

TÉCNICAS DE CULTIVO Y MANEJO DE LA ALFALFA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD

1. INTRODUCCIÓN

La alfalfa es el primer cultivo forrajero en España, con una superficie ocupada de 240.089 ha, lo que representa el 22,3% del total de la superficie destinada a forrajes en 1998 y el 79,0% de la destinada a forrajes en regadío. La importancia del cultivo es todavía mayor en el Valle Medio del Ebro, con unas 141.000 ha, lo que supone el 50,4% de la superficie total destinada a forrajes en las comunidades que lo integran y el 81,4% de la superficie regada.

En el Valle del Ebro, la alfalfa es un cultivo tradicional que forma parte de las rotaciones de cultivos de la zona. De una manera general, el interés de la alfalfa radica en su adecuación a los sistemas de cultivo de la zonas y en sus beneficios económicos y ambientales. En particular, es el cultivo que aporta una mayor producción de proteína bruta/ha, no requiere la aportación de abonos minerales nitrogenados, con lo cual disminuye la posible contaminación de acuíferos y reservas de agua, incrementa la fertilidad de los suelos, favoreciendo el desarrollo posterior de los cultivos de la rotación que en regadío son maíz y trigo, que responden muy bien al abonado nitrogenado. Por otro lado es un forraje muy apetecible para el ganado y se adapta a un amplio espectro de condiciones climáticas. Actualmente, el creciente incremento de la industria deshidratadora está incrementando la importancia del cultivo más si cabe y está abriendo enormes posibilidades al desarrollo del cultivo al mejorar la calidad y favorecer la trazabilidad del producto.

Aunque la alfalfa es un cultivo tradicional en muchas zonas de España el nivel de investigación no es muy elevado o se realizó hace unos 30 años, y se ha reducido muchas veces a estudiar el efecto varietal en la producción de materia seca y en la tolerancia a patógenos. En los últimos años, sin embargo, los esfuerzos se han dirigido a mejorar la calidad de la alfalfa bien sea mediante las técnicas de cultivo, como la frecuencia de corte o el efecto del secado o bien sea mediante su procesado industrial. La calidad del forraje, medida por el

contenido en proteína bruta (PB) y la digestibilidad de la materia seca, se encuentra estrechamente ligada a la relación hoja/tallo. Es conocido que las hojas contienen valores muy superiores a los tallos en PB y digestibilidad y que el índice foliar, que relaciona la rapidez de emisión de tallos y hojas con la superficie de los foliolos, presenta diferentes valores según el medio donde crece la planta, las características genéticas de la misma y la edad del rebrote. La calidad del forraje también puede mejorarse actuando durante el proceso de secado, secándolo industrialmente a altas temperaturas. La determinación del momento de actuación, buscando la mejor relación calidad/coste es un objetivo actualmente en discusión por su repercusión en las ayudas a la deshidratación.

Europa padece un elevado déficit de proteínas de origen vegetal, cifrado en torno al 70% de sus necesidades, en un mercado con un incremento anual del 3%. Por ello, la utilización de forrajes de calidad como la alfalfa como un producto sustitutivo, al menos parcial, de los concentrados proteicos convencionales, ha adquirido un gran auge en las últimas décadas, mediante la deshidratación a altas temperaturas auspiciada por las administraciones comunitarias. Ello ha supuesto que se hayan destinado algo más de 173.000 ha de cultivo a la deshidratación en España, durante el año 2001, obteniéndose más de dos millones de toneladas de alfalfa transformada industrialmente. El mayor interés se ha producido en el Valle Medio del Ebro donde la industria deshidratadora que ya era tradicional, ha adquirido un importante desarrollo, y donde existe una larga tradición del cultivo y de industrialización de la alfalfa. En los últimos años el cultivo de la alfalfa se ha incrementado notablemente en las provincias de Zaragoza, Huesca y Lleida, donde están instaladas 57 de las 86 industrias disponibles actualmente, estableciéndose una industria de apoyo en el medio rural que favorece el asentamiento de la población.

Con el objetivo de lograr información útil para la mejora de la calidad del forraje de la alfalfa, el presente proyecto propuso actuar no sólo para el destino tradicional de la alfalfa en rama, sino también para el proceso de industrialización y secado, que precisa a lo largo del año un producto de calidad ofertado regularmente, buscando la mejor relación calidad/coste en el momento de secado. Para ello, se propusieron un conjunto de ensayos destinados a conocer mejor el cultivo y a maximizar la producción y calidad del cultivo y obtener información sobre un conjunto de técnicas de cultivo habituales de las que se creen conocer sus efectos pero de las que se tiene muy poca información. Así se plantearon diferentes ensayos de variedades en

las condiciones de medio donde se desarrolla el cultivo, evaluando los parámetros de calidad de la planta (relación hoja/tallo en estados fenológicos similares y contenido de PB); el estudio de la dosis de siembra, de la altura de corte y del adelanto de la fecha de corte con la aportación de abonado nitrogenado para aminorar los efectos de dicho adelanto; y la evaluación de la práctica del pastoreo invernal, al poder repercutir en la producción y calidad del primer corte de la campaña siguiente y en la incidencia de las plagas.

2. PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

El objetivo principal de este proyecto fue estudiar técnicas de cultivo y manejo de los cultivares de alfalfa más adecuados para la mejora de la calidad y de la producción, en las condiciones medioambientales del Valle Medio del Ebro, con especial incidencia en las técnicas más adecuadas para la alfalfa que se destina a la industrialización.

El proyecto comprendió los siguientes apartados:

1. Selección de cultivares orientados hacia la industrialización (adaptación al medio, tolerancia a cortes frecuentes, prolongación del período de aprovechamiento y valor nutritivo).
2. Efecto de la densidad de plantas sobre la producción y la calidad del forraje.
3. Acción del abonado nitrogenado sobre la producción y la capacidad de rebrote de la alfalfa.
4. Efecto del pastoreo otoño-invernal sobre la producción, calidad y malas hierbas y persistencia de la campaña siguiente.
5. Efecto del secado en la producción y calidad del producto durante el proceso de siega y presecado, previo a la deshidratación.

Objetivo 1: Selección de cultivares y frecuencias de corte destinados a la industrialización.

Se evaluaron 18 cultivares elegidos en base a criterios de calidad, novedad o pertenencia a tipos extremos de reposo invernal, entre los existentes en el mercado nacional.

El estudio se realizó sobre la totalidad de los cultivares en el SIA de Zaragoza, mientras que en el Centro UdL-IRTA se utilizaron únicamente cuatro, aquellos que, en ensayos de años anteriores, habían mostrado ser los más adaptados a sus condiciones. La duración del estudio será de, al menos, cuatro años, por lo que la obtención de los resultados definitivos se alcanzará con posterioridad a la terminación del proyecto.

El experimento se diseñó para realizar dos frecuencias de corte, 10% y 50% de los tallos floridos, a los cultivares en estudio. El diseño estadístico fue en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, siendo la parcela principal la frecuencia de corte y la subparcela los cultivares. El tamaño de la parcela elemental fue de 6 x 2 m (10 m²).

La producción de forraje se estimó en la totalidad de los cortes. El contenido en proteína bruta se midió en la totalidad de los cortes, durante los años 1999 y 2000. En cinco variedades, elegidas por su representatividad en el mercado, se efectuó, además, un análisis del contenido en proteína bruta de las fracciones hojas y tallos, y de estos últimos, a su vez, fragmentados en tres partes: baja, media y alta.

Anualmente, se estimó la persistencia de las variedades; la evolución del crecimiento en cada corte; la incidencia de plagas, enfermedades y malas hierbas; y la tendencia al encamado.

En Lleida, este ensayo varió ligeramente y las determinaciones realizadas, fueron, además de la evaluación de la producción de materia seca y del porcentaje de PB, el número de tallos por m², peso del tallo, relación hoja/tallo y porcentaje de intercepción de la radiación solar.

Objetivo 2: Efecto de la densidad de plantas sobre la producción y la calidad del forraje.

Se estudió el efecto de cuatro dosis de siembra en la producción y calidad de la alfalfa en el Centro UdL-IRTA. Las dosis ensayadas fueron: 10, 20, 30 y 40 kg de semilla/ha al 90-95% de germinación, con una distancia entre líneas de 20 cm, teniendo en cuenta que la dosis de siembra habitual en el valle del Ebro es de 35 kg/ha. Se utilizaron dos cultivares: Aragón y Artal.

Se sembraron tres ensayos distintos en años sucesivos 1998, 1999 y 2000.

El diseño estadístico fue en parcela subdividida, con cuatro repeticiones, siendo la parcela principal la dosis de siembra y la variedad la subparcela de dimensiones 8x1,5 m.

Las determinaciones a realizar fueron: número de plantas emergidas después de la siembra y plantas vivas al final de cada campaña, producción de materia seca, número de tallos/planta y peso de los tallos en 0,5 ml, relación hoja/tallo en 300 g de forraje verde y calidad del forraje (PB,FAD, digestibilidad *in vitro*).

Objetivo 3: Acción del abonado nitrogenado a final de invierno y en cultivo establecido sobre la producción y capacidad de rebrote de la alfalfa.

Se realizaron dos tipos de ensayo: en campo y en condiciones controladas en las instalaciones del SIA.

En campo, los ensayos se llevaron a cabo en el Centro UdL-IRTA y en el SIA.

En el Centro UdL-IRTA se ensayaron durante cuatro años en tres ensayos de abonado, sobre cultivos de regadío ya establecidos, para estimar el efecto de la aportación de 30 kg de N/ha a la salida de invierno.

En campo en el SIA se estableció, así mismo, un ensayo sobre parcelas de alfalfa cv. Aragón de 2º año, con seis tratamientos:

- a) Única aportación de 50 unidades de N/ha en febrero en forma nítrica-amoniacal.
- b) Aportación de 50 unidades en febrero y después de los cortes primero y tercero.
- c) Aportación de 50 unidades después de cada corte.
- d) Aportación de aminoácidos por vía foliar.
- e) Aportación de boro por vía foliar.
- f) Testigo sin aportación nitrogenada.

El diseño estadístico fue en bloques al azar, con cuatro repeticiones, y la parcela elemental de 10 x10 m (100 m²).

