lloyd, 2007; Hassen y col., 2009; Lattimore y McCormick, 2012). Debido a que la mejor condición de calidad se logra en otoño, algunos autores coincidieron en que para evitar la exposición a lluvias durante el secado de la andana, es preferible el

método de ensilado para su conservación, recomendando la utilización de melaza o bacterias lácticas para mejorar los procesos fermentativos (Meeske y col., 1999; Vendramini y col., 2012). Meeske y col. (1999) determinaron mejores digestibilidades para silaje de digitaria que para el caso de heno (tabla 4).

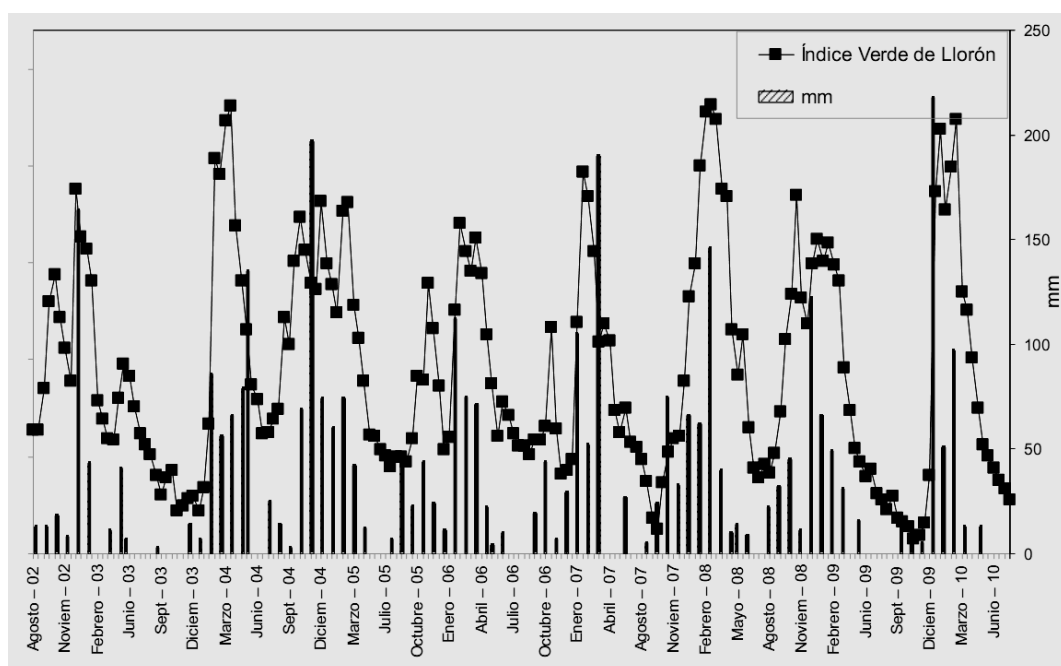
**Tabla 4: comparación de distintos parámetros nutricionales de una pastura de *D. eriantha* henificada y ensilada (adaptado de Meeske y col., 1999).  
\*Variación desde verano a invierno; adaptado de Stritzler, 2008.**

Parámetros nutricionales	Pastura sin cortar	Silaje		Heno	Variación respecto de la pastura de origen			
		Sin inocular	Inoculado		Silaje	Heno	Diferido en pie*	
Materia seca		----- (g·kg <sup>-1</sup> MV) -----			Sin inocular	Inoculado		
	388±11	382±12	432±14	915±8				
		----- (g·kg <sup>-1</sup> MS) -----					----- (%)-----	
PB	60±9	61±2	59±4	51±5	1,7	-1,7	-15,0	-52,9
FDN	713±7	713±14	716±6	717±6	0,0	0,4	0,6	s/ dato
DIVMO	588±20	570±7	583±4	563±3	-3,1	-0,9	-4,3	-20,3

Definida como un recurso promisorio en función de su perennidad, sanidad y calidad forrajera superior a la de pasto llorón en cualquier momento del año (Veneciano, 2006), posee una extensa adaptabilidad genética para persistir en sitios y condiciones ambientales muy variadas (Theunissen, 1997; Pozzobon y col., 2006).

#### II.2.4 Las precipitaciones y la producción de forraje

Las precipitaciones son un factor determinante de la productividad de los pastizales naturales y las pasturas megatérmicas (figura 14), junto con la radiación fotosintéticamente activa absorbida (RFAA) y la eficiencia de uso de la radiación (EUR). Piazza y col. (2010) encontraron correlaciones positivas entre las precipitaciones en el Caldenal pampeano y la productividad primaria neta aérea de pasto llorón y mijo perenne, resaltando la importancia de herramientas como el índice verde normalizado, la RFAA, la EUR y los registros de precipitaciones zonales para realizar modelos de predicción que contribuyan en la planificación de la utilización de pasturas estivales.



**Figura 14: relación entre precipitaciones e índice verde en pasto llorón para el período Agosto 2002 – Abril 2010. Fuente: Frasinelli y col., 2014 b.**

En la región semiárida de La Pampa, la productividad forrajera de especies invernales nativas acusó valores de entre  $2,07$  y  $12,29 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  (Adema y col., 2003; Butti y col., 2012). La misma estaría influida, entre otras causas, por el monto de las precipitaciones y la eficiencia de uso del agua -EUA- (Butti y col., 2012). La EUA está afectada, entre otros factores, por el nivel de nutrientes del suelo y la composición florística de la pastura (Adema y col., 2003; Butti y col., 2012; Frigerio y col., 2013). En pasturas megatérmicas, Coria y col. (2009) evaluaron la EUA en un ensayo con nueve cultivares de pasto llorón, hallando valores entre  $11,92$  y  $18,84 \text{ kg MS}\cdot\text{mm}^{-1}$ . En digitaria, Frigerio y col. (2013) encuentran que la EUA varió entre  $3,42$  y  $28,5 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , dependiendo de las condiciones de humedad y fertilidad nitrogenada del suelo.

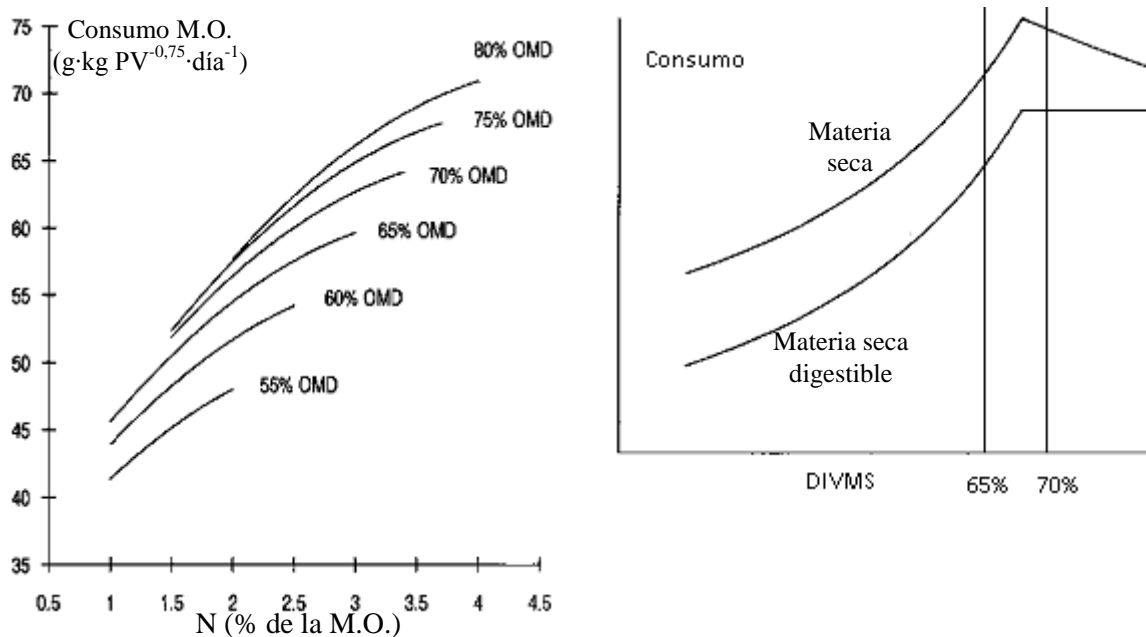
En primavera y verano, las pasturas pueden crecer de manera exuberante (mijo perenne:  $55 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$  (Petruzzi y col., 2003); pasto llorón:  $30$  a  $75 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$  (Covas y Cairnie, 1985; Hernández, 1991; Montani y Fernández, 1991); digitaria:  $30$  a  $75 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$  (Veneciano, 1999; NSW-DPI, 2003); mientras que un pastizal natural del departamento Toay (La Pampa) dominado por *Poa ligularis* (con una frecuencia de  $19 \text{ pl}\cdot\text{m}^{-2}$ ) y *Piptochaetium napostaense* ( $31 \text{ pl}\cdot\text{m}^{-2}$ ) produjo en promedio

6,53 kg MS·ha<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>, con un mínimo de 4,71 y un máximo de 8,36 kg MS·ha<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup> entre los meses de mayo y noviembre (Cano y col., 1988 b).

Estas especies megatérmicas utilizadas como complemento del pastizal natural pueden incrementar la capacidad de carga y disminuir los costos en suplementos. Las mismas, bien manejadas, pueden alcanzar un nivel de producción 3 a 4 veces superior al pastizal natural en buena condición (Cairnie, 1991; Frasinelli y Veneciano, 2014).

### II.2.5 El consumo y la calidad del forraje

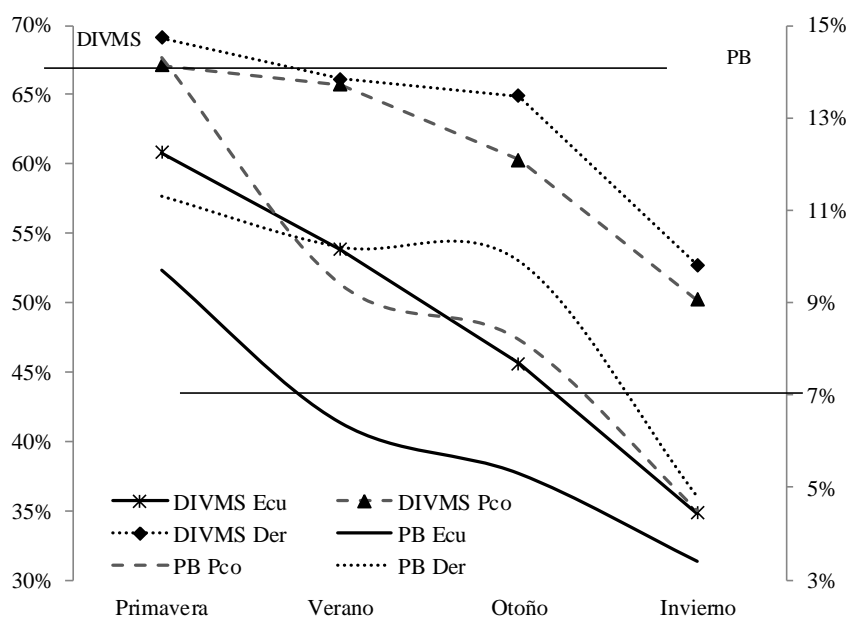
El consumo de materia seca en los rumiantes está limitado físicamente por el volumen ruminal, y por las características físicas y químicas del alimento (Lorda y Pordomingo, 1987; Ketelaars y Tolkamp, 1991) (figura 15).



**Figura 15: relaciones entre consumo del rumiante y calidad del forraje. Fuente: Ketelaars y Tolkamp, 1991. Referencia: OMD, materia orgánica digestible.**

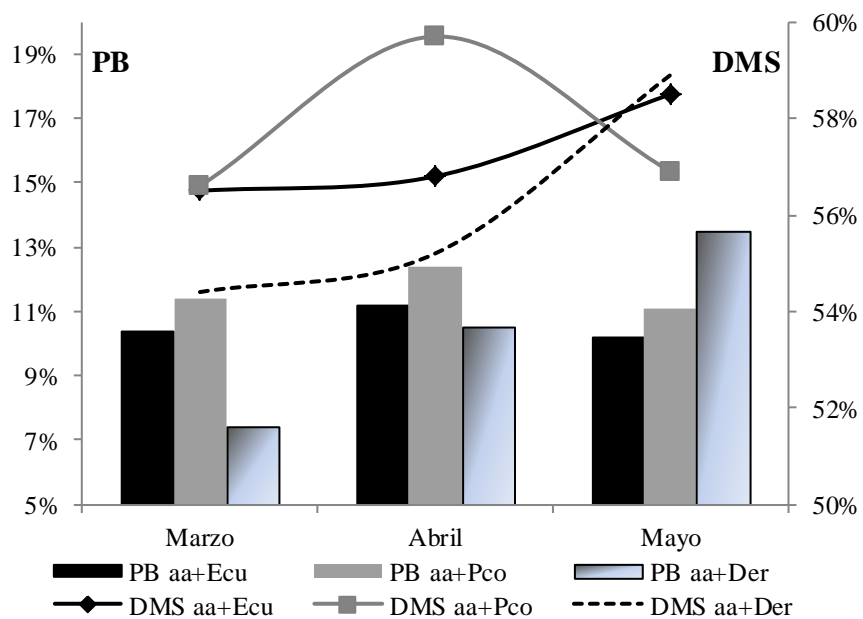
Con el avance de la madurez del forraje, ocurre una disminución de la calidad del mismo debido a la caída del contenido de proteína, y el aumento de fibra y lignina (figura 16), factores que en conjunto disminuyen la digestibilidad de la materia orgánica (Chaves y col., 1982; Strizler, 2008; Ferri, 2011).





**Figura 16: porcentaje de proteína bruta (PB) y digestibilidad (DIVMS) estacional de pasto llorón (Ecu), mijo perenne (Pco) y digitaria (Der) (adaptado de Stritzler, 2008).**

Los rumiantes disminuyen el consumo de materia seca a medida que disminuye la digestibilidad del forraje (Chavez y col., 1982; Lorda y Pordomingo, 1987). Un aspecto para destacar referido a la calidad de la pastura, es la utilización de gramíneas megatérmicas en mezcla con leguminosas como alfalfa. Aunque la leguminosa posea una participación relativa inferior al 30%, los cortes de verano y otoño (con mayor biomasa acumulada desde el inicio del rebrote primaveral) alcanzan contenidos proteicos superiores al 10% (Fontana col., 2013) (figura 17). La asociación de estas gramíneas C<sub>4</sub> (llorón, digitaria y mijo perenne) con alfalfa permitió aumentar la producción de materia seca respecto de las pasturas puras. Por otro lado, Legesse y col. (2012) concluyeron que las vacas que pastoreaban pasturas mezcla de alfalfa (18 a 25% de participación) con gramíneas de verano (75 a 82%) lograban mayores aumentos diarios de peso y mejor condición corporal que aquellas que consumían pasturas de gramíneas puras.

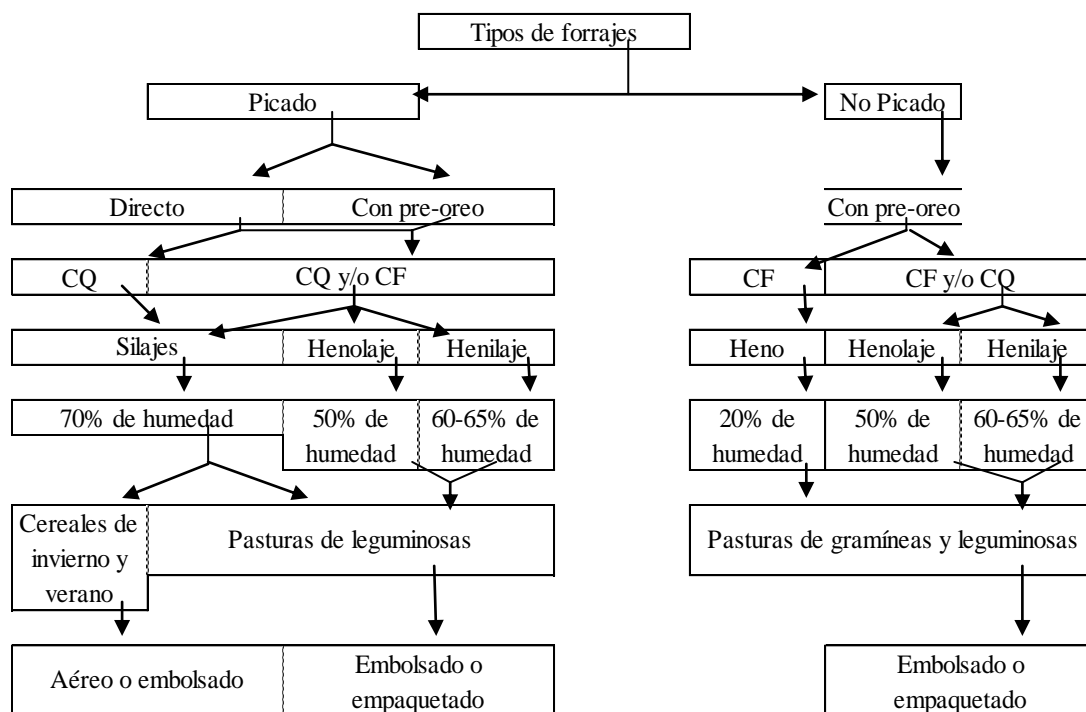


**Figura 17: porcentaje de proteína (PB) y digestibilidad de la materia seca (DMS) de pasturas mezcla de alfalfa (aa) con pasto llorón (Ecu), mijo perenne (Pco) y digitaria (Der). Fuente: Fontana y col., 2013.**

### III. Métodos de conservación de forraje

Las empresas productoras de carne y leche, se encuentran frente a un proceso de creciente asignación del recurso suelo a las actividades agrícolas (De León, 2012; Rearte, 2010), por lo que se acrecienta la necesidad de mejorar su eficiencia. La variabilidad climática, la concentración estacional de la oferta forrajera (Adema y col., 2003; Coria y col., 2009), la baja calidad de las pasturas de gramíneas de verano diferidas al invierno (Stritzler, 2008), la sustitución de especies forrajeras del pastizal natural por otras exóticas (Collado y Dellafiore, 2004) y la implementación de sistemas ganaderos dotados con elevada carga animal (Arroquy, 2011), son factores que fundamentan la utilización de forrajes conservados en situaciones de intensificación de la ganadería bovina de cría y recria en la región Pampeana Semiárida Central (RPSC). En este sentido, la mecanización de la cosecha de forrajes es una herramienta que permite que los sistemas ganaderos sean más rentables, estables y previsibles a lo largo del tiempo (Cattani y col., 2008 a).

Los forrajes conservados se pueden clasificar de acuerdo a como se procede para su conservación (figura 18).



**Figura 18: clasificación de los forrajes según el tratamiento que sufre la fibra vegetal (fuente: Cattani y col., 2008 a).**

**CQ y CF: conservación química y física, respectivamente.**

La conservación **física** es aquella determinada por la acción de agentes climáticos, como la radiación solar, el viento, la temperatura y humedad ambiente, los que inducen la pérdida de humedad de los tejidos vegetales a ser conservados, inhibiendo la actividad biológica y de esta forma los procesos de descomposición de la materia orgánica. La henificación es un ejemplo de este método de conservación de forrajes.

La conservación **química** se logra acidificando el forraje por acción química o bacteriológica, la cual suprime la actividad de los microorganismos que pudieran descomponer la materia orgánica del forraje (Cattani y col., 2008 a).

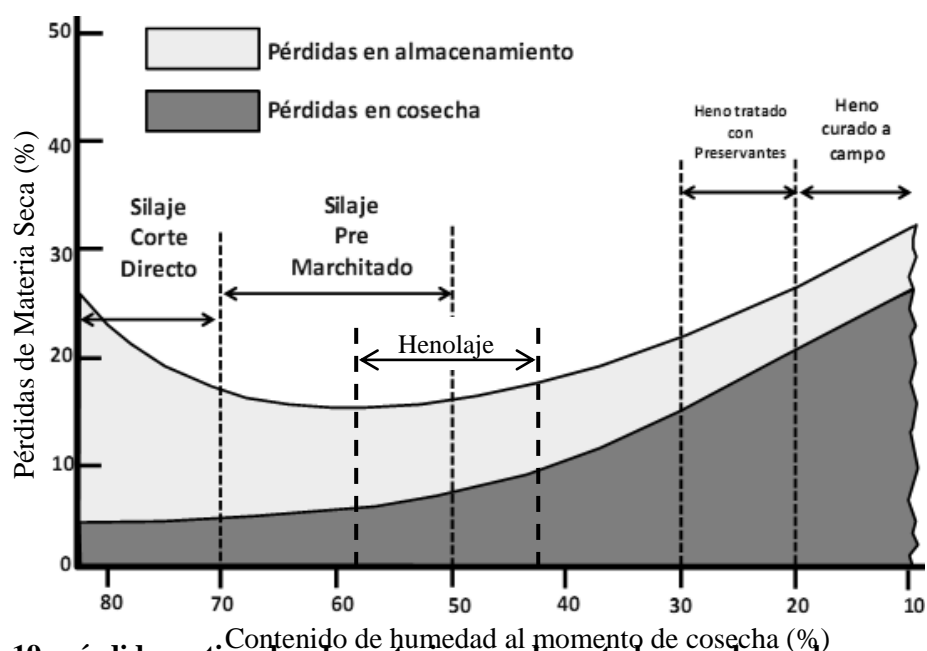
Basados en el contenido de humedad del forraje, pueden distinguirse tres métodos de conservación química (Cattani y col., 2008 a; Schroeder, 2013):

- ✓ Henolaje: empacado y estabilización del forraje con 40 a 60% de humedad;
- ✓ Henilaje: empacado y estabilización del forraje con 60 a 70% de humedad;
- ✓ Silaje: corte directo y estabilización del forraje con más del 70% de humedad.

El **henolaje** es un método de conservación química que consiste en cortar el forraje y permitir el oreo del mismo hasta que alcance niveles de humedad de entre 45 y 55%, para luego ser empacado y empaquetado con una película de polietileno que favorecerá la creación de condiciones de anaerobiosis. Esta situación permitirá generar una fermentación láctica y la conservación del forraje. El empaquetado debe realizarse dentro de las 24 h después del corte. La cobertura de polietileno permitirá un almacenamiento seguro durante 10 a 12 meses mientras mantenga su hermeticidad (Romero, 2004). La técnica del **henilaje**, a diferencia del henolaje, requiere menos tiempo de oreo (Romero, 2004; Cattani y col., 2008 c).

La diferencia del **ensilado**, con los dos métodos de conservación química anteriores, es la omisión del pre-oreado del forraje; el almacenamiento y la posterior estabilización del forraje en un búnker aéreo o enterrado, o dentro de una bolsa de polietileno, se inicia inmediatamente después del corte.

Estas técnicas de conservación del forraje húmedo disminuyen las pérdidas tanto en calidad como en cantidad del material cosechado, debido a que reducen su exposición a los factores ambientales. Por lo tanto, la cosecha de nutrientes por unidad de superficie es mayor que con la henificación, pero requieren más cuidados durante el almacenamiento, extracción y suministro del producto (Schroeder, 2013) (figura 19).



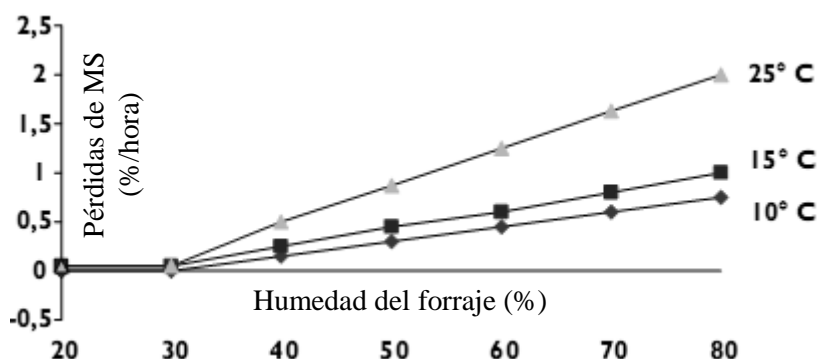
**Figura 19: pérdidas estimadas de materia seca durante la cosecha y almacenamiento del forraje con distintos niveles de humedad. Fuentes: Clemente y Monge, 2013; Schroeder, 2013.**

La conservación de forraje como heno es una herramienta de utilidad en la intensificación de los sistemas ganaderos (Arroquy, 2011), en particular donde el principal recurso forrajero presenta un marcado crecimiento estacional (Flores y col., 2008).

### III.1 Henificación del recurso forrajero: etapas

La henificación es un método de conservación física de forraje, donde el fundamento de la preservación es la rápida evaporación del agua contenida en los tejidos de la planta, lo cual permite inhibir los procesos respiratorios (figura 20), la actividad de los microbios descomponedores de la materia orgánica (Macdonald y Clark, 1987) y, a su vez, evitar riesgos de calentamiento. El contenido de humedad (teórico) para prevenir la actividad microbiana es del 10 a 12% (Macdonald y Clark, 1987). Para la conservación del forraje cortado, es necesario reducir su contenido de humedad inicial de 80-75% a un 20-15% para henos conservados en pacas pequeñas (Flores y col., 2008; Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012; Sánchez, 2014), como por ejemplo, los fardos de 0,25 m<sup>3</sup> que pesan entre 25 y 30 kg; o 18-14% para henos de pacas cuadradas o redondas grandes (Undersander y Saxe, 2013). Con estos

contenidos de humedad, el forraje henificado sufre bajos, pero aceptables, niveles de daño por acción microbiana (Macdonald y Clark, 1987).



**Figura 20: porcentaje de pérdidas de materia seca (MS) por hora de permanencia del forraje cortado en el lote debido a la respiración celular, según el porcentaje de humedad del forraje y la temperatura ambiente. Fuente: Cattani y col., 2008 b.**

Para reducir la pérdida de azúcares solubles por respiración es necesaria la rápida disminución del porcentaje humedad del forraje, durante el transcurso del primer día de secado. La respiración se reduce una vez alcanzados niveles de humedad en los tejidos cercanos al 40-50%, a partir del cual se produce la muerte celular (Undersander, 2006; Bragachini y col., 2013). El primer 15% de humedad se pierde a través de la apertura estomática, estimulada esta pérdida fundamentalmente por la radiación solar. A partir de ese punto, la pérdida de humedad se explica por la desecación de los tallos. Por debajo del 20% de humedad en los tejidos, se alcanza la condición más estable respecto de la calidad del heno, pudiéndose almacenar en forma segura, en un lugar aislado de agentes externos como lluvia o suelo húmedo, donde continuará perdiendo humedad hasta estabilizarse en 15% (Giordano y col., 2012). La calidad del forraje conservado siempre disminuirá en relación con el material que le dio origen, con independencia de la técnica de conservación empleada (Flores y col., 2008; Cattani y col., 2008 b).

Las principales operaciones en la producción de heno consideran las siguientes acciones (Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012; Giordano y col., 2013; Sánchez, 2014):

- i) reserva y eventual fertilización de la pastura destinada a henificación;
- ii) corte de la pastura;
- iii) remoción del forraje cortado;
- iv) confección de las andanas para su posterior recolección;

- v) confección del heno;
- vi) transporte y almacenamiento.

### **III.1.1 Reserva y eventual fertilización del lote de pastura para corte**

Cattani y col. (2008 b) aconsejaron que para la confección de forrajes conservados, se destinen los lotes recién implantados, con piso aún sin estabilizar y alto stand de plantas.

Para destinar un lote a henificación, se debería contemplar:

- ✓ estado fenológico de la pastura: debería ajustarse a los objetivos de calidad y producción deseados;
- ✓ stand de plantas de la pastura: debería permitir alcanzar altos rendimientos y la optimización de la amortización de la maquinaria;
- ✓ condición del suelo: suelo sin pozos, cuevas o huellas profundas, redundará en menores daños a la maquinaria y menores costos de confección;
- ✓ estado sanitario de la pastura: las enfermedades y plagas que afectan a la superficie foliar de las plantas, atentan contra el rendimiento de la pastura y la calidad del heno; además, aquellas que afecten al sistema radical, disminuirán la persistencia y el stand de plantas, con efectos negativos sobre el rendimiento de la pastura;
- ✓ nivel de enmalezamiento: la presencia de especies indeseables en una pastura reduce su productividad debido a que compiten por luz, nutrientes minerales y agua. Padilla y Sardiñas (2005) plantearon que cada kilogramo de malezas en un pastizal mejorado provoca pérdidas de producción de similar magnitud. Las malezas con tallos gruesos y lignificados, impiden el uso eficiente de los acondicionadores mecánicos y provocan el desgaste prematuro de las cuchillas de corte. También demoran el proceso de recolección de la andana ya que aumentan su contenido de humedad, disminuyen la calidad del heno debido a su baja digestibilidad y palatabilidad y, en ciertas ocasiones, son fuente de fito-toxinas;
- ✓ pastoreo con animales: en lo posible, se buscarán lotes sin pastoreo previo durante la temporada de corte; esto permite obtener una densidad y calidad de forraje más homogénea en el lote, y evitar posibles focos de contaminación del heno con heces;

✓ fertilización mineral: la aplicación de fertilizantes, en particular los nitrogenados en pasturas con gramíneas, estimulará el crecimiento de las plantas, mejorando la productividad de la pastura y la calidad del heno.

### **III.1.2 Corte de la pastura**

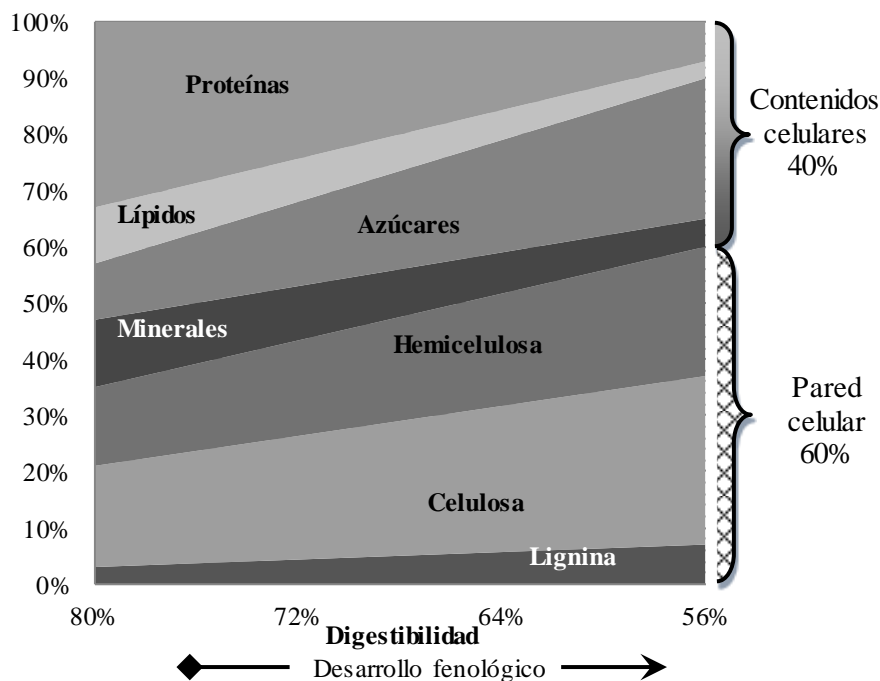
El corte de la pastura es la primera labor mecánica a realizar antes de la confección del forraje conservado. A partir de este momento, es necesario tener presente ciertos aspectos para minimizar las pérdidas de calidad y cantidad de materia seca conservada (Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012), que se pueden resumir en:

- i) momento de corte;
- ii) altura de corte;
- iii) ancho de corte;
- iv) prevención del repicado de corte;
- v) horario de corte;
- vi) cantidad de forraje a cortar;
- vii) calidad de corte;
- viii) sistemas de corte.

#### **III.1.2.1 *Momento de corte***

La transferencia de forraje de calidad en el tiempo dentro de una empresa ganadera, con el objeto de mantener potenciales de producción similares en diferentes épocas del año, comienza con la correcta elección del momento de corte. El estado del desarrollo de la planta, al momento del corte, es un punto crítico para la obtención de forraje de calidad. A medida que la planta envejece, la calidad medida en términos de contenido de proteína y digestibilidad, disminuye rápidamente (Cairnie, 1974; Rommann, 1988; Laborde, 1991; Bolletta y Lagrange, 2011). En las gramíneas, el corte debe hacerse en el estadio de prefloración de la pastura, lo cual permite diferir un forraje de calidad. El cultivo de avena puede constituir una excepción, ya que el retraso del momento de corte aumentará la digestibilidad de la MS debido al incremento de la energía aportada por el almidón de los granos (Cattani y col., 2008 b).





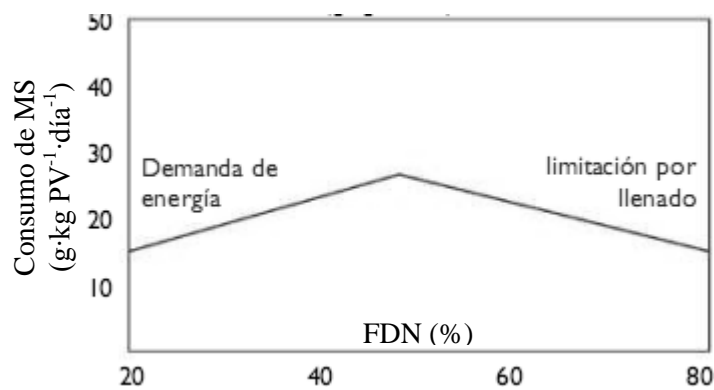
**Figura 21:** variación de la composición química y la digestibilidad de una pastura a medida que avanza su estado fenológico (adaptado de Cangiano, 1997 y M&LA, 2006).

A medida que avanza el estado fenológico de una pastura, la digestibilidad de la MS decae (Privitello, 2004; Lauric y col., 2011; Bolletta y Lagrange, 2011; Lauric y col., 2012), en proporción con el aumento de la fracción pared celular en la composición de la MS (Wilson y Minson, 1980; Cangiano, 1997) (figura 21), a la lignificación de la pared celular (Stobbs, 1971; Reid y col., 1979) y a la disminución de las relaciones hoja/tallo y material vivo/material muerto (Cangiano, 1997). Cabe destacar la importancia de la relación hoja/tallo, ya que en la hojas se encuentran entre el 60 y 70% de los nutrientes digestibles del forraje (Giordano y col., 2012). Además, con la madurez del forraje, el contenido y la digestibilidad de la proteína disminuyen (Sullivan, 1969, mencionado por McMurphy, 1970; Rucci, 2009; Lauric y col., 2011; Lauric y col., 2012) (figura 22), afectando de esta manera la cantidad absoluta de nutrientes digestibles ofrecidos por la pastura (tabla 6). Sullivan (1969) encontró una estrecha relación entre los porcentajes de proteína digestible y proteína bruta (tabla 5):

**Tabla 5:** relación entre la digestibilidad de la proteína y el porcentaje de proteína bruta del forraje (adaptado de McMurphy, 1970).

$\text{Proteína bruta digestible (\%)} = 0,88 (\text{proteína bruta(\%)}) - 2,73$
---





**Figura 23: variación del consumo en función del contenido de fibra en detergente neutro (FDN) en el forraje. Fuente: Cattani y col., 2008 b.**

### III.1.2.2 *Altura de corte*

La altura a la que se realizará el corte de la pastura dependerá de varios factores, destacándose la zona agroclimática en la que se encuentra el cultivo, la composición de la pastura (monofítica o polifítica), la especie (gramínea o latifoliada, C<sub>3</sub> o C<sub>4</sub>), el porte y estructura del cultivo, el nivel de humedad del suelo. En climas tropicales y subtropicales, las plantas forrajeras pueden presentar portes superiores a 1,5 m de altura, por lo que es esperable un alto porcentaje de fibra en la base de sus tallos. Por ello, para lograr forrajes conservados de buena calidad es necesario realizar el corte por encima de los 20 cm de altura. Esta indicación, también, es válida en aquellos cultivos susceptibles a la defoliación intensa y que necesitan de las reservas de carbohidratos contenidas en la base de los macollos para rebrotar. También, se justifica el aumento de la altura de corte para facilitar las tareas de rastrillado, en situaciones de elevada producción de MS, evitando así pérdidas y contaminación del forraje con suelo, además de contribuir a la separación del material cortado del suelo. Este último punto, y con especies de crecimiento primavero-estival, adquiere particular relevancia ya que es factible que la superficie del suelo se encuentre húmeda al momento del corte. En zonas templadas, y con pastos de menor porte, es necesario reducir la altura de corte a 5-10 cm, para cosechar una mayor cantidad de forraje, pero siempre evitando el contacto directo del forraje con el suelo.

En el caso particular de la alfalfa, la altura de siega, dependerá de la cantidad de cortes que entregue el cultivo. Las variedades de alto rendimiento sin latencia invernal, con 5 a 6 cortes por año, conviene segarlas a 10 cm de altura. Mientras que, en aquellas variedades que concentran su producción en sólo 3 a 4 cortes, es necesario operar a una

altura de entre 3 a 5 cm (Cattani y col., 2008 b; Undersander y Saxe, 2013). En pasturas de gramíneas asociadas con leguminosas, la altura de corte adecuada sería entre 7,5 y 10 cm (Undersander y Saxe, 2013).

En ambientes semiáridos y con pasturas de gramíneas megatérmicas perennes, debería respetarse la altura modal del “cepillo basal”. Covas y Cairnie (1985: 53) definen al cepillo basal como una masa compacta y dura de macollos viejos, con una altura superior a 10 cm, poco apetecible, que constituye una “defensa” contra el sobrepastoreo al proteger a las yemas basales responsables de los nuevos rebrotes.

### **III.1.2.3 Ancho de corte**

El ancho de corte estará determinado por el volumen de forraje que entrega la especie a henificar y la máquina con la que se realizará la recolección y embalaje del forraje.

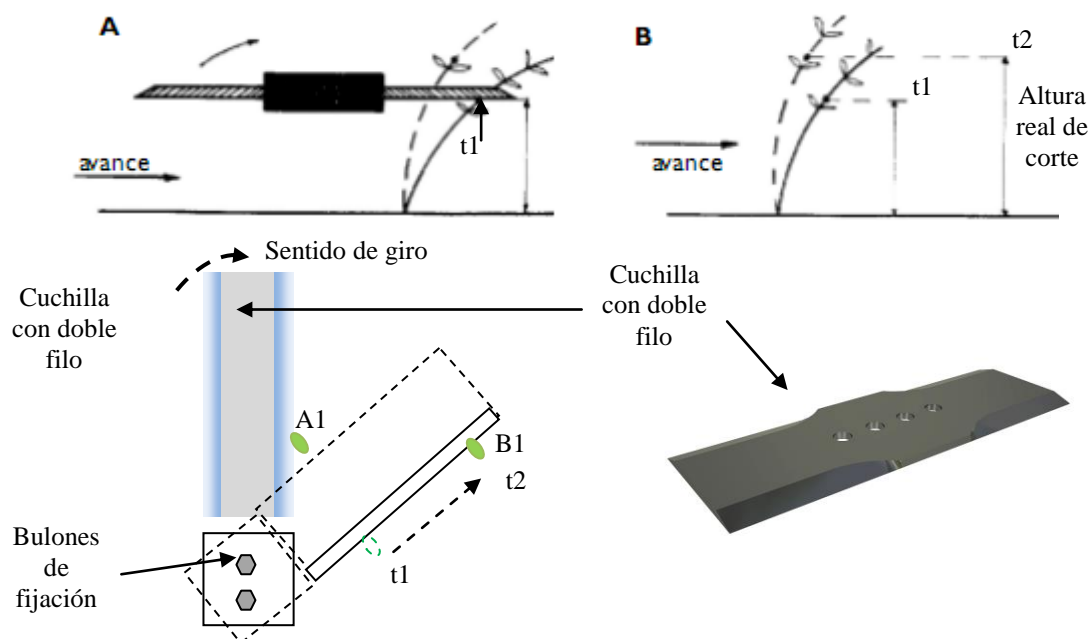
En regiones y con pasturas de alta producción de materia seca como “gatton panic” o sorgos forrajeros, lo aconsejable es cortar entre 2,5 a 3 m de ancho en cada pasada de la máquina cortadora. En cambio, cuando se trata de cultivos de menor porte y rendimiento de MS por corte, como alfalfa o verdeos de invierno, se puede incrementar el ancho de trabajo sin riesgo de demorar el tiempo de secado, optimizando el uso de la maquinaria.

En los últimos años, para reducir el tiempo operativo del corte, se ha incrementado la demanda de cortadoras con ancho de labor superior a 4 m (Giordano y col., 2012). En este punto, también toman importancia las cortadoras autopropulsadas con ancho de corte de hasta 4,5 m, que junto con una roto-enfardadora de alta gama o una mega-enfardadora de fardos prismáticos, logran una altísima capacidad de trabajo.

