

Jesús M^a Mangado Urdániz

En los últimos años se está produciendo una reorganización profunda en la estructura y dimensión de las explotaciones ganaderas. En 1985 en Navarra el número de explotaciones de vacuno de leche superaba las 2.000, con una media de 18 vacas por explotación y unas ventas anuales de 80.000 litros de leche. En 2010 existen 260 explotaciones con un tamaño medio de 90 vacas y una cuota media de producción de 700.000 litros anuales. En 25 años el número de explotaciones ha descendido un 87 % y el número de cabezas ha descendido un 35 %. Sin embargo, la producción media ha pasado de 4.500 a 7.800 litros por vaca y año, la producción por explotación se ha multiplicado por 8,75 y la producción total en Navarra se ha incrementado en un 14 %.

Los incrementos de la productividad individual de las vacas y de la dimensión de las explotaciones no ha tenido un incremento paralelo de su base territorial debido a la rigidez y opacidad del mercado de tierras y a la competencia con los precios pagados por ellas para fines especulativos, diferentes al de la mera producción agrícola. Esto ha tenido como consecuencia una mayor dependencia de alimentos adquiridos fuera de la explotación, de forma que los costes de alimentación llegan a suponer el 75% de los gastos variables de las explotaciones (ITG Ganadero, 2010).

Con el objetivo de disminuir la factura de compras externas y lograr una mayor autonomía alimentaria, las explotaciones han adoptado la estrategia de intensificar la producción de su base territorial (SAU) con cultivos forrajeros y rotaciones de alta productividad que supongan un menor coste de producción y, en consecuencia, una mejora de la rentabilidad.

En este artículo se presenta el rendimiento, calidad y valor nutritivo de una producción de sorgo para forraje, los tiempos empleados por los equipos que intervienen en el proceso de ensilado, y se dimensionan el número y la capacidad de los equipos de transporte en función de la distancia y del estado de los accesos entre la parcela y el pie de silo.

Equipos de transporte para optimizar el proceso de ensilaje

Rendimiento, calidad y valor nutritivo de la producción forrajera



INTRODUCCIÓN

En nuestras latitudes la producción forrajera tiene una gran variabilidad estacional, tanto en cantidad como en calidad, por lo que es preciso almacenar el forraje, recolectado en el momento óptimo, y conservarlo hasta que sea utilizado en la alimentación de nuestro ganado en los momentos de déficit de oferta forrajera. El ensilado es un proceso que permite conservar el forraje con mínimas pérdidas en cantidad, calidad y valor nutritivo y a un coste razonable. Para alcanzar este objetivo se precisa conocer en profundidad todas las características y actividades que integran este proceso, siendo los hitos fundamentales:

- ◆ La fenología del forraje en el momento del corte.
- ◆ La mecanización de todo el proceso.
- ◆ La dinámica fermentativa.

En las explotaciones de mayor dimensión, se está imponiendo la externalización de ciertas tareas (laboreo, manejo de estiércoles y purines, cosechadoras, etc.) bien participando en grupos de uso de maquinaria en común (CUMAs) o bien contratando estas tareas con contratistas particulares. En el caso concreto del proceso de ensilado se está incrementando la contratación de equipos automotrices para la recogida, picado y carga del forraje (en adelante RPC) y, a veces, la contratación de equipos para su transporte desde la parcela hasta el pie de silo. Las labores de colocación, pisado y cierre del material a ensilar son implementadas generalmente por las propias explotaciones

En el caso de los RPC, la facturación al contratante es por el tiempo empleado en su actividad, siendo elevados tanto su coste unitario como su rendimiento. Por ello es de máxima importancia el dimensionamiento correcto del resto de equipos que intervienen en el proceso, ajustándolos al rendimiento del equipo más eficiente y costoso y evitando los “tiempos muertos” en su funcionamiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en Aibar, en una explotación de vacuno de carne de 100 vacas nodrizas y cebo de terneros hasta sacrificio. Su base territorial la integran pastizales aprovechados en pastoreo y parcelas en regadío por aspersión para la producción de forraje (raigrás, alfalfa, sorgo, maíz, veza, avena) para su

conservación y oferta al ganado en los períodos de parada vegetativa.

Los controles se llevaron a cabo sobre un cultivo de sorgo cuyo itinerario técnico se recoge en la **Tabla 1**.