Se realizaron las siguientes determinaciones en el cultivo: producción de forraje, valoración nutritiva por el contenido en PB, y medición de la altura del follaje.

La duración del estudio fue de un año, dada la ausencia de resultados productivos o de calidad.

En condiciones controladas. Se midió la evolución del contenido en PB de la raíz y corona de la alfalfa en función de las aportaciones o no de nitrógeno, mediante el uso de contenedores.

El estudio se llevó a cabo sobre el cv. Aragón en siembra densa. Se utilizaron, para ello, 120 contenedores, 60 para el testigo sin abonar y 60 para la aplicación de abono nitrogenado a razón de 50 unidades de N/ha en forma de nitrato amónico del 33,5% de riqueza, después de cada corte. El sustrato empleado fue tierra de alfalfar homogeneizada. El estudio se efectuó sobre alfalfas de 2º año. La extracción se realizó a partir del primer corte, a lo largo de dos meses (4º y 5º cortes), vaciando tres contenedores/tratamiento dos veces por semana. El estudio se repitió durante dos años.

Las medidas realizadas en cada arranque fueron: altura del follaje, relación hoja/tallo, número de tallos y producción de materia seca y contenido en PB de las fracciones raíz, corona, tallos y hojas.

Objetivo 4: Acción del pastoreo durante el periodo otoño-invernal sobre la persistencia y la producción de la campaña siguiente.

El estudio se realizó en el Centro UdL-IRTA y en el SIA.

En el Centro UdL-IRTA se pastorearon durante tres años sucesivos en tres parcelas distintas en alfalfares establecidos. En cada campo experimental se establecieron cuatro repeticiones con dos tratamientos, alfalfa pastada y alfalfa sin pastar. Las ovejas pastaron una sola vez a mediados de enero hasta consumir el todo forraje disponible. Las parcelas no pastadas consistieron en parcelas excluidas de tamaño 5 x 5m sobre las que se realizaron los controles posteriores. Sobre el mismo se eligieron al azar y se excluyeron al pastoreo cuatro parcelas de 60 (4x15) m² con malla electrificada. El ensayo constó de dos tratamientos: alfalfa pastada y no pastada, con cuatro repeticiones. Las ovejas pastaron hasta consumir el forraje disponible.

El muestreo se realizó en las parcelas excluidas al pastoreo y en el resto de la parcela, segando una franja de 1,5 x 5 m en cada parcela, durante en cada uno de los tres campos

durante los tres años de ensayo. La determinación de la materia seca se realizó recogiendo dos muestras de 300 g de forraje verde/parcela. Sobre cuatro cuadros de 30x30 cm/parcela se hizo un conteo florístico de malas hierbas.

En el SIA, se estableció un campo de una hectárea de alfalfa cv. Aragón, dividida en cinco subparcelas de 2000 m² mediante un cercado, las cuales se subdividieron a su vez en dos para pastoreo y no pastoreo. Sobre cada subparcela y tratamiento se llevó un control de la producción de forraje en todos los cortes, y del contenido en PB en el primer corte, con el fin de conocer la incidencia del pastoreo invernal sobre la calidad del forraje. Anualmente, se procedió al arranque manual de plantas, antes y después del pastoreo, para conocer el contenido de las reservas nitrogenadas y de carbohidratos totales de las raíces y coronas.

Objetivo 5: Variación de la calidad de la planta como consecuencia del proceso de siega y presecado previo a la deshidratación.

Se llevaron a cabo diversos estudios en el SIA sobre el proceso de henificación y su comparación con el tratamiento industrial para la deshidratación, así como su utilización por el animal. En el UdL-IRTA se estudió el proceso de secado natural en campo.

Los trabajos se realizaron con la finalidad de mejorar la calidad de la alfalfa cuando se destina a la conservación, ya que la transformación tradicional del forraje verde en heno se ha ido sustituyendo por la recogida en verde y posterior secado artificial, aunque todavía se sigue henificando. Las dificultades que presenta el proceso tradicional de henificación hacen que el valor nutritivo de los henos sea muy variable. Por otra parte, el efecto del tratamiento por calor provoca modificaciones en el valor nutritivo del deshidratado, aunque no se conoce la cuantía de dichas modificaciones en relación a las producidas en el proceso de henificación.

Por ello, con el fin de estudiar las diferencias de calidad de ambos productos, se plantearon los siguientes objetivos:

- Cuantificar la modificación de la composición química del henificado y deshidratado en varios cortes (primavera, verano y otoño) y en los dos estados fenológicos más comúnmente utilizados para la siega del forraje (10% y 50% de floración).

- Estudiar las diferencias existentes entre ambos métodos de conservación de la alfalfa recogida en los cortes y estados fenológicos citados anteriormente en cuanto a la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno del forraje.
- Estudiar el comportamiento alimenticio y utilización digestiva por parte de los animales de la alfalfa henificada y deshidratada en tres cortes distribuidos en primavera, verano y otoño y en los estados fenológicos de 10 y 50% de floración.