### **III.1.2.4 Prevención del repicado del corte**

El repicado se produce cuando las cuchillas de corte impactan más de una vez con la planta cortada, provocando desprendimiento de hojas y el seccionamiento de los tallos en trozos menores a 10 cm de longitud, los que quedarán depositados sobre el suelo en el centro de la andana. Esto provoca pérdidas de material a henificar en cantidad y calidad, debido a que el recolector de las enfardadoras no los levanta, aumentando el costo de henificado de la MS digestible cosechada.

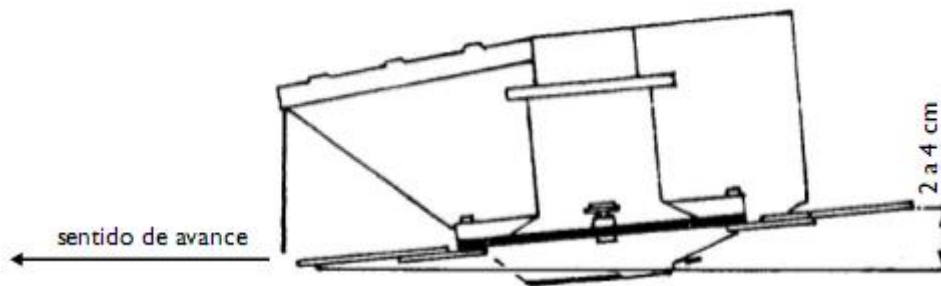
El repicado del forraje se produce cuando se emplean cortadoras con hélices montadas en torres con deficiente copiado de irregularidades. Las segadoras con acondicionadores en general no presentan este inconveniente. El diseño del sistema de corte provisto de dos rotores con cuchillas largas ubicadas en forma horizontal que giran en sentido contrario arrojándose el material cortado una hacia la otra, favorece el repicado. Otras situaciones en las que se favorece el repicado y recortado (figura 24) son el hecho de que las cuchillas largas son de gran espesor y confeccionadas con material blando, para evitar roturas, lo que facilita la pérdida del filo y su capacidad de corte. La velocidad de avance excesiva, la de rotación de las cuchillas menor a la aconsejada, o cuando los rotores están levemente inclinados hacia atrás, también favorecen el repicado. En estas condiciones, el tallo se inclina en el sentido de giro cuando es tomado por la cuchilla produciéndose el corte a mayor altura, cortándose nuevamente cuando retoma su posición primitiva. Esto se disminuye en cierta medida inclinando levemente el rotor hacia adelante (figuras 25 y 26). Otra manera práctica para evitar el repicado es abrir totalmente las chapas deflectoras posteriores utilizadas para acordonar el material cortado, facilitando la salida del forraje cortado.



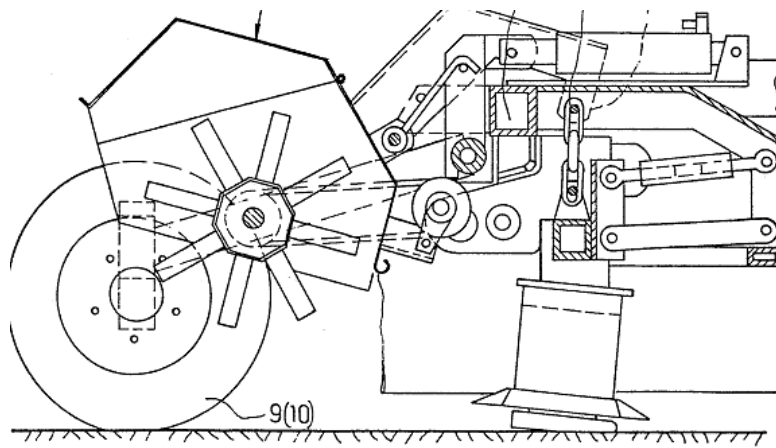
**Figura 24:** esquema de un corte deficiente por falta de filo, realizado por una cortadora-hileradora a hélice (adaptado de Cattani y col., 2008 b).

**A1:** contacto de la cuchilla con la planta en tiempo 1.

**B1:** desplazamiento del tallo a lo largo del filo y corte del mismo en el tiempo 2.



**Figura 25:** ilustra la correcta inclinación del rotor de una cortadora-hileradora a hélice.  
**Fuente:** Cattani y col., 2008 b.



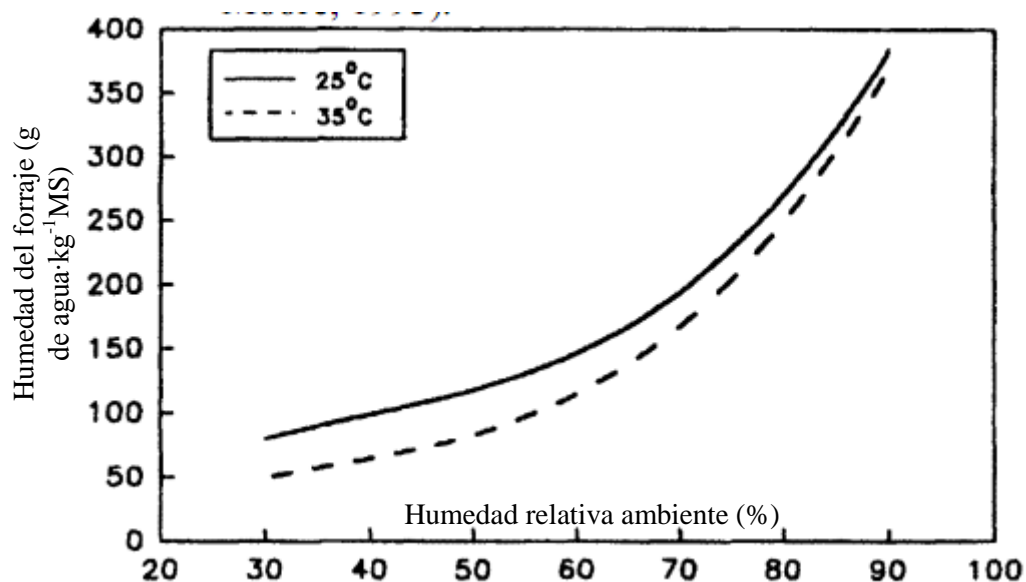
**Figura 26:** diseño de una segadora europea con cuchillas, con la barra de corte inclinada.  
**Fuente:** Maier y col., 1984.

### III.1.2.5 Horario de corte

Los factores ambientales que impactan sobre el secado del forraje cortado de manera más significativa, en orden de importancia, son: la cantidad de horas de luz solar a la que está expuesta la andana; la temperatura ambiente; la humedad del suelo; la humedad relativa ambiente y la velocidad del viento (Macdonald y Clark, 1987; Shinnars, 2002; Jahn y col., 2003; Jahn y col., 2004). Al amanecer, la planta contiene el menor nivel de hidratos de carbono no estructurales (HCN) debido a que el proceso de respiración los consumió durante la noche, en ausencia de fotosíntesis. Desde este momento, el inicio del proceso de la fotosíntesis incrementa el contenido neto de azúcares y almidón alcanzando el pico bien entrada la tarde (Rayburn, 2002).

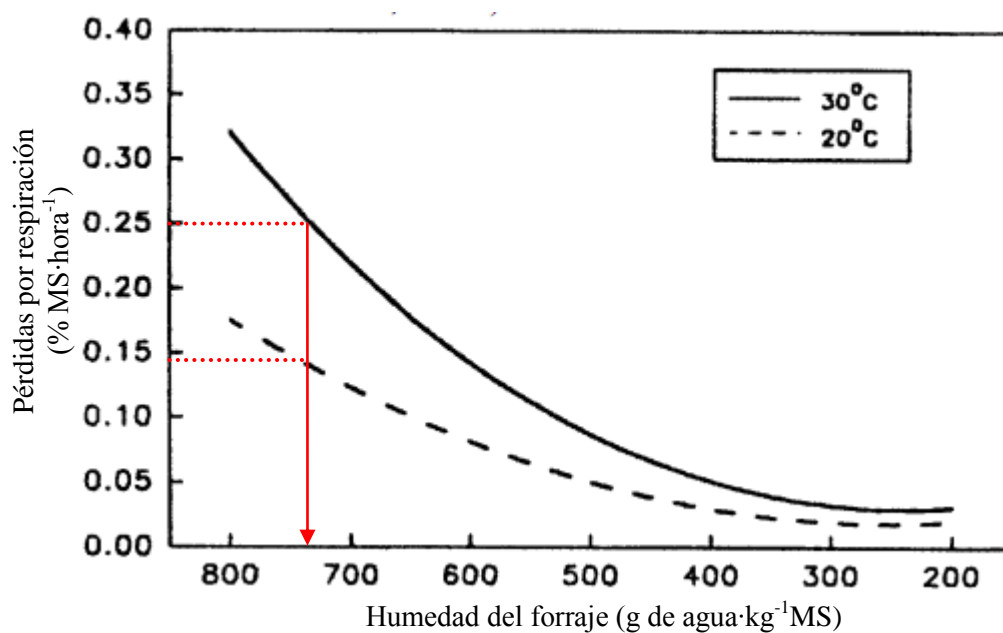
Cuando el forraje a henificar es cortado bien entrada la tarde, con los máximos niveles de HCN, habrá abundantes pérdidas de los mismos ya que la tasa de secado durante la noche disminuye abruptamente, entre otros motivos, por ausencia de luz

solar, aumento de la humedad relativa ambiente y disminución de la temperatura ambiente (figura 27).



**Figura 27:** variación del contenido de humedad del forraje cortado para heno que está secándose a campo según la humedad y la temperatura del ambiente. Fuente: Rayburn, 2002.

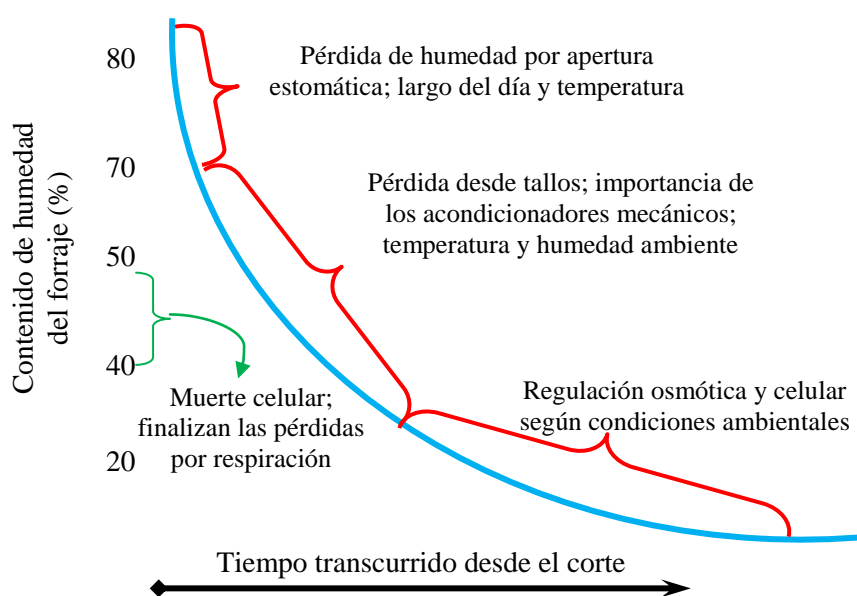
Las pérdidas por respiración celular aumentan con la humedad del forraje y la temperatura ambiente (figura 28).



**Figura 28:** pérdidas de MS por respiración del heno según su contenido de humedad y la temperatura ambiente, en condiciones de campo. Fuente: Rayburn, 2002.

La tasa de pérdida de HCN por respiración del forraje cortado, con un porcentaje de humedad del 70% en una noche fresca (20°C), será de alrededor de 0,15% de la MS cortada por hora. Mientras que, en una noche calurosa (30°C) aumentará a 0,25% MS/hora. Esto significa que las pérdidas netas de forraje debido al proceso de respiración, en noches calurosas, reducirán significativamente la cantidad y calidad del forraje cortado para henificar.

Los primeros 15 puntos porcentuales de humedad del forraje se pierden a través de los estomas, estimulada esta pérdida principalmente por la luz solar. A partir aquí adquiere importancia la pérdida de humedad desde los tallos, y es donde toma protagonismo la utilización de acondicionadores mecánicos del forraje durante la operación de corte (Undersander y Saxe, 2013) (figura 29).



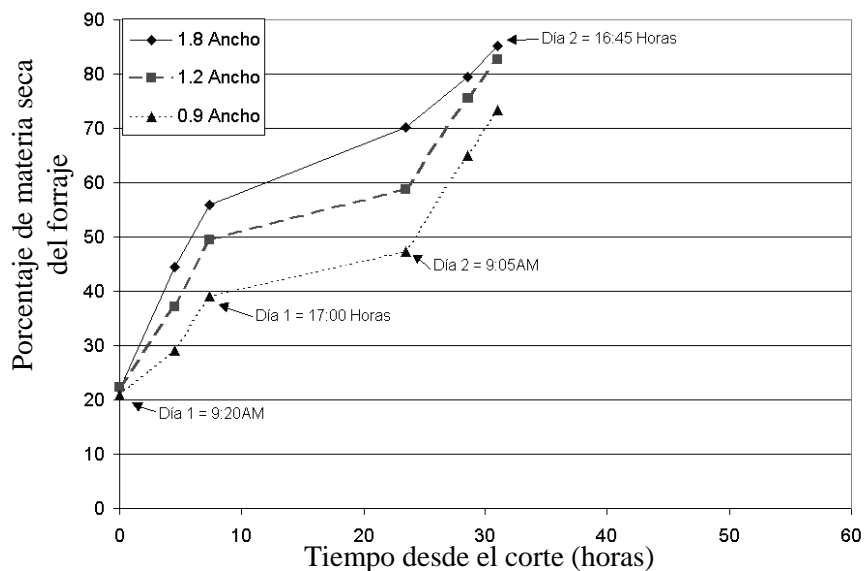
**Figura 29: dinámica de la pérdida de humedad del forraje desde el momento del corte (adaptado de Digman y col., 2011 y Macdonald y Clark, 1987).**

Cuanto más rápido se alcance un nivel de humedad inferior al 40% en el forraje cortado, menor será la pérdida de valor nutritivo del mismo. Por debajo de ese nivel de humedad se produce la detención de la respiración de los tejidos debido a la muerte celular, deteniéndose el consumo de carbohidratos solubles (Digman y col., 2011).

El tamaño de la andana es el principal factor a controlar para maximizar la tasa de pérdida inicial de humedad y, así, mantener la mayor cantidad de azúcares y almidón en los tejidos del forraje a conservar; aquellas que sean amplias y de poco espesor serán las

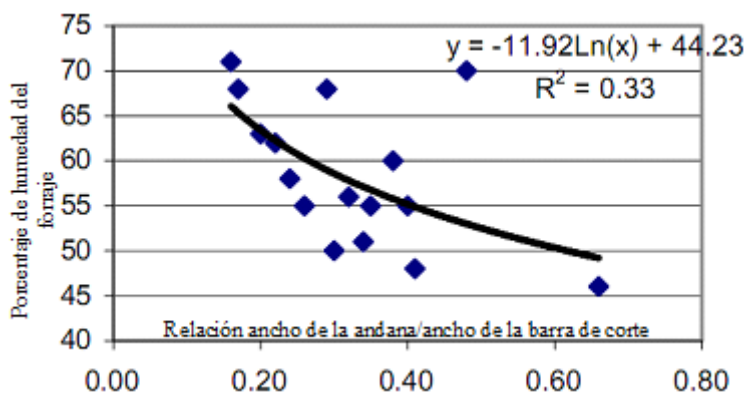


que permitan las mayores tasas de pérdida de humedad inicial (Undersander, 2006; Undersander y Saxe, 2013) (figura 30).

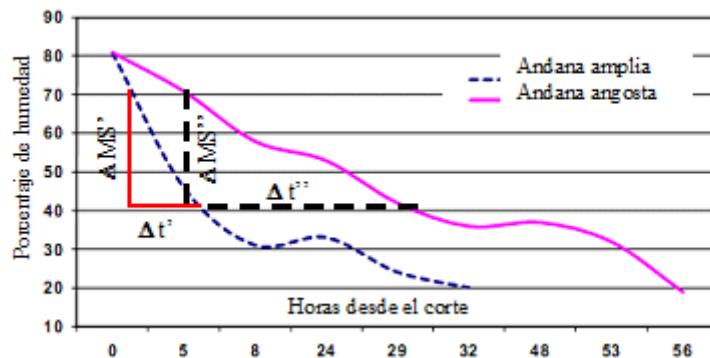


**Figura 30: evolución del porcentaje de materia seca de la andana desde el momento de corte, según el ancho de la andana. Fuente: Jahn y col., 2003.**

Una hilera de forraje puede ser considerada ancha, cuando representa más del 75% del ancho de la barra de corte (Cattani y col., 2008 b; MAFRI, 2008), en tanto que será angosta cuando representa el 30% (Cattani y col., 2008 b). En las figuras 31 y 32 puede apreciarse que la tasa de pérdida de agua en andanas amplias es mayor que en angostas.



**Figura 31: porcentaje de humedad de la alfalfa, 5½ horas después del corte, según la relación ancho de la andana/ancho de la barra de corte. Fuente: Undersander, 2006.**



**Figura 32:** evolución del porcentaje de humedad de andanas de distinto ancho, al momento del corte (adaptado de Undersander y Saxe, 2013).

$\Delta MS$ : variación del contenido de materia seca, para andana amplia (‘) y angosta (‘).

$\Delta t$ : variación del tiempo de exposición desde el corte; andana amplia (‘) y angosta (‘).

Por lo tanto, la operación de corte debería iniciarse siempre durante la mañana, luego que el rocío se evaporó y la planta se encuentra con fijación neta positiva de HCN. La andana debe ser amplia para favorecer el rápido secado de la misma (Jahn y col., 2003) y disminuir la pérdida de valor nutritivo determinada por la respiración de las plantas.

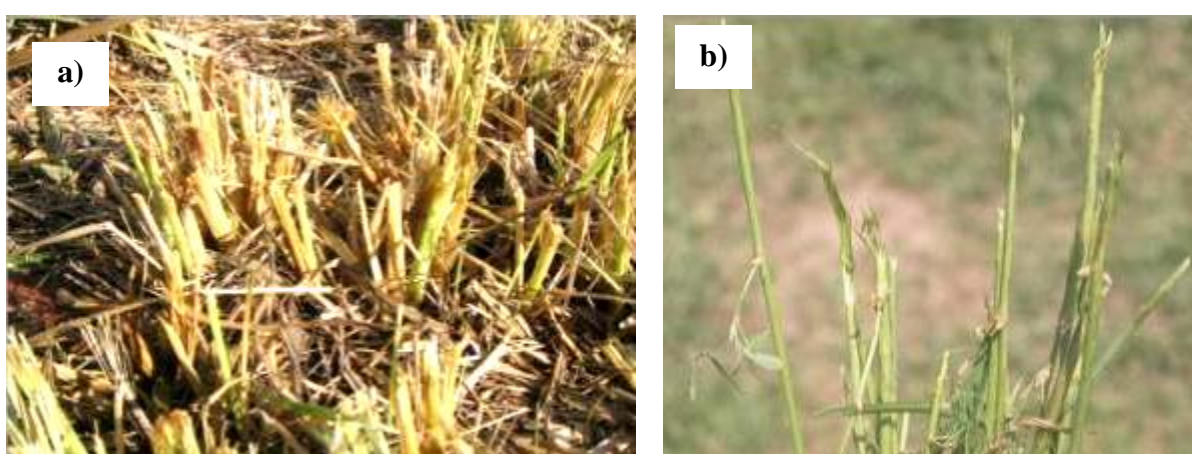
### III.1.2.6 Cantidad de forraje a cortar

La cantidad de forraje a cortar dependerá de las dimensiones del equipo de recolección y empaclado, lo que determinará su capacidad operativa. También será necesario tener en cuenta las condiciones climáticas esperadas durante los días posteriores, para evitar situaciones de lluvia, elevada humedad ambiente, o temporales de viento. En el caso de que se presenten riesgos de ocurrencia de lluvias, será prudente disminuir la cantidad cortada o incluso retrasar el momento de corte, ya que el daño previsto por mojado de la andana causará mayores pérdidas de forraje (en cantidad y calidad) que aquellas debidas al corte de la pastura en estados fenológicos más avanzados del óptimo (Cattani y col., 2008 b).

### III.1.2.7 Calidad de corte

La calidad del corte del forraje estará determinada por la velocidad de giro de las cuchillas y la calidad del filo de las mismas. La velocidad de giro de las cuchillas estará determinada por la potencia del tractor y el volumen de la pastura a cortar. La potencia

del tractor a emplear dependerá de las características de la cortadora, la velocidad de avance y la densidad del forraje que se cortará. La velocidad de giro adecuada corresponde al rango de entre 60 y 70 m/s. El filo de las cuchillas determinará el esfuerzo de corte, impactando sobre la necesidad de potencia y el consumo de combustible. Cuando la velocidad de giro de las cuchillas es inferior a la adecuada o el filo de la cuchilla está dañado o gastado se obtiene un corte desprolijo, quedando la pastura con tallos deshilachados (figura 33).

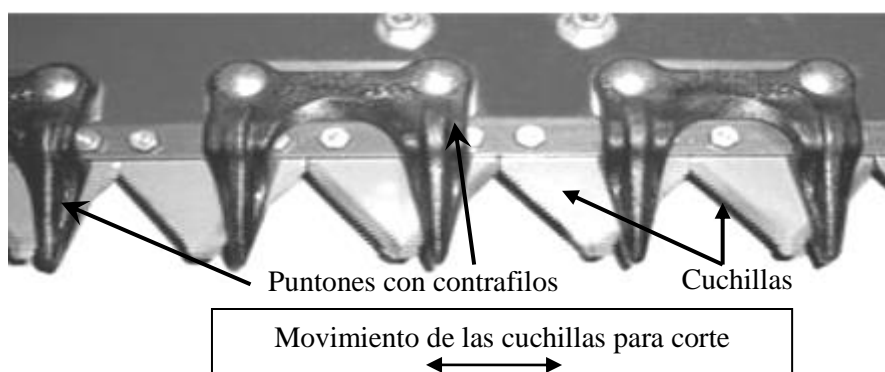


**Figura 33:** corte realizado con cuchillas con defectos en el filo, en (a) pasto Tanzania y (b) alfalfa. Fuente: Cattani y col., 2008 b.

### III.1.2.8 Sistemas de corte

Existen dos sistemas de corte; uno que se efectúa por cizalla y otro por golpe.

**III.1.2.8.1 Corte alternativo por cizalla:** en este caso, la barra de corte está compuesta por cuchillas de movimiento alternativo y puntones con contrafilos (figuras 34 y 35).



**Figura 34:** componentes de la barra de corte de una segadora de fabricación nacional. Fuente: Tecnología Perez, 2014.



**Figura 35: componentes de la barra de corte de una segadora de fabricación extranjera, con distinto diseño de puntones. Fuente: CNH, 2009.**

Las cuchillas son intercambiables (figura 36); realizan un corte neto, lo que favorece la pronta recuperación de los tejidos debido a la ausencia de desgarros, disminuyendo los riesgos de ingreso de enfermedades a la planta a través del tejido cortado.



**Figura 36: (a) distintos modelos de cuchillas y (b) detalles de los distintos dentados que favorecen el corte sin deslizamiento del tallo a lo largo del filo.**

El rebrote es más rápido que aquel de una pastura cortada con corta-hileradora de hélice, adelantando la nueva fecha de corte en alrededor de una semana (Tecnología Perez, 2014). Con este sistema, hay ausencia del repicado del material cortado. Producen el corte con gran uniformidad de altura, ya que poseen un sistema de copiado del terreno por patines regulables cuando la plataforma de corte está suspendida de resortes. Además, permite la utilización de acondicionadores mecánicos del forraje para aumentar la velocidad de secado, ya que realiza la entrega del material cortado en forma de manto (figura 37).



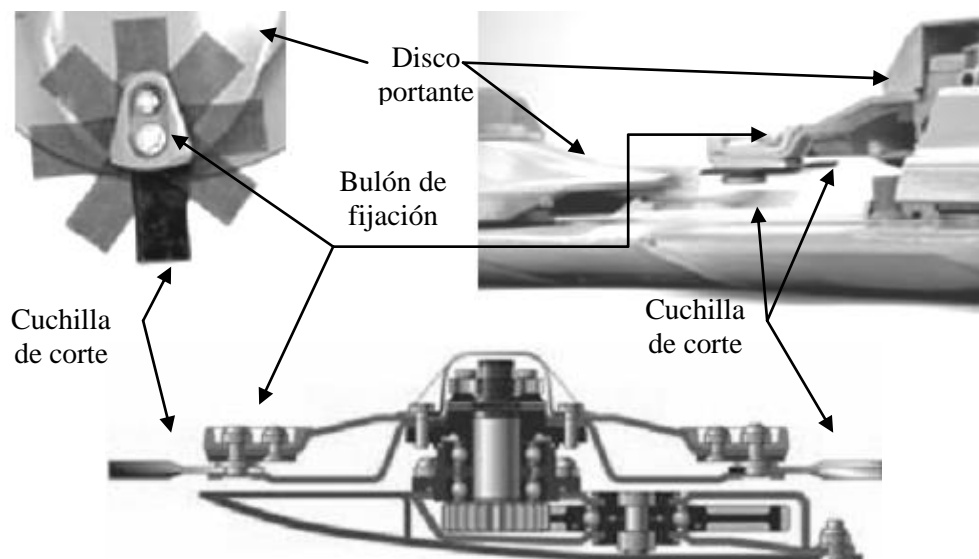
**Figura 37: máquina segadora con sistema de corte alternativo, con entrega del forraje cortado en forma de manto, en una pastura de gramíneas. Fuente: BCS Group, 2014.**

El costo de adquisición y los requerimientos de potencia, por metro de corte, son menores que los de las corta-hileradoras de discos. Permite la utilización de tractores sin cabina al momento de siega (Shinners, 2002). Aunque, este sistema de corte se considera agrónomicamente perfecto, en máquinas de fabricación nacional (figura 38) poseen reducido ancho de corte, menor a 3 m (Giordano y col., 2012), mientras que modelos extranjeros pueden superar los 5 m de ancho de corte (CNH, 2009). La velocidad apropiada de trabajo varía entre 8 y 13 km/h, presentando dificultades para operar a velocidades mayores (Shinners, 2002; Schuler, 2014). También, presenta una mayor demora y dificultad en las reparaciones, por lo que su capacidad de trabajo resulta ser menor que el de las máquinas con sistemas de corte por hélices con igual ancho de corte. Esto, junto a un mayor costo de compra respecto de las corta-hileradora con hélices, hace que este tipo de máquinas tenga baja adopción entre los productores y contratistas forrajeros del país (Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012).



**Figura 38: máquina segadora con sistema de corte alternativo, de fabricación nacional. Fuente: Tecnología Perez, 2014.**

**III.1.2.8.2 Corte rotativo:** el principio de corte se basa en el giro de cuchillas con filo y un extremo libre, manteniéndose perpendiculares al eje de rotación debida a la acción de la fuerza centrífuga (figura 39).



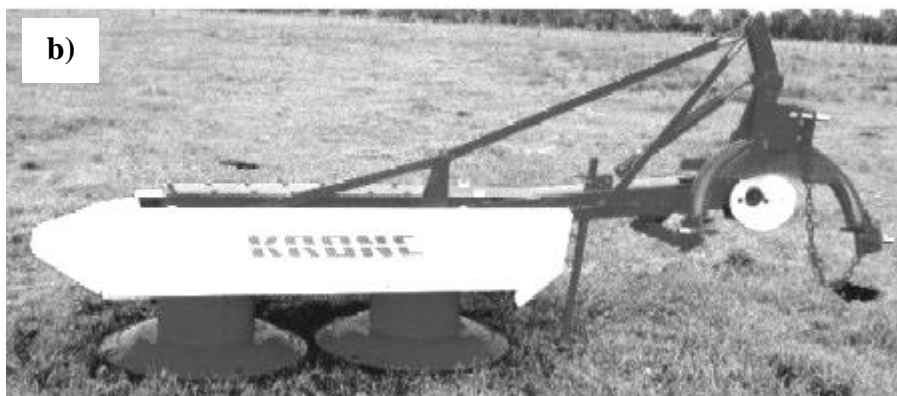
**Figura 39: imágenes mostrando la unión de la cuchilla de corte por uno de sus extremos al disco portante. Fuente: Krone, 2014.**

El corte se produce por el impacto de la cuchilla con el forraje, y será mejor cuanto mayor sea la velocidad de giro de la cuchilla y su filo. En el mercado argentino, se encuentran tres tipos de cortadoras rotativas: cortadoras hileradoras con hélices, tipo tambor y cortadoras de discos (figura 40).

a)



b)



d)



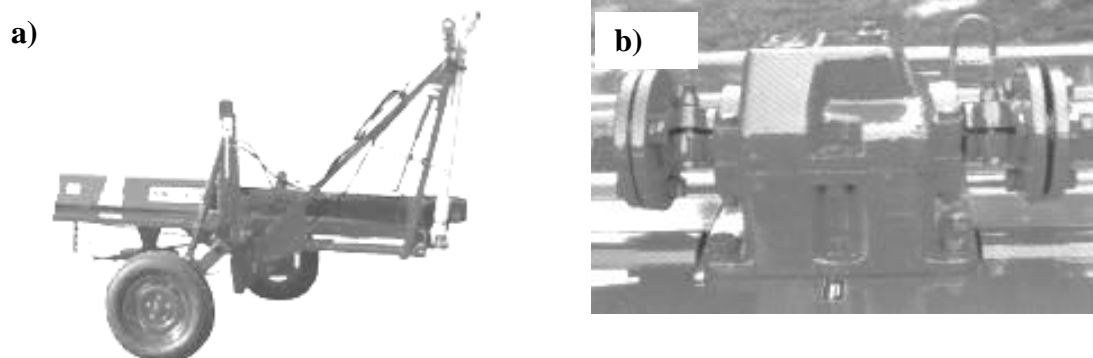
Disco con cuchilla en detalle

**Figura 40:** cortadoras hileradoras (a) con hélices, (b) tipo tambor y (c-d) de discos, respectivamente. Fuentes: (a) [www.mainero.com.ar](http://www.mainero.com.ar); (b) <http://www.magrama.gob.es>; (c) <http://es.vicon.eu>; (d) CNH; 2009.

Las **corta-hileradoras con hélices** son utilizadas masivamente en Argentina, con un nivel de adopción del 95% en el mercado nacional. Ello se debe a los bajos costos de adquisición y mantenimiento, y a su robustez en el funcionamiento, que las vuelve aptas para cortar pasturas enmalezadas (Cattani y col., 2008 b). Dentro de este tipo de máquinas, existen las accionadas por correas, planas o en “V”, y por transmisión

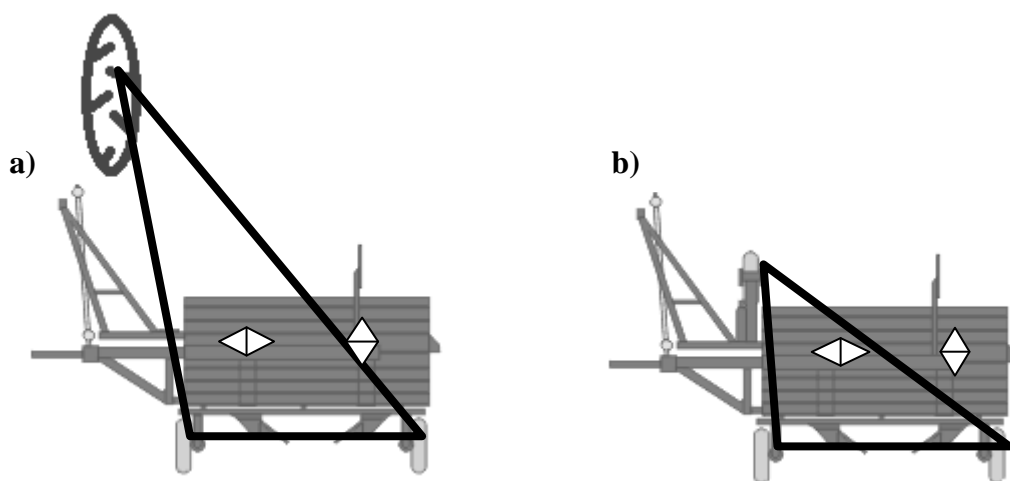


mecánica utilizando cajas de engranajes cónicos (figura 41). Este último sistema de transmisión mecánica permite el sincronismo de las cuchillas y facilita la utilización de todo el ancho de corte de la máquina.



**Figura 41: distribución del movimiento (a) con correa plana y (b) mandos mecánicos. Imágenes disponibles en (a) [uy.yomelsa.com](http://uy.yomelsa.com); (b) [www.mainero.com.ar](http://www.mainero.com.ar)**

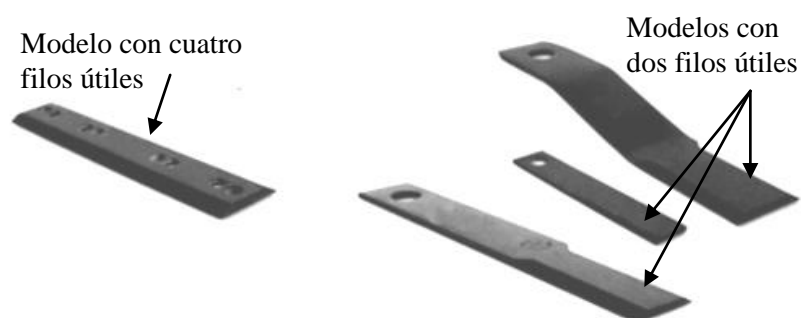
Estas máquinas hacen un copiado deficiente de la superficie del terreno, lo que determina un corte irregular de la pastura cuando el terreno es desparejo, dañando a las plantas y cuchillas y contaminando con suelo al forraje que será henificado. Este copiado deficiente se debe a que las ruedas donde se apoya la máquina están alejadas de las torres de corte. El problema se magnifica en aquellas máquinas con dos ruedas, ya que el plano de corte termina definido por la rueda trasera del tractor, no así en las máquinas con apoyo en tres ruedas (figura 42).



**Figura 42: esquema orientador de los tres puntos de apoyo que determinarían los planos de corte de modelos de corta-hileradoras con (a) dos y (b) tres ruedas (adaptado de [www.mainero.com.ar](http://www.mainero.com.ar)).**



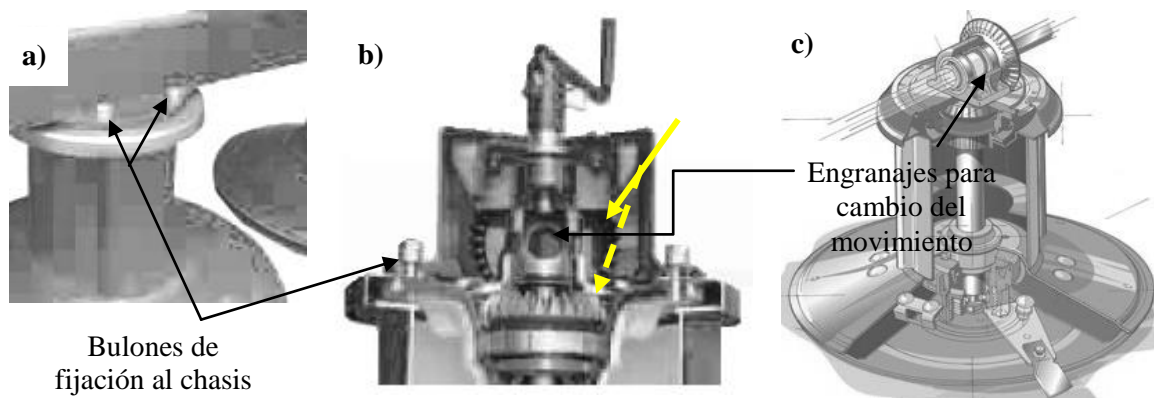
Estos modelos también presentan los inconvenientes de repicado del forraje y recortado de los tallos, descrito anteriormente (figura 24). Debido a su diseño y forma de trabajo, las corta-hileradoras con hélices están imposibilitadas de incorporar acondicionadores mecánicos de forraje. Es necesario que el diseño de la máquina contemple la incorporación de cuchillas de material tratado y filo rectificado, en lo posible con cuatro filos útiles por cuchilla (figura 43). Es más práctico recambiar la cuchilla en el lugar de trabajo que quitarla para acondicionar su filo.



**Figura 43: distintos modelos de cuchillas para corta-hileradoras con hélices. Imágenes disponibles en <http://oncativosa.com.ar>**

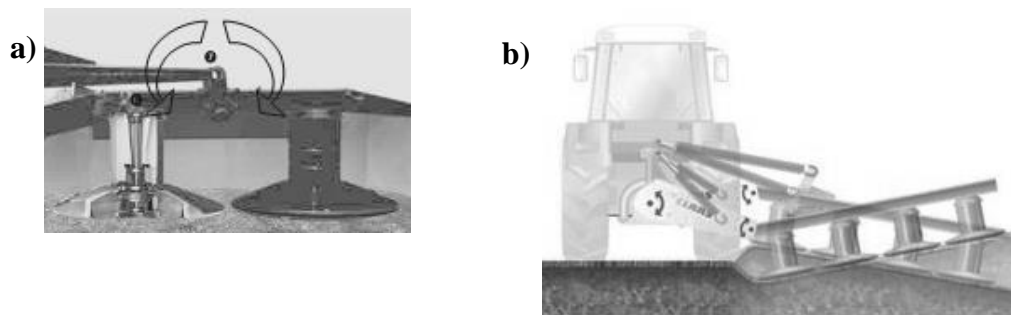
Cualquiera sea el modelo de cuchilla utilizado, siempre es conveniente recambiarlas cuando manifiestan síntomas de desgaste; por ejemplo, cuando el cultivo queda deshilachado al momento del corte. Estas máquinas deben trabajar a velocidades entre 7 y 8 km/h, perdiendo capacidad de trabajo frente a otros tipos de cortadoras.

Las **corta-hileradoras a tambores** son máquinas donde las cuchillas se fijan en la base de cilindros que toman el movimiento de rotación desde su parte superior (figura 44).

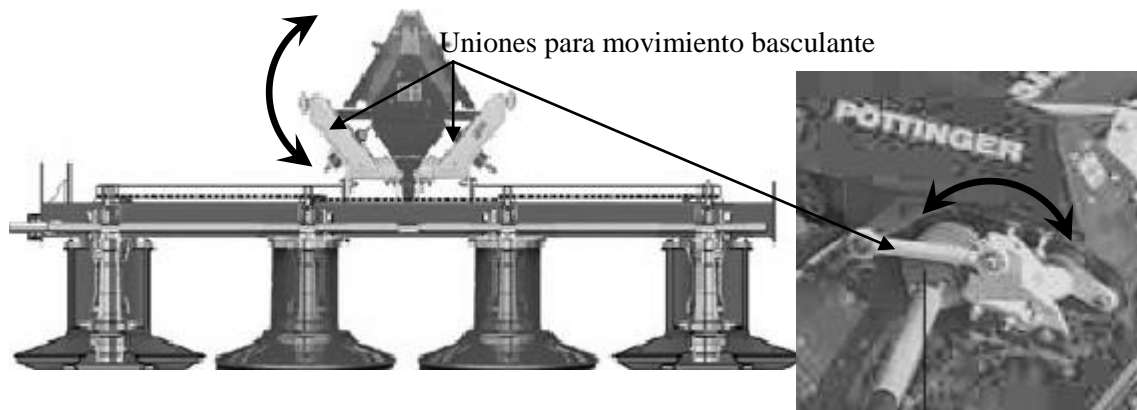


**Figura 44:** (a) unión del tambor al chasis y (b, c) corte transversal del tambor donde se aprecian los componentes de la transmisión del movimiento. Imágenes disponibles en (a, b) Pöttinger, 2014; (c) <http://www.peru.claas.com/>.

Estos equipos realizan un buen copiado del terreno, determinado por el diseño de la plataforma flotante, otorgando una altura de corte constante que evita el desgaste prematuro de las cuchillas y el daño a las coronas de las plantas cortadas. La flotabilidad se debe a que están suspendidas de un sistema que permite el copiado del terreno tanto en el sentido longitudinal al avance como transversal (figuras 45, 46 y 47).



**Figura 45:** unión que permite el copiado del terreno en sentido transversal al avance. Imágenes disponibles en (a) Pöttinger, 2014; (b) <http://www.peru.claas.com/>.