Tabla 1.- Itinerario de cultivo del sorgo forrajero

	Fecha	Producto	Dosis (por ha)
Siembra	20/05	Honey Graze-Sweet Creek	35 kg
Abonado siembra	No		
Abonado cobertera	26/06	Urea	300 kg
Riego temporada			3.800 m ³
Ensilado	28/08		

El cultivo se asentó sobre dos parcelas de 4,5 y 6,0 ha situadas a una distancia del punto de ensilado de 5,5 km y 7 km, respectivamente. La comunicación entre las parcelas y los puntos de ensilado son carretera asfaltada y pistas agrícolas de construcción reciente, sin limitaciones estructurales ni de diseño para el tránsito de vehículos.

Se utilizaron dos variedades de sorgo, una convencional (Sweet Creek) y otra mutante “bmr” (Honey Graze), que presenta un contenido en lignina un 25 – 50 % inferior a las de las variedades no mutantes, lo que mejora su digestibilidad, acercándose a la del maíz. En este trabajo no se diferencian las características productivas de ambas variedades.

El forraje se cosechó el día 28 de agosto, tras 100 días de cultivo, con una integral térmica de 1931 °C. El sorgo se encontraba en un estado fenológico de “grano lechoso” y superaba los tres metros de altura. El picado del material vegetal se hizo con un equipo RPC contratado CLASS JAGUAR 9000 de 6 metros de anchura de corte y un rendimiento teórico de 55 t/hora. Para el transporte del forraje de parcela a pie de silo se contrataron cuatro remolques de carga, dos de 28,8 m³ y otros dos de 20,5 m³ de capacidad, con sus correspondientes tractores. La distribución, colocación y pisado del forraje en el silo se llevó a cabo con dos equipos de la propia explotación. El material vegetal se ensiló en dos silos “montón” de 43,5 * 13 m² y 18 * 11 m² sobre lámina de plástico.

Se cronometraron los tiempos de actuación de la RPC en parcela, de transporte en carga, de descarga y los de retorno a parcela en vacío, para cada equipo y distancia recorrida. Se pesaron los equipos de transporte en carga y vacíos para conocer el peso total transportado y el peso específico del forraje picado en verde. Se tomaron muestras del forraje a pie de silo para co-



Descarga, colocación y pisado

nocer la producción total y analizar su calidad y, en función de ella y del estado fenológico del cultivo, estimar su valor nutritivo utilizando la herramienta Prév Alim desarrollada por INRA (Fr, 2000). A todos los tiempos reales obtenidos se les aplicó un coeficiente de mayoración de un 15 % para cubrir imprevistos y “tiempos muertos” inevitables en cada actividad.

El criterio utilizado para dimensionar los equipos de transporte es el de “no STOP” del equipo RPC, de forma que no se den tiempos de espera en su trabajo por falta de equipos de carga. Las vías de desplazamiento entre las parcelas y el punto de ensilado se encuentran en buen estado, permitiendo el tránsito eficiente de los equipos de transporte. Para situaciones en las que las vías de tránsito no se encuentren en un estado óptimo se decidió reducir a la mitad la eficacia de los equipos de transporte (en carga y vacío) duplicando el tiempo empleado en esos tránsitos. Es evidente que todo este planteamiento debe cumplir una premisa principal, como es que los equipos que actúan en la colocación y el pisado del forraje sobre el silo, que en general los aporta la propia explotación, estén presentes en número suficiente como para realizar su labor entre la llegada a pie de silo de dos equipos de transporte consecutivos, evitando la parada de los transportes cargados a su llegada a pie de silo para dar tiempo a completar la labor de colocación y pisado del forraje.

RESULTADOS

Producción y calidad

El peso específico en transporte del forraje verde picado resultó ser de 410 kg/m³, por ello los carros de transporte de 28,8 m³ transportan 11,8 t y los de 20,5 m³ transportan 8,4 t de forraje verde picado. El número de desplazamientos fue de 23 de los primeros y de 26 de los segundos, lo que hace una producción total a pie de silo de 489,8 t.

En la **Tabla 2** se presentan las características de calidad y valor nutritivo del forraje verde a pie de silo y del mismo forraje tras cuatro meses de ensilado.

De acuerdo con estos datos la producción eficaz de forraje a pie de silo fue de 13,7 t de materia seca/ha, con un valor nutritivo medio. El contenido en almidón del forraje verde es bajo pero acorde con su estado fenológico en el momento de corte. Ello, y consecuentemente la concentración energética del forraje, se incrementaría retrasando el momento de corte pero, en contrapartida, descendería la proteína bruta y se incrementarían las fibras, con lo que descendería la digestibilidad de la materia orgánica.