Para el estudio de la evolución del secado en el campo, se realizaron muestreos del forraje sobre alfalfa cv. Aragón en el momento del corte y en los cinco días siguientes, para determinar la velocidad de secado y de pérdida de calidad del forraje. Se muestreó un metro lineal (al azar) durante la siguientes horas y días.

Días	1º	2º	3º	4º	5º
Horas de muestreo	9,11,13,14,15,16,17,18,19	9, 11, 13, 15, 17, 19	9, 14, 18	9, 14, 18	9, 18

Para cuantificar los efectos de la deshidratación, en comparación con el secado en campo, se tomaron muestras de un cultivo de alfalfa Aragón en el segundo año de aprovechamiento.

La parcela se dividió en 4 partes; dos de ellas se cortaron en estado fenológico de 10% de floración y las otras dos fueron segadas en estado fenológico de 50% de floración. En cada estado fenológico el forraje obtenido en una parte, fue sometido a un proceso de henificación consistente en el secado al sol en condiciones naturales hasta que el forraje alcanzó un máximo de 20% de humedad.

Las partes de la parcela destinadas a deshidratación, una vez cortado el forraje y tras un desecado previo en el campo de 24 horas aproximadamente, éste fue picado y retirado mediante una picadora autopropulsada que descargaba el material sobre camiones. El forraje se trasladaba a una planta deshidratadora y se procedía al desecado artificial del mismo mediante su introducción en un trommel a 500 °C durante 5 minutos aproximadamente.

Se tomaron 3 muestras de ambos tratamientos en cada estado fenológico y en cada corte realizado, correspondientes a 3 superficies de la parcela que previamente se habían establecido.

La parcela fue sometida a 6 aprovechamientos, de acuerdo con el manejo general de las parcelas de alfalfa de la región. De los 6 cortes realizados, se estudiaron el segundo, cuarto y sexto cortes, como aprovechamientos de primavera, verano y otoño respectivamente.

En el Centro UdL-IRTA, en Lleida, se realizó un ensayo para evaluar el efecto del tipo de cosecha y del secado en la producción y calidad de dos variedades de alfalfa, Aragón y Ampurdán, durante dos años. Para ello, la alfalfa se cortó en dos estadios: floración y antes de floración. Sobre estos tratamientos se superpusieron otros dos consistentes en segar y pesar directamente la alfalfa en el campo y un segundo en que la alfalfa se dejó secar en el campo durante 2-4 días hasta un 30-35% de humedad.

3. GRADO DE CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS

El objetivo fundamental del proyecto, consistente en lograr información útil para la mejora de la calidad del forraje de la alfalfa a través del cultivo y manejo del alfalfar, no sólo para el destino tradicional de la alfalfa en rama, sino también para el proceso de industrialización y secado, y llevado a cabo en coordinación dos centros de investigación, UdL-IRTA y SIA, los cuales están implantados en la principal zona productora de alfalfa, fue alcanzado plenamente.

El conjunto de ensayos que se propusieron, se efectuaron. Hubo ligeras modificaciones sobre el planteamiento inicial, debidas a que en el momento de llevar los protocolos a la práctica surgen modificaciones y desviaciones sobre el original que, en conjunto, mejoraron y ampliaron los objetivos iniciales. Así, se dispone ahora de más información para poder recomendar las variedades existentes actualmente en el mercado, según su tipo frecuencia de corte; se ha cuantificado el efecto del abonado nitrogenado a final de invierno y en los sucesivos cortes en un cultivo establecido; se dispone de información sobre el efecto de la densidad de siembra en la producción de alfalfa en el Valle del Ebro; se conocen mejor los efectos del pastoreo invernal. En cuanto al efecto del secado, se han podido cuantificar los efectos del secado en campo en la producción y calidad de la alfalfa y se ha comparado, por otra parte, con el efecto de la deshidratación industrial. El forraje deshidratado se ha evaluado a través de su ingestión por animales, controlados en cajas metabólicas.

No obstante, el volumen de muestras tomadas ha impedido que en algunos ensayos se hayan completado los análisis químicos y estadísticos pertinentes, en el momento de la redacción de esta Memoria, pero se están efectuando o a la espera de realizar las determinaciones químicas correspondientes. Los resultados se publicarán con posterioridad.

El ensayo de evaluación de la colección de variedades va a proseguirse durante una o dos campañas más. Ello es debido a que uno de los resultados más interesantes para el agricultor reside en el conocimiento de la persistencia de los cultivares, y ello no puede lograrse en los tres años de evaluación que se han realizado, por lo que los resultados definitivos del estudio, así como la publicación de los resultados se efectuará en un futuro próximo.

4. CONCLUSIONES Y RESULTADOS ALCANZADOS

Objetivo 1: Selección de cultivares destinados a la industrialización.

Los resultados obtenidos en el SIA, en lo que respecta a la producción de materia seca de los 18 cultivares evaluados, a lo largo de tres campañas, se presentan en el Cuadro 1.