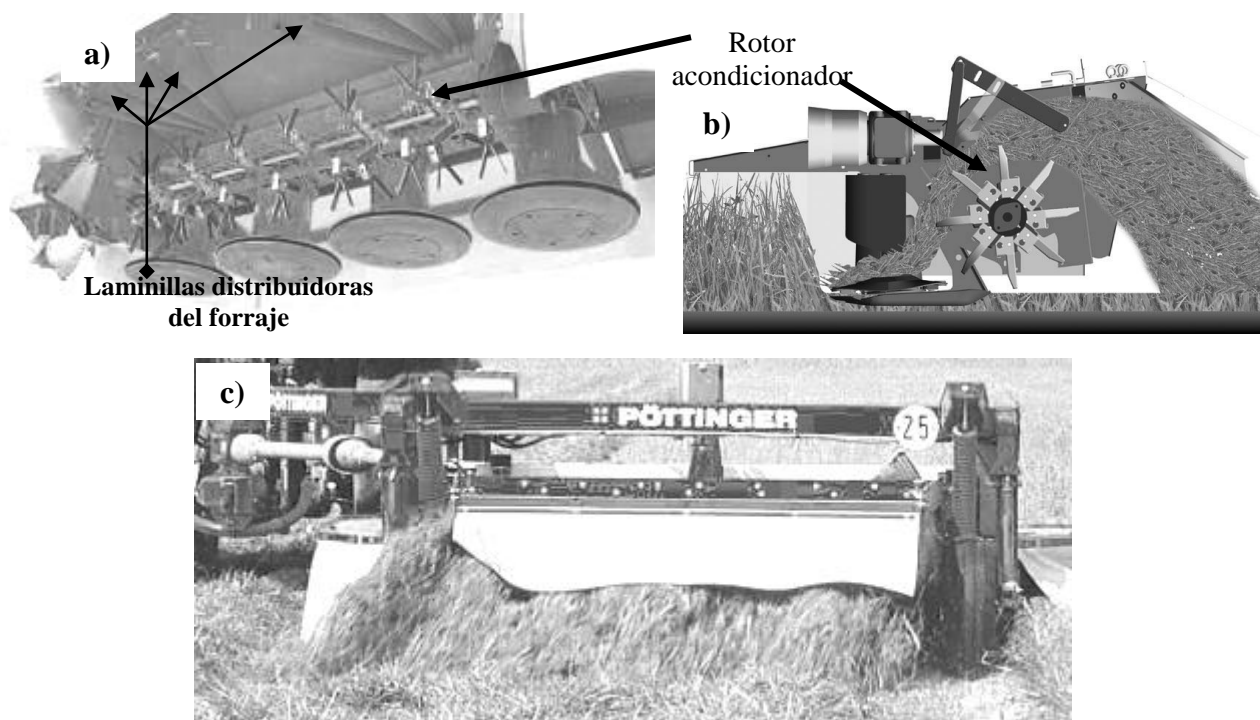


**Figura 46: cortadora rotativa de cuatro tambores, para unión al frente de la unidad tractora. Imágenes disponibles en Pöttinger, 2014.**



**Figura 47: cortadora rotativa de tambores, con movimiento basculante en sentido longitudinal al avance. Imágenes disponibles en <http://www.peru.claas.com/>**

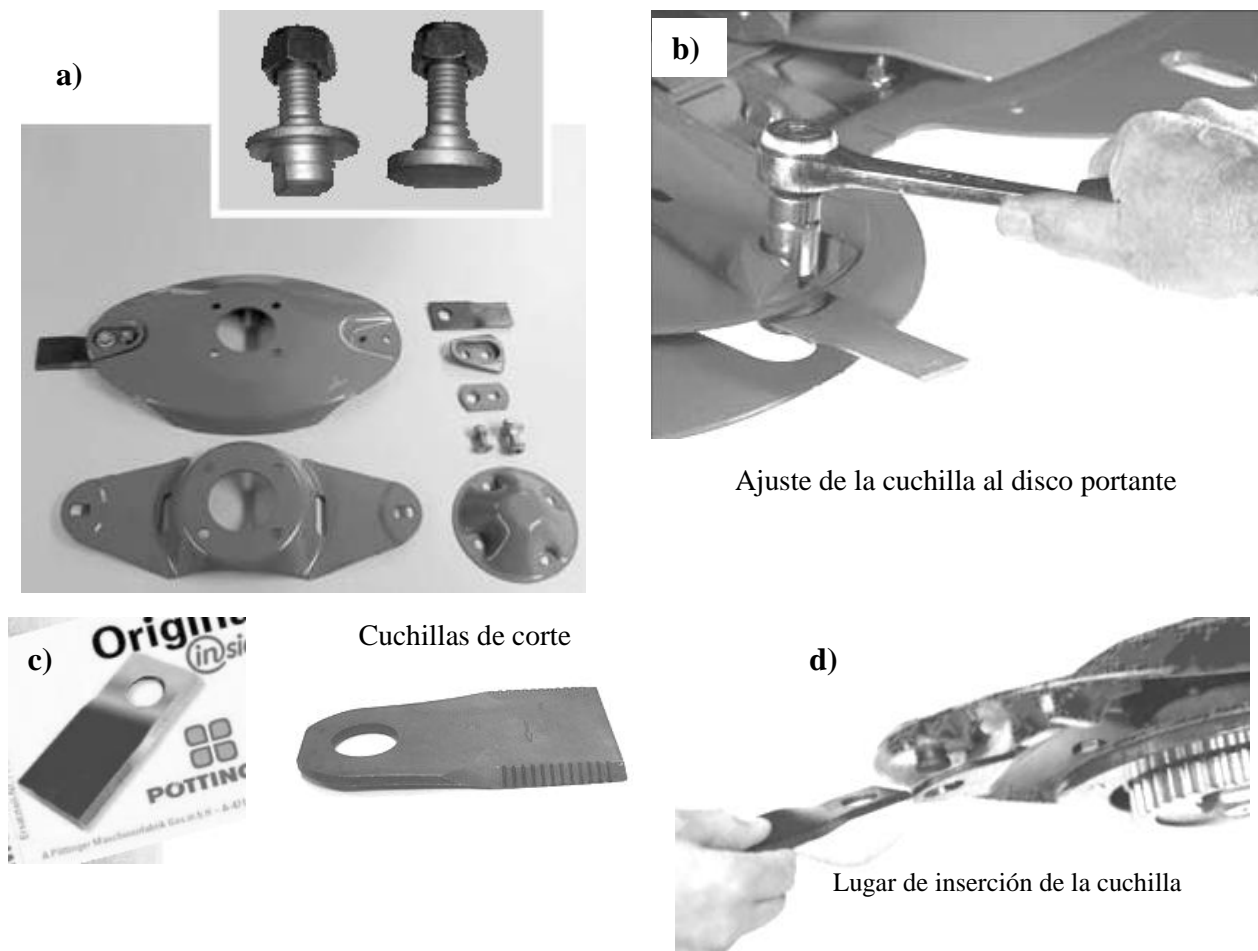
La plataforma consiste en grandes platos que giran por debajo de los tambores, en contacto con el suelo. Como ventajas, este sistema de corte produce menor repicado del forraje, mayor uniformidad de corte y el recambio de cuchillas es más rápido y eficiente cuando se lo contrasta con las máquinas con hélices. Pero, poseen mayor costo de adquisición, y la dificultad para utilizar acondicionadores mecánicos cuando se trata de máquinas con poco ancho de corte o con tambores de gran diámetro, debido a que entregan el forraje, inevitablemente, en forma de hileras. No obstante ello, existen modelos a los que se les puede acoplar un acondicionador mecánico de forraje consistente en un rotor con dedos impelentes (figura 48) que, además, permite entregar el forraje en una andana con dimensiones similares al ancho de corte de la máquina.



**Figura 48:** cortadora rotativa de tambores con (a) un dispositivo acondicionador con dedos impelentes y (b) laminillas deflectoras que distribuyen el forraje en (c) una andana con mayor superficie de exposición a la radiación solar. Imágenes disponibles en Pöttinger, 2014.

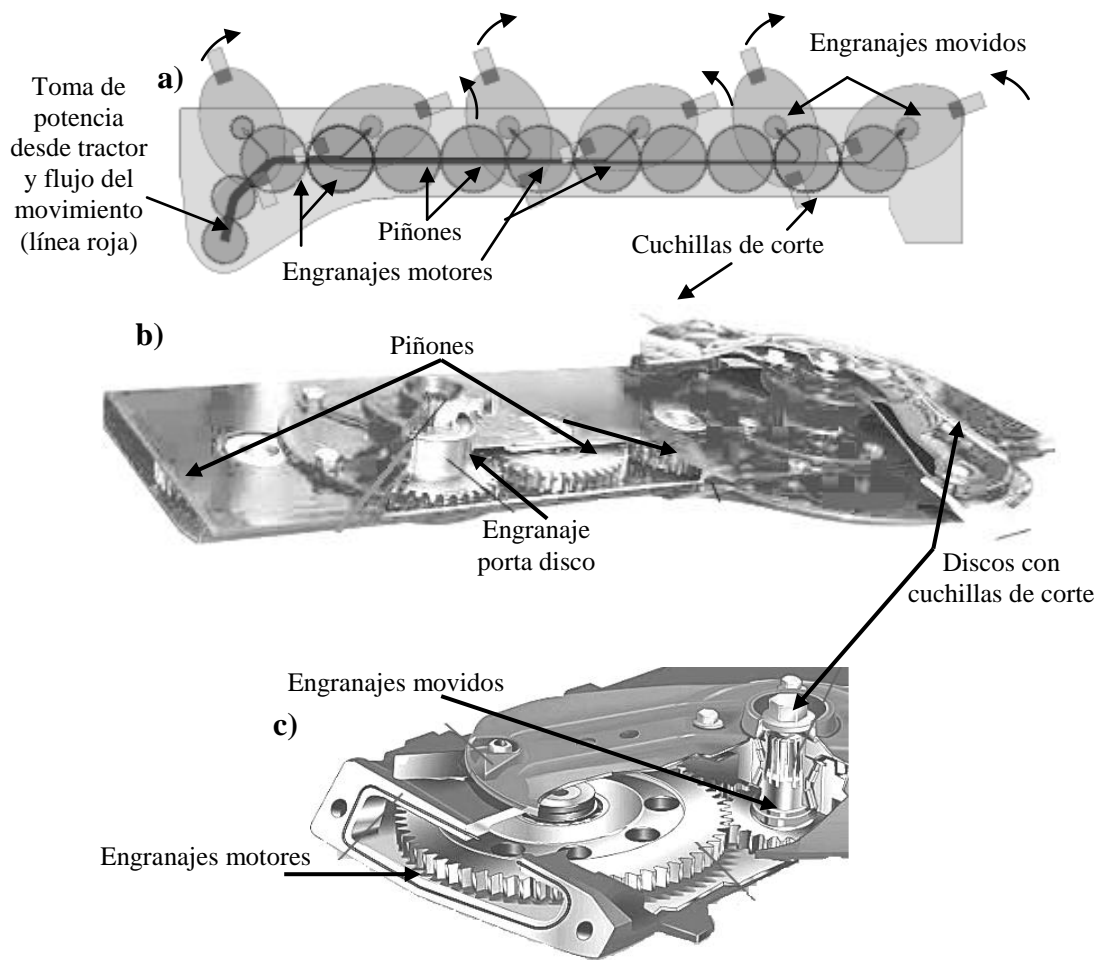
El rotor transporta a la pastura cortada hasta una chapa de rebote acanalada, con un distribuidor de dispersión ancha donde unas laminillas reparten el flujo de forraje. Cada laminilla puede ajustarse individualmente, para generar dos hileras o hasta una sola andana que ocupa todo el ancho de siega. Estos modelos son fabricados en el extranjero.

Las **cortadoras rotativas de discos** poseen cuchillas cortas y livianas y, por ello, resultan más económicas; son de fácil y rápido recambio (figura 49). Debido a su reducido tamaño, el corte siempre es más prolijo que el producido por la cuchilla de una máquina con hélices. Existen diferentes modelos de cuchillas; las curvadas y angulosas tienden a cortar mejor al forraje cuando está volcado, aunque tienden a levantar más suelo cuando está seco. Generalmente, es mejor un perfil horizontal para las cuchillas (Undersander, 2006).



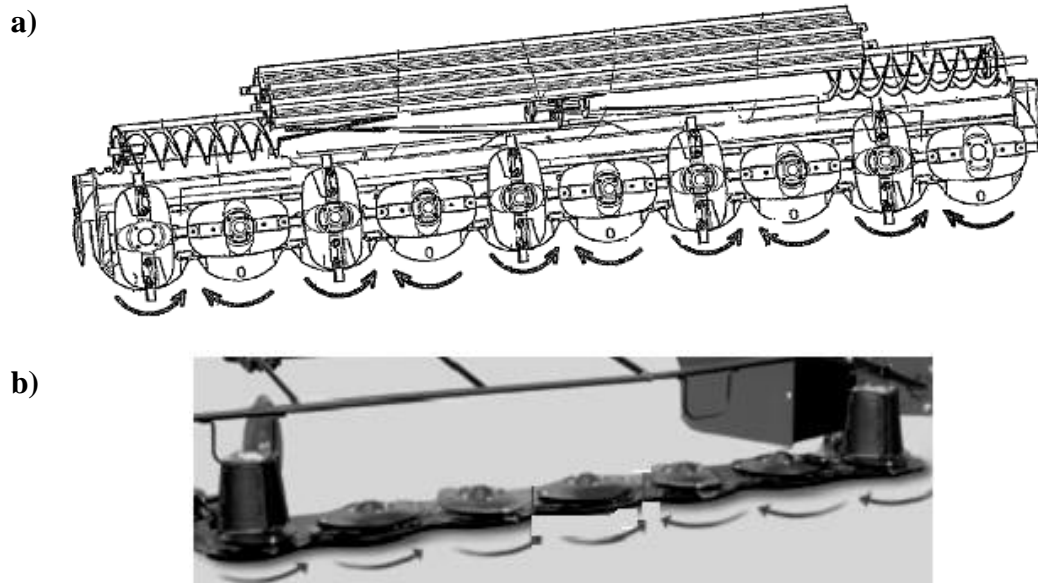
**Figura 49:** (a) despiece de un disco de corte; (b, c, d) recambio de una cuchilla de corte. Imágenes disponibles en (a) Krone, 2014; (b) <http://www.deere.com> y (c, d) Pöttinger, 2014.

En las máquinas con discos, las cuchillas poseen un biselado con tratamiento de endurecimiento; la parte tratada siempre debe ir expuesta hacia el suelo, para cuidar el filo y aumentar su vida útil. Debe controlarse regularmente la condición de las cuchillas, para evitar su uso cuando estén dañadas o desafiladas (Undersander, 2006). La transmisión del movimiento de rotación a los discos se realiza por un sistema de engranajes con dientes rectos, de 20 a 24 mm de espesor, dispuestos en baño de aceite en el interior de la barra de corte (figura 50).



**Figura 50:** (a) vista en planta de la disposición de los engranajes en una barra de corte de discos; (b, c) cortes en una barra mostrando distintos modelos. Imágenes disponibles en (a) Krone, 2014; (b) Pöttinger, 2014; (c) <http://www.deere.com>.

En algunos modelos los piñones son de la misma dimensión que los engranajes motores y movidos, mientras que en otros diseños se utilizan piñones del mismo tamaño que los engranajes motores y de mayor diámetro que los movidos. Esto permite modificar el sentido de giro de los discos (figura 51), consiguiendo discos con rotación normal (sentido alternado) o contra-rotantes (en el mismo sentido). Los discos con rotación normal están recomendados para forraje alto y denso, mientras que aquellos contra-rotantes lo están para forraje de bajo porte (BCS Group, 2014).



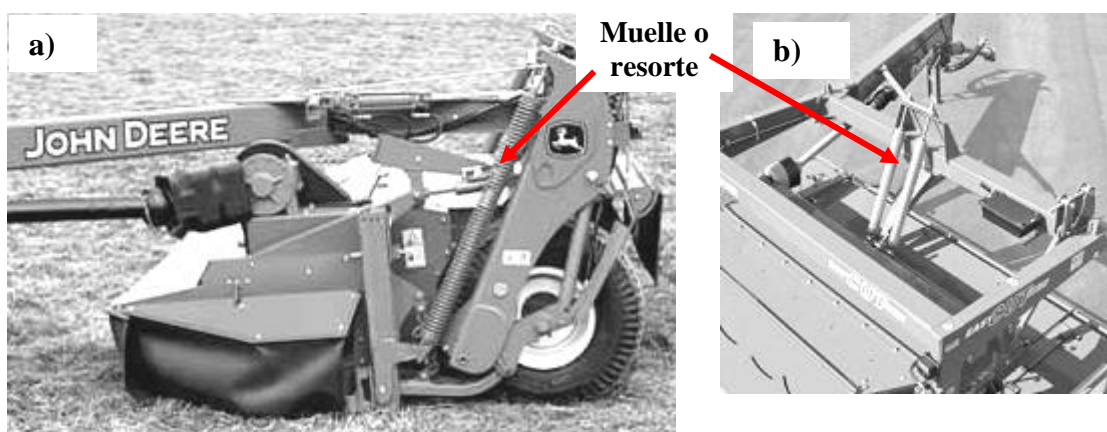
**Figura 51: a) barra de corte con discos con rotación normal y (b) barra de corte con discos contra-rotantes (inferior). Fuentes: (a) Barnett y Snider, 2012; (b) BCS Group, 2014.**

La carcasa de la barra de corte que contiene a los engranajes y soporta a los discos es de acero, de 4 a 6 mm de espesor, elaborada con exactitud a través de la mecanización por control numérico computarizado. Está protegida con patines de desgaste de acero/manganeso o acero/boro y con escudos deflectores en las zonas de cruce de las cuchillas. Los discos perfilados también son de acero. Este diseño de barra de corte tiene la ventaja de presentar un frente de siega de poco espesor (figura 52), facilitando la circulación del forraje segado de manera uniforme y continua, sin atascamientos.



**Figura 52: detalle del perfil de una barra de corte con discos. Imagen disponible en <http://www.claas.es/>.**

La plataforma de corte puede vincularse al chasis de la máquina por medio de resortes, un sistema hidroneumático o una combinación de ambos, consiguiendo de esta manera alto grado de flotación y menor fricción sobre la pastura. Esto favorece el tránsito más veloz con mejor copiado de las irregularidades del suelo, produce menos daño sobre las coronas de la pastura porque disminuye la presión de apoyo, y favorece el ahorro de combustible al requerir menos potencia de arrastre. Esto también libera a la barra de torsiones durante la operación de siega o de izado, evitando solicitaciones internas heterogéneas (figuras 53 y 54).



**Figura 53:** imágenes que muestran, a) el muelle lateral del que cuelga la barra de corte y b) otro modelo, donde la barra está suspendida por su centro de gravedad. Imágenes disponibles en (a) <http://www.deere.com/> y (b) Krone, 2014.

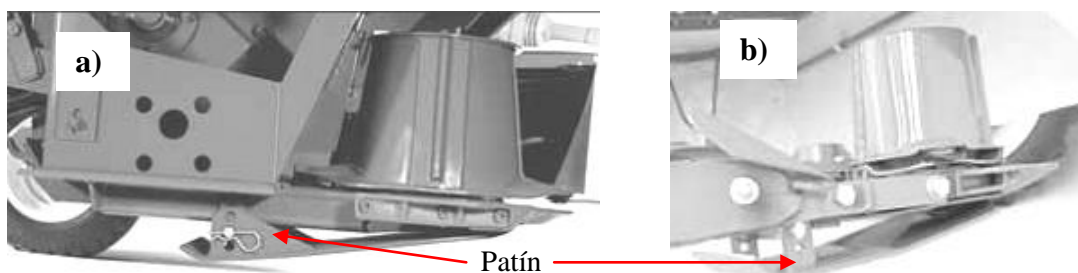


**Figura 54:** imagen que muestra la operación de regulación de tensión del muelle lateral del que cuelga la barra de corte. Imagen disponible en <http://www.kuhnnorthamerica.com/>.

La flotación de la barra de corte puede regularse para lograr que apoye sobre el suelo con un peso de entre 60 y 100 kg, evitando que dejen huellas en el suelo o cortes con ondulaciones. La barra de corte puede copiar el terreno con una flotabilidad que le

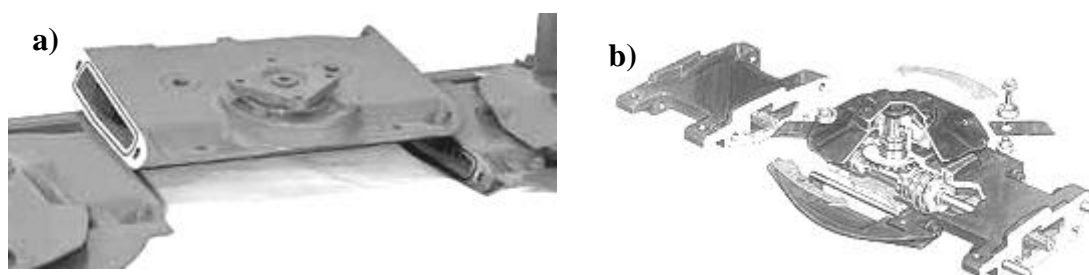


da la capacidad para oscilar desde +30 a -10 cm respecto de la altura de corte regulada para trabajar. La altura de trabajo estará determinada por la regulación de patines ubicados en los extremos de la barra de corte (figura 55).



**Figura 55:** imagen que muestra el patín que regula la altura de corte. Imágenes disponibles en (a) <http://www.deere.com/> y (b) <http://www.krone-northamerica.com/>.

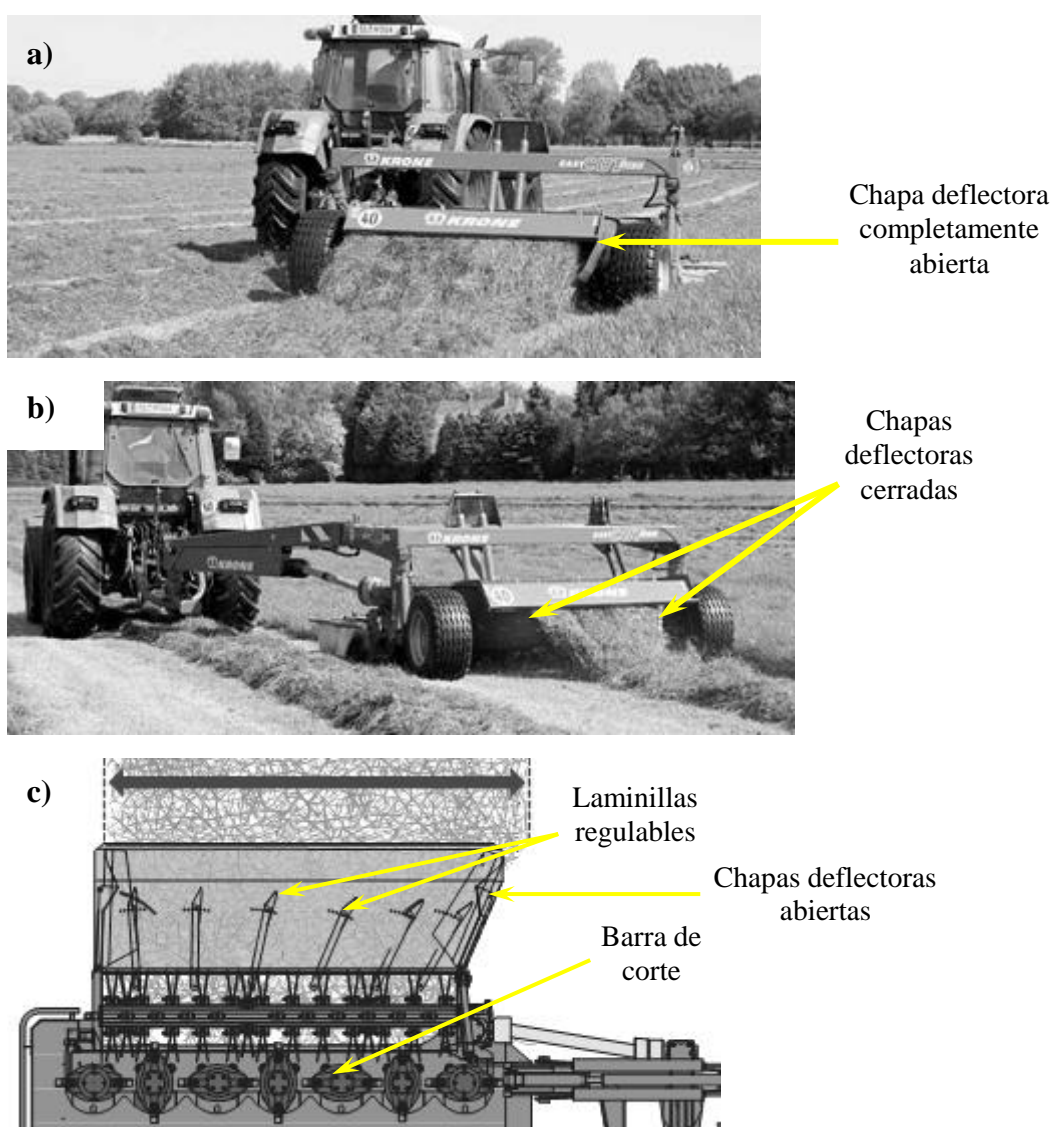
También puede regularse la inclinación de la barra de corte en sentido longitudinal al avance; algunos modelos permiten que el ángulo de ataque pueda variar entre 0 y 6°. Para terrenos con obstáculos como piedras o palos, es mejor trabajar con 0° de inclinación en la barra (paralela al suelo), para evitar o minimizar daños a las cuchillas o acondicionadores y disminuir el desgaste de la barra de corte, mientras que para evitar el repicado es necesario incrementar el ángulo de ataque (Undersander, 2006). Algunas marcas presentan plataformas de corte construidas en secciones (figura 56). La construcción modular de la barra de corte facilita, agiliza y economiza las reparaciones en caso de roturas (Shinners, 2002).



**Figura 56:** módulos desmontables de una barra de corte a discos. Imágenes disponible en (a) <http://www.deere.com/> y (b) en <http://agriculture.newholland.com/AR>.

El sistema de flotación de estas barras de corte y la regulación de la altura de corte mediante el empleo de patines permite, en estas máquinas, el tránsito suave sobre pasturas de gramíneas que forman matas densas en comparación con las de hélices

(Cattani y col., 2008 b); estos suplementos reguladores de la altura son los indicados para lograr cortes de 20 cm de altura, necesario cuando se trabaja con especies C<sub>4</sub>. En la parte posterior de estas máquinas se ubican chapas deflectoras que ayudan a extender la andana (figura 57). El objetivo es obtener hileras anchas y desordenadas, con los tallos posicionados hacia arriba para exponerlos al sol. Con ello se promueve el aumento de la tasa de secado del forraje, ya que se logran andanas menos densas (Savoie y col., 2002; Undersander, 2006) (tabla 7).



**Figura 57:** (a) andana ancha, (b) andana angosta y (c) accesorio con laminillas regulables que permiten la formación de una andana tan ancha como la barra de corte. Fuente: Krone, 2014.

**Tabla 7: tasa de secado de alfalfa (% MS·h<sup>-1</sup>) obtenida con diferentes condiciones de temperatura, ventilación y densidad de la andana después de 10 horas del corte. Fuente: Jahn y col., 2004.**

Tratamiento	Densidad de la andana		
	----- (kg MS·m <sup>-2</sup> de andana) -----		
	4,78	3,62	2,17
	----- (% MS·h <sup>-1</sup> ) -----		
20°C con ventilación	A 1,12 c	A 1,49 c	A 1,67 c
30°C con ventilación	B 1,83 b	B 2,20 b	A 3,25 b
40°C con ventilación	B 2,84 a	B 3,11 a	A 4,12 a
20°C sin ventilación	A 0,51 d	A 0,67 d	A 0,93 d
30°C sin ventilación	A 0,80 c	A 0,93 d	A 1,36 cd
Promedio:	1,42 C	1,68 B	2,27 A

Promedios en cada fila con letras mayúsculas diferentes son estadísticamente diferentes, según prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Promedios en cada columna con letras minúsculas diferentes son estadísticamente diferentes, según prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Una forma de lograr la disposición vertical y desordenada de los tallos es circular a una velocidad superior a 10 km/h y con las chapas deflectoras en posición media. Son numerosas y muy importantes las ventajas de este sistema de corte. Entre ellas podemos citar a la gran capacidad de trabajo (ha/h); fácil recambio de cuchillas; desarrollo de un corte prolijo con mínimo deshilachado; despreciable nivel de repicado; ausencia de recorte de la pastura; correcto copiado del terreno, sin provocar daño a las coronas del cultivo; descarga uniforme del material cortado, favoreciendo el trabajo de los acondicionadores; posibilidad de regular las dimensiones de las andanas.

Como desventajas se pueden mencionar el mayor costo de adquisición por metro de frente de corte respecto de los otros sistemas de corte, y la dificultad de conseguir repuestos cuando se trata de maquinaria de fabricación extranjera. Es necesario operarlas con tractores con cabina cerrada, por la peligrosidad que presenta la posibilidad de que las cuchillas levanten una piedra u objeto contundente y dañen al operario. Comparando el efecto sobre las plantas de estas máquinas de corte por golpe con aquellas de corte por cizalla, no habría diferencias significativas en la persistencia y productividad de la pastura por utilizar uno u otro sistema de corte (Mueller y col., 1998; citado por Undersander, 2006) (Tabla 8).

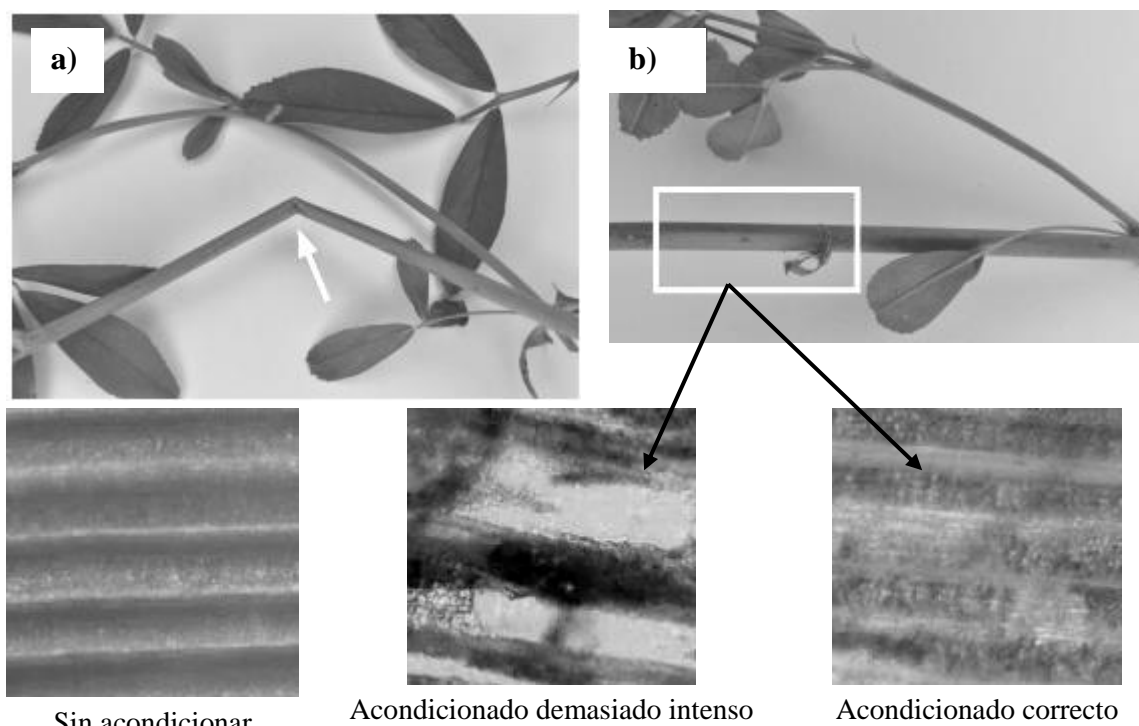
**Tabla 8: influencia del tipo de barra de corte de la segadora-acondicionadora sobre el rendimiento del primer corte y la densidad de plantas de una pastura de alfalfa, luego de tres años de cortes (adaptado de Undersander, 2006).**

<b>Tipo de barra de corte</b>	<b>Rendimiento de materia seca</b>	<b>Densidad de plantas</b>
	<b>----- (t/ha) -----</b>	<b>----- (plantas/m<sup>2</sup>) -----</b>
Cizalla	3,63	66,7
Discos de cuchillas cortas	3,68	66,7

Los requerimientos de potencia para trabajar con las cortadoras de discos son mayores que los necesarios para el mismo ancho de corte de una segadora con corte alternativo, aunque los costos operativos son similares debido a que la segadora con discos puede trabajar a mayor velocidad (Undersander, 2006). También, se destaca que el mantenimiento es mucho menor para las cortadoras a discos que para aquellas con corte alternativo.

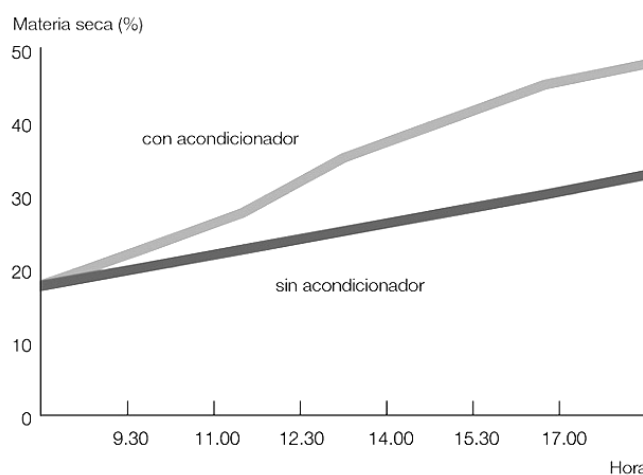
### **III.1.2.9 Acondicionadores**

Es necesario destacar la importancia de la utilización de acondicionadores mecánicos del forraje cortado que forman parte de estas máquinas. Los acondicionadores mecánicos provocan vías de escape del agua desde los tallos y hojas del forraje (figura 58), aumentando la velocidad de secado.



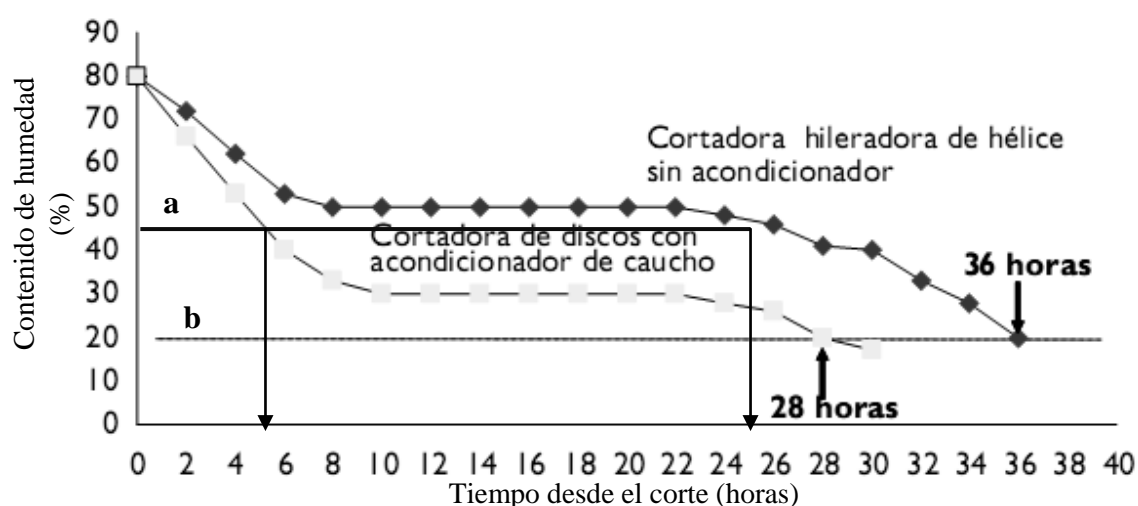
**Figura 58:** tallo de alfalfa acondicionado con rodillos (a) acanalados y (b) dedos. Fuentes: Digman y col., 2011; Pöttinger, 2014.

Los acondicionadores permiten reducir el tiempo de secado de la andana en el lote (figura 59), haciendo uniforme la velocidad de secado de tallos y hojas. El secado homogéneo de la planta evita la pérdida de hojas por sobre-secado al momento de la confección del rollo o fardo; es necesario recordar la importancia que tienen las hojas como componente del alimento, ya que contienen el 70% de los nutrientes de la planta y menores contenidos de fibra que el tallo (Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012).



**Figura 59:** evolución del porcentaje de materia seca de la andana del forraje cortado con máquina equipada con o sin acondicionador. Fuente: <http://www.claas.es/>

Además, el uso de acondicionadores disminuye los riesgos de que una lluvia moje la andana y lave los nutrientes del forraje, y facilitan la compactación del forraje en las cámaras de prensado de las empacadoras ya que el prensado de los tallos los vuelve más maleables. Esta mejora en el amasado del forraje, en la cámara de compactación, favorece el aumento de la densidad de la unidad de forraje empacada, incrementando la capacidad de trabajo de las máquinas empacadoras y mejorando las condiciones para el almacenamiento del heno. La rápida deshidratación del forraje en el campo también reduce los riesgos de calentamiento excesivo del heno debido a la respiración celular (figura 60), la acción de microorganismos o a reacciones químicas, y con ello se evita la pérdida de nutrientes.



**Figura 60: tiempo necesario para alcanzar niveles adecuados de humedad, para una henificación segura, del forraje cortado con máquina equipada con acondicionador o una hileradora de hélice sin acondicionador (adaptado de Cattani y col., 2008 b).**

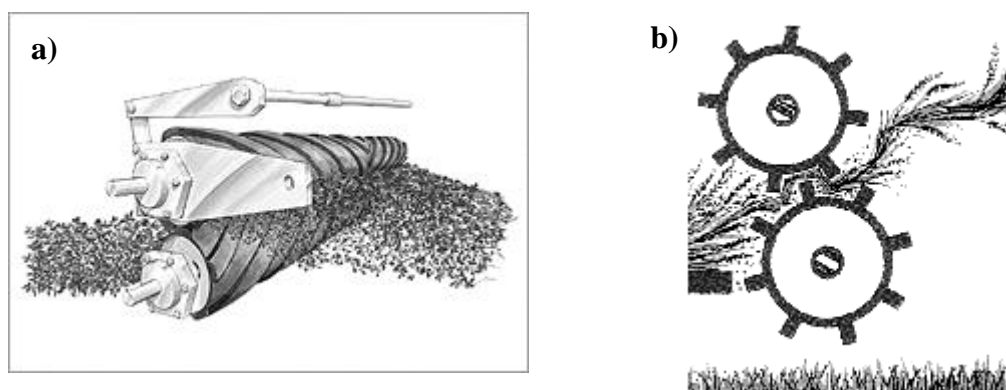
**(a): indica la finalización de la respiración celular**

**(b): contenido de humedad adecuado para iniciar la henificación**

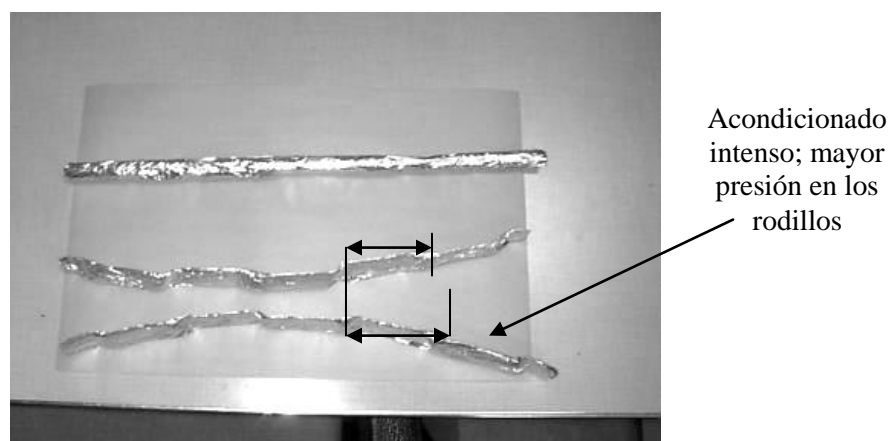
La respiración celular se detiene con contenidos de humedad del forraje de entre 40 y 50%, y conviene henificar a partir de un contenido de humedad, máximo, del 18% (Rotz, 2003). Un forraje cortado y debidamente acondicionado rendirá alrededor de 10 a 12% más de materia seca que uno cortado con hélice y sin acondicionar (Giordano y col., 2012). El forraje está debidamente acondicionado si los tallos de las leguminosas son raspados o quebrados cada 5 a 10 cm con menos del 5% de daños o pérdidas de hojas (Digman y col., 2011).

Existen dos tipos de acondicionadores mecánicos. Uno de ellos, emplea rodillos que comprimen el forraje quebrando sus tallos, y el otro es un eje con dedos que laceran a los tejidos del forraje por efecto abrasivo y quebraduras de los tallos (Rotz, 2003; Digman y col., 2011).