Las calidad del material ensilado es similar al del forraje

Tabla 2.- Calidad y valor nutritivo del forraje de sorgo en verde y tras ensilado

	Forraje verde		Forraje ensilado	
	Media ± e.s.	CV (%)	Media ± e.s.	CV (%)
Materia seca (%)	29,3 ± 2,87	19,6	29,9 ± 2,62	12,4
Cenizas (% s/ ms)	7,2 ± 0,08	2,1	7,3 ± 0,76	10,4
Proteína bruta (% s/ms)	9,6 ± 0,14	2,9	10,1 ± 0,37	5,2
Fibra bruta (% s/ms)	27,2 ± 0,58	4,2	29,2 ± 1,00	4,7
Fibra neutro detergente (% s/ms)	56,6 ± 1,27	31,1	58,4 ± 0,71	1,7
Almidón (% s/ms)	6,6 ± 1,03	4,5	10,8 ± 1,80	23,5
Digestibilidad materia orgánica (%)	63,3 ± 0,17	0,5	67,8	
Conc. energética (UFL/kg ms)	0,73 ± 0,00	0,7	0,81	

e.s. error estándar / C.V. Coeficiente de variación

verde salvo en su contenido en almidón que se incrementa por encima de un 60%, aunque siguen siendo valores muy bajos. El valor nutritivo también se incrementa aunque las diferencias encontradas pueden deberse a la heterogeneidad de las muestras manejadas.

Cronometría de las labores del proceso de ensilado

En la **Tabla 3** se presentan los tiempos reales cronometrados y mayorados siguiendo el criterio expuesto en el apartado de “métodos”.

Tabla 3.- Tiempos empleados en las labores de ensilado

	Tiempo real	Tiempo mayorado (*15%)
Carga	1 min/t	1,15 min/t
Desplazamiento cargado	2,18 min/km	2,51 min/km
Descarga	5 min	5,75 min
Desplazamiento vacío	1,82 min/km	2,09 min/km

El tiempo de carga depende del rendimiento de la RPC (1,15 min/t ó 870 kg/min), lo que de acuerdo con el peso específico del forraje nos informa de una capacidad de carga de 2,122 m³/min ó 0,4713 min/m³, y de la capacidad de carga del equipo de transporte.

En transporte los rendimientos encontrados fueron 0,4785 km/min en vacío y 0,3984 km/min en carga con independencia de la capacidad de carga. Se puede concluir que el tiempo de la labor de transporte, tanto en carga como en vacío, no depende de la capacidad de carga de los equipos sino, solamente, de la distancia a recorrer.

Se encontró que el tiempo de descarga a pie de silo (5,75 min.) es fijo e independiente de la capacidad de carga, del rendimiento de los equipos de transporte y de la distancia entre la parcela y el pie de silo.



Corte, picado y carga

Dimensionamiento de los equipos de transporte

Para dimensionar correctamente los equipos de transporte de forraje entre la parcela y el lugar de ensilado, dando continuidad a todas las labores del proceso, debe ocurrir que durante el tiempo de carga de un equipo se complete entre los restantes el circuito de “transporte en carga-descarga-transporte en vacío” de forma que cuando el equipo recién cargado se integre en este circuito, exista otro que salga del mismo y pase a la labor de carga trabajando en paralelo con la RPC. El reflejo matemático de esta situación es:

$$0,4713 x = [(y/0,3984) + (y/0,4785) + 5,75] / (n-1)$$

en donde:

- ♦ **x** es la capacidad de carga de los equipos de transporte en m³/equipo.
- ♦ **y** es la distancia entre la parcela y el pie de silo.
- ♦ **n** es el número total de equipos de transporte.