El experimento, que se diseñó para realizar dos frecuencias de corte, 10% y 50% de los tallos floridos, muestra que existen diferentes valoraciones sobre el rendimiento y la persistencia al variar la frecuencia de corte. El criterio de corte se estableció inicialmente en base a la bibliografía existente, la cual indicaba que la relación óptima producción de forraje/calidad se encuentra cuando el 10% de los tallos del alfalfar están en floración. Sin embargo, los recientes resultados obtenidos en el proyecto muestran que, en las condiciones de clima templado, la alfalfa no florece en el primero y último (sexto) cortes; en el segundo y quinto cortes, la alfalfa florece tardíamente, por lo que los agricultores optan realizar el corte para industrialización, en el primer caso, cuando hay volumen suficiente de forraje y, en el segundo, cuando las plantas inician la floración (1%).

En nuestro estudio, el seguimiento del ritmo de crecimiento de las plantas mostró tres grupos de cultivares en base al arranque inicial del crecimiento después del corte. El grupo de crecimiento más rápido lo constituyó el grupo de los cultivares cuyo germoplasma provenía de

ecotipos locales españoles: ARAGÓN, CAPITANA, VICTORIA, SAN ISIDRO, ALTIVA Y BARAKA. El segundo grupo de crecimiento intermedio, lo constituían los cultivares ARTAL, GIULIA, AMPURDAN, NOGARA, AURORA, TRIADE y SIRIVER. El tercer grupo, el de capacidad de rebrote mas lenta, lo formaban SUPERBA, HUNTERIVER, HUNTERFIELD, MIRAL Y TRIFECTA.

El conocimiento a posteriori de estos grupos justifica, en parte, los resultados mostrados en la Tabla 1. Cuando el corte se realizó precozmente (10% de floración), los cultivares más productivos lo fueron los del grupo primero y parte del segundo. Cuando el corte se realizó mas tardíamente (50 % de floración), la productividad de todos los cultivares se no fue significativa ($P>0,05$) para la casi totalidad de los cultivares.

La persistencia es otra característica importante que determina la selección de un cultivar en el Valle Medio del Ebro por su capacidad productiva. Al concluir el estudio, no pudo llegarse a una conclusión sobre aquella, ya que todos los cultivares mostraban un desarrollo aceptable. Es, por ello, que el estudio va a continuar durante la campaña 2002 y, posiblemente, durante la campaña 2003, por lo que no podrán darse conclusiones definitivas hasta concluir el estudio.

El estudio de las diferencias de composición química entre los cultivares anteriores aportó las siguientes conclusiones:

1. Todos los cultivares presentaron un alto contenido en proteína bruta (PB) con porcentajes superiores al 15 %. Los cultivares AURORA, SUPERBA, TRIFECTA, HUNTERFIELD, MIRAL y HUNTERIVER presentaron los niveles más elevados de PB.
2. Los contenidos en fibra neutro detergente(FND) y fibra ácido detergente (FAD) fueron más elevados en el 3º corte para el estado fenológico del 10%, siendo estos valores más elevados en el 5º corte para el estado del 50%. El 5º corte presentó los valores más elevados en lignina ácido detergente (LAD).
3. Los cultivares ARTAL, ARAGÓN, BARAKA, SUPERBA, VICTORIA, CAPITANA, NOGARA, AMPURDÁN, SIRIVER, AURORA, MIRAL, SAN ISIDRO y TRIADE, dieron los niveles más elevados de NDF.

En el UdL-IRTA, los trabajos para el estudio de la incidencia de la frecuencia de corte sobre la producción y calidad del forraje se iniciaron en otoño de 1999, por lo que el ensayo prosigue en la actualidad. Las conclusiones de este objetivo son, por tanto provisionales, ya que el ensayo se termina en otoño del presente 2002.

Los resultados iniciales obtenidos hasta el presente, los cuales se presentan en la tabla siguiente, cuantifican el efecto de la frecuencia de corte en la producción y calidad de la alfalfa. Puede observarse también que al cortar antes de floración aumenta el número de cortes por campaña. Al incrementar la frecuencia de corte la producción se reduce en un 20% mientras que el porcentaje de proteína bruta se incrementa en un 8 %.

Momento de corte	Producción de MS (t/ha)	Proteína bruta Ponderada (%)	Cortes (n°)
Antes de floración	21,6	21,2	5 - 6
Floración	25,5	19,6	6-7
<i>Significación</i>	0,01	0,01	-

Objetivo 2: Efecto de la densidad de plantas sobre la producción y la calidad del forraje.

Se sembraron tres ensayos en durante tres años consecutivos en el UdL-IRTA.

Los resultados de los dos ensayos terminados muestran resultados similares. Así en el denominado Ensayo 1 (Tablas 2 y 3), en los dos primeros años de ensayo no se detectaron diferencias de producción entre las cuatro densidades, con rendimientos medios de 21,5 t/ha de materia seca (MS) (Tabla 2). Sin embargo, en el tercer año y en el total de los tres años, las densidades de 10 kg/ha fueron significativamente inferiores a las restantes. Debido quizás a que ataques de topillos en el tercer año afectaron proporcionalmente más a las parcelas con menores densidades de plantas. Es posible, que sin los problemas mencionados, no se hubieran seguido observando diferencias entre las dosis de siembra ensayadas.

Las densidades iniciales fueron de 193 plantas/m² en las densidades de 10 kg/ha, ascendiendo a 470 plantas/m² a densidades de 40 kg/ha. Estas densidades fueron disminuyendo con el tiempo y al final de los tres años de ensayo sólo quedaban alrededor del 20% de las plantas iniciales (Tabla 3).