**III.1.2.9.1 Equipos con acondicionadores a rodillos:** en ellos, el acondicionado se logra cuando el forraje pasa por entre ellos (figura 61). Estos rodillos poseen tacos, que generan distintos dibujos alrededor del rodillo según el fabricante del que se trate y el modelo de máquina, siendo preferibles aquellos con mayor entramado ya que generarán mayor cantidad de puntos de quebrado (figuras 62 y 63).



**Figura 61:** esquema mostrando acondicionadores a rodillos. Imágenes disponibles en (a) <http://www.newholland.com.mx>; (b) Shinnars, 2002.

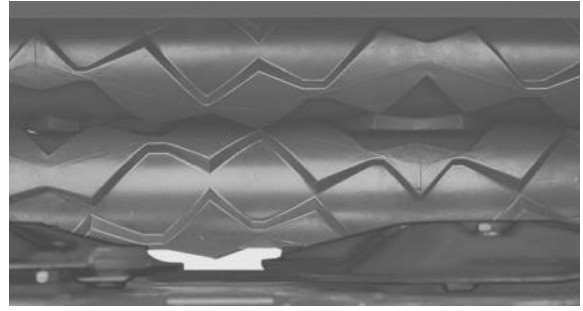


**Figura 62:** rollos de papel de aluminio antes (arriba) y después (debajo) de pasar a través de dos rodillos acondicionadores. Fuente: Shinnars, 2002.

Pueden ser de caucho o metálicos, y presentar un par de rodillos o más (Savoie, 2001) (figura 64).



John Deere



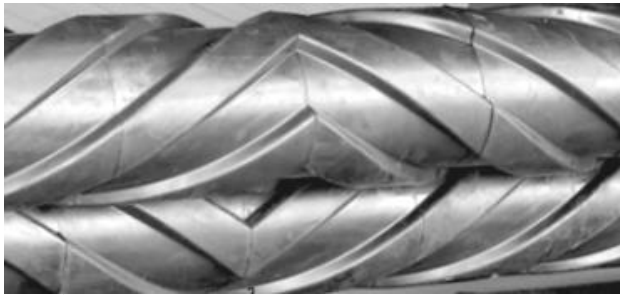
Kuhn



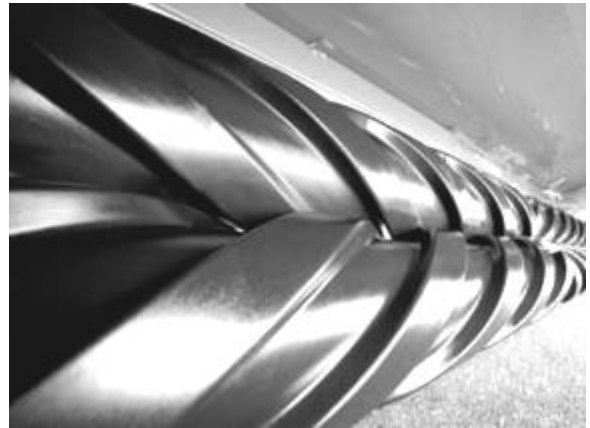
New Holand-Case IH (goma)



Case IH (acero)



BCS Group – Massey Ferguson



Claas

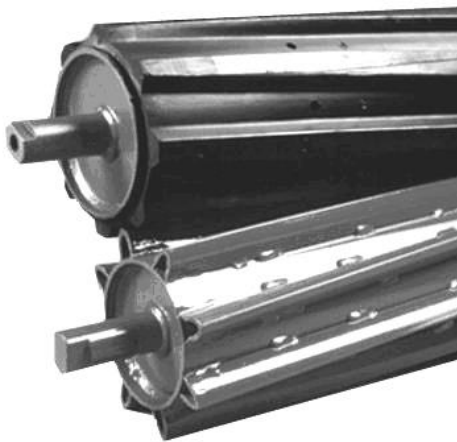
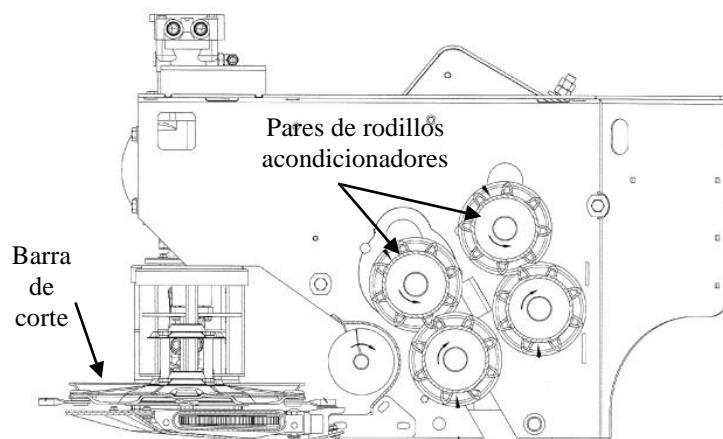


Figura 63: rodillos de goma y metal, con distintos diseños.





**Figura 64:** cabezal de corte de una máquina segadora automotriz, registrada para AGCO Corporation, con cuatro rodillos acondicionadores. Fuente: Pruitt y Nafziger, 2010.

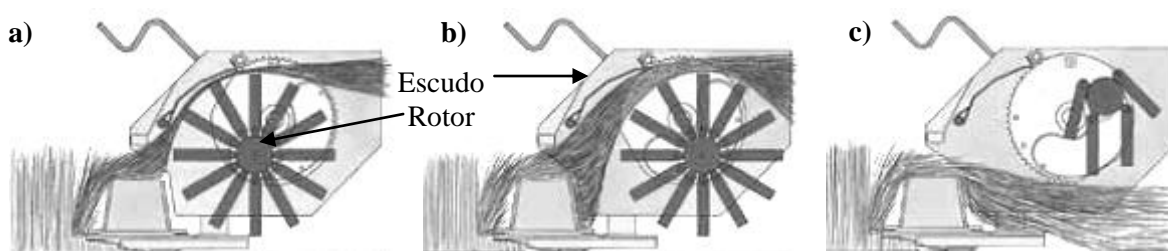
La diferencia entre los materiales, acero o caucho, se encuentra en la durabilidad de los rodillos, siendo el de acero el que tendrá una vida útil más prolongada; con ambos materiales se obtiene la misma calidad de acondicionamiento del forraje (John Deere, 2014). Se aconseja el uso de acondicionadores a rodillos en leguminosas o gramíneas de tallos suculentos, susceptibles de ser aplastados o quebrados, como la moha (*Setaria itálica*) o el mijo (*Panicum mileaceum*), el sorgo (*Sorghum sp.*) y pasturas de gramíneas perennes megatérmicas. En general, son los más idóneos para acondicionar alfalfa pura o asociada con gramíneas (Digman y col., 2011).

La intensidad de acondicionamiento se regula mediante un registro para tal fin, que acerca o aleja los rodillos, dependiendo del tipo de forraje (gramínea o latifoliada), el volumen cortado (dependiente de la densidad de plantas, su altura promedio y el ancho de corte) y la velocidad de avance. Con un primer acercamiento de los rodillos se acondicionarán los tallos, y a medida que disminuye la luz entre los rodillos, se intensifica el acondicionamiento actuando sobre las hojas y tallos simultáneamente. Luego de regular la apertura entre los rodillos, deberá regularse la presión de trabajo (0 a 500 kg), de tal forma que se generen quebraduras en los tallos cada 5 a 10 cm. Si el acondicionamiento es excesivo, se producirá un sobre-uso de los rodillos con desgaste anticipado de los mismos, e incrementará el consumo de combustible y las pérdidas de hojas (Shinners, 2002; Digman y col., 2011).

La velocidad tangencial de los rodillos siempre debe ser tres o cuatro veces la de avance de la máquina, para generar un efecto succión del forraje y evitar atoramientos o repicado por caída del forraje cortado sobre la barra de corte. Con rodillos de 20 a 25

cm de diámetro que giran entre 850 y 1000 rpm, se logran velocidades tangenciales desde 38 a 40 km/h (John Deere, 2012; Krone, 2014), mientras que a 1300 rpm se puede obtener alrededor de 49 km/h de velocidad tangencial con rodillos de 20 cm de diámetro (BCS Group, 2014). La expulsión del forraje a mayor velocidad que la de avance generará una andana suelta y aireada, con la base de los tallos orientados hacia la parte superior de la misma para quedar expuestos a mejores condiciones ambientales para la desecación.

**III.1.2.9.2 Acondicionadores con mayales:** trabajan con dedos que laceran la epidermis de los tallos quitando la cera y quebrándolos (figura 58). Para ello, es necesario la acción conjunta con un peine o escudo (Shinners, 2002). Originalmente, fueron desarrollados para gramíneas, pero también pueden usarse, tomando ciertos recaudos, con pasturas de leguminosas. La regulación de la intensidad del trabajo se logrará ajustando el grado de apertura del escudo junto con la velocidad de rotación del rotor (figura 65).



**Figura 65: acondicionador ajustado con una (a) mayor y (b) menor intensidad de acondicionado, y (c) entrega del forraje sin acondicionar. Fuente: <http://www.krone-northamerica.com/>**

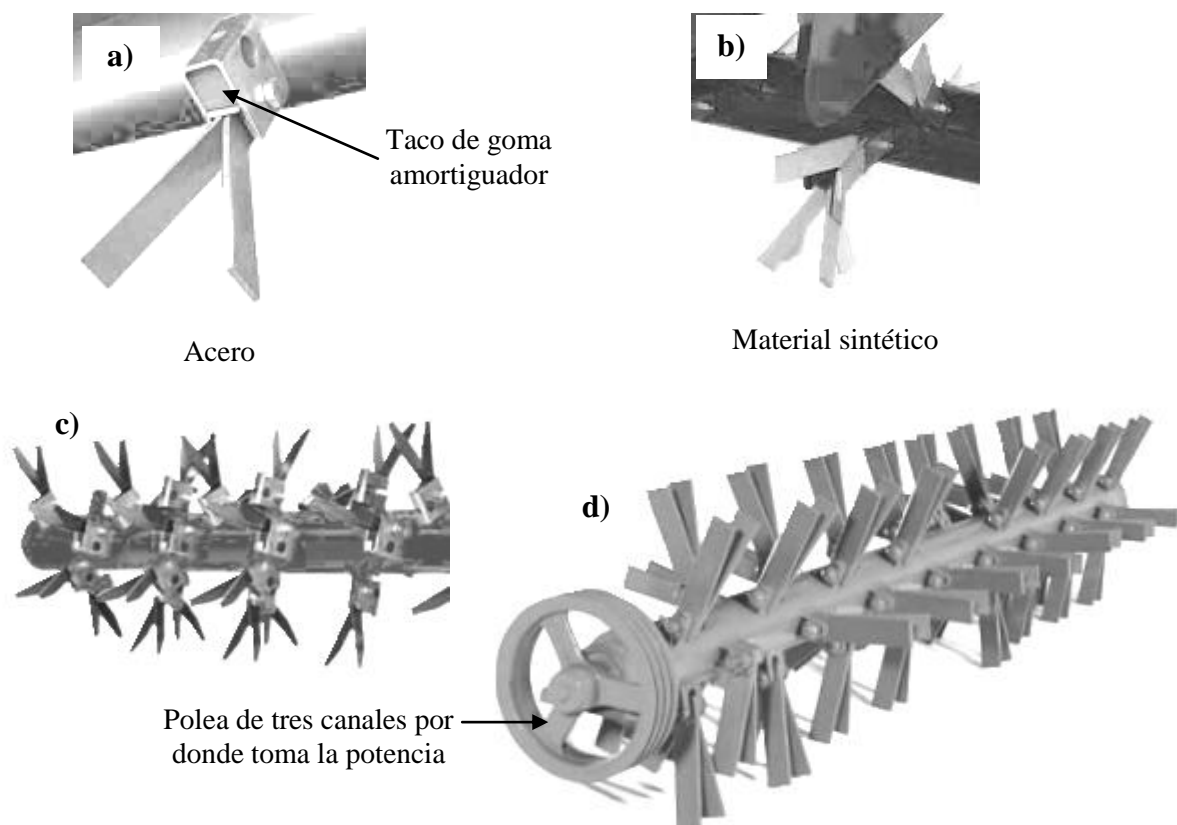
La velocidad del rotor oscilará entre 600 rpm para pasturas de alfalfa o mezclas de alfalfa con gramíneas, o un 30% menos que la velocidad máxima de rotación prevista por el fabricante; y 870 a 1000 rpm para pasturas de gramíneas (John Deere, 2014; Shinners, 2002; Digman y col., 2011). Para ajustar el escudo, se deberá comenzar la operación de siega con el escudo completamente abierto y regular la apertura hasta obtener el tratamiento buscado.

Greenlees y col. (2000) hallaron que las pérdidas de hoja cuando se cortaba un cultivo de alfalfa eran 34% mayores con el acondicionador de dedos respecto del de rodillos, pero que la velocidad de secado era superior en el primer caso, tanto para gramíneas como para alfalfa (tabla 9).

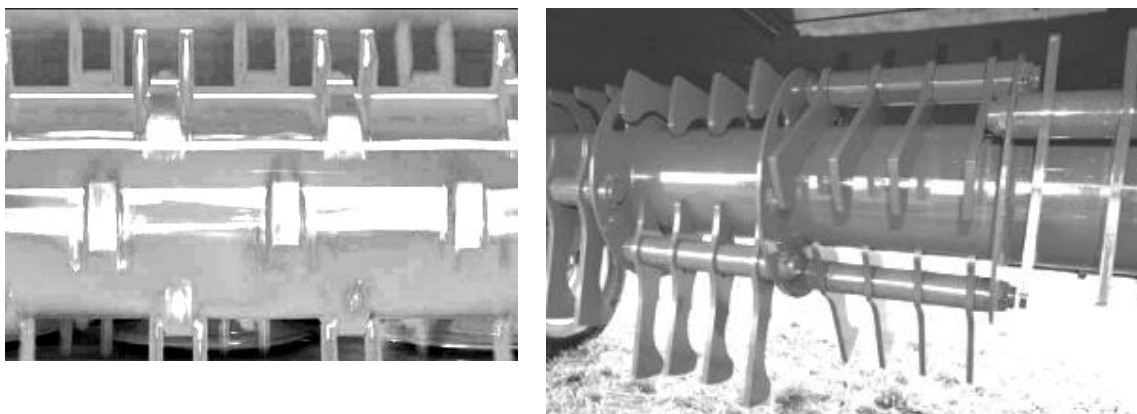
**Tabla 9: tiempo (en horas) necesario para reducir desde el 80% hasta el 20% de humedad en alfalfa y en gramíneas, según el tipo de acondicionador usado durante la siega (adaptado de Greenlees y col., 2000).**

	Acondicionador		Relación rodillo:dedos
	Rodillo	Dedos	
	---- (horas) ----		
<b>Alfalfa</b>	19,4	14,2	1,35
<b>Gramíneas</b>	18,4	17,0	1,08
	---- (% deMS) ----		
<b>Pérdidas de hojas en alfalfa</b>	4,7	6,3	0,75

Los dedos del rotor pueden ser de metal o de materiales sintéticos (figuras 66 y 67).



**Figura 66: imágenes de los componentes de un rotor acondicionador con dedos. Disponibles en (a-b-c) Pöttinger, 2014; (d) <http://www.deere.com/>.**



**Figura 67:** imágenes de modelos de rotores acondicionadores con dedos. Disponibles en <http://www.kuhnnorthamerica.com/>.

Las púas sintéticas sirven para reducir el peso del equipo y así poder utilizar tractores más ligeros. En pasturas de tallos suculentos o con más de 1,2 m de altura el uso de estos acondicionadores determina el triturado del forraje o seccionamiento de hojas, debido al doble impacto de los dedos.

El éxito del proceso de henificación de forraje comienza con la correcta regulación y utilización de la máquina de corte. Para ello hay que cortar presurosamente, a la altura apropiada (5 a 10 cm en alfalfa, u 8 a 15 cm en gramíneas), utilizando acondicionadores de forraje y distribuyendo la andana en la mayor superficie posible, para acelerar el secado y disminuir las pérdidas en cantidad y calidad.

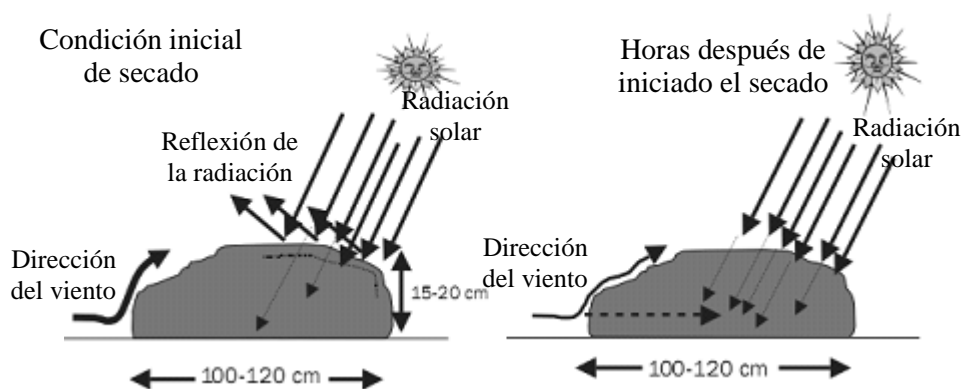
### **III.1.3 Manipulación del forraje cortado**

La mayor calidad del forraje que es henificado es aquella que poseía la planta al momento del corte; de allí en adelante, indefectiblemente disminuirá (Orloff y Putnam, 2012). Una vez cortado, durante el proceso de marchitado del pasto, el objetivo es eliminar el agua de los tejidos vegetales lo más rápido posible, para limitar la respiración celular ayudando a conservar los nutrientes, y reducir el riesgo de pérdida de cantidad y calidad de la materia seca por acción de las lluvias.

Luego del corte, la parte superior de la andana, expuesta al aire, pierde humedad a mayor velocidad que en la parte inferior, en contacto con el suelo. En general, las gramíneas pierden humedad más rápido que las leguminosas (Philipp y Jennings, 2013).

Existen tres grupos de factores que interactúan entre sí y explican el proceso de secado del forraje en el lote (Savoie y Mailhot, 1986; Macdonald y Clark, 1987; Buckmaster y col., 1990; Lattimore, 2008):

- ✓ ambientales: radiación solar incidente, temperatura y humedad del aire, ocurrencia de viento y lluvias, humedad del suelo (tabla 10);
- ✓ del cultivo: especie, estado vegetativo, rendimiento;
- ✓ manejo del cultivo: operación de corte, acondicionamiento (químico o mecánico), manipulación del forraje cortado.



**Figura 68: dinámica del secado de una andana acondicionada (adaptado de Mickan y Piltz, 2004).**

La andana generada por las cortadoras generalmente es compacta e irregular, limitando la tasa inicial de secado (Macdonald y Clark, 1987). Durante las condiciones iniciales de secado en una andana de 15 a 20 cm de profundidad, el calor generado debido a la respiración alcanza la superficie y disipa por acción del viento, que deflacta sobre ella; aproximadamente el 50% de la radiación solar que incide sobre la andana alcanza los 2 a 3 cm de profundidad y sólo el 10% penetra hacia la base de la misma (figura 68). Alrededor del 20% de la radiación incidente es reflejada (Mickan y Piltz, 2004). Varias horas más tarde, una mayor cantidad de radiación solar alcanza la base de la andana, disminuye la reflexión solar y aumenta la cantidad de viento que penetra en la andana (Mickan y Piltz, 2004).

**Tabla 10: influencia de variables ambientales y del cultivo sobre la tasa y el tiempo de secado de alfalfa a campo. Fuente: Rotz, 1993.**

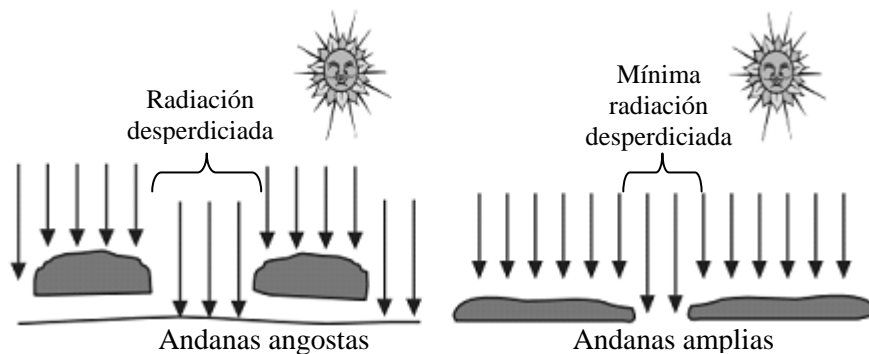
Variable ambiental o del cultivo	Rango de valores		Tasa de secado <sup>a</sup> (h <sup>-1</sup> )		Diferencia en tiempo de secado <sup>b</sup> (h)
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Radiación solar (langley h <sup>-1</sup> )	8,5	82,0	0,046	0,232	48,0
Déficit de presión de vapor (kPa)	0,0	4,48	0,154	0,197	3,9
Temperatura del aire (°C)	10,0	38,0	0,153	0,186	3,2
Densidad de la andana (kg MS m <sup>-2</sup> )	0,15	1,46	0,199	0,128	7,8
Humedad del suelo (%)	10,0	25,0	0,196	0,160	3,2

<sup>a</sup> Tasa de secado, expresada como porción de humedad perdida cada hora.

<sup>b</sup> Diferencia en el tiempo de secado entre los valores máximos y mínimos esperados de variables ambientales y del cultivo.

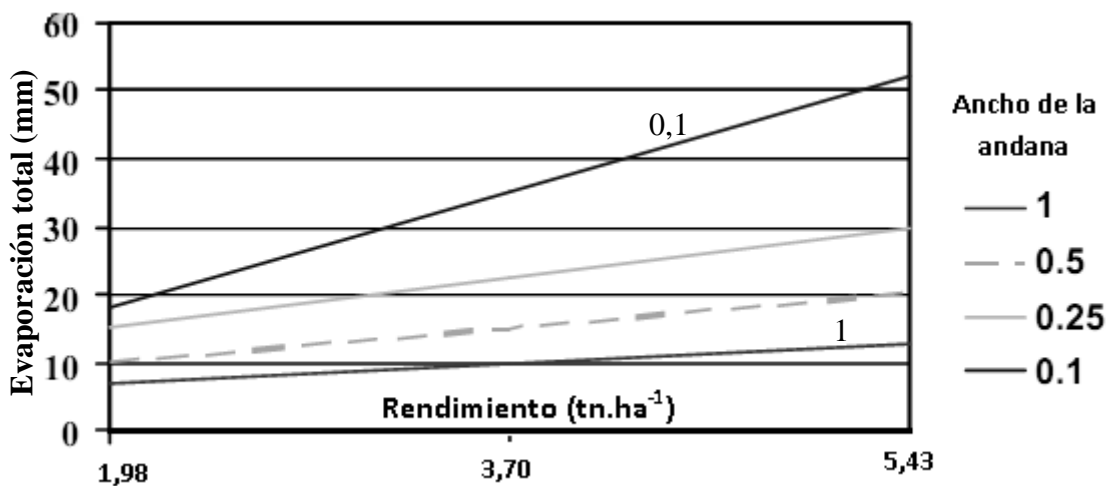
La radiación solar incidente sobre el cultivo cortado es uno de los factores que más influye sobre el secado (Savoie y Mailhot, 1986; Rotz, 1993). Para demostrar cuán sensible es a la radiación incidente el secado del forraje cortado con destino a henificación, Rotz (1993) indicó que con días nublados podrían requerirse desde 60 horas a más de 6 días, mientras que con días soleados, podría henificarse a partir de las 36 horas de cortado el forraje. El déficit de presión de vapor del aire es otro factor importante que influye sobre el secado del forraje cortado (Savoie y Mailhot, 1986; Rotz, 1993). Es una variable afectada por la radiación solar, la temperatura y humedad del aire; altos déficits de presión de vapor implican días soleados, cálidos y con aire seco que promoverán el secado rápido del pasto. La influencia del viento en la velocidad de secado es menor cuando el forraje cortado queda tendido en andanas anchas y con poco espesor; pero adquiere importancia cuando el pasto es acordonado en hileras densas, previo al empacado, aumentando la velocidad de secado (Rotz, 1993).

Otro factor con gran influencia sobre la velocidad y el tiempo de secado del pasto es la densidad de la andana (Savoie y col., 2002). Un cultivo cortado y apilado en una andana estrecha seca más lentamente (Undersander, 2003; Philipp y Jennings, 2013), pudiendo requerir un día extra para secar, que si se hubiera acomodado en una andana ancha con poco espesor. Cuando el cultivo cortado quedó tendido sobre el lote en una andana de poco espesor, se facilita el movimiento de humedad desde la parte inferior de la andana hacia la superficie aumentando la tasa de secado del mismo (Rotz, 1993; Undersander, 2003).



**Figura 69:** efecto del ancho de la andana sobre la intercepción de la radiación solar y la tasa de secado (adaptado de Mickan y Piltz, 2004).

Con andanas angostas, aproximadamente el 50% de la radiación solar incidente es desperdiciada, ya que alcanza al suelo y no al forraje, mientras que con andanas amplias se puede captar el 85% de la radiación solar incidente (Mickan y Piltz, 2004) (figura 69). En la medida que aumenta el rendimiento de forraje, aumenta el tiempo requerido para reducir el contenido de humedad del pasto a pesar del ancho de andana (Philipp y Jennings, 2013) (figura 70).

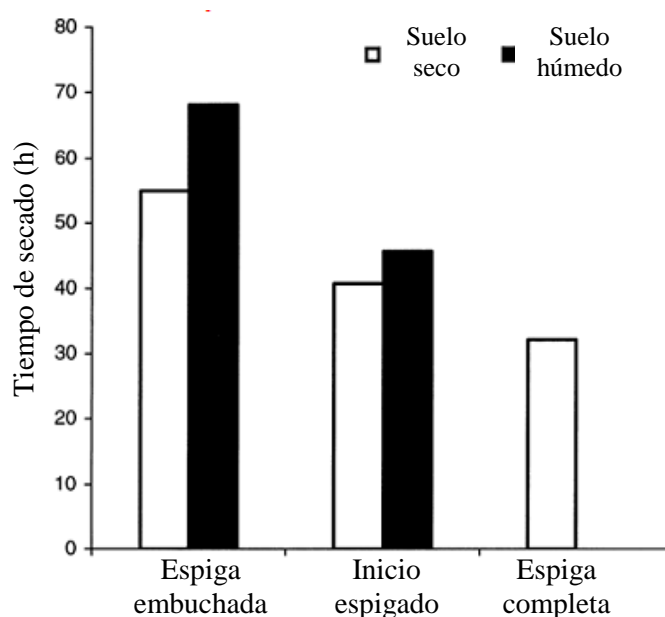


**Figura 70:** demanda ambiental de evaporación, medida en tanque A, necesaria para reducir la humedad del forraje desde 80 hasta el 20%, según variaciones en el rendimiento de forraje y en el ancho de la andana. Fuente: Undersander, 2003. Ancho de andana: 1 es el 100% del ancho de corte; 0,1 es el 10% del ancho de corte.

**Tabla 11: influencia de la humedad del suelo sobre el tiempo necesario para reducir la humedad del forraje cortado desde 80 hasta 20%. Fuente: Undersander, 2003.**

Estado del tiempo	Humedad del suelo	Temperatura del aire (°C)				
		10,0	15,5	21,0	26,6	32,0
----- (horas) -----						
Nublado	Húmedo	44	41	38	35	33
Nublado	Seco	36	34	31	29	27
Soleado	Húmedo	16	16	15	15	15
Soleado	Seco	14	13	13	12	12

La humedad del suelo donde yace el pasto cortado también afecta a su secado. Savoie y col. (2002) comprobaron el retraso del secado de la base de la andana cuando el suelo estuvo húmedo, impidiendo el secado completo (tabla 11). Este efecto adquiere mayor relevancia cuando el pasto se dispone en andanas amplias, siendo necesaria la reducción del contacto con el suelo formando hileras más angostas y densas cuando el suelo está húmedo (Shinners y Schuler, 2003). El estado fenológico del cultivo puede afectar el tiempo que necesita para su secado (figura 71). A medida que el forraje madura, su contenido de humedad disminuye; como la tasa de secado es la misma para el forraje joven que para el maduro, se necesitaría menos tiempo de secado para una pastura cortada en 50% floración con respecto a prefloración (Savoie y Mailhot, 1986; Rotz, 1993; Savoie y col., 2002).



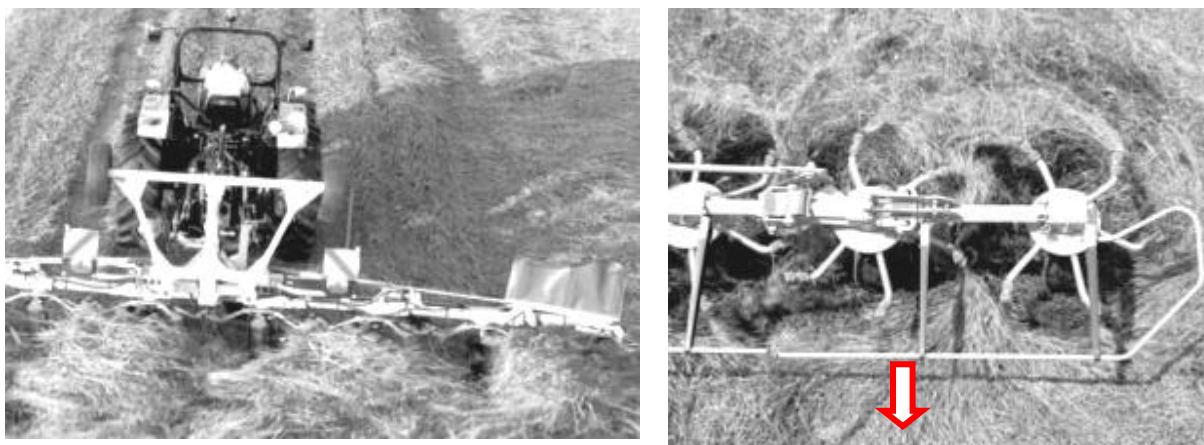
**Figura 71: efecto del estado de madurez del cultivo de *Phelum pratense* L., al momento del corte, sobre el tiempo necesario para reducir la humedad hasta el 16%. Fuente: Savoie y col., 2002.**



Una vez cortado el forraje, pueden realizarse numerosas labores para acelerar su secado y prepararlo para el empaquetado. Entre ellas, se pueden citar a la remoción del forraje tendido, el rastrillado y la inversión de la andana.

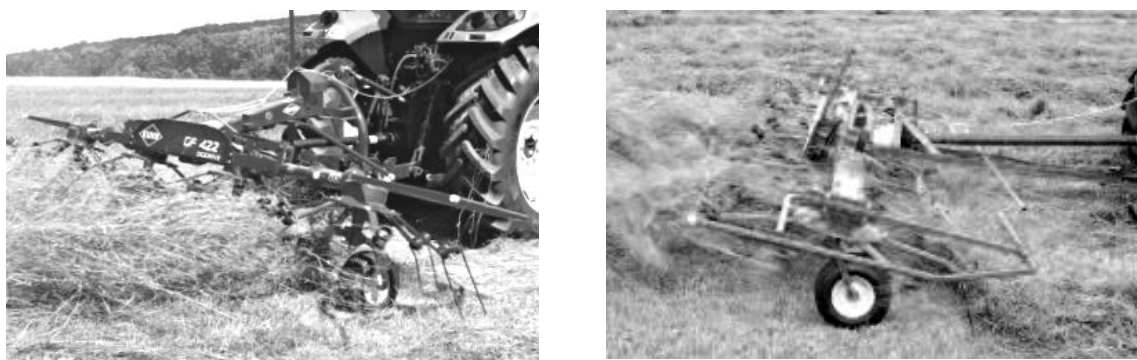
### III.1.3.1 Remoción del forraje tendido

La remoción implica levantar, sacudir y arrojar el cultivo cortado sobre la superficie del lote para incrementar la circulación del aire entre los tallos y hojas, y exponer al sol áreas de la planta que estaban sombreadas (Macdonald y Clark, 1987; Savoie, 1988; Pattey y col., 1988; Digman y col., 2011), con el objeto de lograr la aceleración del secado y reducir el riesgo de exposición a lluvias (figura 72).



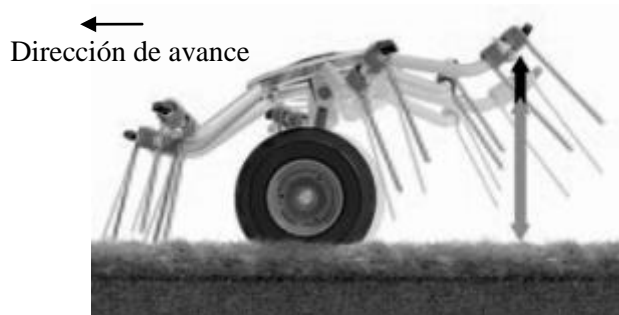
**Figura 72:** operación de remoción de andanas. Imágenes disponibles en <http://www.claas.es>

La máquina con la que se realiza es relativamente simple; está compuesta por rotores horizontales de los que se desprenden brazos radiales que soportan púas metálicas. Estas púas pueden girar a una velocidad tangencial de 20 m/s (Savoie, 1988), impactando al forraje tendido sobre el suelo, levantándolo desde el frente de avance y arrojándolo hacia atrás (figura 73).



**Figura 73: detalle de la operación de remoción de andanas. Imágenes disponibles en <http://www.khun.com>**

Los rotores pueden inclinarse entre 12 y 18° en el frente, según las marcas comerciales, para regular el esparcido según el tamaño de la andana; las púas también pueden regularse en algunas marcas, hasta 7° hacia adelante o hacia atrás (figura 74).



**Figura 74: inclinación frontal del rotor e inclinación de la púas. Imagen disponible en <http://www.claas.es>**

La efectividad de esta labor está influenciada por las condiciones ambientales. Para obtener los mejores resultados de esta práctica, es más efectivo realizarla dentro de las 24 horas de efectuado el corte (Collins y Owens, 2003; MAFRI, 2008). En pasturas cortadas sin acondicionar, con esta herramienta se pudo aumentar la tasa de secado en 30 a 60%, mientras que si fue cortado y acondicionado durante el proceso de corte, la posterior remoción mejoró la tasa de secado entre un 20 y 30%, siempre dependiendo de los factores ambientales, y las características y rendimiento de la pastura (Mickan y Piltz, 2004). Pattey y col. (1988) encontraron que con ambiente propicio para el secado de la andana, el forraje removido tuvo mayor tasa de secado respecto al control sin remover (tabla 12).

**Tabla 12: mejora porcentual de la tasa de secado debido a la operación de remoción de la andana en condiciones ambientales favorables para el secado. Fuente: Pattey y col., 1988.**

Tamaño de andana	Momento de evaluación post-remoción	
	3 horas	8 horas
	----- (%) -----	
Angosta	77	58
Amplia	22	28

Los beneficios de esta práctica se reducen cuando el ambiente para secar el forraje se carga con humedad (Digman y col., 2011) (tabla 13).

**Tabla 13: mejora porcentual de la tasa de secado debido a la operación de remoción de la andana en condiciones ambientales desfavorables para el secado. Fuente: Pattey y col., 1988.**

Momento de evaluación post-remoción	
3 horas	8 horas
----- (%) -----	
46	39

Debido al daño generado en los tallos por efecto del acondicionado mecánico, a menudo la andana se prensa por acción de su propio peso, requiriendo por ello la remoción (Macdonald y Clark, 1987; Lattimore, 2008). Esto último garantizará la ventilación del centro y parte inferior de la andana, resultando en un secado más uniforme (Macdonald y Clark, 1987). Es una operación recomendable en pasturas de gramíneas cortadas para henificar, ya que éstas tienden a compactarse en la andana más que las leguminosas (Shinners y Schuler, 2003; Digman y col., 2011). En caso de remover andanas de una pastura de alfalfa u otra leguminosa, es recomendable realizar la operación por la mañana, justo cuando seca el rocío sobre las hojas. Ello impediría que las hojas se vuelvan quebradizas, evitando pérdidas durante la operación (Digman y col., 2011). Las gramíneas son menos vulnerables a la pérdida de hojas que las leguminosas cuando son manipuladas con esta herramienta (Macdonald y Clark, 1987; MAFRI, 2008; Undersander, 2009). Las pérdidas de hojas por desprendimiento en leguminosas después del corte-acondicionado y removido pueden ser cuatro veces superior a las producidas en gramíneas forrajeras (Mickan y Piltz, 2004).

En un ensayo de corte y acondicionado para henificación, Savoie (1988) halló mayores pérdidas de materia seca en alfalfa que en *Phleum pratense*, y la remoción

añadió entre 1 y 4% y menos de 0,5% de pérdidas de forraje en alfalfa y gramíneas, respectivamente (tabla 14). En otro trabajo, Collins y Owens (2003) manifestaron que las pérdidas de materia seca de un cultivo de leguminosa podían exceder del 10% cuando se realizaba sobre andanas muy secas, cuando los valores normales eran de 1 a 3%. También, Rotz (2001) aseguró que se debía evitar la utilización de este implemento con cultivos de bajo rendimiento (menos de 2,5 tn MS/ha), o poca altura (Collins y Owens, 2003), para impedir la pérdida de material que en estos casos igual secaría adecuadamente sin este tratamiento.

**Tabla 14: pérdida de materia seca debido al tratamiento mecánico del forraje, según la composición de la pastura y su estado fenológico (adaptado de: Savoie, 1988).**

Fecha de corte (estado fenológico <sup>1</sup> )	Cultivo	Humedad en la remoción	Pérdida de materia seca		
			Corte y acondicionado	Remoción	Acumulado
			----- (%) -----		
10 de Junio (2)	<i>P. pratense</i>	75%	0,7	0,1	0,8
	Mezcla (5)	79%	0,5	1,1	1,6
	Alfalfa	82%	1,3	2,1	3,4
25 de Junio (3)	<i>P. pratense</i>	50%	1,0	0,2	1,2
	Mezcla	59%	1,8	1,5	3,3
	Alfalfa	60%	2,2	<b>3,7</b>	5,9
9 de Julio (4)	<i>P. pratense</i>	64%	1,9	0,2	2,1
	Mezcla	74%	2,4	0,3	2,7
	Alfalfa	76%	2,2	<b>1,1</b>	3,3
Promedio			1,6		2,7 a

a: indica diferencias significativas ( $P = 0,006$ )

<sup>1</sup>: en Quebec, Canadá; (2): prefloración de alfalfa y espiga embuchada en *Phleum pratense*; (3): alfalfa en 10% floración y aparición de la espiga en *P. pratense*; (4): floración completa en alfalfa y anthesis en *P. pratense*; (5): 45% alfalfa y 55% *P. pratense*.

La labor de remoción es más apropiada para realizar con cultivos en estados juveniles que en aquellos con forraje maduro. Las pérdidas de materia seca debido al tratamiento de remoción incrementaron con la disminución del contenido de humedad del forraje y con el aumento del estado de madurez del cultivo (Macdonald y Clark, 1987). Savoie (1988) indicó que el aumento de las pérdidas debido al avance del estado fenológico del cultivo se explicó, en parte, por el aumento del rendimiento y de la fragilidad de la planta (asociado con la senescencia y la diferencia en el contenido de humedad). Este autor, también, concluyó que la mayor proporción de pérdidas (73%)

estuvo representada por hojas, con gran impacto negativo sobre la calidad del forraje. La longitud del corte realizado es un factor determinante de la efectividad de la labor de remoción, ya que trozos de forraje de menos de 20 cm de largo no serán levantados por el implemento, quedando sin procesar por la empacadora al momento del embalaje (Savoie, 1988).

Esta labor cultural afectará negativamente a la calidad del forraje conservado cuando se realice bajo ciertas condiciones de humedad del forraje; la acción vigorosa de este implemento obliga a que sean utilizados de manera temprana durante el ciclo de secado del forraje, cuando éste es relativamente insensible a la agitación. Debido a que las gramíneas pueden tolerar más agitación durante el ciclo de secado en el campo, la remoción en pasturas de gramíneas puede realizarse cuando su contenido de humedad es superior al 40%, mientras que con alfalfas, cuando contengan más del 60% de humedad. Con pasturas de alfalfa, la remoción no será necesaria si el corte y acondicionado fue tendido en andanas amplias, cuyo ancho supere el 70% del ancho de la barra de corte; esta operación acortará en un día el secado, mientras que la remoción lo acortará en sólo 6 horas. Debido a que la remoción requiere una pasada extra sobre el lote, la posibilidad de acortar el tiempo de secado y reducir la ventana de empacado del forraje mediante la remoción debería contrastarse con los beneficios económicos de capturar una mayor calidad en el forraje y/o de evitar pérdidas de calidad y producción por efectos de una lluvia.

### **III.1.3.2 Rastrillado del forraje tendido**

Si no se dispusiera de la maquinaria para lograr el acondicionado o remoción del forraje a los efectos de incrementar la tasa de secado, existen otros recursos para lograrlo, como el rastrillado o invertido de la andana. "El rastrillado del forraje tendido parece una actividad sencilla, aunque a menudo se cometen errores que alargan el tiempo del proceso de henificado, cuestan dinero, rendimiento y calidad" (Undersander, 2009: 30).