Para cada distancia entre la parcela a ensilar y el pie de silo, dato que en cada caso se conoce, la ecuación que relaciona la capacidad de carga de los equipos de transporte y su número es de naturaleza potencial y responde a la fórmula.

$$x = k * n^{-1,4613}$$

Si el diseño, trazado y/o conservación de los caminos entre las parcelas y el pie de silo no es el óptimo se dificulta el tránsito de los equipos de transporte y disminuye el rendimiento del circuito “transporte en carga-descarga-transporte en vacío”, afectando al dimensionamiento del total de los equipos empleados. Para estimar esta afección se han reducido a la mitad los rendimientos de transporte, tanto en carga como en vacío, y se han manteniendo los del resto de las labores que integran el proceso. El reflejo matemático, en este caso, es:

$$0,4713 x = [(y/0,1922) + (y/0,2392) + 5,75] / (n-1)$$

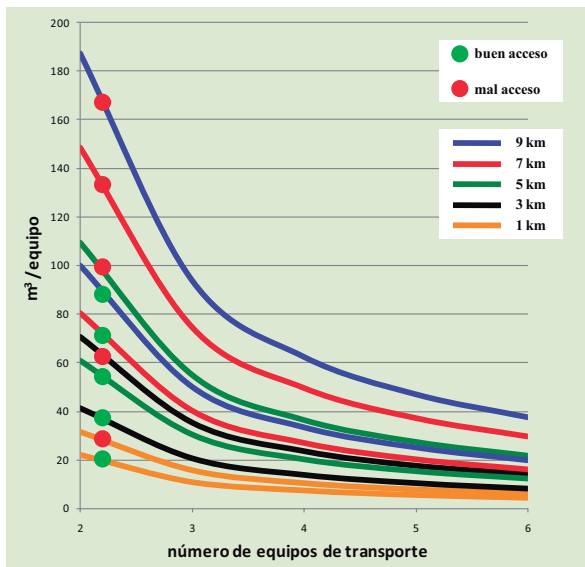
con la misma descripción de incógnitas que en el caso anterior.

La ecuación que relaciona la capacidad de carga de los equipos de transporte y su número, para cada distancia, es similar a la presentada en el caso anterior con la única variación del coeficiente (k1).

En la **Figura 1** se representan las curvas de relación entre el número de equipos de transporte y su capaci-

dad de carga, para cada distancia de parcela a pie de silo, y en dos situaciones de estado de conservación (óptimo // medio) de los caminos de desplazamiento. Como es lógico, a mayor distancia a recorrer el número de equipos de transporte y/o su capacidad deben incrementarse. Para una misma distancia a recorrer unos accesos en estado medio hacen que, o bien deba incrementarse en número de equipos de transporte o deba incrementarse su capacidad de carga.

Figura 1.- Relación entre el número y la capacidad de los equipos de transporte



A modo de ejemplo se puede considerar el caso de una parcela que diste 5 km del punto de ensilado con el objetivo de evitar los tiempos muertos en el proceso. Si los accesos están en buen estado se podría trabajar con 4 equipos de 20 m³ de capacidad cada uno de ellos o con 3 equipos de unos 35 m³ de capacidad. Si el estado de los accesos es medio se podría trabajar con 4 equipos de casi 40 m³ o con 3 equipos de 60 m³ situaciones, ambas, poco aconsejables o, incluso, peligrosas.

En la **Tabla 4** se presenta un ábaco elaborado a partir

de las ecuaciones obtenidas. El número de equipos propuestos en cada situación se obtiene al redondear por exceso el resultado obtenido. Se han sombreado las situaciones más habituales y razonables que nos podemos encontrar a nivel de explotación. Para distancias entre parcela y pie de silo superiores a 7 km, las exigencias de capacidad y número de equipos de transporte no resultan competitivas frente al uso de equipos autónomos de transporte (camión).

CONCLUSIONES

Cuando alguna de las labores del proceso de ensilado se realiza por contratación externa se hace necesario dimensionar correctamente los medios que se conjugaran para evitar tiempos muertos y sobrecostes en el resultado final. Se ha elaborado un ábaco para estimar el número de equipos de transporte de forraje necesarios, y su capacidad de carga, en función de la distancia entre la parcela y el punto de ensilado y de la adecuación al tránsito de estos equipos de los caminos a recorrer.



Fenología del cultivo en cosecha

Tabla 4.- Número de equipos de transporte por capacidad y distancia parcela-silo

m ³ equipo	1 kilómetro		3 kilómetro		5 kilómetro		7 kilómetro		9 kilómetro	
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
15	3	4	4	6	5	9	7	11	8	14
20	3	3	4	5	4	7	5	9	6	11
25	2	3	3	4	4	6	5	7	5	9
30	2	2	3	4	3	5	4	6	5	8
35	2	2	3	3	3	5	4	6	4	7
40	2	2	3	3	3	4	3	5	4	6
45	2	2	2	3	3	4	3	5	4	6
50	2	2	2	3	3	4	3	4	3	5

B= accesos en buenas condiciones **M**= accesos en condiciones medias