En el Ensayo 3, los resultados fueron muy similares y un resumen de los componentes del rendimiento se presenta en la Tabla 4.

Puede observarse como los resultados coinciden con la bibliografía existente en el sentido de que al incrementar la densidad de siembra se aumentó el número de tallos, sobre todo en el primer año, mientras que paralelamente se reducía el peso de cada tallo.

Objetivo 3: Acción del abonado nitrogenado sobre la producción y capacidad de rebrote de la alfalfa.

1. En campo:

Los resultados de los ensayos realizados en el Centro UdL-IRTA durante cuatro campañas, muestran que el abonado nitrogenado a la salida de invierno apenas afectó a la producción de materia seca y a la calidad de la alfalfa.

Los ensayos se llevaron a cabo durante dos años en Palau de Anglesola y los dos siguientes en Gimènells. En los resultados de estos ensayos no se detectaron diferencias significativas ni en la altura de planta, ni en el contenido de proteína bruta (PB) debido a la aplicación de N, si bien, las medias de las plantas abonadas N fueron ligeramente superiores a las no abonadas (Tablas 5 y 6).

Así pues, se puede concluir diciendo que los resultados sugieren que el posible incremento de producción debido al empleo de abonado nitrogenado a finales de primavera se debe principalmente a un incremento en el porcentaje de malas hierbas y no a un incremento de producción de la alfalfa.

Sin embargo, en 1998 (Tabla 7), la producción del primer corte de la alfalfa abonada fue superior a la no abonada (3,5 t/ha frente a 2,7 t/ha). Las parcelas abonadas con 30 kg/ha de N tuvieron, en el primer corte, unos porcentajes de adventicias superiores a las de las parcelas sin abonado (38,2 % frente al 25,3 %), mientras que se mantuvo o se redujo la producción de la alfalfa. Estos resultados sugieren que pequeñas aportaciones de N a finales de invierno pueden aumentar la producción de MS primer corte de los alfalfares, debiéndose posiblemente este incremento, a un aumento en la proporción de adventicias que acompañan a la alfalfa más que a una mayor producción de la alfalfa en si.

En el SIA. La fertilización nitrogenada de la alfalfa es una práctica generalmente cuestionada en cultivos establecidos, debido a que la planta asimila el nitrógeno atmosférico que la bacteria *Rhizobium meliloti* fija simbióticamente en los nódulos que se forman en las raíces, y su aplicación no incrementa la producción anual de forraje o lo hace de forma no económica. Sin embargo, los agricultores cuestionan las informaciones técnicas y la aplicación de abonos minerales es cada vez más habitual, así como, de abonos foliares nitrogenados y quelatos de boro+magnesio.

Ello motivó el contrastar dichas informaciones, para lo cual se realizó el estudio comparativo propuesto sobre un alfalfar establecido, mediante la aportación de 0, 50, 100 y 300 kg de nitrógeno/ha en forma mineral, así como diferentes dosis de aplicación de abono foliar a base de aminoácidos y de boro.

Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos en lo que respecta a la producción de materia seca, cuya producción anual fue de 16.390 kg de materia seca/ha. La fertilización tampoco afectó a la altura del follaje ni al contenido en proteína bruta, concluyéndose que no se precisa la fertilización nitrogenada o de boro en alfalfares establecidos en condiciones normales de cultivo.

2. En condiciones controladas, en las instalaciones del SIA.

La alfalfa acumula en sus raíces y corona el exceso de sustancias nutritivas producidas durante la fotosíntesis en forma de carbohidratos y polipéptidos, los cuales son movilizados tras el corte para formar un nuevo rebrote. La utilización que la planta hace de los carbohidratos ha sido extensamente estudiada; sin embargo, solo recientemente se ha investigado la evolución de las reservas nitrogenadas, comprobándose, en condiciones de cultivo hidropónico, que la alfalfa moviliza parte de sus reservas nitrogenadas para la constitución del nuevo rebrote.

Para comprobar si esta movilización es efectiva en condiciones de campo e intervenir en la misma, aportando 50 unidades de N/ha en forma de nitrato amónico después de cada corte para que la planta utilice el abono aportado tras el corte y no movilice sus reservas, se estableció un dispositivo de siembra de alfalfa en cultivo denso en contenedores rellenos de tierra de campo, simulando las condiciones de campo. A continuación, se hacía un seguimiento sobre el crecimiento de las diferentes fracciones de la planta: raíces corona, tallos

y hojas, y de la movilización de las reservas nitrogenadas, cada tres días hasta el siguiente corte, vaciando seis contenedores y recuperando la totalidad de las raíces para su análisis químico.

Los resultados obtenidos mostraron que la aportación de nitrógeno mineral después del corte incrementó la movilización de las reservas nitrogenadas de la raíz, pero no mejoró el vigor inicial ni la producción total de materia seca o de proteína bruta. Dichas reservas descendieron hasta dos semanas después del corte, lo que se manifestó por una pérdida del peso de la materia seca de la raíz de hasta 39% y de un porcentaje del contenido en proteína bruta del 20% (Figuras 1 y 2). Las reservas se recuperaron en la semana siguiente. La movilización de las reservas de la corona no fue patente y quedó enmascarada por el incremento del peso de la misma.