Los rastrillos son utilizados con diferentes propósitos (Macdonald y Clark, 1987; Lattimore, 2008; Digman y col., 2011):

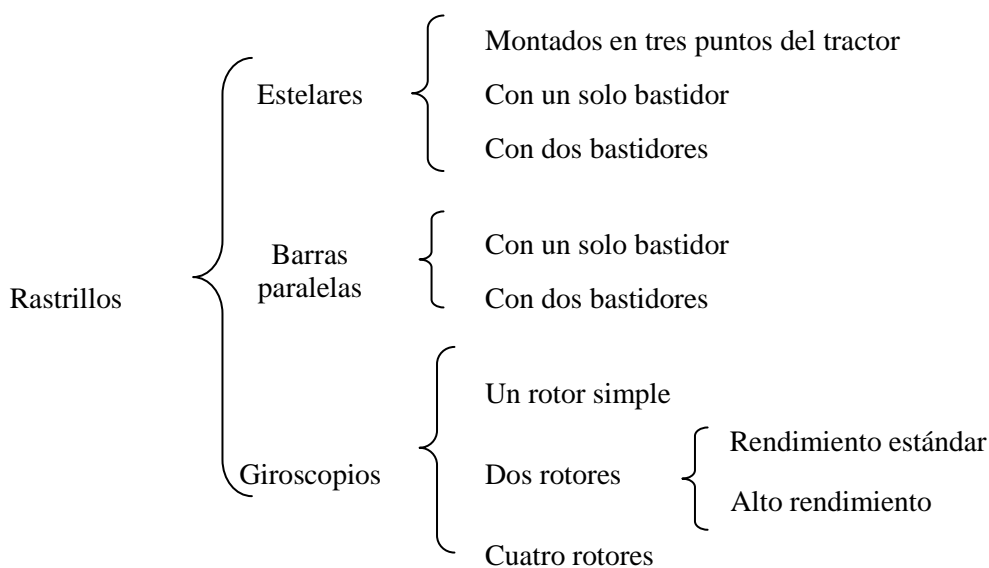
- ✓ inversión de la andana después de una lluvia;

✓ exposición de las zonas más húmedas del forraje a mejores condiciones de secado. La tasa de secado del forraje en la hilera se estabiliza cuando alcanza niveles de entre 30 a 40% de humedad (figura 60); el rastrillado de la andana puede acelerar nuevamente el proceso de secado;

✓ juntar andanas poco densas y formar la gavilla que finalmente será henificada. De esta manera se generan hileras densas acordes a la mayor capacidad de trabajo que ofrecen actualmente las empacadoras, lo cual permite economizar combustible y tiempo operativo.

✓ reducir el tráfico de herramientas y el daño a las coronas y tallos vegetales por pisoteo de la pastura.

Numerosos autores catalogaron a los rastrillos según su diseño y forma de realizar el trabajo (Shinners y Schuler, 2003; Cattani y col., 2008 b):



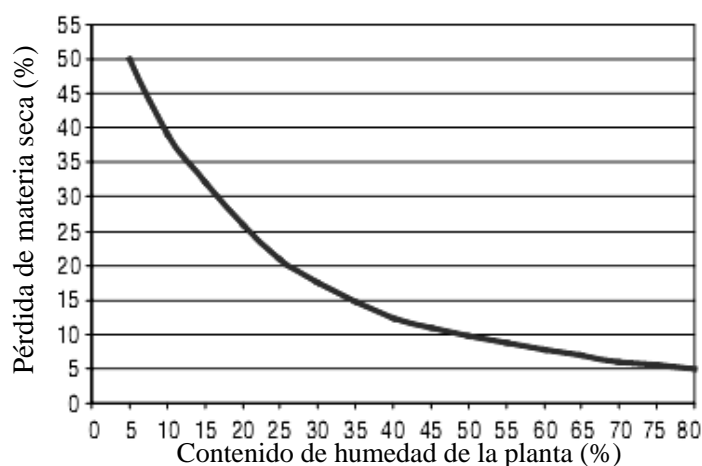
Del total de las pérdidas de forraje durante el proceso de henificación, las determinadas por el proceso de rastrillado pueden alcanzar hasta el 30% (Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012) (tabla 15). Para Collins y Owens (2003), el contenido de humedad del forraje apropiado para la operación de rastrillado rondó entre 35 y 40%, condición bajo la cual las pérdidas de forraje estuvieron por debajo del 4%. Estos autores, también, puntualizaron que las pérdidas de forraje podían exceder del 20% si se retrasaba la operación de rastrillado hasta el momento en que la andana alcanzaba la humedad para empacado.

**Tabla 15: pérdida de materia seca y de hojas según la humedad del forraje en el momento de la operación de rastrillado (adaptado de: Lattimore, 2008; y Orloff y Putnam, 2012).**

**\*: estimación del autor.**

Operación	Pérdida de rendimiento (% MS)	Pérdida de hojas (%)	Participación relativa de las pérdidas por operación*	
			Rto. (% MS)	Hojas (%)
Corte y acondicionado	2 a 4	3 a 5	13 a 28	10 a 30
Rastrillado con,				
60% de humedad	2	3		
50% de humedad	3	5	28 a 41	30 a 45
33% de humedad	7	12		
20% de humedad	12	21		
Empacado con,				
25% de humedad	3	4		
20% de humedad	4	6		
18% de humedad (arrolladora de cámara variable)	6	10		
18% de humedad (arrolladora de cámara mixta)	13	21	42 a 44	40 a 45
18% de humedad (enfardadora convencional)	5	8		
12% de humedad	6	8		
Total de pérdidas	7 a 31	12 a 50	-----	

Las pérdidas de forraje aumentan en la medida que transcurren las tareas del proceso de henificación, siendo mayor la proporción con cada nuevo tratamiento. Estas pérdidas dependen del porcentaje de humedad del forraje, cuanto más húmedo sea rastrillado el cultivo, menores serán las pérdidas de materia seca (Buckmaster, 1993; Brown, 2009) (figura 75).



**Figura 76: pérdida de materia seca de alfalfa según su contenido de humedad, debido a la remoción o rastrillado del forraje tendido. Fuentes: Rayburn, 2002; Undersander, 2009.**

Para reducir la pérdida de hojas debería realizarse la operación de rastrillado cuando la andana de alfalfa tiene más de 40% de humedad o 25% para el caso de gramíneas (Digman y col., 2011; Digman y col., 2013). Sin embargo, el rastrillado de andanas con demasiada humedad también puede ser contraproducente. Orloff y Putnam (2012) mencionaron que el rastrillado con excesiva humedad determina una andana retorcida como una soga en lugar de invertirla para acelerar su secado. Para Digman y col. (2011), el rastrillado promovió el aumento de la tasa de secado durante el transcurso del día en que fue realizada la operación, pero después de esta mejora, el aumento de tamaño de la andana provocó la disminución de la tasa de secado.

Durante la operación de rastrillado, las púas deberían tocar el suelo lo mínimo necesario como para mover el forraje y formar una andana. En el caso que el forraje quedara tendido sobre las coronas de las plantas sin tocar al suelo, las púas del rastrillo evitarán tocar al suelo, lo cual salvaría el ingreso de piedras o tierra en la andana formada. El agregado de tierra al heno aumenta su contenido de cenizas; por cada incremento del 1% en la contaminación con suelo disminuyen los nutrientes totales digeribles (NTD) en la misma proporción (Undersander, 2009). Una práctica para reducir esta contaminación de la andana consiste en elevar la altura promedio de corte de la pastura, para aumentar el remanente de forraje sobre el que apoya la andana. Sin embargo, Digman y col. (2013) concluyeron que, si bien el manejo de la altura de corte permite controlar la contaminación con suelo, esta práctica es poco recomendable debido a la magnitud que alcanza la pérdida de rendimiento de materia seca relativa a los cambios alcanzables en el contenido de suelo en la andana (tabla 16). Aún cuando la



reducción en la contaminación con suelo fue significativa, al aumentar la altura de corte, la pérdida de rendimiento, y por lo tanto de NDT, también fue significativa, lo cual haría injustificable el uso de esta práctica para reducir la contaminación de la andana.

**Tabla 16: efecto de la altura de corte sobre la altura de forraje remanente, el rendimiento de la pastura y el contenido de suelo sobre el forraje tendido antes (hilera) y después (andana) de la remoción. Fuente: Digman y col., 2013.**

Altura de corte	Altura del forraje remanente	Rendimiento de forraje	Contenido de suelo	
			Hilera	Andana
--- (cm) ---	--- (cm) ---	--- (Mg MS/ha) ---	--- (g/kg MS) ---	
5,1	6,9 a	4,66 a	80,5 a	81,3 a
7,6	8,7 b	4,42 a	79,8 a	80,3 ab
10,2	10,8 c	3,87 b	79,2 a	80,0 b

Letras distintas en la columna indican diferencias significativas ( $\alpha=0,10$ )

Las púas del rastrillo sufren desgaste pronunciado cuando operan en contacto constante con el suelo, llegando a perder piezas por desprendimiento o rotura que podrían dañar a la maquinaria utilizada en las labores posteriores (Cattani y col., 2008 b). Para regular la operación, es necesario elevar el implemento por encima de la altura de trabajo estimada, para luego bajarlo lentamente hasta observar que produce el barrido completo de la andana tocando lo menos posible al suelo (Cattani y col., 2008 b). Lattimore (2008) recomendó regular a 25 mm la altura de rastrillado para el cultivo de alfalfa. También, es importante cuidar la flotación y nivelación de estas herramientas para evitar la contaminación de la andana con tierra, broza o estiércol, sobre todo con implementos de gran ancho de labor (Giordano y col., 2012).

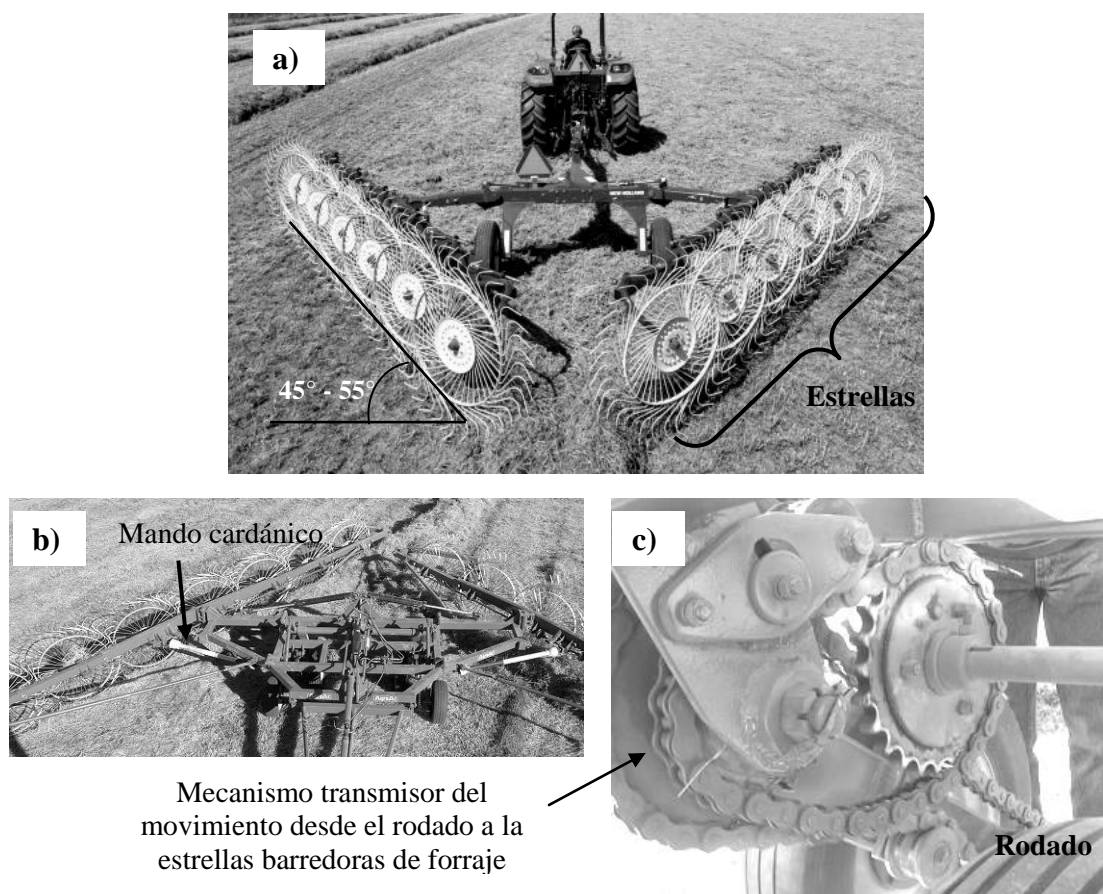
Usualmente, la velocidad de avance durante la operación de rastrillado afecta el correcto desempeño de estas herramientas (Schuler, 2014); el empleo de una velocidad excesiva eleva las pérdidas de forraje. La velocidad máxima de trabajo ronda desde los 7 a 8 (Giordano y col., 2012; Cattani, 2013) hasta 15 km/h (Lattimore, 2008), dependiendo de las características del implemento y del forraje. Se considera que, por cada km/h por sobre la velocidad considerada ideal se incrementaría un 5% la pérdida de hojas, principal componente que explica la calidad del forraje henificado (Cattani y col., 2008 b).

En lo que respecta al momento del día para efectuar el rastrillado, es conveniente realizarlo durante la tarde, cuando aumenta la humedad relativa ambiente y el contenido de humedad del forraje, para así evitar desprendimiento de hojas; o por la mañana después de que evapore el rocío, para evitar la formación de gavillas con humedad ambiental, ya que favorecería la proliferación de hongos (MAFRI, 2008; Porter, 2009; Giordano y col., 2012) y, además, prevenir la creación de una andana retorcida longitudinalmente como una sogá (Lattimore, 2008).

El sentido de avance de la herramienta debe ser el mismo que el empleado para la operación de corte, de esta manera se reduce la agresividad de la labor y mejora el trabajo del implemento (Cattani y col., 2008 b; Lattimore, 2008). El patrón de rastrillado debe prevenir que la andana removida caiga sobre la andana contigua; también debe evitarse el tránsito sobre las andanas (Lattimore, 2008). En el caso de juntar dos hileras, es necesario acordonarlas dejando un espacio entre ellas, evitando que una se superponga sobre la otra (Lattimore, 2008). En rastrillos accionados por la toma de potencia (TDP) del tractor, es necesaria la sincronización de la velocidad de avance del mismo con la velocidad de rastrillado, de manera tal de obtener una andana homogénea y sin retorcer.

Se pueden distinguir tres diseños de rastrillos en nuestro país (Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012): de ruedas estelares, de barras paralelas y molinetes oblicuos, y giroscópicos.

**III.1.3.2.1 Rastrillos de ruedas estelares:** pueden movilizar al forraje de dos formas; una pasiva, donde las estrellas se mueven al entrar en contacto con la andana o rozar el suelo, y otra activa donde el giro de las estrellas es asistido con mandos cardánicos que toman el movimiento desde las ruedas del implemento (figura 76).

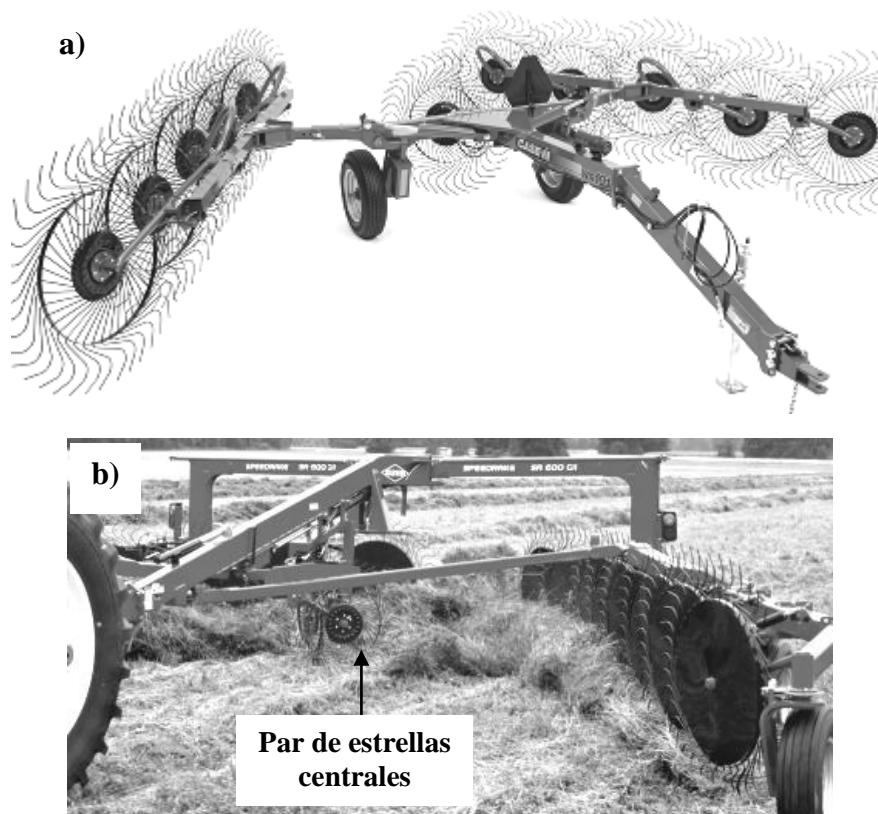


**Figura 76: rastrillos estelares, (a) sin mandos cardánicos y (b-c) con mandos cardánicos. (a): CNH America LLC, 2011; (b-c): <http://www.agroarsa.com.ar>**

Estos rastrillos, con diseño simple, son rústicos y con bajo costo de mantenimiento; pueden ser de arrastre montados sobre un chasis con rodados (figura II.59 a) o montados en tres puntos al tractor, con estrellas dispuestas linealmente en un único bastidor, o en dos con configuración en “V” (figura 76 a). Cada estrella posee un ancho de barrido máximo teórico de 0,65 m; en esa posición el ángulo de apertura del implemento provoca una notable reducción de la capacidad de rastrillado, ya que adopta una configuración muy abierta respecto al sentido de avance. Cattani y col. (2008 b) aconsejaron no superar los 0,50 m de ancho de barrido por estrella para que el trabajo resultara suave y parejo. PASSEL (ref. 169) aconsejó que la regulación de los rastrillos de servicio pesado debía contemplar un ángulo de 45° para ser usado con andanas secas y esponjosas, e incrementar en 10° en caso de material denso y pesado, con alto contenido de humedad (figura 76 a)

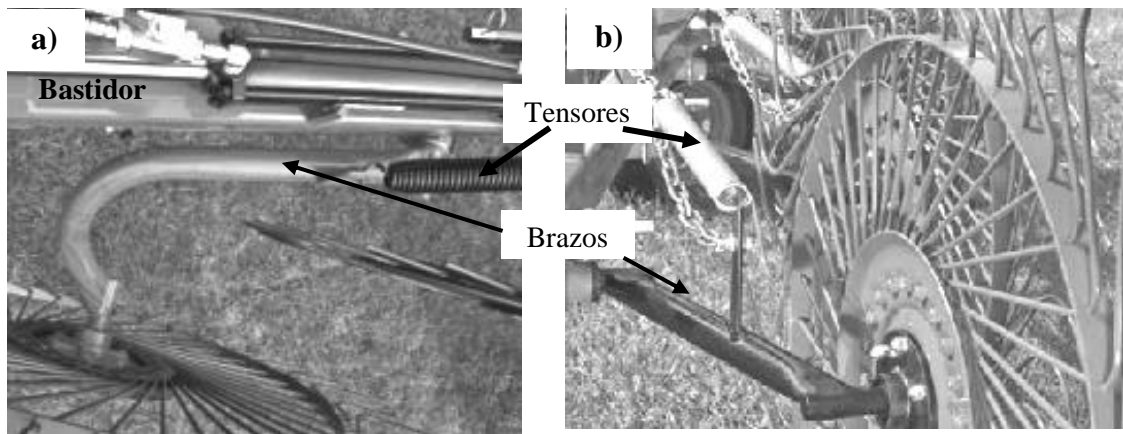
El diseño con dos bastidores en “V” presenta la ventaja de que puede juntar dos andanas con un menor recorrido del forraje, ya que convergen en el centro de la

trayectoria del equipo. Algunos diseños poseen una o dos estrellas centrales, entre los dos bastidores (figura 77), para lograr remover la hilera central de forraje cuando se trabaja con tres de ellas. De esta manera, todas las hileras quedan removidas y sin superponerse unas sobre otras.



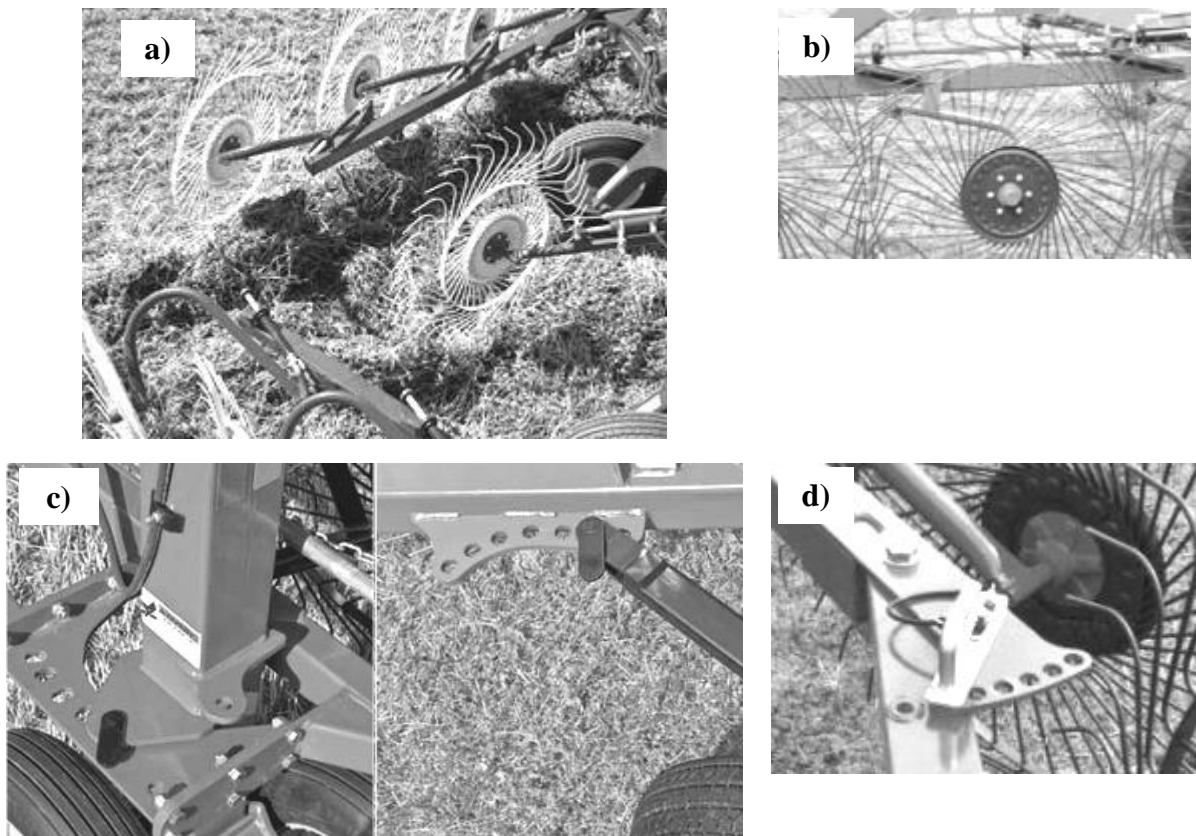
**Figura 77:** rastrillo estelar en “V”, sin mandos cardánicos, con estrella central para remover una tercera hilera. Fuentes: (a) CNH America LLC 2010 a; (b) Kuhn North America Inc., 2013.

Cualquiera sea la disposición de las estrellas, es conveniente que tengan articulación y estén colgadas por un tensor de carga variable (Cattani y col., 2008 b) (figura 78).



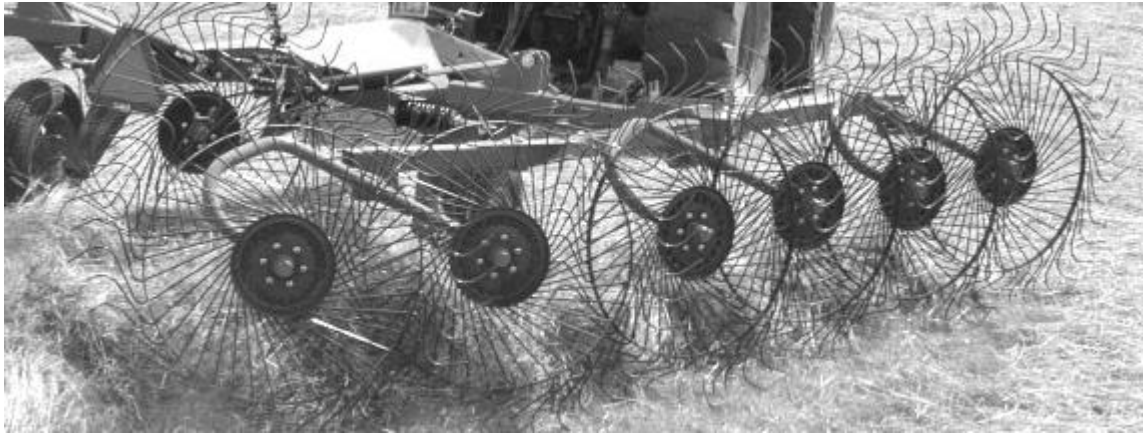
**Figura 79:** detalle del brazo de unión de la estrella al bastidor del rastrillo, con el tensor que regulará la intensidad de la carga sobre la andana. Fuentes: (a) Kuhn North America Inc., 2013; (b) Frontier Equipment, 2009.

Es importante que los brazos que sujetan a las estrellas sean de diseño arrastrado, y que las regulaciones de cruce y altura de trabajo sean con acoples rápidos, para hacer innecesario el uso de herramientas manuales (figura 79). Lattimore (2008) describió que la regulación de la altura de rastrillado es un punto crítico para asegurar una operación apropiada, sin que provocara la remoción de suelo o levantara residuos que contaminaran o redujeran la calidad del heno.



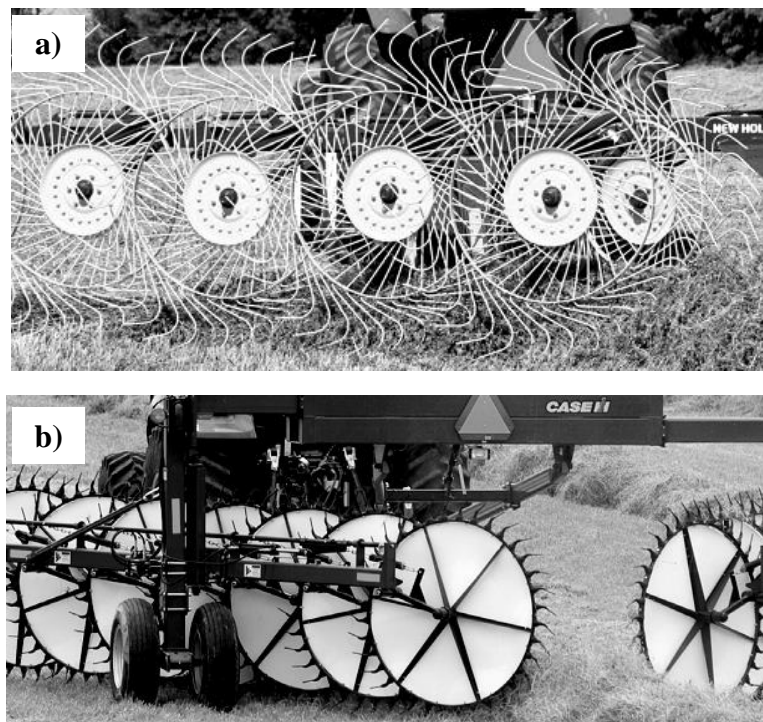
**Figura 79:** (a-b) distintos modelos de rastrillos con brazos de diseño arrastrado; (c-d) acoples rápidos. Fuentes: (a) CNH America LLC, 2011; (b-d) Kuhn North America Inc., 2013; (c) Frontier Equipment, 2009.

En pasturas que producen grandes volúmenes de forraje, como las megatérmicas, Cattani y col. (2008 b) aconsejaron la utilización de rastrillos con estrellas montadas sobre un sistema de balancines (figura 80) debido a que copiaron mejor los desniveles del terreno, reduciendo los esfuerzos sobre las ruedas y con ello el índice de roturas, mejorando el trabajo final.



**Figura 80: modelo de rastrillo con brazos dispuestos en sistema balancín. Fuente: Kuhn North America Inc., 2013.**

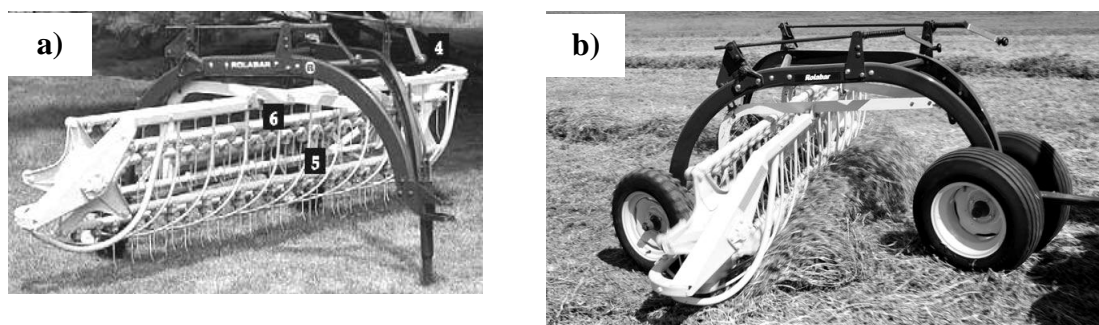
El diseño de las estrellas varía entre marcas y modelos dentro de éstas; pueden presentar dedos radiales largos y flexibles, desde un punto central de la misma, o pueden ser sólidas con pequeñas púas de metal o goma sujetas en la periferia de la rueda (figura 81).



**Figura 81: rastrillos estelares en “V”, (a) con dedos radiales largos y flexibles, y (b) púas cortas. Fuentes: (a) CNH America LLC, 2011; (b) CNH America LLC, 2010 b.**

Según Lattimore (2008), la operación de rastrillado con equipos estelares resultó la más barata de todas. Debido a que pueden alcanzar anchos de trabajo superiores a los 11 m, Shinnery y Schuler (2003) remarcaron que ningún otro tipo de rastrillo ofreció una operación con menores costos a los de este tipo de equipos; pero también apuntaron como aspecto negativo la imposibilidad de trabajar con forraje húmedo o andanas de alta densidad debido a que las estrellas no son accionadas por la TDP del tractor o por motores hidráulicos.

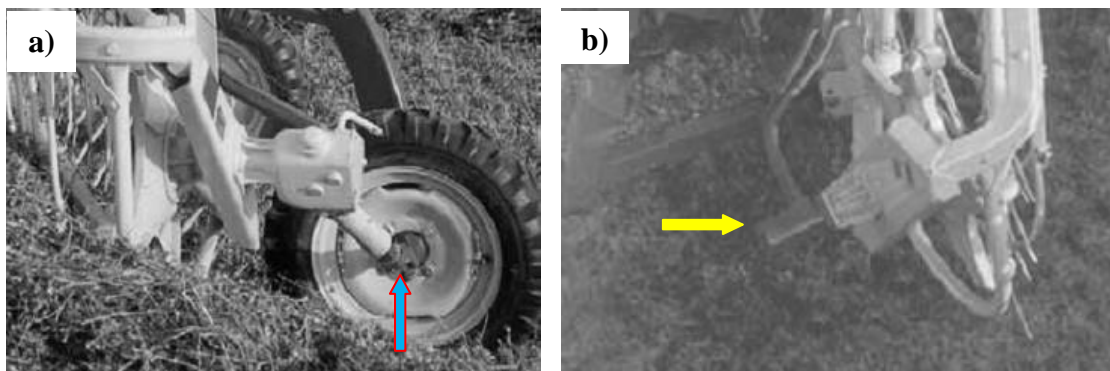
**III.1.3.2 Rastrillos de barras paralelas y molinetes oblicuos:** tienen una serie de barras paralelas unidas a un plato en sus extremos, formando un cesto; sobre las barras se encuentran una serie de púas con las que se producirá el rastrillado del forraje (Cattani y col., 2008 b; Lattimore, 2008) (figura 82). Cuando el cesto rota, levanta el heno y lo empuja hacia adelante y en sentido lateral, conduciéndolo para formar la andana.



**Figura 82: rastrillo de barras paralelas. Fuentes: (a) CNH America LLC, 2007; (b) <http://agriculture.newholland.com/us>.**

El accionamiento de las barras es asistido a través de mandos mecánicos que toman el movimiento desde las ruedas del implemento, o por medio de motores hidráulicos accionados por la unidad tractora (figura 83).



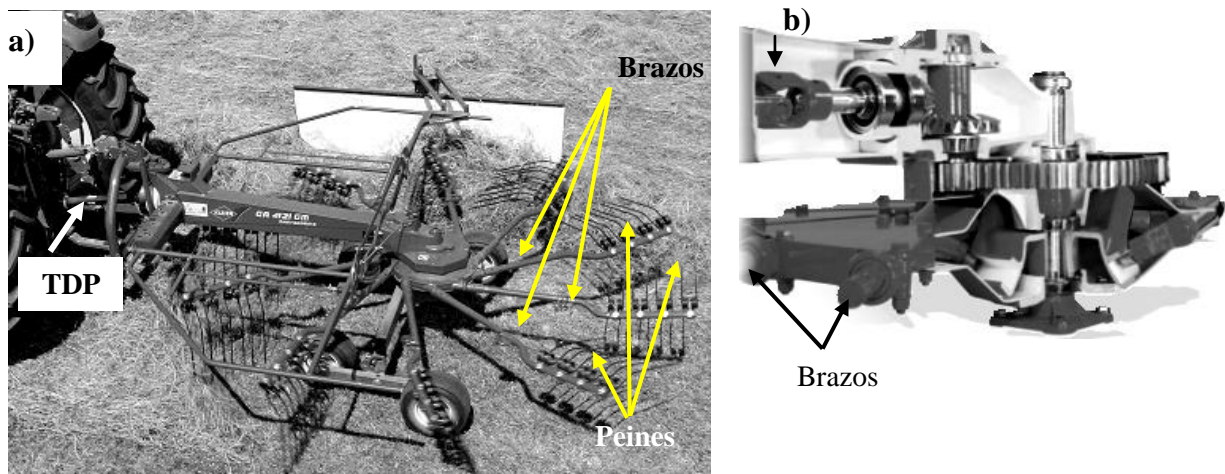


**Figura 83: transmisión del movimiento (a) desde la rueda con mando cardánico y (b) con motor hidráulico accionado por el tractor. Fuente: CNH America LLC, 2007.**

Cattani y col. (2008 b) apuntaron que el accionamiento hidrostático otorga importantes ventajas de regulación, por cuanto es posible adaptar la velocidad de giro del canasto a la velocidad de avance y a las características del forraje a remover; Buckmaster (1993) reguló la rotación del canasto en 32 rpm por km/h de velocidad de avance para que trabajara correctamente. CNH America LLC (2007) recomendó que la velocidad de avance durante la operación de estos implementos debe oscilar entre 3 y 16 km/h, mientras que en situación de transporte no debería superar los 32 km/h. La regulación de la altura de trabajo como del ancho de barrido (ángulo de ataque a la andana) puede realizarse de manera manual o hidráulica, dependiendo de las marcas y modelos dentro de éstas.

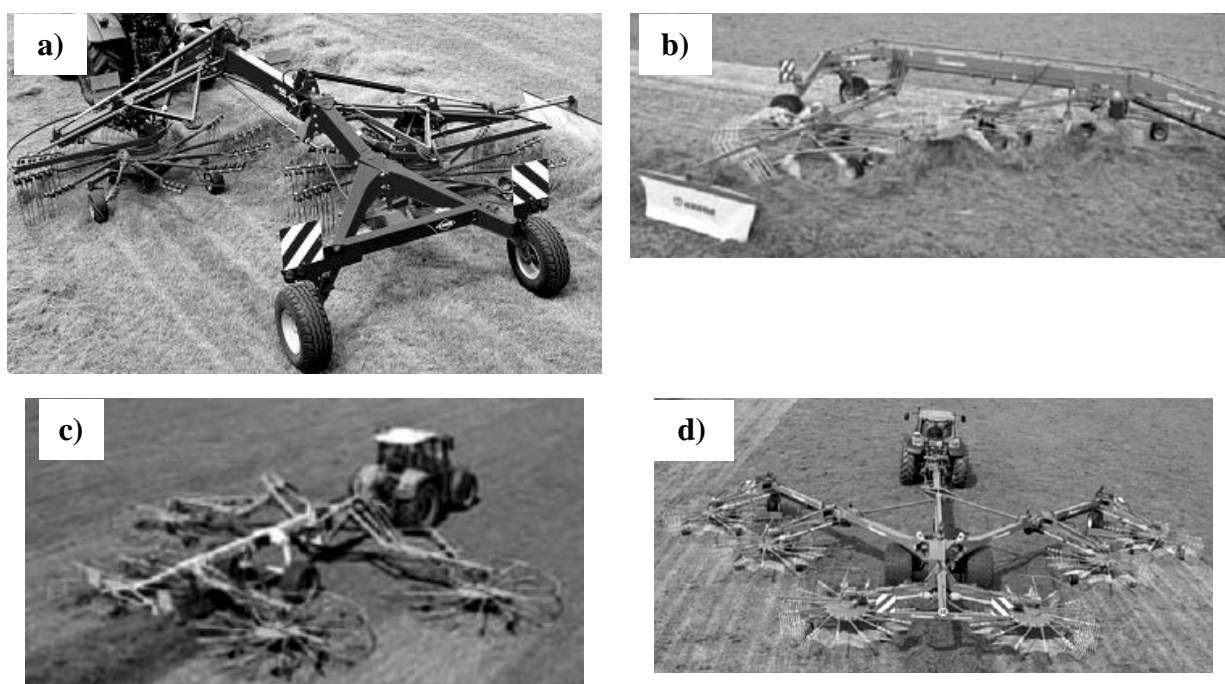
Digman y col. (2013) observaron que el promedio de pérdidas de materia seca de los rastrillos estelares y de barras paralelas varió de 3,5 a 26,8%, y dependió del contenido de humedad del forraje y del rendimiento de la pastura cortada. La proteína bruta del heno disminuyó a medida que aumentaron las pérdidas de materia seca, mientras que la fibra detergente fue menos afectada, indicando que las mermas fueron explicadas por la pérdida de hojas. Buckmaster (1993) indicó que el rastrillado con rastrillo estelar determinó pérdidas de un 2,3% mayor que el de barras paralelas. Aunque, el rastrillo de barras paralelas es considerado menos agresivo que los estelares (Lattimore, 2008), poseen mayor costo de adquisición y operativo (Shinners y Schuler, 2003); también poseen menor ancho de trabajo.

**III.1.3.2.3 Rastrillos giroscópicos:** poseen brazos horizontales que giran alrededor de un eje central en posición horizontal, con peines u horquillas en su extremo, accionados por la TDP del tractor (figura 84).



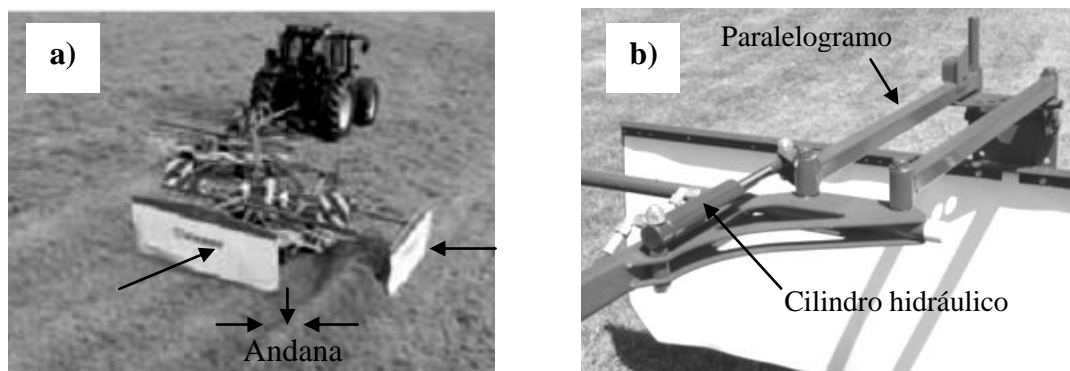
**Figura 84: (a) rastrillo giroscópico; (b) conjunto de engranajes que accionan e invierten el movimiento de la TDP a los brazos. Fuente: Kuhn North America Inc., 2014.**

En condiciones de andanas densas y húmedas, realizó un mejor trabajo que otros tipos de rastrillos, especialmente en el mezclado de hileras para grandes empacadoras (Lattimore, 2008). Existen modelos con múltiples conformaciones; desde aquellos con un rotor simple o con dos de ellos, hasta máquinas con múltiples rotores para aumentar la capacidad operativa del equipo (Lattimore, 2008; Krone, 2011; Claas Iberica SA, 2013; Kuhn North America Inc., 2014) (figura 85). Algunos modelos, con 19 m de ancho de labor, pueden trabajar hasta 20 ha/h (Krone, 2011).