En lo que respecta al crecimiento de la parte aérea, la fertilización nitrogenada no afectó significativamente ($P > 0,05$) ni a la altura del follaje, ni al número de tallos/planta, ni a la producción de materia seca y de proteína bruta de los tallos y de las hojas.

De todo ello se deduce que la fertilización nitrogenada después un corte para forraje no mejora la producción en un alfalfar establecido.

Objetivo 4: Acción del pastoreo durante el periodo otoño-invernal sobre la persistencia y la producción de la campaña siguiente.

En el ensayo realizado en el UdL-IRTA, durante tres años consecutivos, se compararon a mediados del mes de enero, dos tratamientos a) pastado y b) no pastado, en tres campos de alfalfa distintos cada año.

Los efectos del pastoreo evaluados, sobre todo en el primer corte de primavera, se presentan en la Tabla 8. Los resultados muestran que en las parcelas pastadas se obtuvo en el primer corte de primavera, una disminución en la producción de materia seca del alfalfar y una reducción del contenido de malas hierbas, en comparación con las parcelas no pastadas. Sin embargo, se incrementó la calidad del forraje, al disminuir el contenido de adventicias que repercutió en un aumento en el contenido de proteína bruta.

En el segundo corte no se observó ningún efecto del pastoreo.

Puede concluirse diciendo que en las condiciones de los ensayos, el pastoreo invernal favorece el control de las malas hierbas e incrementa la calidad del forraje de primavera., siendo la menor producción de las parcelas pastadas, debido principalmente a una disminución en el contenido de adventicias.

El ensayo a llevado acabo en el SIA se realizó a lo largo de las cuatro campañas, siendo la primera la destinada a la siembra. Las cinco parcelas, de 2000 m² cada una, se subdividieron en dos mediante una cerca eléctrica, de las cuales una mitad se pastoreaba con ganado ovino en invierno una o dos veces en función de las disponibilidades de forraje y la otra se segaba. El primer año se realizó un muestreo en otoño mediante el arranque manual de plantas, antes de iniciar el experimento y, en los años siguientes, después de concluido el pastoreo para realizar un seguimiento de la evolución del número de plantas presentes, dimensiones y peso de raíces y corona, y presencia de malas hierbas. Una muestra de las raíces y coronas guardó para analizar su contenido en carbohidratos totales y en proteína bruta. Se hizo, así mismo, un seguimiento de la producción de forraje en cada uno de los cortes. Se guardó una muestra del forraje correspondiente al primer corte.

Los resultados obtenidos, todavía sin concluir, ya que no se ha procedido aun al análisis el contenido en carbohidratos total y proteína bruta de las raíces y coronas, fueron coincidentes con los aportados por el Centro UdL-IRTA. No hubo ningún efecto sobre la producción de materia seca y persistencia del alfalfar como consecuencia del pastoreo invernal. La producción total media de dos campañas, 2000 y 2001, fue de 15.694 kg de materia seca/ha en siega versus 16.562 kg de materia seca/ha en pastoreo, pero las diferencias no fueron significativas.

La presencia de malas hierbas anuales fue abundante en los dos tratamientos pero sin una incidencia aparente sobre el cultivo ya que las predominantes fueron *Poa annua* de escaso desarrollo y otras invernales. El pastoreo redujo notablemente la presencia de materia muerta.

El peso de las coronas y raíces se incrementó con los años pasando las coronas de 118 g de materia seca/m² en 1999 a 225 g/m² en 2001, y las raíces de 114 g de materia seca/m² en 1999 a 282 g/m² en 2001. Contrariamente, el número de plantas/m² se redujo de 133 a 71, durante el mismo periodo.

Objetivo 5: Variación de la calidad de la planta como consecuencia del proceso de siega y presecado previo a la deshidratación.

En el SIA se estudió la variación de la calidad del forraje durante su permanencia en el campo, desde la siega a su henificado.

Para conocer la desaparición, de la materia seca y de los distintos componentes de composición química y valor nutritivo, en el campo se hizo un muestreo sistemático de una parcela, desde la siega hasta alcanzar la humedad adecuada para su henificado. El muestreo se realizó a lo largo de los distintos cortes de aprovechamiento del cultivo.

En la Figura 3 para la desaparición de la materia seca, puede observarse que en las condiciones de este ensayo, el contenido de humedad (30%), permitido para deshidratar el forraje, se alcanza tras su permanencia en el campo de 30 horas.