**Figura 85:** rastrillos con (a) dos, (b) tres, (c) cuatro y (d) seis rotadores. Fuentes: (a) Kuhn Iberica SAU, 2014; (b, d) Krone, 2011; (c) Claas Iberica SA, 2013.

Estas máquinas soportan velocidades de acarreo de 40 a 50 km/h (Krone, 2011; Claas Iberica SA, 2013). En algunos modelos el engrase de los componentes expuestos a mayor rozamiento es automático (Claas Iberica SA, 2013). La regulación de la altura de trabajo como de la pollera es manual o con control remoto hidráulico. La pollera o faldón es un componente que posee la herramienta a un costado de la misma, para impedir que el forraje sea impulsado fuera de la andana que se pretende formar, regulando el ancho de la misma (Lattimore, 2008; Cattani y col., 2008 b) (figura 86). El ancho de la andana es regulable de 0,8 a más de 2 m, permitiendo la formación de andanas con distintas densidades de acuerdo a la capacidad de trabajo de la empacadora o a los requerimientos de secado que demanda el forraje; en equipos con más de un rotor y descarga central, la regulación se controla ajustando la distancia entre los rotadores (Krone, 2011; Claas Iberica SA, 2013; Kuhn Iberica SAU, 2014).



**Figura 86: (a) faldones al costado y detrás para ayudar a conformar la andana, (b) regulación del faldón por control remoto hidráulico. Fuentes: (a) Krone, 2011; (b) Kuhn North America Inc., 2014.**

Es necesario controlar periódicamente el estado de las púas, ya que son elementos expuestos a roturas o desgaste prematuro en función de las condiciones de trabajo en las que se realice la labor (figura 87).



**Figura 87: sistema de seguridad para evitar la pérdida de las púas. Fuente: Krone, 2011.**

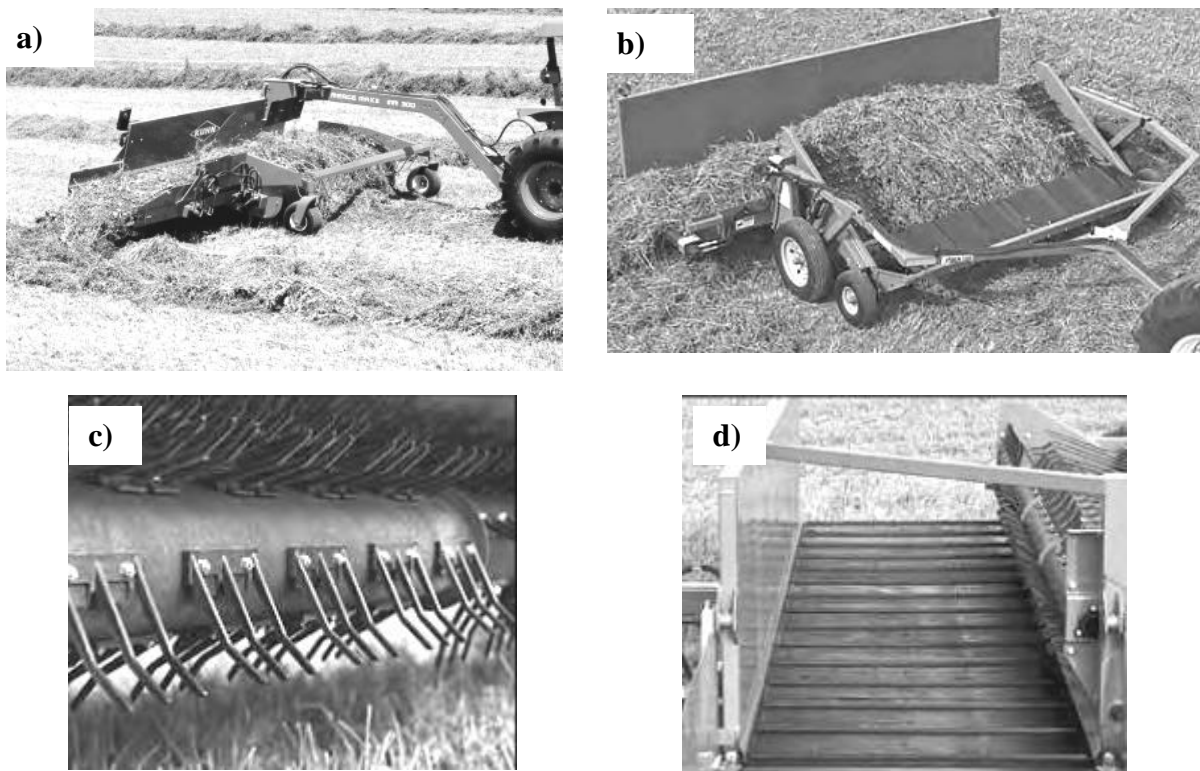
Cattani y col. (2008 b) compararon a esta herramienta con el rastrillo estelar y destacaron como ventaja el menor aporte de suelo a la andana que realiza el rastrillo giroscópico. También aconsejaron prestar atención a las revoluciones entregadas por la TDP del tractor, indicando que 350 a 400 rpm serían las adecuadas para que el impacto de las púas fuera menos agresivo con el forraje. Para minimizar la pérdida de hojas del forraje depositado en la andana, Lattimore (2008) resaltó la necesidad de regular la velocidad de avance de acuerdo a la de giro de la TDP. Schuler (2014) indicó que las pérdidas evaluadas en los rastrillos rotativos fueron casi el doble de aquellas producidas

por los rastrillos de entrega lateral, atribuyendo esto a la aceleración que toma el forraje cuando entra en contacto con las púas del rastrillo giroscópico.

Digman y col. (2013) citaron a varios autores que evaluaron las pérdidas de materia seca generadas al tratar al forraje con este implemento, comparándolo con un rastrillo de barras paralelas; cuando el forraje tuvo 40% de humedad, las pérdidas de materia seca evaluadas fueron de 2,7 y 2,1% para el rastrillo giroscópico y de barras paralelas, respectivamente. Collins y Owens (2003) manifestaron que las pérdidas por rastrillado fueron mayores en los rastrillos giroscópicos, reduciéndose en los rastrillos estelares, y que los rastrillos de barras paralelas provocaron el menor nivel de pérdidas de los tres.

### **III.1.3.3 *Inversores y formadores andanas***

Estas máquinas se utilizan para dar vuelta o unir andanas, a la vez que reducen la posibilidad de juntar piedras y, con ello, el peligro de provocar roturas en las empacadoras (Lattimore, 2008; Cattani y col., 2008 b). Constan de un recolector con púas que levanta el forraje desde el suelo y lo ubica sobre una noria horizontal, que lo transporta hacia un lateral donde lo deposita invirtiendo la cara expuesta al sol y formando andanas para empacar más tarde (figura 88). Algunos modelos de arrastre poseen más de 10 m de ancho de trabajo, pudiendo operarse a velocidades de entre 3 y 19 km/h (CNH America LLC, 2009 b; Oxbo Int. Corp., 2011; Kuhn S.A., 2011). También hay modelos autopropulsados, con más de 12 m de ancho de labor y con una velocidad de trabajo de hasta 24,7 km/h (Oxbo Int. Corp., 2013) (figura 89).



**Figura 88:** (a-b) máquinas para recoger e invertir la andana; (c) púas plásticas para levantar el forraje; (d) noria que deriva al pasto hacia un lateral. Fuentes: (a) Digman y col., 2011; (b-c-d) Frontier Equipment, 2007.

La operación de invertir la andana mejoró la tasa de secado entre 20 y 30% respecto de aquellas sin tratar, según informaron Mickan y Piltz (2004). Debe prestarse atención al momento en que se realiza la inversión, ya que una demora en la práctica impediría obtener los beneficios buscados. En este sentido, Savoie y col. (2002) hallaron que invertir el forraje a las 24 h de haberlo cortado, redujo el tiempo de secado en 6 h hasta alcanzar 16% de humedad en el forraje, mientras que cuando lo hicieron a las 48 h después del corte no hallaron una reducción significativa del tiempo de secado. Digman y col. (2011) indicaron que gavillar con estas máquinas ofrecería algunos beneficios respecto del rastrillo estelar, ya que al levantar el forraje y dirigirlo hacia el costado mediante una cinta transportadora en lugar de desplazarlo a través del suelo reduce la pérdidas de hojas y la contaminación con tierra.

Digman y col. (2013) citaron a varios autores que evaluaron las pérdidas de materia seca generadas al rastrillar el forraje con distintos implementos; las pérdidas de materia seca fueron de 9, 8, 5 y 3% para rastrillos estelares, giroscópicos, de barras

paralelas e inversores, respectivamente. En forrajes con 40% de humedad las pérdidas de materia seca con inversores fueron menores al 0,5% (Digman y col. 2013).



**Figura 89: rastrillos con noria para transportar lateralmente al forraje. Fuentes: (a) Kuhn S.A, 2011; (b) Oxbo Int. Corp., 2013.**

La manipulación de la andana puede acelerar el proceso de secado invirtiendo al material más húmedo, desde la parte inferior a la superior. También, se puede mejorar la tasa de secado extendiendo la andana sobre la superficie del lote segado, para reducir su densidad e incrementar así la tasa de secado al aumentar su exposición a la radiación solar y al efecto desecante del aire. Sin embargo, es menester prestar atención al contenido de humedad del forraje cuando es manejado antes del empaclado, ya que es el principal motivo por el que ocurren hasta alrededor de  $\frac{1}{3}$  de las pérdidas por manipulación del forraje. Cuando la humedad de la andana se acerca a la necesaria para realizar la operación de empaclado y es imperioso rastrillar al forraje, se debe controlar que la velocidad de la operación sea lo suficientemente rauda, como para reducir el tiempo operativo, pero a la vez que el tratamiento del forraje sea suave y sin provocar desprendimientos de hojas. Es menester prestar atención también a que el rocío esté seco.

Digman y col. (2011) indicaron que la consolidación de andanas más grandes previo a la operación de empaclado, en el caso de lluvias, resultaría más dificultoso

volver a secar de nuevo el forraje, y también se correría el riesgo de perder calidad de forraje (tabla 17).

**Tabla 17: efectos de la lluvia y el estado fenológico sobre indicadores de calidad del heno cortado y tendido sobre el suelo (adaptado de Philipp y Jennings, 2013).**

Estado fenológico	Indicador de calidad	Sin lluvia ----- (% de MS)	Con lluvia <sup>(1)</sup> -----	Variación por efecto de la lluvia (%)
Pre-botón floral	PB	26,3	24,6	-6,46
Inicio floración		18,1	13,9	-23,20
Pre-botón floral	FDN	32,4	45,4	40,12
Inicio floración		42,2	64,1	51,90
Pre-botón floral	FDA	27,5	38,5	40,00
Inicio floración		36,4	53,0	45,60
Pre-botón floral	Digestibilidad	72,7	57,2	-21,32
Inicio floración		62,3	39,2	-37,08

(1): precipitación de 40 mm.

PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido.

En comparación con otros rastrillos, los modelos con noria serían los que menos pérdidas de materia seca provocan.

### III.1.4 Confección del heno

Después de reducir el contenido de humedad del forraje, a niveles que permitan el almacenamiento seguro, es necesario proceder a su recolección. Por tratarse de un material de baja densidad, debe comprimirse para reducir el volumen de almacenamiento. Por ello, el propósito de embalar heno es crear un fardo o rollo denso con menos del 20% de humedad, para transportar, almacenar, y utilizar más tarde. El momento de inicio de la confección del heno está determinado por el porcentaje de humedad que contiene el forraje; Grisso y col. (2009) remarcaron que el contenido de humedad fue el principal determinante de la pérdida de hojas cuando se realizaba el proceso de empacado. La disminución de la calidad nutricional del heno respecto de aquella de la pastura que le dio origen, estuvo relacionada con la pérdida de hojas, fracción vegetal del forraje con mayor contenido proteico (Lattimore, 2008; Grisso y col., 2009; Bragachini y col., 2013 b, c).

Numerosos autores reseñaron que el empacado es uno de los pasos más críticos del proceso de henificación, ya que existe un estrecho rango de humedad óptima para



realizar la operación, y así evitar excesivas pérdidas de hojas durante la confección (en el margen seco del rango) y el deterioro (por calentamiento, y acción de bacterias y hongos) durante el almacenaje (en el margen húmedo del rango) (MAFRI, 2008; Orloff y Putnam, 2012; Giordano y col., 2012).

Debido a que el contenido de humedad del heno varía a lo largo del día y espacialmente dentro del lote, Giordano y col. (2012) destacaron la importancia de realizar controles frecuentes de esta variable durante la operación de empacado. Del mismo modo, indicaron que el rocío es un factor que añade humedad, por lo que también debería prestársele atención, manifestando que la proliferación de hongos en la paca era un síntoma observado en estos casos. La humedad óptima para empacar al heno depende del tamaño y densidad de la paca (tabla 18).

**Tabla 18: sección transversal, densidad de la paca y rango de humedad para confeccionar la paca de heno. Fuentes: Rotz, 2001; Muck y Shinnars, 2001.**

Tipo de máquina empacadora	Sección de la paca	Rango de densidad	Rango de humedad de empacado			
			Mínimo	Máximo		
	Alto	Ancho	Mínimo			
	----- (cm) -----		----- (%) -----			
			----- (kg/m <sup>3</sup> ) -----			
Fardo pequeño	Una atadura	35	46	100 a 150	19	21
	Dos ataduras	41	56	125 a 200		
Mega-fardos		80	80	200 a 250	17	19
		80	120			
Roto-enfardadora grande	Clase <sup>(1)</sup> I	120	120 Φ			
	Clase II	120	150 Φ			
		150	120 Φ			
	Clase III	150	150 Φ	160 a 225	15	17
		120	180 Φ			
Clase IV	150	180 Φ				

(1): Clases según el volumen de la cámara de arrollado; I: < 1,55 m<sup>3</sup>; II: 1,55 a 2,55 m<sup>3</sup>; III: 2,55 a 3,54 m<sup>3</sup>; IV: > 3,54 m<sup>3</sup>.

Orloff y Putnam (2012) indicaron que cuanto más grande y densa sea la paca, menor debía ser la humedad del heno para lograr un almacenaje seguro. Algunos autores, indicaron que en aquellos mercados donde la comercialización de heno está muy generalizada y los parámetros de calidad, como contenido de proteína o presencia de hongos, tienen un rol importante en la formación del precio, se aplican aditivos en base de ácido propiónico y ácido cítrico sobre el heno al momento de confeccionar la

paca, para inhibir la formación de hongos, permitiendo henificar materiales con un 5% extra de humedad y mejorando en algunos casos las características organolépticas del forraje (Giordano y col., 2012; Bragachini y col., 2013 c; Coblenz y col., 2013). De esta forma, se podrían empacar fardos pequeños, megafardos y rollos con hasta 30, 21 y 24% de humedad, respectivamente.

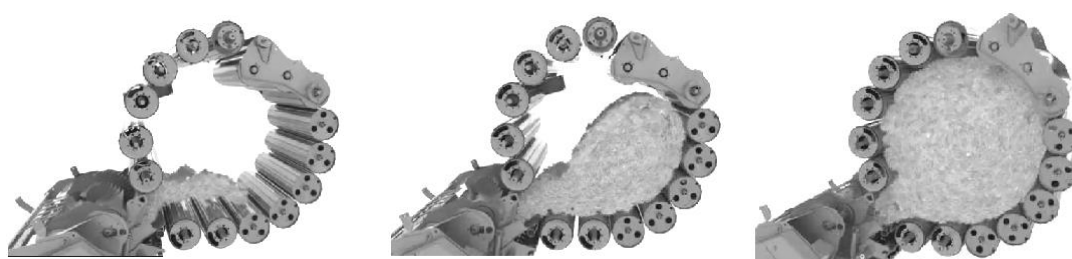
El grado de compactación del heno influye sobre su hermeticidad a las lluvias, la deformación (en el caso de pacas cilíndricas, sobre su superficie de apoyo), y en el grado de disipación de humedad y calor durante la etapa de almacenamiento de la paca (Juan y col., 1995; Coblenz y Hoffman, 2008; Grisso y col., 2009; Ball y col., 2014). En el caso de las arrolladoras, la compactación depende del tipo y calidad de correas, la presión de trabajo y la uniformidad de alimentación de la cámara de enrollado.

Bragachini y col. (2013 b) indicaron que las formas más tradicionales de embalar heno en nuestro país estaban representadas por la confección de rollos, fardos y megafardos. Hasta mediados de la década del '80, la maquinaria más común para empacar heno era la enfardadora que confeccionaba fardos prismáticos con una medida aproximada de 45×55×100 cm, con un peso aproximado de 25 a 30 kg (100 a 120 kg/m<sup>3</sup>) (Juan y col., 1995). El fundamento de estas máquinas lo constituye el canal de compresión, de sección cuadrada o rectangular (35×45 a 45×65 cm), alimentado lateralmente y recorrido por un pistón en movimiento alternativo, actuando como elemento de cierre posterior la propia fricción del forraje en la citada cámara (Márquez, 2008).

Las roto-enfardadoras llegaron al país en el año 1984, revolucionando la manera de realizar reservas forrajeras debido a que permitieron la mecanización de todo el proceso de henificación: corte, acondicionado, empacado, transporte y almacenamiento (Giordano y col., 2013; Bragachini y col., 2013 c). Hacia 1996 tomó impulso la utilización de megaenfardadoras, pero no alcanzaron a instalarse definitivamente debido a la crisis económica de finales de la década del '90 (Bragachini y col. 2013 c). Estos autores, también, apuntaron que a partir de 2009 volvió el auge por estas máquinas, impulsado principalmente por contratistas o productores que cosechaban el forraje para comercializarlo como heno en pacas.

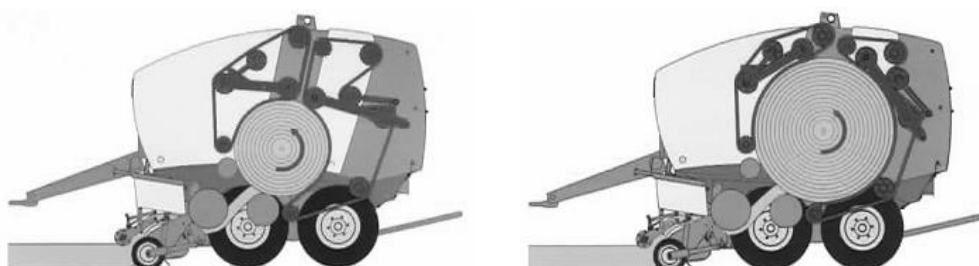
Las arrolladoras pueden clasificarse según el tipo de rollos que confeccionan (Feraboli y Caglieri, 1998; Cattani y col., 2008 b; Márquez, 2008):

✓ De cámara fija o núcleo flojo (figura 90): el volumen de la cámara donde se forma el rollo, es fijo, y está determinado por una serie de rodillos acomodados en la periferia de la misma; el centro del rollo presenta una menor compactación que la periferia, y su diámetro será fijo (Juan y col., 1995; Feraboli y Caglieri, 1998). El interior del rollo de heno queda arrugado formando una estrella (Márquez, 2008). En sus orígenes, fueron de procedencia europea y para la confección de henolaje (forraje húmedo).



**Figura 90: esquema de la formación de una paca con una máquina de cámara fija. Fuente: [www.claas.com.au](http://www.claas.com.au).**

✓ De cámara variable o núcleo compacto (figura 91): los rollos generados presentan una densidad homogénea y diámetro variable. Cuando el heno ingresa en la cámara de amasado, entra en contacto con un juego de correas que cambian el flujo lineal del mismo a un movimiento de rotación y producen el apretado del pasto desde el inicio del amasado mediante un sistema hidráulico que confiere tensión a las correas. El centro de la paca adopta la forma de una alfombra enrollada. Los mecanismos que se precisan para construir una cámara variable son más complejos que aquellos para una cámara fija, y en su conjunto son máquinas de manejo más delicado. En sus orígenes, fueron de procedencia norteamericana, diseñadas para confeccionar heno (forraje seco).



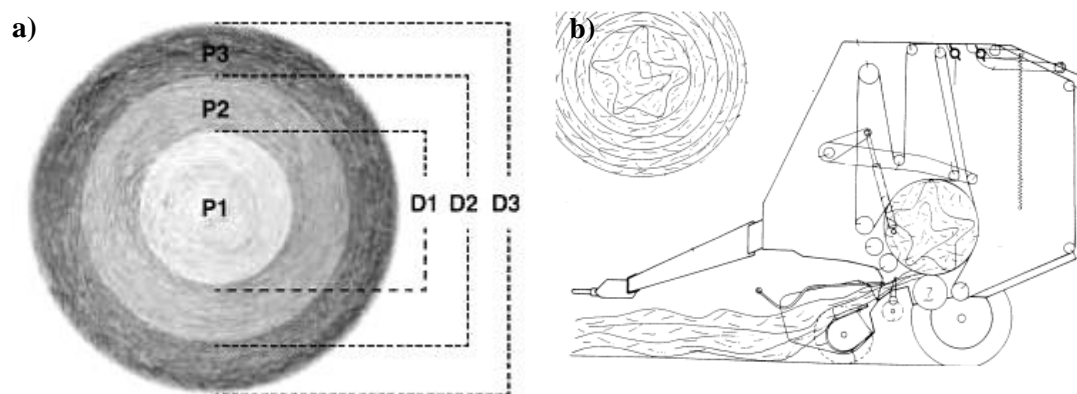
**Figura 91: esquema de una paca lograda con una máquina de cámara variable. Fuente: Krone, 2012 b.**

✓ De cámara de diámetro fijo-variable (figura 92): durante la primera etapa de abastecimiento a la cámara de empacado, el llenado se hace sobre un cilindro de diámetro pequeño consiguiendo un núcleo flojo; cuando se completa la carga, la operación de amasado se comporta como la de una de cámara variable, consiguiéndose la compactación por la acción de correas que envuelven al heno.



**Figura 92: proceso de formación de una paca cilíndrica en una máquina con cámara variable. Fuente: Claas, 2013 a.**

Feraboli y Caglieri (1998) indicaron que el núcleo compacto restringía la circulación de aire, y, por lo tanto, debía prestarse atención al contenido de humedad con que se confeccionaba la paca, para evitar procesos de calentamiento y/o deterioro por acción de microorganismos. Para evitar este inconveniente, se desarrolló una empacadora de cámara mixta, provista de correas en la cámara de amasado y un sistema hidráulico que las tensa progresivamente para proveer distinta compactación al heno, logrando un núcleo con menor presión y la periferia de la paca con mayor compactación (figura 93). Este principio lo han adoptado numerosas firmas constructoras de arrolladoras (Krone, 2012 a; Claas, 2013 a; Vicon, 2014).



**Figura 93:** (a) esquema de una paca lograda con una máquina de cámara mixta.  $P1 < P2 < P3$ : presión de amasado; D1, D2 y D3: diámetro. (b) formación de núcleo flojo y rollo finalizado con exterior compactado. Fuentes: (a) Vicon, 2014; (b) Feraboli y Caglieri, 1998.

Las pérdidas de forraje desde la cámara de amasado son menores en las arrolladoras de cámara variable con correas respecto de aquellas de cámara mixta con rodillos (Grisso y col., 2009). Cattani y col. (2008 b) publicaron que, al momento de confeccionar los rollos, las máquinas de cámara fija producen alrededor de 2,84 veces más pérdidas de materia seca que aquellas de cámara variable, superando el 10% del material a recolectar.

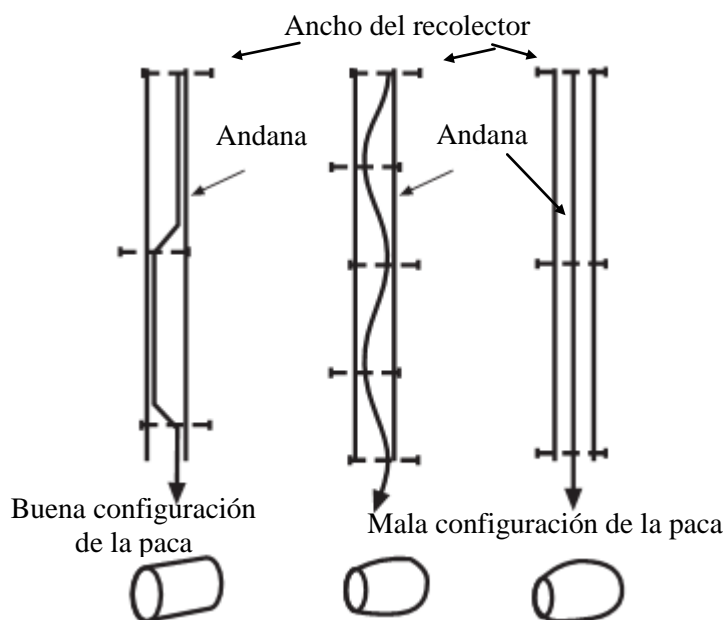
### III.1.4.1 Regulaciones para una correcta operación de embalado

Las pautas a tener en cuenta para la obtención de pacas de heno debidamente confeccionadas comienzan con la arquitectura de la andana. Cattani y col. (2008 b) indicaron que la operación previa al embalado debía preparar a la andana de forma tal que le confiriera una sección rectangular con altura uniforme en todo su largo, aspirando a conseguir densidades de 5 a 6 kg MS/m lineal de andana; también refirieron que el ancho de la andana debía aproximarse a la mitad del ancho del recolector para asegurar una correcta alimentación de la cámara de amasado.

La velocidad de trabajo a emplear es la máxima que permite la máquina y las condiciones de lote donde se efectúa la labor. García Ramos (2012) indicó que la velocidad debe ser menor en situaciones con forraje húmedo o densidades bajas en la andana, o cuando la materia seca acumulada por hectárea es alta, recomendando avanzar a 7 u 8 km/h. Mientras que, Cattani y col. (2008 b) apuntaron que las máquinas actuales podían operar muy bien a velocidades entre 12 y 13 km/h. El incremento de la velocidad

por sobre estos últimos valores puede generar roturas o situaciones de trabajo riesgoso (Giordano y col., 2012).

Cuando se inicia la operación de recolección de la andana, la alimentación de la máquina arrolladora debe comenzar por uno de sus laterales. Para lograr que la cámara de amasado forme una paca cilíndrica, es necesario que el equipo transite de un lado de la andana hacia el otro con movimientos bruscos (Márquez, 2008; Grisso y col., 2009); de esta manera, se impediría la formación de pacas deformadas. Es necesario que el operario evite la circulación rectilínea o con un patrón de movimiento sinuoso suave sobre la andana (figura 94) (Grisso y col., 2009; Giordano y col., 2012). Al respecto, algunos autores manifestaron que para lograr el correcto llenado de la cámara de amasado de una arrolladora, se requiere que el recolector de la máquina transite incorporando material desde uno de sus laterales por un lapso de 10 a 12 segundos, para luego moverse rápidamente hacia el otro lateral y permanecer por otros 10 a 12 segundos recogiendo heno; esta operación debía repetirse hasta completar la cámara de llenado (Lattimore, 2008; Grisso y col., 2009). También, manifestaron que el tiempo de recolección debía aumentar para andanas poco densas.



**Figura 94: patrón de circulación del recolector de una arrolladora sobre una andana más angosta que el ancho de recolección (Grisso y col., 2009).**

La producción de rollos deformados representa un uso ineficiente de la maquinaria, debido a la obtención de pacas menos densas, aumentando los costos de

confección por kg de MS henificada. Además, la presencia de puntos flojos dentro de la paca aumenta el riesgo de deterioro del heno durante el almacenaje (Cattani y col., 2008 b).

La presión de confección de la paca debe ser la máxima permitida por la máquina, tomando los resguardos necesarios para impedir desgastes prematuros o roturas inesperadas. El valor de presión de compactación a utilizar dependerá del tipo de material que se enrollará; Bragachini y col. (2013 c) tomaron como referencia valores de 120 a 170 Bar para rastrojos o materiales secos y 80 a 130 Bar para heno de alfalfa. Cuanto mayor sea la presión de compactación, menores serán los costos operativos del proceso de henificación debido a que se obtienen pacas más densas (Cattani y col., 2008 b). Numerosos autores, manifestaron que la densidad de la paca lograda dependía de las características de la empacadora (tabla 19), la experiencia del operador, y las características del heno, recomendando que la densidad mínima de una paca cilíndrica debería superar los 160 kg/m<sup>3</sup> (Grisso y col., 2009; García Ramos, 2012). Las roto y megaempacadoras modernas disponen de sensores de carga que permiten variar el nivel de compresión ejercido mediante la utilización de dispositivos electro-hidráulicos (García Ramos, 2012), operado desde un monitor ubicado en la cabina del tractor.

**Tabla 19: características de diferentes tipos de empacadoras. Fuente: García Ramos, 2012.**

Características		Modelo de empacadora		
		Convencional	Rotoempacadora	Megaempacadoras
Dimensiones de la cámara de amasado (cm)	Ancho o diámetro	40 - 60	60 – 180	80 – 120
	Altura	30 - 45	100 – 150	45 – 130
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	paja	80- 200	85 – 120	120 – 200
	heno		130 – 200	200 – 275
	ensilado		> 220	250 – 400
Velocidad de trabajo	km/h	3 – 7	5 – 8	5 – 8
Capacidad de trabajo	ha/h	1,5 – 2	2 – 3	2 – 3
	t/h	4 – 8	5 – 10	6 – 12
Peso de la paca (kg)	paja	12 - 50	150 – 250	150 – 400
	heno		250 – 350	250 – 650
	ensilado		400 – 700	350 – 800
Potencia del tractor	HP	47 - 80	40 – 107	80 – 201

En las rotoempacadoras, los sistemas de atado deben completar el proceso empleando pocas rotaciones del rollo dentro de la cámara de amasado, para mantener una buena capacidad de trabajo y reducir la pérdida de hojas desde la periferia de la paca. En este sentido, Cattani y col. (2008 b) manifestaron que las máquinas con doble aguja, una en cada lateral del frente de atado con desplazamiento hacia el centro del rollo, reducían el tiempo necesario para la operación de amarrado de la paca respecto de aquellas máquinas con una aguja o el par en un lateral. Varios autores, indicaron que el sistema de atado en red incrementaba la productividad del equipo, ya que empleaba 2 a 3 vueltas del rollo para rodearlo con una malla (en relación con las 16 a 18 que emplea el atado con hilo), reduciendo la pérdida de hojas y aumentando la capacidad operativa de la máquina entre 30 y 60% (Márquez, 2008; Shinnery y col., 2010; Giordano y col., 2012). Bragachini y col. (2011) indicaron que cuando utilizaron la red para atar la paca cilíndrica, mantuvieron la conformación compacta y durable de la misma para su correcto transporte y estivado en pilas, a la vez que mejoraron el escurrimiento de la lluvia o rocío desde la superficie del rollo cuando quedaba a la intemperie. En megaenfardadoras, el sistema de atado cuenta con 6 hilos y utiliza doble nudo, siendo el atado eficiente, confiable, para permitir alcanzar altas densidades de la paca. Para aumentar el rendimiento y vida útil, los anudadores están asistidos por ventiladores que provocan un flujo de aire de 140 km/h (Claas, 2013 b); esto permite mantenerlos limpios de la broza que se produce durante la operación de empacado (Bragachini y col. 2013 b). El atado, en el caso de pacas prismáticas pequeñas, se realiza mediante 2 o 3 anudadores (en caso de utilizar hilo plástico) o con 2 anudadores cuando se usaba alambre (Márquez, 2008), de manera automática y regulable según el largo de la paca que se deseara obtener. Aunque el atado con alambre permitía la formación de pacas con muy alta presión, la utilización de tres anudadores y del hilo plástico provocó la disminución en el uso de máquinas que empleaban atadores con alambre.

El recolector es el órgano de la máquina que levanta la gavilla y la dirige hacia el interior de la empacadora. Giordano y col. (2012) explicaron que cuanto menor fuera su diámetro, mejor sería la alimentación hacia la cámara de compactación, ya que evitarían impactos innecesarios de los dedos del peine con el forraje, lográndose un flujo de material más continuo y delicado para conseguir una mejor compactación. Los recolectores flotantes, con rueda de copiado de terreno, presentaron un mejor



desempeño, ya que los impactos de los dientes sobre el suelo disminuían, evitando roturas o desgastes prematuros (Cattani y col., 2008 b). La altura de recolección recomendada por Giordano y col. (2012) fue de alrededor de 2 cm por debajo de la altura de corte; los mismos autores también expusieron que la rueda del recolector para copiado del terreno debe estar 1,5 cm por debajo de la altura de recolección.

Grisso y col. (2009) indicaron que el recolector podía ser el causante de hasta un 12% de pérdidas en la confección de pacas cilíndricas grandes, aunque el rango frecuente era de 1 a 3%; también mencionaron que la velocidad de circulación, el tamaño de la andana, el contenido de humedad del heno y las condiciones de regulación y funcionamiento del recolector eran los factores que afectaban el monto de las pérdidas. Bragachini y col. (2013 c) midieron pérdidas en el recolector de una arrolladora por un monto de 37 g MS/m lineal de andana, cuando la andana tenía 1,9 kg MS/m lineal con 85% de materia seca. En otro ensayo, Bragachini y col. (2013 b) midieron las pérdidas por recolector en megaenfardadoras hallando que para gavillas que presentaban 4 kg MS/m lineal, se perdían 34,6 g MS/m lineal, representando un 0,87% de pérdida sobre la materia seca recolectada.

La sincronización apropiada, entre la velocidad de avance del equipo con la rotación de los dedos del recolector, se logra cuando el heno fluye dentro de la cámara de amasado con mínimas interrupciones, de forma tal que no empujen o remolquen la gavilla (Lattimore, 2008).

El procesador de fibra o cutter es un aditamento ubicado entre el recolector y la cámara de amasado, equipado por un rotor conformado por estrellas con distribución helicoidal y cuchillas dentadas semicirculares de zafe independiente con el que la máquina corta por cizalla al heno, entregando fibra con un largo de 7 a 14 cm dependiendo de su regulación. La utilización del sistema de picado permite aumentar la densidad de la paca (García Ramos, 2012). El mismo es muy utilizado en megaenfardadoras, y está empezando a formar parte del equipamiento de las rotoenfardadoras actuales (Giordano y col., 2012). Cuando se utiliza el sistema cutter en la confección de pacas cilíndricas, Bragachini y col. (2011) recomendaron realizar el atado del rollo con una malla de nylon.

Numerosos autores indicaron que, si bien las pérdidas de materia seca aumentaron debido a la utilización de un procesador de fibra (tabla 20), éstas estuvieron dentro de

los niveles tolerables -hasta 4% (MAFRI, 2008)- de pérdidas totales (Bragachini y col., 2011; Giordano y col., 2012; Bragachini y col., 2013 c). La utilización del procesador de fibra requiere mayor potencia en la unidad tractora, generando mayor consumo de combustible y reduciendo la capacidad de trabajo. En cotrapartida con el uso del procesador de fibra, se demostró que no hace falta procesar la fibra de rollos, elaborados con sistema cutter de 15 cuchillas, para utilizarlo en un carro mezclador (mixer) horizontal liso (Bragachini y col., 2013 c). También, se indicó que cuando se utiliza un carro mezclador vertical con heno de fibra pre-cortada, el mezclado de la ración se alcanzaba en menor tiempo, reduciendo alrededor de un 20% la necesidad de potencia, y con ello el consumo de combustible (Bragachini y col., 2013 b, c).

**Tabla 20: características de pacas cilíndricas de alfalfa y moha, empacadas con y sin dispositivo procesador de fibra. Fuente: Bragachini y col., 2011.**

Tratamiento	Con cutter		Sin cutter	
	Alfalfa	Moha	Alfalfa	Moha
Peso del rollo (kg)	404	453	358	414
Humedad del rollo (%)	18,3	17	18,2	20,6
Densidad del rollo (kg/m <sup>3</sup> )	180	201	160	184
Total de pérdidas (kg)	14,7	30,9	6,9	20,5
Fracción suelo (kg)	5,6	18,3	3,3	11,5
Fracción vegetal (kg)	9,1	12,6	3,6	9
Fracción vegetal (%)	2,3	2,8	1,0	2,2
Proteína bruta (%)	23,9	18,4	24,0	19,6

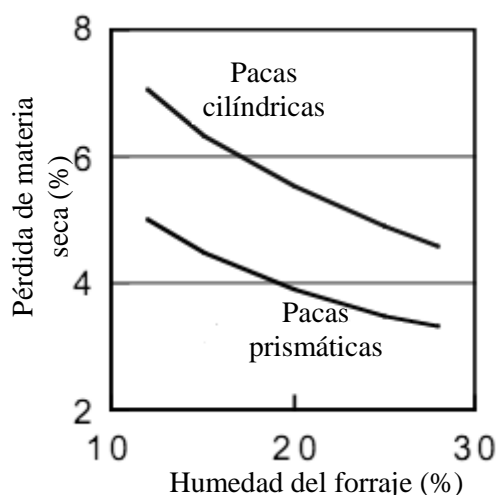
El forraje levantado desde la andana por el recolector es, luego, impulsado al interior de la cámara de amasado o compactación. Esta acción es realizada por el procesador de fibra en aquellas máquinas arrolladoras que lo posean. Mientras que, en las megaenfardadoras lo realiza un alimentador de tipo alternativo, consistente en una horquilla que alimenta a una cámara de pre-compresión antes de que el pistón empuje al heno dentro de la cámara de compresión.

Para Buckmaster y col. (1990) las pérdidas de materia seca desde la cámara de amasado (PCA) de una arrolladora pudieron predecirse en función del contenido de humedad del forraje (HF), mediante la siguiente ecuación:

$$PCA (\%) = 0,057 e^{(-5,4 * HF)}$$

Donde:  $e$ , es el número Neperiano; HF, es la humedad del forraje en tanto por uno.

Existen referencias indicando que las pérdidas de forraje desde la cámara de amasado de una arrolladora son superiores a las producidas en la cámara de compresión de una megaenfardadora (Buckmaster y col., 1990; Bragachini y col., 2013 b) (figura 95).



**Figura 95: pérdidas de materia seca de pacas cilíndricas y prismáticas, en función del porcentaje de humedad de la andana al momento de confeccionar la paca. Fuente: Bucmaster, 1990.**

Bragachini y col. (2013 b) midieron este tipo de pérdidas, hallando que desde la cámara de amasado de una rotoenfardadora se perdió el 0,65% del peso del heno arrollado, mientras que desde la cámara de compactación de una megaenfardadora las pérdidas alcanzaron el 0,57% del peso de la paca. También, midieron el aumento de pérdidas debido a la utilización de un procesador de fibras en una megaenfardadora; las mismas alcanzaron un 0,92% del peso de la paca, y compararon las capacidades operativas y consumos de combustible (tabla 21), hallando que la megaenfardadora tuvo mayor capacidad de trabajo y menor consumo de combustible que la arrolladora cuando trabajó sin el cutter activado. Por otro lado, Bragachini y col. (2013 c) hallaron que la pérdida de proteína respecto de la pastura que dio origen al material henificado rondó entre 6 y 13% (tabla 22). Lattimore (2008) indicó que para minimizar las pérdidas de heno desde la cámara de amasado, la tasa de llenado de la misma debería ser la mayor posible para minimizar la cantidad de revoluciones que soportaba la paca; ello podía lograrse con andanas densas y velocidades de avance rápidas.

**Tabla 21: características de máquinas y pacas cilíndricas y prismáticas de alfalfa empacadas con y sin dispositivo procesador de fibra. Fuente: Bragachini y col., 2013 b.**

Máquina	Pérdidas de MS			Características de la paca		Capacidad de trabajo	Consumo de combustible (gasoil)	Logitud promedio de la fibra
	Recolector	Cámara de compactación	Total	Peso seco	Densidad			
	----- (%) -----			(kg)	(kg/m <sup>3</sup> )	(tn MS/h)	(l/tn MS)	(cm)
Rotoenfardadora	1,33	0,65	1,98	595,2	165,8	14,3	1,19	40 a 60
Mega enfardadora sin cutter	0,87	0,57	1,44	497,5	241,7	40	0,59	40 a 50
Mega enfardadora con cutter	0,87	0,92	1,79	465	225,9	27,3	1,31	5 a 10

**Tabla 22: resultados de los análisis de calidad del forraje, antes y después de henificarlo. Adaptado de Bragachini y col., 2013 c.**

Tratamientos	MS	PB	$\Delta$ PB	FDN	$\Delta$ FDN	FDA	Digestibilidad	$\Delta$ Dig.	Cenizas
	----- (%) -----								
Planta en pie	22,2	22,23		42,34		27,46	67,53		10,02
Cutter desactivado	90,1	19,34	-13,0	48,01	13,4	33,96	62,47	-7,49	10,94
Cutter activado c/7 cuchillas	84,88	20,02	-9,9	39,44	-6,8	26,71	68,11	0,86	12,04
Cutter activado c/15 cuchillas	81,16	20,89	-6,0	46,72	10,3	30,16	65,43	-3,11	12,59

Cattani y col. (2008 b) recomendaron que la expulsión del rollo debía ser rápida y sencilla, para que la productividad del equipo aumentara sin caer en desgastes extras; estos autores explicaron que la incorporación de mecanismos expulsores accionados de manera mecánica o hidráulica sincronizadas con la apertura de la compuerta de la cámara de amasado de las rotoenfardadoras favorecía la consecución de este objetivo.

Existe una tendencia hacia el automatismo de las roto-enfardadoras de nueva generación, adoptando sistemas eléctricos que incluyen monitores desde donde controlar y regular la operación de empacado (García Ramos, 2012; Sánchez, 2014).

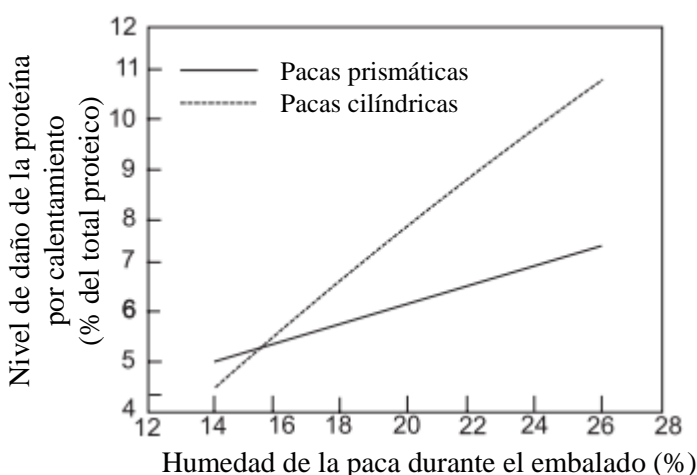
En la literatura se sugieren varias ventajas de las megaenfardadoras sobre las rotoempacadoras (Cattani y col., 2008 b; Giordano y col., 2012; Bragachini y col., 2013 b, c), entre las que se pueden citar:

- ✓ Mayor capacidad para procesar heno en la cámara de compactación.
- ✓ Mayor capacidad de compactación del heno.
- ✓ Capacidad para compactar, atar y expulsar la paca sin detenerse.
- ✓ Menor manipuleo del forraje en la cámara de compactación.

- ✓ Mayor capacidad de utilización de los espacios durante el transporte y almacenamiento de las pacas prismáticas.
- ✓ Menor costo de cobertura por m<sup>3</sup> y kg de MS de paca prismática a almacenar.
- ✓ Mayor facilidad de suministro directo del megafardo; debido a que está confeccionado en panes, es posible la entrega de fracciones de la paca.

Estas ventajas permiten el ahorro de tiempo y dinero, ya que los costos operativos, y de almacenaje de la paca de una megaenfardadora son menores a los de una arrolladora. Como desventaja, se puede citar la mayor inversión inicial, ya que las megaenfardadoras son más caras y requieren tractores con mayor potencia para remolcarlas.

Cuanto más grande y densa sea la paca, mejor se aprovechará el medio de transporte y la superficie de almacenaje. Sin embargo, se requiere iniciar la operación de empaquetado cuando el forraje contiene menos de 17% de humedad, ya que es necesario evitar pérdidas por respiración de los tejidos vegetales o por degradación debida a la acción de hongos, bacterias y/o calentamiento (Holmes, 2004; Coblenz y Hoffman, 2009) (figura 96), teniendo en cuenta que la reducción en la humedad de una paca es inversamente proporcional a su tamaño y densidad (Collins y col., 1997).



**Figura 96: nivel de daño de la proteína por calentamiento de pacas cilíndricas y prismáticas de alfalfa durante el almacenamiento, en función del contenido de humedad al momento de confeccionar la paca. Fuente: Collins y col., 1997.**

### III.2 Almacenamiento del heno

Debido a que es necesario realizar grandes esfuerzos para confeccionar heno de calidad y, así, poder diferirlo en el tiempo con el menor nivel de pérdidas posible, es

importante prestar especial atención a la estrategia de almacenamiento, para minimizar la pérdida de calidad y cantidad de forraje evitando el aumento del costo de la materia seca a suministrar. Buckmaster (1990) apuntó que las pérdidas, durante el almacenaje, se producen a partir de material 100% digestible.

Grisso y col. (2009) indicaron pérdidas de heno entre 1 y 10%, desde que las pacas eran removidas del lote donde se confeccionaron hasta depositarlos en el lugar donde se almacenaban. La rápida remoción de las pacas desde el lote disminuía el desperdicio de heno y, además, contribuía a mantener la red o hilos con que se ataban, al quedar a resguardo de la acción de los rayos UV.

Pera evitar la exposición a las inclemencias ambientales, Giordano y col. (2012) recomendaron almacenar las pacas inmediatamente después de confeccionadas. Algunos autores, indicaron que cuando las pacas fueran depositadas a la intemperie, el lugar elegido debía ser alto, con pendiente que pudiera escurrir el agua de lluvia y sin depresiones para evitar la acumulación de agua (Grisso y col., 1990; Giordano y col., 2012; Philipp y Jennings, 2013). Si las pacas fueran apoyadas sobre el terreno, éste debería ser bien drenado, o por el contrario, evitar el contacto directo con el mismo utilizando ripio, cubiertas, postes, palés, cañerías de descarte (Holmes, 2004; Cattani y col., 2008 b). Al evitar el contacto directo con el suelo se pudieron reducir hasta un 38% las pérdidas de heno almacenado a la intemperie (Collins y col., 1997), alcanzando niveles de 2 a 15% de pérdidas totales (Holmes, 2004). Shinnery y col. (2010) describieron que cuando las pacas fueron almacenadas a la intemperie y en contacto directo con el suelo, el núcleo de las mismas siempre estuvo más seco que la base o los primeros centímetros de la periferia.

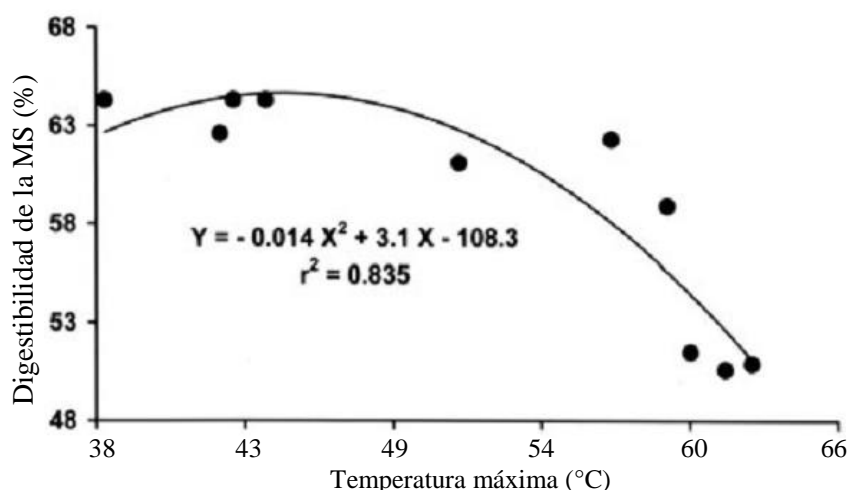
La disposición de los rollos para su almacenamiento, debería contemplar colocarlos ajustadamente, cara contra cara, con un espaciamiento de 30 cm a 1 m entre hilera de rollos, orientados de norte a sur para permitir una mayor exposición al sol (Lattimore, 2008; Giordano y col., 2012; Ball y col., 2014).

Las pacas de heno almacenadas a la intemperie en estibas descubiertas en una zona de clima seco y cálido, alcanzaron grandes pérdidas cuando la temperatura ambiente superó los 35 °C (figura 97), aún sin lluvia; estas pérdidas se evitaron tapando las estibas o colocándolas bajo techo (Guerrero, 2006; Lattimore, 2008). Según Lattimore (2008), las pérdidas de forraje cuando las pacas fueron almacenadas a la

intemperie alcanzaron 35 a 40% del total henificado, a la vez que afirmó que las pacas prismáticas perdían menos materia seca que las cilíndricas en iguales condiciones de almacenamiento. Algunos trabajos, señalaron que tanto la duración del período de almacenamiento, como las condiciones de almacenaje influían sobre la cantidad de materia seca perdida; cuando se depositaban las pacas sobre el suelo podían esperarse entre 5 y 20% de pérdida de MS hasta el noveno mes (Holmes, 2004; Shinnery y col., 2010). Mientras que, con periodos de almacenaje más prolongados (12 a 18 meses) podían perderse entre 15 a 50% de la MS (Holmes, 2004). También, indicaron que el tapado de las pacas reducía las pérdidas, llegando a 5-10% hasta 9 meses de almacenaje (Holmes, 2004; Shinnery y col., 2010), y 10 a 15% con almacenajes de entre 12 y 18 meses (Holmes, 2004).

Los rollos de heno de gramínea presentan una superficie más lisa que los de heno de alfalfa, lo que permite un mayor escurrimiento del agua de lluvia (Holmes, 2004). Además, el heno de pasturas leguminosas como alfalfa o trébol rojo (*Trifolium pratense*) o mezcla de leguminosa con gramínea es más susceptible a la pérdida de nutrientes, durante el almacenamiento a la intemperie, que el proveniente de pasturas de gramíneas (tabla 23). Esto es debido a que las leguminosas poseen mayor cantidad de constituyentes solubles en agua, los que se pueden perder con facilidad por la acción de factores ambientales como lluvia o días nublados con elevada humedad ambiental (Collins y col., 1997).

De los nutrientes comúnmente analizados en el heno, la concentración de proteína en las pacas almacenadas a la intemperie frecuentemente aumenta cuando el heno queda expuesto a la acción del agua, ya que no se lava tan fácilmente como los carbohidratos solubles (Collins y col., 1997). Además, varios autores indicaron que la proteína del heno afectado por inclemencias ambientales era utilizada menos eficientemente por los animales que aquella proveniente del heno sin daño (Collins y col., 1997; Coblenz y Hoffman, 2008).



**Figura 97:** relación entre la digestibilidad de la materia seca y la temperatura interna máxima de una paca rectangular de heno de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*). Fuente: Philipp y Jennings, 2013.

**Tabla 23:** calidad del heno en rollos de gramínea pura y mezcla gramínea-alfalfa, en sectores degradados y sin degradar (adaptado de Collins y col., 1997).

Composición del heno	Sector del rollo	Digestibilidad	Proteína bruta		FDA
			----- (%) -----		
Gramínea	Sin degradar	58,8	13,5		44,4
	Degradado	42,5	16,4		49,4
Gramínea con alfalfa	Sin degradar	56,5	14,3		45,0
	Degradado	34,2	16,9		48,7

Una vez que el heno es empacado, existen varias opciones para almacenarlo durante períodos de tiempo extensos. Una opción implica la simple colocación a la intemperie al costado del lote, sin cubrir. En condiciones de clima seco, sin lluvias o nieve durante el período de almacenamiento, con temperaturas diurnas inferiores a los 35 °C, con las pacas apoyadas sobre suelo seco, y el período de almacenamiento inferior a los 90 días, Guerrero (2006) manifestó que la conservación a la intemperie sin cobertura es una opción viable.

El método de almacenamiento que mejor resguardará el valor nutritivo del heno es el acopio bajo galpón (Rayburn, 2013; Ball y col., 2014); otras formas de almacenamiento producen mayores pérdidas de materia seca y nutrientes (tabla 24). En este sentido, Cattani y col. (2008 b) reportaron ensayos en Argentina donde se evaluó la disminución del peso de rollos de heno de alfalfa; después de 541 días de almacenaje, estos rollos disminuyeron 20% del peso registrado al inicio del ensayo cuando



estuvieron sin tapar y apoyados sobre el suelo, mientras que tapados y depositados sobre postes el peso final fue sólo 6% menor.

**Tabla 24: incremento de las pérdidas promedio de materia seca y digestibilidad de la MS del heno almacenado con diferentes estrategias respecto de aquel almacenado bajo galpón (adaptado de Rayburn, 2013 y Ball y col., 2014).**

Tipo de almacenamiento	Pérdida de materia seca	Pérdida de digestibilidad de la MS		
		----- (%) -----		
Bajo galpón	3 a 8	5	s/d	s/d
Intemperie				
Con cobertura sobre palé	5 a 10	8	s/d	s/d
Sin cobertura sobre palé	28 a 39	34	s/d	s/d
Sin cobertura sobre grava	4 a 46	22	-0,4 a 13,4	6,8
Sin cobertura sobre suelo	7 a 61	33	3,3 a 17,2	12,7

Cuando el heno es almacenado durante períodos extensos de tiempo, debería protegerse colocándolo bajo estructuras techadas o cubriéndolo con envolturas plásticas para reducir las pérdidas de materia seca, evitar incrementos de FDN y FDA, restringir el riesgo de daño por calentamiento excesivo e incluso disminuir el riesgo de incendio. Estas opciones son más costosas, pero si el beneficio extra cubre los costos adicionales por almacenamiento, deberían llevarse a cabo las tareas de acondicionamiento del lugar de almacenaje del heno.

#### **IV. Conclusiones**

La región Pampeana semiárida central se caracteriza por tener una marcada estacionalidad de las precipitaciones, con un periodo de lluvias en primavera y verano y otro de sequía en otoño e invierno. También, se observan frecuentes oscilaciones en la distribución intra e interanual. El almacenamiento de agua de lluvia en el suelo durante el verano está limitado por la demanda evaporatoria del ambiente durante esa época.

Los sistemas de producción ganadera que predominan en el país son en base pastoril; en la región del Caldenal, dentro de la región semiárida de Argentina, dos terceras partes de la superficie están ocupadas por vegetación natural, constituyendo el recurso forrajero más importante para la ganadería vacuna.

Los pastizales naturales del Caldenal, de escasa productividad y degradados por el sobrepastoreo, se caracterizan por la estacionalidad de su producción y susceptibilidad de la misma a los cambios en las temperaturas ambientales y precipitaciones. El paralelismo entre el uso consuntivo del agua y las lluvias refleja la dependencia por esta última que presenta la vegetación natural, la cual crece por pulsos estrictamente relacionados con la ocurrencia de las lluvias.

El cultivo de especies gramíneas forrajeras megatérmicas se justificaría debido a su mayor eficiencia en el uso del agua y capacidad de adaptación ambiental, en particular a la variabilidad en las precipitaciones (tanto en cantidad como en distribución) que presenta la región Pampeana semiárida central. El uso de mezclas de leguminosas con estas gramíneas permitiría conciliar calidad con cantidad de forraje y la reducción de costos por unidad de materia seca diferida como heno durante el invierno, ampliando la ventana de oportunidades para confeccionar reservas forrajeras con la técnica de henificación.

El corte de la pastura, para la confección del heno, debería ser efectuado cuando se alcance el estado de madurez acorde con los objetivos del sistema productivo; este es el factor que más afecta a la calidad de heno que se obtendrá. Estados fenológicos tempranos permitirán diferir menor volumen de heno por hectárea cortada, pero con mayor porcentaje de proteína y digestibilidad; por el contrario, retrasando la fecha de corte lograremos mayor volumen de forraje henificado pero con mayor porcentaje de FDN, FDA y lignina, y menor de proteína.

Las pérdidas de forraje durante el proceso de henificación oscilan entre 7 y 31% de la materia seca presente en el lote al iniciar las tareas mecánicas. Estas pérdidas están influidas por factores ambientales y del cultivo (respiración celular, lluvia precipitada sobre la andana, lavado de nutrientes, composición y estado fenológico de la pastura), y por el tratamiento mecánico (desprendimiento de hojas). Las pérdidas por factores ambientales pueden reducirse al disminuir el tiempo de permanencia del forraje cortado en el lote, acelerando su tasa de secado. Es posible la reducción de pérdidas mecánicas mediante el tratamiento oportuno y cuidadoso del forraje, respetando el momento adecuado y la operación técnica apropiada.

Si a ello sumamos el cuidado correcto durante el almacenaje, podremos diferir de manera eficiente forraje con la calidad esperada hacia fines de invierno o principios de primavera, cuando la cantidad y calidad de las pasturas megatérmicas o pastizales de la región Pampeana semiárida central presentan su menor nivel de oferta.

## V. Bibliografía

- 1) D.G.E. y C. - Dirección General de Estadística y Censos de La Pampa. Registros pluviométricos mensuales y anuales según año calendario (1921-2009). Disponible en: [http://www.estadisticalapampa.gov.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52:registros-pluviometricos-mensuales-y-anuales-segun-ao-calendario-mm&catid=52:registro-pluviometrico&Itemid=74](http://www.estadisticalapampa.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=52:registros-pluviometricos-mensuales-y-anuales-segun-ao-calendario-mm&catid=52:registro-pluviometrico&Itemid=74) Consultado el 30 de Abril de 2013.
- 2) ADEMA, Edgardo O.; BUSCHIAZZO, Daniel E.; BABINEC, F. J.; RUCCI, T. y GÓMEZ HERMIDA, V. F. (2003). *Balance de agua y productividad de un pastizal rolado en Chacharramendi, La Pampa*. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 3) AGENCIA CÓRDOBA de DEPORTE, AMBIENTE, CULTURA y TURISMO S.E.M. (2002). *Primera Reunión Nacional para la Conservación de la Caldenia Argentina*. 28 y 29 de Noviembre. Córdoba, Argentina: Gobierno de la Provincia de Córdoba.
- 4) AGUIRRE, M. A.; PITTARO, M. Gabriela y TALEISNIK, Edith (2013). El cultivo en condiciones de alcalinidad no modifica la respuesta de *Panicum coloratum* a la salinidad. *Revista Argentina de Producción Animal* 33 (Suplemento 1): 295.
- 5) ÁLVAREZ BERAMENDI, Enrique (1974). La introducción de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) en los sistemas de producción más comunes empleados por los establecimientos agropecuarios de La Pampa. *Simposio sobre Pasto Llorón en la Provincia de La Pampa. Segunda Jornada Técnica* (17 de Mayo de 1974). Santa Rosa, La Pampa: Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de La Pampa.
- 6) ARROQUY, José I. (2011). Conservación de forrajes de pasturas megatérmicas. 2<sup>a</sup> *Jornada Nacional de Forrajes Conservados* (24-25 de Febrero de 2011) pp. 35-48. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.
- 7) ÁVILA, Roxana Edith; BARBERA, Pablo; BLANCO, Lisandro Javier; BURGHI, Víctor Hugo; DE BATTISTA, José Pedro; FRASINELLI, Carlos Alberto; FRIGERIO, Karina Laura; GANDARA, Luis; GOLDFARB, María Cristina; GRIFFA, Sabrina Mariana; GRUNBERG, Karina; LEAL, Karina Viviana; KUNST, Carlos Roberto; LACORTE, Santiago María; LAURIC, Miriam Andrea; MARTINEZ CALSINA, Luciana; MC LEAN, Guillermo Donald; NENNING, Fernando Ramón; OTONDO, José; PETRUZZI, Horacio Javier; PIZZIO, Rafael Mario; PUEYO, Joaquín Dante; RE, Alejo Esteban; RIBOTTA, Andrea Noemí; ROMERO, Luis Alberto; STRITZLER, Néstor Pedro; TORRES CARBONELL, Carlos Alberto; UGARTE, Cristina Cecilia; VENECIANO, Jorge Hugo y TOMAS, María Andrea (2014). *Gramíneas Forrajeras para el Subtrópico y el Semiárido Central de la Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- 8) BALL, Don; BADE, David; LACEFIELD, Garry; MARTIN, Neal y PINKERTON, Bruce (2014). *Minimizing losses in hay storage and feeding*. West Virginia, EE.UU.: West Virginia University Extension Service. Disponible en <http://anr.ext.wvu.edu> Consultado el 15 de Octubre de 2014.
- 9) BANDERA, R.; BERTRAM, N.; BOLLETA, A.; CHIACCHIERA, S.; FERRI, J. M.; GALÍNDEZ, G.; LAURIC, A.; MALAGRINA, G.; OTONDO, José; PETRUZZI, Horacio; STRITZLER, Néstor y TORRES CARBONELL, Carlos (2013). *Las gramíneas forrajeras megatérmicas en la región templada de Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- 10) BANDERA, Ramiro (2012). Guía sobre implantación, producción y manejo de gramíneas forrajeras tropicales o megatérmicas en suelos afectados por sales de la región de la Pampa Arenosa. *Memoria Técnica 2011-2012*: 170-175. Una publicación de EEA INTA General Villegas.
- 11) BARNETT, Neil Gordon y SNIDER, Geoffrey U. (2012). Rotary disk crop harvesting header with an auger and impellers for converging the crop. *United States Patent, Patent N° US 8,161,719 B2*.
- 12) BCS Group (2014). Barras de siega, segadoras y segadoras acondicionadoras de discos. Catálogo de Productos. Disponible en <http://www.bcsagricola.com/> Fecha de consulta: 10 de Julio de 2014.

- 13) BIANCHI, Alberto Rubí y CRAVERO, Silvia Ana Carla (2010). *Atlas Climático Digital de la República Argentina*. EEA INTA Salta: Ediciones INTA.
- 14) BOLLETTA, Andrea y LAGRANGE, Sebastián (2011). Producción de materia seca de nueve cultivares de pasto llorón. *Revista Desafío 21* N°33 (Agosto): 13-15 (publicación de EEA INTA Bordenave).
- 15) BORRAJO, Celina Inés (2010). Henos, una alternativa para aumentar la producción. *Hoja Informativa* N°22 de EEA INTA Mercedes (Corrientes).
- 16) BRAGACHINI, Mario (2008). *Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional*. Prólogo. Manfredi, Córdoba: EEA INTA Manfredi.
- 17) BRAGACHINI, Mario; PEIRETTI, José y SÁNCHEZ, Federico (2013 a). Hacia la tecnificación de heno de alta calidad. *Manual de Forrajes Conservados* (Mercoláctea, 8-11 de Mayo de 2013) pp. 23-26. San Francisco, Córdoba: Mercoláctea 2013.
- 18) BRAGACHINI, Mario; PEIRETTI, José; GIORDANO, Juan Marco y SÁNCHEZ, Federico (2011). Evaluación de enrolladora Yomel Zonda C155 con sistema cutter en henos de alfalfa y moha. EEA INTA Manfredi; Proyecto de Eficiencia de Cosecha, Poscosecha de Granos y Forrajes, y Valor Agregado en Origen. Disponible en <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/ensayos/ensayosIndice.asp> Consultado el 19 de Setiembre de 2014.
- 19) BRAGACHINI, Mario; PEIRETTI, José; SÁNCHEZ, Federico; CARRERA, Luis; GIUSSI, Martín; GASSMANN, Silvina; FRUTOS, Sebastián; SENDOYA, Gastón y FERNÁNDEZ, Facundo (2013 c). Evaluación de Rotoenfardadora Yomel Magna 940. Disponible en <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/ensayos/2013/Evaluacion-Rotoenfardadora-Yomel-Magna.pdf> Consultado el 15 de Setiembre de 2014.
- 20) BRAGACHINI, Mario; PEIRETTI, José; SÁNCHEZ, Federico; GIORDANO, Juan; MARCONETTI, Gustavo; TRONCHONI, Gabriel; TOMATIS, Facundo y MANA, Jorge (2013 b). *Tecnologías de Henificación: Megaenfardadoras*. República Argentina: Ediciones INTA.
- 21) BROWN, Christine (2009). *Agronomy Guide for Field Crops*. Ontario, Canadá: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA).
- 22) BUCKMASTER, Dennis R. (1990). Forage Losses = Economic Losses, so Minimize Them. *Boletín I-107*; Agricultural and Biological Engineering Department, Pennsylvania State University.
- 23) BUCKMASTER, Dennis R. (1993). Alfalfa raking losses as measured on artificial stubble. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 36 (3): 645-651.
- 24) BUCKMASTER, Dennis R.; ROTZ, C. A. y BLACK, J. R. (1990). Value of alfalfa losses on dairy farms. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 33 (2): 351-360.
- 25) BUSSO, Carlos A. y BREVEDAN, Roberto E. (1991). *El pasto llorón; su biología y manejo*. Capítulo 5: *Nutrición Mineral*. Bahía Blanca: CERZOS, Universidad Nacional del Sur.
- 26) BUTLER, Larry D.; CROPPER, James B.; JOHNSON, Rhett H.; NORMAN, Arnold J.; PEACOCK, George L.; SHAVER, Patrick L.; SPAETH, Kenneth E.; PIERSON (Jr.), Frederick B. y WELTZ, Mark A. (2003). *National Range and Pasture Handbook*. Washington, EE.UU: United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS), Grazing Lands Technology Institute.
- 27) BUTTI, Lucas; CAMPOS, Sebastián; BABINEC, Francisco y ADEMA, Edgardo (2012). *Mejoramiento de pastizales mediante la incorporación de nutrientes en el semiárido de La Pampa*. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 28) CABRERA, Ángel L. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14 (1-2): 1-50.
- 29) CAIRNIE, A. G. (1982). Papel y posibilidades del pasto llorón para la producción de carne en la región Pampeana Semiárida. *Primeras Jornadas Técnicas sobre Producción*

*Animal en la Región Pampeana Semiárida* (Diciembre de 1981) pp. 41-74. Santa Rosa, La Pampa: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.

30) CAIRNIE, Antonio G. (1974). El pasto llorón (*Eragrostis curvula*) en la alimentación de los vacunos. *Simposio sobre Pasto Llorón en la provincia de La Pampa. Segunda Jornada Técnica* (17 de Mayo de 1974). Santa Rosa, La Pampa: Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de La Pampa.

31) CAIRNIE, Antonio G. (1991). *El pasto llorón; su biología y manejo. Capítulo 12: El pasto llorón en los sistemas de producción ganadera*. Bahía Blanca, Argentina: CERZOS, Universidad Nacional del Sur.

32) CANGIANO, Carlos A. (1997). *Producción Animal en Pastoreo*. Balcarce, Argentina: Editorial La Barrosa.

33) CANO, Eduardo; ESTELRICH, Daniel; MONTES, Miguel; FERNÁNDEZ, Beatriz y MORICI, Ernesto (1988 b). Fitomasa aérea disponible de un pastizal de *Poa ligularis* y *Piptochaetium napostaense* durante el período 1984-1985. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* 3 (1): 11-19.

34) CANO, Eduardo; FERNÁNDEZ, Beatriz; VENTURA, Luis; ESTELRICH, Daniel y MORICI, Ernesto (1988 a). Fitomasa aérea de cuatro comunidades ubicadas en una catena topográfica en la región de colinas de La Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* 3 (1): 1-9.

35) CARR, B. C. (2014). Plant guide for kleingrass (*Panicum coloratum* L.). *Plant Guide*, 3 pp. USDA-NRCS, James E. "Bud" Smith Plant Materials Center.

36) CATTANI, Pablo A. (2013). La revalorización del forraje, una necesidad de la ganadería actual. *4ª Jornada Nacional de Forrajes Conservados* (10-11 de Abril de 2013) pp. 25-41. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA

37) CATTANI, Pablo; BRAGACHINI, Mario y PEIRETTI, José (2008 a). *Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Generalidades*. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.

38) CATTANI, Pablo; BRAGACHINI, Mario y PEIRETTI, José (2008 b). *Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Henificación*. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.

39) CATTANI, Pablo; BRAGACHINI, Mario y PEIRETTI, José (2008 c). *Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Henolaje*. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.

40) CHAVEZ, C. M.; MOORE, J. E.; MOYE, H. A. y OCUMPAUGH, W. R. (1982). Separation, identification and quantification of lignin saponification products extracted from digitgrass and their relation to forage quality. *Journal of Animal Science* 54 (1): 196-203.

41) CLAAS (2013 a). Variant 385, 380, 365, 360. Catálogo de productos. Disponible en [www.claas.com.au](http://www.claas.com.au) Consultado el 21 de Setiembre de 2014.

42) CLAAS (2013 b). Quadrant 3400, 3300, 3200, 2200, Advantage. Catálogo de productos. Disponible en <http://www.claas.com.au> Consultado el 10 de Octubre de 2014.

43) CLAAS IBERICA SA (2013). Liner; hileradores laterales. Catálogo de productos. Disponible en [www.claas.es](http://www.claas.es) Consultado el 2 de Setiembre de 2014.

44) CLEMENTE, Gustavo y MONGE, J. (2013). Evolución del heno en Argentina: nuevas estructuras y tecnologías. Compendio de trabajos de investigación Universidad Nacional de Villa María en conjunto. *4ª Jornada Nacional de Forrajes Conservados* (10-11 de Abril de 2013) pp. 111-128. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.

45) CNH AMERICA LLC (2007). New Holland Rolabar® Rakes. Catálogo de product. Disponible en <http://agriculture.newholland.com/us> Consultado el 25 de Agosto de 2014.

46) CNH AMERICA LLC (2009 a). Case IH mower conditioners rotary disc and sickle. Catálogo de productos. Disponible en <http://www.caseih.com> Fecha de consulta: 16 de Julio de 2014.

47) CNH AMERICA LLC (2009 b). New Holland Windrow Mergers. Catálogo de productos. Disponible en [www.newholland.com/na](http://www.newholland.com/na) Consultado el 14 de Setiembre de 2014.

- 48) CNH AMERICA LLC (2011). Procart™ Deluxe Carted: Wheel Rakes. Catálogo de productos. Disponible en [www.newholland.com/na](http://www.newholland.com/na) Fecha de consulta: 16 de Julio de 2014.
- 49) CNH AMERICA LLC (2010 a). WR101 carted wheel rake. Catálogo de producto. Disponible en [www.caseih.com](http://www.caseih.com) Consultado el 31 de Agosto de 2014.
- 50) CNH AMERICA LLC (2010 b). WR401 heavy-duty wheel rake. Catálogo de producto. Disponible en [www.caseih.com](http://www.caseih.com) Consultado el 31 de Agosto de 2014.
- 51) COBLENTZ, Wayne K. y HOFFMAN, Patrick C. (2008). Heat damaged forage: effects on forage quality. *Focus on Forage* 10 (8): 1-4. Disponible en <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/HeatDamage-FOF.pdf> Consultado el 7 de Julio de 2014.
- 52) COBLENTZ, Wayne K. y HOFFMAN, Patrick C. (2009). Effects of bale moisture and bale diameter on spontaneous heating, dry matter recovery, in vitro true digestibility, and in situ disappearance kinetics of alfalfa-orchardgrass hays. *Journal of Dairy Science* 92 (6): 2853-2874.
- 53) COBLENTZ, Wayne; UNDERSANDER, Dan y BERTRAM, Michael (2013). Propionic acid preservatives for hay. *Focus on Forage* 15 (5): 1-6. Disponible en <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/PropionicAcid-FOF.pdf> Consultado el 7 de Julio de 2014.
- 54) COLLADO, A. D. y DELLAFIORE, C. M. (2004). Influencia de la fragmentación del paisaje sobre la población del venado de las pampas en el sur de la provincia de San Luis. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 31 (2): 39-55.
- 55) COLLINS, M.; DITSCH, D.; HENNING, J. C.; TURNER, L. W.; ISAACS, S. y LACEFIELD, G. D. (1997). Round bale hay storage in Kentucky. *Boletín AGR-171*, 8 pp. University of Kentucky Cooperative Extension Service.
- 56) COLLINS, Michael y OWENS, Vance N. (2003). *Forages; an Introduction to Grassland Agriculture* (6<sup>ta</sup> Edición; Volumen 1). *Capítulo 19: Preservation of Forage as Hay and Silage*. Ames, Iowa (EE.UU.): Iowa State Press.
- 57) COOK, Bruce; PENGELLY, Bruce; BROWN, Stuart; DONNELLY, John; EAGLES, David; FRANCO, Arturo; HANSON, Jean; MULLEN, Brendan; PARTRIDGE, Ian; PETERS, Michael; SCHULTZE-KRAFT, Rainer (2005). *Tropical Forages: an Interactive Selection Tool*. Brisbane, Australia: CSIRO Sustainable Ecosystems (CSIRO), Department of Primary Industries and Fisheries (DPI&F Queensland), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Livestock Research Institute (ILRI). Disponible en <http://www.tropicalforages.info> Consultado el 22 de Noviembre de 2014.
- 58) CORIA, M.; ZILIO, J.; BOLLETA, A.; LABARTHE, F.; LAGEYRE, E.; PELTA, H. y GONZÁLEZ, G. (2009). Producción y calidad forrajera de nueve cultivares de pasto llorón (*Eragrostis curvula*). *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (Suplemento 1): 457-459.
- 59) COVAS, G. F.; CAYSSIALS, H. O.; RUIZ, M. A. y PORDOMINGO, Aníbal B. (2011). Producción y calidad de forraje de cultivares de pasto llorón en la región pampeana semiárida. *Revista Argentina de Producción Animal* 31 (Suplemento 1): 501.
- 60) COVAS, Guillermo (1963). Pasturas perennes artificiales para la Región Pampeana Subhúmeda y Semiárida. *Boletín de Divulgación Técnica* N°3 de EEA INTA Anguil. Buenos Aires: INTA, Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación.
- 61) COVAS, Guillermo (1974). Los pastos sudafricanos en relación a la forrajicultura en La Pampa, con especial referencia al pasto llorón (*Eragrostis curvula*). *Simposio sobre Pasto Llorón en la provincia de La Pampa. Segunda Jornada Técnica* (17 de Mayo). Santa Rosa, La Pampa: Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de La Pampa.
- 62) COVAS, Guillermo (1982). Potencial y limitaciones de los recursos forrajeros actuales y de aquellos en vías de experimentación en la Región Pampeana Semiárida. *Primeras Jornadas Técnicas sobre Producción Animal en la Región Pampeana Semiárida* (Diciembre de 1981) pp. 13-31. Santa Rosa, La Pampa: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.

- 63) COVAS, Guillermo y CAIRNIE, Antonio G. (1985). *El pasto llorón (Eragrostis curvula)*. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur S.A.
- 64) COX, Jerry R.; MARTIN, Martha H.; IBARRA, F. A.; FOURIE, J. H.; RETHMAN, N. F. G. y WILCOX, D. G. (1988). The influence of climate and soils on the distribution of four African grasses. *Journal of Range Management* 41 (2): 127-139.
- 65) COX, Jerry R.; MARTIN, Martha H.; IBARRA, F. A.; FOURIE, J. H.; RETHMAN, N. F. G. y WILCOX, D. G. (1987). Effects of climate and soils on the distribution of four African grasses. *Proceedings of Symposium: "Seed and Seedbed Ecology of Rangelands Plants"* (21-23 de Abril) pp. 225-241. Tucson, Arizona (EE.UU.): Agricultural Research Service, USDA.
- 66) D.A.F.F. - Department of Agriculture, Fisheries and Forestry; State of Queensland (2013). African lovegrass *Eragrostis curvula*. *Fact sheet: Pest Plant 63*, 4 pp.
- 67) DAHL, Bill E. y COTTER, Paul F. (1984). *Management of weeping lovegrass in west Texas; Management Note 5*. Lubbock, Texas (EE.UU): Department of Range & Wildlife Management; Texas Tech University.
- 68) DALRYMPLE, R. L. (1970). Weeping Lovegrass Establishment and Management of First Year Stands. *Proceedings of the First Weeping Lovegrass Symposium* (28-29 de Abril) pp. 21-27. Ardmore, Oklahoma: The Samuel Roberts Noble Foundation.
- 69) DANNHAUSER, C. S. (2012). Cultivar names and origin of some well-known planted pasture species in southern Africa. *Grassroots* 12 (1): 16-18.
- 70) De LEÓN, Marcelo (2012). Impacto de los forrajes conservados en los sistemas de producción. *3ª Jornada Nacional de Forrajes Conservados* (28-29 de Marzo de 2012) pp. 79-85. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.
- 71) DÍAZ, Jorge; ECHEVERRÍA, Juan C.; VENECIANO, Jorge; PÉREZ ESPINAL, Jimena; IACOVINO, Romina y FRASINELLI, Carlos (2010). El cultivo de *Digitaria eriantha*: un caso de innovación socio institucional y trabajo en red. *Primer Encuentro Nacional de Economía Agraria y Extensión Rural; XV Jornadas Nacionales de Extensión Rural y VII del Mercosur* (6-8 de Octubre). Potrero de los Funes, San Luis: Asociación Argentina de Extensión Rural.
- 72) DIGMAN, M. F.; SHINNERS, Kevin J. y BOETTCHER, M. E. (2013). Crop mergers: management of soil contamination and leaf loss in alfalfa. *Applied Engineering in Agriculture* 29 (2): 179-185.
- 73) DIGMAN, Matthew; UNDERSANDER, Dan; SHINNERS, Kevin y SAXE, Craig (2011). Best practices to hasten field drying of grasses & alfalfa. *Boletín A3927*, 7 pp. Wisconsin, EE.UU: Cooperative Extension of the University of Wisconsin.
- 74) DOVEL, R. L.; HUSSEY, Mark A. y HOLT, E. C. (1990). Establishment and survival of Illinois bundleflower inter-seeded into an established kleingrass pasture. *Journal of Range Management* 43 (2): 153-156.
- 75) ECHENIQUE, V.; PESSINO, S.; DÍAZ, M.; SELVA, J. P.; LUCIANI, G.; ZAPPACOSTA, D.; CERVIGNI, G.; MEIER, M.; GARBUS, I.; CARDONE, S.; MIRANDA, R. y SPANGENBER, G. (2008). Aportes de la biotecnología al mejoramiento del pasto llorón (*Eragrostis curvula*). *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (2): 147-164.
- 76) ESQUIVEL, Rudy G. (2008). Kleingrass *Panicum coloratum* L. *USDA-NRCS Plant Fact Sheet*: 2 pp.
- 77) FAGIOLI, M. (1972 a). Modalidades de utilización del agua profunda por un cultivo de pasto llorón. *RIA* 9 (2): 61-70; 197 (Serie 3: Clima y Suelo). Publicado en: Gestión del Agua en Producciones Agrícolas y Ganaderas de Secano (2010); Capítulo III. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 78) FAGIOLI, M. (1972 b). Causas de la resistencia a sequía del pasto llorón. *Hoja Informativa EEA Anguil N°54*: 4-5. Publicado en: Gestión del Agua en Producciones Agrícolas y Ganaderas de Secano (2010); Capítulo III. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 79) FAGIOLI, M. (1980). Desarrollo del aparato radical de un cultivo de pasto llorón (*Eragrostis curvula*, Nees) en un suelo arenoso de la región semiárida pampeana. *IDIA* 393-394:



77-80. Publicado en: Gestión del Agua en Producciones Agrícolas y Ganaderas de Secano (2010); Capítulo III. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.

80) FAO (2007). Informes sobre recursos mundiales de suelos 102: Secuestro de carbono en tierras áridas. Roma. Departamento de Desarrollo Sostenible de FAO. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/y5738s/y5738s00.htm> Fecha de consulta: 18 de mayo de 2013.

81) FERABOLI, Antonio y CAGLIERI, Vanni (1998). Variable chamber round baler having a bale core formation chamber with a variable geometry. *European Patent Specification EP 0 840 545 B1*.

82) FERNÁNDEZ, O. A.; BREVEDAN, R. E. y GARGANO, A. O. (1991). *El pasto llorón; su biología y manejo. Prefacio*. Bahía Blanca: CERZOS, Universidad Nacional del Sur.

83) FERNÁNDEZ, Osvaldo A. (2003). *Los Pastizales Naturales del Caldenal*. Buenos Aires, Argentina: Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria (tomo LVII).

84) FERNÁNDEZ, Osvaldo A.; GIL, M. E. y DISTEL, Roberto Alejandro (2009). The challenge of rangeland degradation in a temperate semiarid region of Argentina: the Caldenal. *Land Degradation & Development* 20: 431-440.

85) FERRI, Carlos M. (2011). The seasonal and inter-annual patterns of biomass accumulation and crude protein in kleingrass (*Panicum coloratum*) in the Semiarid Pampean region of Argentina. *Ciencia e Investigación Agraria* 38 (2): 191-198.

86) FERRI, Carlos M.; BRIZUELA, M. A. y STRITZLER, Néstor P. (2011). Pasturas diferidas de mijo perenne y consumo de materia orgánica por ovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal* 31 (1): 29-38.

87) FERRI, Carlos M.; BRIZUELA, Miguel A.; CID, M. Silvia y STRITZLER, Néstor P. (2005). Estructura del forraje diferido de mijo perenne y dinámica de acumulación de hojas. *Boletín de Divulgación Técnica* 88: 19-27. Publicación de la EEA INTA Anguil.

88) FERRI, Carlos M.; BRIZUELA, Miguel A.; CID, M. Silvia y STRITZLER, Néstor P. (2006). Dinámica de acumulación de láminas foliares y estructura del forraje de *Panicum coloratum* L. *Agricultura Técnica (Chile)* 66 (4): 376-384.

89) FERRI, Carlos María (2010). Patrones estacionales e interanuales de acumulación de biomasa y concentración proteica en mijo perenne. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (Supl. 1): 342-344.

90) FIRN, Jennifer (2009). African lovegrass in Australia: a valuable pasture species or embarrassing invader? *Tropical Grassland* 43: 86-97.

91) FLORES, Ángela Jorgelina; ROCHINOTTI, Diego y BENDERSKY, Diego (2008). Henificar es una forma de conservar forrajes. *Noticias y Comentarios* 429: 1-4 (EEA INTA Mercedes –Corrientes-).

92) FONTANA, L. M. C.; RUIZ, M. A.; BLAIN, G.; BABINEC, Francisco J. y ROMERO, N. A. (2013). Gramíneas C<sub>4</sub> con alfalfa en la pampa semiárida: producción y calidad de forraje. *Revista Argentina de Producción Animal* 33 (Suplemento 1): 258.

93) FRASINELLI, Carlos (1997). Intensificación de la producción de carne bovina en la región Semiárida – Árida Central sobre la base de gramíneas forrajeras perennes. *Primer Congreso Nacional sobre Producción Intensiva de Carne* (13-14, y 18-19 de Noviembre) pp. 63-79. Buenos Aires y Córdoba, República Argentina: INTA, Forrajes & Granos Journal y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación.

94) FRASINELLI, Carlos Alberto y VENECIANO, Jorge Hugo (2014). *Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis*. San Luis, Argentina: Ediciones INTA.

95) FRASINELLI, Carlos Alberto; MAGALLANES, Carlos; RIEDEL, J. L.; VENECIANO, Jorge H.; BELGRANO RAWSON, A.; GINART, M. y TOLEDO LUNA, L. (2014 b). *Sistemas Bovinos sobre Gramíneas Megatérmicas Perennes en San Luis. I.3.2 Cría sobre pasto llorón y digitaria sin fertilización en Establecimiento “El Tala” (Nahuel Mapá)*. EEA INTA San Luis, Villa Mercedes, San Luis: Ediciones INTA.

96) FRASINELLI, Carlos Alberto; PANZA, A. A. y VENECIANO, Jorge Hugo (2014 a). *Sistemas Bovinos sobre Gramíneas Megatérmicas Perennes en San Luis. I.3.1 Cría sobre*

pasto llorón y digitaria sin fertilización en Establecimiento “Don Hernán” (Soven). EEA INTA San Luis, Villa Mercedes, San Luis: Ediciones INTA.

97) FRASINELLI, Carlos Alberto; VENECIANO, Jorge Hugo y DÍAZ, J. (2004). *Sistemas de cría bovina en San Luis. Estructura, manejo e indicadores económicos*. EEA INTA San Luis: Ediciones INTA.

98) FRASINELLI, Carlos; RAWSON, Belgrano; BERNASCONI, H. y MAGALLANES, Carlos (2009). Excelente producción del sistema de cría, con una o dos forrajeras perennes en San Luis. *Horizonte Agropecuario* 83: 3.

99) FRASINELLI, Carlos; VENECIANO, Jorge; TARENTI, Oscar y FUNES, Mario (1997). Nuevas alternativas de producción con *Digitaria eriantha* cv. Irene. *Agromercado (Cuadernillo de Pasturas y Verdeos)* 125: 52-53.

100) FRIGERIO, K.; BLANCO, E.; FRASINELLI, Carlos y PRIVITELLO, M. J. Liliana (2013). Respuesta primavera-estival al agregado de agua y nitrógeno en *Digitaria eriantha*. *Revista Argentina de Producción Animal* 33 (Suplemento 1): 296.

101) FRONTIER EQUIPMENT (2007). New Frontier Hay Mergers. Catálogo de productos. Disponible en [www.deere.com](http://www.deere.com) Consultado el 09 de Setiembre de 2014.

102) FRONTIER EQUIPMENT (2009). Wheel Rakes. Catálogos de productos. Disponibles en [www.deere.com](http://www.deere.com) Consultado el 31 de Agosto 2014.

103) GAMBLE, Maurice D. (1970). Conservation uses of Weeping Lovegrass (*Eragrostis curvula*). *Proceedings of the First Weeping Lovegrass Symposium* (28-29 de Abril) pp. 40-43. Ardmore, Oklahoma: The Samuel Roberts Noble Foundation.

104) GARCÍA RAMOS, Francisco Javier (2012). Consideraciones técnicas y de utilización de las empacadoras. *Vida Rural* (Julio): 44-47. Disponible en [http://www.eumedia.es/portales/files/documentos/Meca\\_VR348.pdf](http://www.eumedia.es/portales/files/documentos/Meca_VR348.pdf) Consultado el 17 de Setiembre de 2014.

105) GARGANO, Alfredo O.; ADÚRIZ, Miguel A.; BUSSO, Carlos A. y AMELA, María I. (2003). Nitrogen and row spacing on *Digitaria eriantha* production and digestibility. *Journal of Range Management* 56 (5): 483-488.

106) GIORDANO, Juan M.; PEIRETTI, José y SÁNCHEZ, Federico (2013). Hacia la tecnificación del heno de alta calidad. *4ª Jornada Nacional de Forrajes Conservados* (10 y 11 de Abril de 2013) pp. 93-110. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.

107) GIORDANO, Juan; PEIRETTI, José y SÁNCHEZ, Federico (2012). Cómo se conserva el forraje mediante el proceso de henificación. *1ª Curso de Conservación de Forrajes* (30 de Marzo de 2012) pp. 65-90. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.

108) GOMEZ, Francisco (1981). *Response of Kleingrass (Panicum coloratum) and Tobosagrass (Hilaria mutica) to Two Grazing Systems: Continuous, and Short Duration*; tesis en Range Science para el grado de Master of Science. Texas, EE.UU: Texas Tech University.

109) GONZÁLEZ, Eduardo A.; HUSSEY, Mark A. y ORTEGA, José Alfonso (2004). Influencia de la fecha de siembra y distancia entre surcos sobre el establecimiento de asociaciones de desmanthus y el pasto klein. *Técnica Pecuaria en México* 42 (1): 17-28.

110) GREENLEES, W. J.; HANNA, H. M.; SHINNERS, Kevin J.; MARLEY, S. J. y BAILEY, T. B. (2000). A comparison of four mowers conditioners on drying rate and leaf loss in alfalfa and grass. *Applied Engineering in Agriculture* 16 (1): 1-6.

111) GRISSO, Robert; SMITH, Ray y CUNDIFF, John (2009). Management tips for round bale hay harvesting, moving and storage. Virginia Cooperative Extension, publication 442-454. Disponible en [http://pubs.ext.vt.edu/442/442-454/442-454\\_pdf.pdf](http://pubs.ext.vt.edu/442/442-454/442-454_pdf.pdf) Consultado el 21 de setiembre de 2014.

112) GUERRERO, Juan N. (2006). Protecting hay quality during storage. *Proceedings of 36th Western Alfalfa & Forage Symposium* (11-13 de Diciembre de 2006) pp. 255-262. Reno, Nevada (EE.UU.): University of California Cooperative Extension, Department of Plant Science.

113) HASSEN, Abubeker; van NIEKERK, W. A.; BECHAZ, F. M. (2009). Silage fermentation attributes and certain rumen parameters in sheep fed two grasses silage harvested

at different stages of maturity. *South African Journal of Animal Science* 39 (Supplement 1): 229-233.

114) HERNÁNDEZ, Oscar A. (1991). *El pasto llorón; su biología y manejo. Capítulo 10: Manejo del cultivo y respuesta al pastoreo*. Bahía Blanca: CERZOS, Universidad Nacional del Sur.

115) HODGKINSON, Ken C. (2010). Perennial grass survival in drought. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> Biennial Conference of the Australian Rangeland Society*. Disponible en: [http://www.austrangesoc.com.au/userfiles/file/2010\\_ARS\\_conf/Kenneth%20Hodgkinson%282%29%20new.pdf](http://www.austrangesoc.com.au/userfiles/file/2010_ARS_conf/Kenneth%20Hodgkinson%282%29%20new.pdf) Fecha de consulta: 2 de Octubre de 2013.

116) HOLMES, Brian (2004). Dry round hay bale storage costs. *Focus on Forage* 6 (5): 1-3. Disponible en [http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/LRB\\_StorageCosts-FOF.pdf](http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/LRB_StorageCosts-FOF.pdf) Consultado el 7 de Julio de 2014.

117) INDEC (2002). Censo Nacional Agropecuario 2002. Disponible en [http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna\\_principal.asp](http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna_principal.asp) Fecha de consulta: 31 de Mayo de 2014.

118) JAHN B., Ernesto; AVILÉS R., Rodrigo y BARRALES V. Luis (2004). Velocidad de secado de alfalfa bajo diferentes condiciones de secado artificial. *Agricultura Técnica* 64 (2): 163-171.

119) JAHN B., Ernesto; SOTO O., Patricio; COFRÉ B., Pedro y SASMAY M., Rocío (2003). Velocidad de secado de alfalfa bajo diferentes condiciones de radiación solar y ancho de hilerado. *Agricultura Técnica* 63 (1): 30-37.

120) JOHN DEERE (2012). Mower conditioners. Catálogo de productos. Disponible en <http://www.deere.com/> Fecha de consulta: 2 de Julio de 2014.

121) JOHN DEERE (2014). ¿Cómo obtener el máximo beneficio de una segadora acondicionadora “MoCo”? Disponible en <http://www.deere.com.mx> Fecha de consulta: 3 de Julio de 2014.

122) JOHNSTON, Bill; McDONALD, Warren; FREEBAIRN, Bob y GARDNER, Philip (2006). Consol lovegrass. *Primefact 121*. New South Wale, Australia: NSW Department of Primary Industries.

123) JUAN, Néstor A.; ROMERO, Luis A. y BRUNO, Oscar A. (1995). *La Alfalfa en Argentina. Capítulo 9: Conservación del Forraje de Alfalfa*. San Juan, Argentina: INTA Centro Regional Cuyo.

124) KETELAARS, J. J. M. H. y TOLKAMP, B. J. (1991). *Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants*. Wageningen, Países Bajos: Agricultural University Wageningen.

125) KRONE (2011). Swadro Rotary Rakes. Catálogo de productos. Disponible en [www.krone-northamerica.com](http://www.krone-northamerica.com) Consultado el 31 de Agosto de 2014.

126) KRONE (2012 a). Comprima: rotoempacadoras; combinación rotoempacadora encintadora. Catálogo de productos. Disponible en [www.krone.de](http://www.krone.de) Consultado el 21 de Setiembre de 2014.

127) KRONE (2012 b). Fortima: rotoempacadoras de cámara variable. Catálogo de productos. Disponible en [www.krone.de](http://www.krone.de) Consultado el 21 de Setiembre de 2014.

128) KRONE (2014). Trailed disc mowers. Catálogo de productos. Disponible en <http://landmaschinen.krone.de/> Fecha de consulta: 2 de Julio de 2014.

129) KUHN IBERICA SAU (2014). Rastrillos Hileradores GA de Doble Rotor. Catálogo de productos. Disponible en [www.kuhn.es](http://www.kuhn.es) Consultado el 09 de Setiembre de 2014.

130) KUHN NORTH AMERICA INC. (2013). Wheel rakes. Catálogo de productos. Disponible en [www.kuhnnorthamerica.com](http://www.kuhnnorthamerica.com) Consultado el 31 de Agosto de 2014.

131) KUHN NORTH AMERICA INC. (2014). Ga Single-Rotor Rakes; Trailed and Mounted. Catálogo de productos. Disponible en [www.kuhnnorthamerica.com](http://www.kuhnnorthamerica.com) Consultado el 31 de Agosto de 2014.

132) KUHN S.A. (2011). Belt merger. Catálogo de productos. Disponible en [www.kuhn.com](http://www.kuhn.com) Consultado el 14 de Setiembre de 2014.

- 133) LABORDE, Hugo E. (1991). *El pasto llorón; su biología y manejo. Capítulo 11: Calidad y valor nutritivo*. Bahía Blanca, Argentina: CERZOS, Universidad Nacional del Sur.
- 134) LATTIMORE, Mary-Anne (2008). *Producing Quality Lucerne Hay*. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation (Australian Government); New South Wales Department of Primary Industries.
- 135) LATTIMORE, Mary-Anne y McCORMICK, Lester (2012). *Pasture varieties used in New South Wales 2012-2013*. New South Wales, Australia: NSW Department of Primary Industries; Grassland Society of NSW Inc.
- 136) LAURIC, Andrea; MARINISSEN, Ángel y MARINOZZI, Cristian (2011). Curvas de producción y calidad de Pasto Llorón bajo condiciones reales de producción en el partido de Bahía Blanca, ciclo 2009-2010. *Hoja informativa virtual* de la EEA INTA Bordenave. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/curvas-de-produccion-y-calidad-de-pasto-lloron-bajo-condiciones-reales-de-produccion-en-el-partido-de-bahia-blanca-ciclo-2009-2010/> Fecha de consulta: 15 de Diciembre de 2013.
- 137) LAURIC, Andrea; TORRES CARBONELL, Carlos; MARINISSEN, Ángel; DE LEO, Gerónimo y FERNÁNDEZ MAYER, Aníbal (2012). Calidad y producción de Pasto Llorón (*Eragrostis curvula*) en rebrote, acumulado otoñal y diferido, bajo condiciones reales de producción. Partidos de Bahía Blanca y Coronel Rosales. *Hoja informativa virtual* de la EEA INTA Bordenave. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/calidad-y-produccion-de-pasto-lloron-eragrostis-curvula-en-rebrote-acumulado-otonal-y-diferido-bajo-condiciones-reales-de-produccion.-partidos-de-bahia-blanca-y-coronel-rosales/> Fecha de consulta: 15 de Diciembre de 2013.
- 138) LEGESSE, Gtahun; SMALL, Julie; SCOTT, Shannon; KEBREAB, Ermias; CROW, Gary; BLOCK, Hushton; ROBINS, Clayton; KHAKBAZAN, Mohammad y McCAUGHEY, Paul (2012). Effects of summer pastures with and without alfalfa on cow-calf productivity. *Forage Technical Bulletin 2012-01*; Winnipeg, Canadá: Manitoba Forage Council.
- 139) LEONHARDT, Diego A. y BUTTI, Lucas (2009). Mijo perenne: una alternativa para la ganadería. *Horizonte Agropecuario* 83: 8.
- 140) LLORENS, Enrique Manuel (2013). *Caracterización y manejo de los pastizales del centro de La Pampa*. Santa Rosa: Ministerio de la Producción, Gobierno de la provincia de La Pampa.
- 141) LLOYD, D. L. (2007). *Digit grass factsheet*, 3pp. Australia: Queensland Department of Primary Industries and Fisheries. Disponible en <http://www.pasturepicker.com.au/Html/Factsheet%20-%20Digit%20grass.pdf> Consultado el 20 de Abril de 2014.
- 142) LORDA, H. O. y PORDOMINGO, Aníbal J. (1987). Digestibilidad “in vivo” y consumo del forraje diferido de *Digitaria eriantha* Stend y *Bothriochloa intermedia* (R. Brown) Camus. *Revista de la Facultad de Agronomía – UNLPam* 2 (2): 61-74.
- 143) LORDA, H.; ROBERTO, Z.; BELLINI ZAIBENE, Y.; SIPOWICZ, A y BELMONTE, M. L. (2008). *Descripción de zonas y subzonas agroecológicas RIAP*. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 144) M&LA – MEAT & LIVESTOCK AUSTRALIA (2006). *Beef Cattle Nutrition: an Introduction to the Essentials*. New South Wales, Australia: Meat & Livestock Australia Limited y Department of Primary Industries and Fisheries (Queensland Government).
- 145) MACDONALD, Andy D. y CLARK, E. Ann (1987). *Advances in Agronomy Volume 41. Water and quality loss during field drying of hay*. San Diego, California (EE.UU.): Academic Press, Inc.
- 146) MAFRI (2008) - Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives. *High Quality Hay Management*. Manitoba, Canadá: Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives; Agriculture and Agri-food Canada y Manitoba Forage Council.
- 147) MAIER, Martin; RUPRECHT, Hermann y GLUNK, Josef (1984). Mowing device. *European Patent Office EP-0110661-A1*.

- 148) MÁRQUEZ, Luis (2008). Maquinaria para la recogida y manejo de forrajes (IV); empaçado. *Agro Técnica* (Mayo): 34-39. Disponible en [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Agrotec%2FAgrotec\\_2008\\_5\\_34\\_39.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agrotec%2FAgrotec_2008_5_34_39.pdf) Consultado el 17 de Setiembre de 2014.
- 149) MARTÍN, Julieta; ADEMA, Edgardo; AIMAR, Silvia y BABINEC, Francisco (2008). *Efecto del rolado sobre propiedades fisicoquímicas del suelo en el ecotono Caldenal-Monte Occidental*. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 150) MAZZUCO, L.; OJUEZ, C. y SIOLOTTO, R. (2006). Fertilización de *Digitaria eriantha*. Una experiencia en campo de productores. *Proyecto Regional Ganadero CRBAN 2001-2004*: 59-60.
- 151) McFARLAND, James Brent (1999). *Fire effects on weeping lovegrass developmental morphology and forage quality*; tesis en Range Science para el grado de Master of Science. Texas, EE.UU: Graduate Faculty of Texas Tech University.
- 152) McILVAIN, E. H. y SHOOP, M. C. (1970). Burning Old Growth of Weeping Lovegrass. *Proceedings of the First Weeping Lovegrass Symposium* (28-29 de Abril) pp. 44-51. Ardmore, Oklahoma: The Samuel Roberts Noble Foundation.
- 153) McMURPHY, Wilfred E. (1970). Grazing studies on Weeping Lovegrass in North Central Oklahoma. *Proceedings of the First Weeping Lovegrass Symposium* (28-29 de Abril de 1970) pp. 84-89. Ardmore, Oklahoma: The Samuel Roberts Noble Foundation.
- 154) MEESKE, R.; BASSON, H. M. y CRUYWAGEN, C. W. (1999). The effect of a lactic acid bacterial inoculant with enzymes on the fermentation dynamics, intake and digestibility of *Digitaria eriantha* silage. *Animal Feed Science and Technology* 81: 237-248.
- 155) MENÉNDEZ, Jorge Luis y La ROCCA, Sergio Mario (2006). *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Segunda etapa: Inventario de campo de la Región del Espinal, Distritos Caldén y Ñandubay*. Buenos Aires, Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación; Jefatura de Gabinete de Ministros de la Nación.
- 156) MERINO, C. A.; ROSELL, R. A. y GARGANO, Alfredo O. (1983). Rendimiento de pasto llorón, *Eragrostis curvula* (Nees) cv. Ermelo, en función de algunas propiedades edáficas. *TURRIALBA; Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas* 33 (2): 117-128.
- 157) MIKAN, F. J. y PILTZ, J. W. (2004). *Successful Silage. Capítulo 6: Mowing and wilting pastures and crops*. Orange, New South Wales (Australia): Dairy Australia y New South Wales Department of Primary Industries.
- 158) MONTANI, Tomás y FERNÁNDEZ, Osvaldo A. (1991). *El pasto llorón; su biología y manejo. Capítulo 6: Crecimiento y desarrollo*. Bahía Blanca: CERZOS, Universidad Nacional del Sur.
- 159) MONTANI, Tomás; BUSSO, Carlos A.; FERNÁNDEZ, Osvaldo A. y BREVEDAN, Roberto E. (1996). Production and nitrogen cycling in an ecosystem of *Eragrostis curvula* in semiarid Argentina. I: plant biomass and productivity. *Acta OEcologica* 17 (2): 151-162.
- 160) MOORE, Geoff (2006). Digit grass (*Digitaria eriantha*). Australia: Department of Agriculture and Food; Government of Western Australia.
- 161) MUCK, R. E. y SHINNERS, Kevin J. (2001). Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. *Proceedings XIX International Grassland Congress*. Sao Paulo, Brazil. Disponible en <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/2001/tema21-1.pdf> Consultado el 5 de Setiembre de 2014.
- 162) MUELLER, D. H.; UNDERSANDER, Dan J. y FRYE, D. L. (1998). Disk and sickle mower-conditioners affect on stand persistence and yield. *Proceeding of WI Forage Council 22<sup>nd</sup> Annual Forage Production and Use Symposium*.
- 163) NSW-DPI New South Wale Government; Department of Primary Industries (2003). Digit grass: a versatile warm-season grass. Disponible en <http://www.dpi.nsw.gov.au> Consultado el 14 de Noviembre de 2014.
- 164) ORLOFF, Steve y PUTNAM, Dan (2012). Alfalfa harvest management principles. *42<sup>nd</sup> California Alfalfa & Grains Symposium* (10-12 de Diciembre) Sacramento, California

(EE.UU.): University of California Cooperative Extension, Department of Plant Science (University of California).

165) OTONDO, José (2011). *Efectos de la Introducción de Especies Megatérmicas sobre Características Agronómicas y Edáficas de un Ambiente Halomórfico de la Pampa Inundable*. Buenos Aires: Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano; Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos Aires.

166) OXBO INTERNATIONAL CORPORATION (2011). Triple merger. Catálogo de productos. Disponible en [www.oxbocorp.com](http://www.oxbocorp.com) Consultado el 14 de Setiembre de 2014.

167) OXBO INTERNATIONAL CORPORATION (2013). Self-propelled merger. Catálogo de productos. Disponible en [www.oxbocorp.com](http://www.oxbocorp.com) Consultado el 14 de Setiembre de 2014.

168) PADILLA, C. y SARDIÑAS, Y. (2005). Degradación y recuperación de los pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, tomo 39, número especial*: 515-521.

169) PASSEL – PLANT and SOIL SCIENCE e\_LIBRARY. Field operations for harvesting herbaceous bioenergy crops: raking and merging. Disponible en [www.passel.unl.edu/pages/](http://www.passel.unl.edu/pages/) Consultado el 27 de Agosto de 2014.

170) PATTEY, E.; SAVOIE, Philipe y DUBÉ, P. A. (1988). The effect of hay tedder on the field drying rate. *Canadian Agricultural Engineering* 30: 43-50.

171) PETRUZZI, H. J.; STRITZLER, Néstor P.; ADEMA, Edgardo O.; FERRI, Carlos M. y PAGELLA J. H. (2003). *Mijo perenne*. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.

172) PHILIPP, Dirk y JENNINGS, John A. (2013). Management of hay production. *Boletín MP434*, 25 pp. University of Arkansas Cooperative Extension. Disponible en <http://www.uaex.edu/publications/pdf/mp434.pdf> Fecha de consulta: 30 de Junio de 2014.

173) PIAZZA, M. V.; FERRI, Carlos M. y OYARZABAL, M. (2010). Precipitación y productividad de *Eragrostis curvula* (Schrud) Nees y *Panicum coloratum* L. en el Caldenal. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (Suplemento 1): 218-219.

174) PITTARO, Gabriela; BRUNO, Cecilia; TOMÁS, M<sup>a</sup> Andrea y TALEISNIK, Edith (2013). Evaluación de clones de *Panicum coloratum* var. *coloratum* en condiciones de campo e invernadero. En *Información Técnica de Forrajeras Megatérmicas; Jornada Forrajeras Tropicales*, pp. 60-67. EEA INTA Rafaela: Ediciones INTA.

175) PITTARO, M. Gabriela (2014). *Caracterización Fenotípica y Genotípica de Germoplasma de Panicum coloratum L var. coloratum para la Tolerancia a la Salinidad*; tesis para optar al Grado Académico Magister en Ciencias Aropecuarias, Mención en Producción Vegetal. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela para Graduados.

176) PORDOMINGO, Aníbal (1997). Las implicancias del destete precoz en la cría de bovinos para carne en la región Semiárida Central. *Primer Congreso Nacional sobre Producción Intensiva de Carne* (13-14, y 18-19 de Noviembre) pp. 80-95. Buenos Aires y Córdoba, República Argentina: INTA, Forrajes & Granos Journal y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación.

177) PORDOMINGO, Aníbal J. (2013). La ganadería bovina. *4<sup>a</sup> Jornada Nacional de Forrajes Conservados* (10 y 11 de Abril de 2013) pp. 21-24. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.

178) PORTER, John C. (2009). *Haymaking*. University of New Hampshire Cooperative Extension. Disponible en [http://extension.unh.edu/resources/files/resource001171\\_rep1484.pdf](http://extension.unh.edu/resources/files/resource001171_rep1484.pdf) Consultado el 16 de Agosto de 2014.

179) PÖTTINGER (2014). Segadoras rotativas de discos y tambores. Catálogo de productos. Disponible en [http://www.poettinger.at/landtechnik/download/cat\\_es.pdf](http://www.poettinger.at/landtechnik/download/cat_es.pdf) Fecha de consulta: 4 de Julio de 2014.

180) POZZOBON, Marisa Toniolo; GLATZLE, Albretch; CONTERATO, Ionara Fatima; SCHIFINO-WITTMANN, Maria Teresa y GRUDSINSKE SMIDERLE, Vanessa (2006). Variation in chromosome number and its relationship with agronomic characteristics in a germplasm collection of *Digitaria eriantha sensu lato*. *Tropical Grassland* 40: 157-164.

- 181) PRIVITELLO, Liliana (2004). Evaluación comparativa de la calidad forrajera en especies subtropicales y nativas en la provincia de San Luis (Argentina). *Pastos y Forrajes* 27 (2): 165-176.
- 182) PRIVITELLO, Mercedes J. L.; GARCÍA, V.; BACHA, E. F. y BORCOSQUI, A. A. (2012). Morfogénesis a nivel de macollo en rebrotes de gramíneas megatérmicas. *Revista Argentina de Producción Animal* 32 (Suplemento 1): 367.
- 183) PRUITT, Martin E. y NAFZIGER, Brendon (2010). Wide cut rotary harvesting having cut crop feeder mechanism. *United States Patent, Patent N° US 7,726,108 B1*.
- 184) R.A.H.P.C. - Register of Australian Herbage Plant Cultivars (1972). *Panicum coloratum* var. *makarikariense* Goosens (Makarikari grass) cv. Pollock. 2<sup>nd</sup> Edition of Register of Australian Herbage Plant Cultivars. Disponible en <http://plantindustry.csiro.au/ahpc/grasses/pdf/pollock.pdf> Consultado el 04 de Abril de 2014.
- 185) RAYBURN, Ed (2002). Proper handling and curing of hay. Forage Management. West Virginia, EE.UU: West Virginia Extension Service. Disponible en <http://www.wvu.edu/~agexten/pubnwsltr/TRIM/5811.pdf> Fecha de consulta: 10 de Julio de 2014.
- 186) RAYBURN, Ed (2013). Round bale storage costs. *West Virginia University Extension Service*. Disponible en <http://anr.ext.wvu.edu/r/download/197271> Consultado el 21 de Octubre de 2014.
- 187) REARTE, Daniel (2007). La producción de carne en Argentina. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/origenes\\_evolucion\\_y\\_estadisticas\\_de\\_la\\_ganaderia/48-ProdCarneArg\\_esp.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/origenes_evolucion_y_estadisticas_de_la_ganaderia/48-ProdCarneArg_esp.pdf) Fecha de consulta: 1° de julio de 2014.
- 188) REARTE, Daniel (2010). Situación actual y prospectiva de la producción de carne vacuna. Argentina: INTA, Programa Nacional Carnes. Disponible en [http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Prod\\_Animal/Documentos/2010/SituacionActual\\_Prospectiva\\_Produccion\\_carnevacuna.pdf](http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Prod_Animal/Documentos/2010/SituacionActual_Prospectiva_Produccion_carnevacuna.pdf) Fecha de consulta: 1° de julio de 2014.
- 189) REID, Richard Lee; POST, Amy J. y OLSEN, F. J. (1979). *Chemical composition and quality of tropical forages*. Morgantown, West Virginia (EE.UU): West Virginia University; Agricultural Experiment Station.
- 190) ROMERO, Luis Alberto (2004). Henolaje empaquetado. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) Consultado el 28 de Octubre de 2014.
- 191) ROMERO, Néstor (2011 a). *Producción y persistencia de gramíneas perennes de invierno asociadas con alfalfa*. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 192) ROMERO, Néstor (2011 b). *Efecto del período de pastoreo y estado de madurez sobre la producción y persistencia de alfalfas con distinto grado de dormancia*. EEA INTA Anguil: Ediciones INTA.
- 193) ROMMANN, Loren (1988). Protein–Nitrogen relationships in forages. *Oklahoma State University Extension Facts F-2568*, 4 pp.
- 194) ROTZ, Alan (1993). An evaluation of hay drying and harvesting systems. 23<sup>rd</sup> *California Alfalfa & Grains Symposium* (8-9 de Diciembre) Visalia, California (EE.UU.): Department of Agronomy and Range Science Extension, University of California.
- 195) ROTZ, C. A. (2001). Mechanization: planning and selection of equipment. *Proceedings XIX International Grassland Congress*. Sao Paulo, Brazil. Disponible en <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/2001/tema21-2.pdf> Consultado el 5 de Setiembre de 2014.
- 196) ROTZ, C. Alan (2003). Effectiveness of Equipment to Speed Hay Drying. 2003 *Symposium and Joint Meeting of Professional Nutrient Applicators of Wisconsin. Wisconsin Custom Operators, Wisconsin Forage Council*. Wisconsin, EE.UU: University of Wisconsin Forage Research and Extension.
- 197) RUCCI, Tito E. (2009). Pasto llorón (*Eragrostis curvula*) –no publicado-. U. E. y D. T. INTA General Acha (La Pampa).

- 198) SALA, Osvaldo; DEREGIBUS, Alejandro; SCHLICHTER, Tomás y ALIPPE, Horacio (1981). Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *Journal of Range Management* 34 (1): 48-51.
- 199) SALAS, José D. (2000). Hidrología de zonas áridas y semiáridas. *Ingeniería del Agua* 7 (4): 409-429.
- 200) SÁNCHEZ, Federico (2014). Hacia la tecnificación del heno de alta calidad. 5ª Jornada Nacional de Forrajes Conservados (9 y 10 de Abril de 2014) pp. 59-64. EEA INTA Manfredi: Ediciones INTA.
- 201) SANDERSON, M. A.; VOIGT, P. y JONES, R. M. (1999). Yield and quality of warm-season grasses in central Texas. *Journal of Range Management* 52 (2): 145-150.
- 202) SAVOIE, P. (2001). Intensive mechanical conditioning of forages: a review. *Canadian Biosystems Engineering* 43: 2.1-2.12.
- 203) SAVOIE, P.; TREMBLAY, Y.; DUBREIFUL, S. y KHELIFI, M. (2002). Effect of mechanical conditioning, windrow handling, and maturity on the drying rate of timothy hay in a wind tunnel. *Canadian Biosystems Engineering* 44: 2.1-2.8.
- 204) SAVOIE, Philippe (1988). Hay tedding losses. *Canadian Agricultural Engineering* 30: 39-42.
- 205) SAVOIE, Philippe y MAILHOT, Alain (1986). Influence of eight factors on the drying rate of timothy hay. *Canadian Agricultural Engineering* 28 (2): 145-148.
- 206) SCHROEDER, J. W. (2013). Haylage and other fermented forages. *Boletín ASI252*, 8 pp. North Dakota State University Extension Service.
- 207) SCHULER, Ronald T. (2014). Machinery designs and adjustments for minimized field losses. Disponible en <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/fieldlosses.pdf> Fecha de consulta: 12 de Julio de 2014.
- 208) SHINNERS, K. J. y SCHULER, Ronald T. (2003). Equipment to rake and merge hay and forage. *2003 Symposium and Joint Meeting of Professional Nutrient Applicators of Wisconsin. Wisconsin Custom Operators, Wisconsin Forage Council*. Wisconsin, EE.UU: University of Wisconsin Forage Research and Extension. Disponible en [http://bse.wisc.edu/Ronald\\_Schuler.htm](http://bse.wisc.edu/Ronald_Schuler.htm) Consultado el 15 de Agosto de 2014.
- 209) SHINNERS, Kevin J. (2002). Getting the most from the mower-conditioner. *2002 Symposium and Joint Meeting of Professional Nutrient Applicators of Wisconsin. Wisconsin Custom Operators, Wisconsin Forage Council*. Wisconsin, EE.UU: University of Wisconsin Forage Research and Extension
- 210) SHINNERS, Kevin J.; BOETTCHE, G. C.; MUCK, R. E.; WEIMER, P. J. y CASLER, M. D. (2010). Harvest and storage of two perennial grasses as biomass feedstocks. *Transactions of the ASABE* 53 (2): 359-370.
- 211) SIIA (Sistema Integrado de Información Agropecuaria). Disponible en <http://old.siiia.gov.ar/index.php/series-por-provincia/la-pampa> Fecha de consulta: 15 de Febrero de 2013.
- 212) STEINBERG, M. R.; VALDEZ, H. A.; CORAGLIO, J. C.; VIEYRA, C. A. y MINUZZI, P. A. (2012). Producción y calidad del forraje diferido de *Panicum coloratum* L. en dos periodos de diferimiento y tres momentos de defoliación. *Agriscientia* 29: 25-30
- 213) STOBBS, T. H. (1971). Quality of pasture and forage crops for dairy production in the tropical regions of Australia. 1: review of literature. *Tropical Grasslands* 5 (3): 159-170.
- 214) STRITZLER, Néstor P. (2008). Producción y calidad nutritiva de especies forrajeras megatérmicas. *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (2): 165-168.
- 215) STRITZLER, Néstor P. y PETRUZZI, Horacio J. (2012). Rol de las megatérmicas en los sistemas ganaderos de la región Semiárida Central. *Revista Producir XXI* 248 (Junio): 37-42.
- 216) STRITZLER, Néstor P.; FRIGERIO, K. L.; RABOTNIKOF, Celia M.; FUENTES, M. E. y VENECIANO, Jorge Hugo (2009). Valor nutritivo del pasto llorón: efectos del cultivar y la fertilización nitrogenada. *Revista Argentina de Producción Animal* 29 (Suplemento 1): 496-497.



- 217) STRITZLER, Néstor P.; PAGELLA, José H.; JOUVE, Varinia V. y FERRI, Carlos M. (1996). Semi-arid warm-season grass yield and nutritive value in Argentina. *Journal of Range Management* 49 (2): 121-125.
- 218) STRITZLER, Néstor P.; PETRUZZI, H. J.; FRASINELLI, Carlos Alberto; VENECIANO, Jorge Hugo; FERRI, Carlos M. y VIGLIZZO, Ernesto F. (2007). Variabilidad climática en la Región Semiárida Central Argentina. Adaptación tecnológica en sistemas extensivos de producción animal. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (2): 111-123.
- 219) STRITZLER, Néstor P.; PETRUZZI, H. J.; JOUVE, V. V. y FERRI, Carlos M. (1997). Mijo perenne: excelente gramínea estival para zonas semiáridas. *Agromercado (Cuadernillo de Pasturas y Verdeos)* 125: 50-51.
- 220) SULLIVAN, J. T. (1969). *Chemical composition of forages with reference to the needs of the grazing animal: a review of recent research findings*. Washington, EE.UU: Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- 221) TECNOLOGÍA PEREZ (2014). Ficha técnica de segadora y acondicionadora TP-SA 2001. Disponible en [http://www.tecnologiaperez.com.ar/pr\\_sega.html](http://www.tecnologiaperez.com.ar/pr_sega.html) Fecha de consulta: 3 de Marzo de 2014.
- 222) THEUNISSEN, J. D. (1992). An ecosystematic investigation of two graminoids (*Digitaria eriantha* and *Setaria sphacelata* var. *torta*) in the semi-arid grasslands of southern Africa. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 33: 123-132.
- 223) THEUNISSEN, J. D. (1997). Selection of suitable ecotypes within *Digitaria eriantha* for reclamation and restoration of disturbed areas in southern Africa. *Journal of Arid Environments* 35: 429-439.
- 224) THOMAS, Marnie (2004). Perennial grasses; potential grazing issues. *Department of Agriculture Farmnote* N° 29/2004; State of Western Australia.
- 225) TORRES CARBONELL, Carlos y MARINISSEN, Ángel (2010). Pasturas perennes megatérmicas en la región de Bahía Blanca. *Hoja Técnica* N°13 de la Agencia de Extensión INTA Bahía Blanca y Coronel Rosales; EEA INTA Bordenave.
- 226) TORRES CARBONELL, Carlos y MARINISSEN, Ángel (2012). Pasto Llorón I: tecnología para la zona de Bahía Blanca. *Revista de la Asociación de Ganaderos y Agricultores de Bahía Blanca* 75: 43-46.
- 227) TOW, P. G.; LAZENBY, A. y LOVETT, J. V. (1997 b). Effects of environmental factors on the performance of *Digitaria eriantha* and *Medicago sativa* in monoculture and mixture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 37 (3): 323-333.
- 228) TOW, P. G.; LOVETT, J. V. y LAZENBY, A. (1997 a). Adaptation and complementarity of *Digitaria eriantha* and *Medicago sativa* on a sodic soil in a subhumid environment with summer and winter rainfall. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 37 (3): 311-322.
- 229) UNDERSANDER, Dan (2003). Physiology of hay drying. *Manitoba Forage Symposium* (Abril) Winnipeg, Manitoba (Canadá).
- 230) UNDERSANDER, Dan (2006). Harvesting impacts on forage quality. *Proceedings of 36<sup>th</sup> Western Alfalfa & Forage Symposium* (11-13 de Diciembre de 2006) pp. 245-254. Reno, Nevada (EE.UU.): University of California Cooperative Extension, Department of Plant Science.
- 231) UNDERSANDER, Dan (2009). There's a correct way to rake and to merge hay. *Prairie Farmer* Junio: 30. Disponible en <http://magissues.farmprogress.com/pr/PF06Jun09/pr030.pdf> Consultado el 15 de Agosto de 2014.
- 232) UNDERSANDER, Dan y SAXE, Craig (2013). Field drying forage for hay and haylage. *Focus on Forage* 12 (5): 1-2. Disponible en <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/SwathDrying-FOF.pdf> Consultado el 7 de Julio de 2014.
- 233) USDA-NRCS (National Research Conservation Service) (2008). *Panicum coloratum* L. (kleingrass); PACO2. *Plants Database*, 5 pp.

- 234) van NIEKERK, W. A.; HASSEN, Abubeker; BECHAZ, F. M. y COERTZE, R. J. (2007). Fermentative attributes of wilted vs. unwilted *Digitaria eriantha* silage treated with or without molaesses at ensiling. *South African Journal of Animal Science* 37 (4): 261-268.
- 235) VENDRAMINI, J. M. B.; NEWMAN, Y. C. y SOLLENBERGER, L. E. (2012). Digitgrasses. *SS-AGR-51 Factsheet*. University of Florida; IFAS Extension.
- 236) VENECIANO, Jorge H. (1999). *3ª Jornada Técnica sobre Digigrass (Digitaria eriantha). Producción y Calidad de Forraje*. Disponible en [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) Consultado el 15 de Noviembre de 2014.
- 237) VENECIANO, Jorge H. (2006). *Gramíneas estivales perennes para ambientes semiáridos: características y productividad*. EEA INTA San Luis: Ediciones INTA.
- 238) VICENTIN, J. A.; MISTRORIGO, D. M.; CURTO, A.; Di NUCCI, E.; CIAN, M.; LORENZON, M. M.; STERREN, A.; ISAURRALDE, R. M.; VALLECILLO, S. M.; GANGGE, F. N.; SITO HENDERSON, R.; MUGHERLI, F.; RIEDEL, J. y VEICK, V. (2013). Evaluación de la producción primaria y secundaria de pasturas en siembra directa (en sistemas reales). *Ciencia, Docencia y Tecnología* 3 (Suplemento 3): 28 pp.
- 239) VICON (2014). High performance variable chamber balers. Catálogo de productos. Disponible en [www.vicon.eu](http://www.vicon.eu) Consultado el 21 de Setiembre de 2014.
- 240) VIGLIZZO, Ernesto F. (1982). Los potenciales de producción de carne en la Región Pampeana Semiárida. *Primeras Jornadas Técnicas sobre Producción Animal en la Región Pampeana Semiárida* (Diciembre de 1981) pp. 233-269. Santa Rosa, La Pampa: Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.
- 241) WILSON, J. R. y MINSON, D. J. (1980). Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Tropical Grasslands* 14 (3): 253-259.
- 242) WYSIECKI, María Laura de (1993). Productividad primaria neta aérea de un pastizal natural de la provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 69 (1): 23-29.