Se estudió, asimismo, la variación de la influencia del método de conservación, n° de corte y estado fenológico sobre los constituyentes químicos, requirió el análisis de la composición química del material recolectado y de su evolución a lo largo del año, para lo cual se realizaron determinaciones de materia seca, cenizas, proteína bruta (AOAC, 1990) y fibras de Van Soest (Goering, Van Soest, 1970). Los valores medios de proteína bruta alcanzados con los diferentes métodos de conservación, fueron los siguientes:

<u>Método de conservación</u>	<u>% PB</u>
Henificado	23,31
Deshidratado	20,42

El modo de conservación no resultó significativo para el contenido en proteína bruta. Ello se atribuyó a que durante el proceso de henificado pueden producirse disminuciones del porcentaje de proteína bruta de mayor orden cuanto peores sean las condiciones en las que se realiza el henificado (lluvia, temperatura, posibles fermentaciones, etc.), pero en nuestro caso las condiciones de henificado fueron óptimas. En el proceso de deshidratación, debido al escaso intervalo de tiempo transcurrido entre el corte del forraje y la obtención de material con una humedad inferior al 20%, la cantidad de proteína total del forraje no se modifica.

En ambos métodos de conservación se pueden producir variaciones en las distintas fracciones que componen la proteína bruta del alimento en relación a su utilización digestiva por parte de los animales. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

<u>Método de conservación</u>	<u>% FND</u>
Henificado	36,29
Deshidratado	40,89

La alta significación encontrada entre las formas de conservación, con un mayor contenido en FND en el deshidratado que en el henificado, se debió a que, durante los procesos de secado se producen variaciones en la pared celular, debidas a las diferentes reacciones que ocurren entre los carbohidratos y las proteínas, reacciones de Maillard, crean compuestos indigestibles disponible para el animal y por tanto modifican el contenido en FND. Las altas temperaturas y humedad favorecen estas reacciones.

En lo que respecta al segundo objetivo de este apartado, el estudio de la influencia del método de conservación, nº de corte y estado fenológico sobre la degradación “*in situ*” de la materia seca y del nitrógeno, se utilizó una muestra de alimento procedente de cada modo de conservación obtenido en los dos estados fenológicos de cada corte que se molieron a un tamaño de partícula de 1 mm.

La alfalfa a valorar fue introducida en bolsas de nylon, con un tamaño de poro de 49 micras. Posteriormente se llenaron con la muestra, utilizando 3 g de materia seca por bolsa.

Se realizaron siete puntos de cinética (2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 horas) de las bolsas. Para cada residuo seco se determinó el contenido en Materia Seca y nitrógeno Kjeldahl.

El modelo seguido para la interpretación de la cinética de degradación fue el propuesto por Orskov y McDonald (1979). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

<u>Método de conservación</u>	<u>Degradabilidad</u>
Henificado.....	0,637
Deshidratado.....	0,621

En lo que respecta a los efectos generales, la conservación en forma de henificado presentó unos valores de degradabilidad efectiva superiores a los del deshidratado.

Los resultados del tercer objetivo de este apartado, influencia del método de conservación, nº de corte y estado fenológico sobre la digestibilidad “*in vivo*” e ingestión voluntaria, fueron los siguientes:

Digestibilidad: Se utilizaron de media 6 corderos de Rasa Aragonesa, pesándose al inicio y final de las fases de digestibilidad e ingestión voluntaria. La dieta estaba constituida exclusivamente por alfalfa previamente troceada a 5-8 cm. de longitud. Durante el periodo de digestibilidad los animales recibieron una cantidad restringida, de tal forma que la dieta fuera próxima al nivel de mantenimiento. Los valores medios obtenidos fueron los siguientes:

<u>Método de conservación</u>	<u>%DMS</u>	<u>%DMO</u>
Henificado	62,30	66,37
Deshidratado	59,21	64,37

La variable modo de conservación resultó altamente significativa, presentando el henificado valores de digestibilidad, más altos que el deshidratado. Los compuestos insolubles que se forman en las reacciones de Maillard, pudieron deprimir la digestibilidad del forraje deshidratado.

Otro factor que ha podido influir en la mayor digestibilidad del henificado fue el menor tamaño de partícula observado, que presentaba el producto deshidratado. La reducción en el tamaño de las partículas aumenta la velocidad a la que pasan en el rumen al tracto posterior.

Los valores medidos de la materia seca ingerida (MSI), según el método de conservación fueron los siguientes:

<u>Método de conservación</u>	<u>%MSI</u>
Henificado	73,32
Deshidratado	70,48

En la fase de ingestión voluntaria se suministró alfalfa “*ad libitum*”.

En las formas de conservación estudiadas las alteraciones sufridas durante el proceso de henificado fueron significativamente inferiores que las sufridas durante el proceso de deshidratación debido a que las altas temperaturas a las que se somete a la alfalfa durante el proceso de deshidratación, produciéndose reacciones de Maillard, modificaron la disponibilidad de los nutrientes presentes en la pared celular, capaces de ser utilizados por los rumiantes.

Como conclusiones de este apartado pueden destacarse las siguientes:

- El método de conservación en forma de deshidratado modificó el contenido en pared celular incrementándolo respecto al del forraje conservado como henificado.

- El corte de otoño presentó valores más altos de proteína bruta y valores más bajos de constituyentes de la pared celular que los cortes realizados en primavera y verano.

- La composición química no se vio afectada entre los estados fenológicos 10% y 50% de floración en que se realizaron los aprovechamientos.

- La degradabilidad efectiva del nitrógeno del forraje conservado como henificado fue más alta que la del forraje conservado como deshidratado, siendo mayores las diferencias en los estados fenológicos más jóvenes.

- Los coeficientes de digestibilidad aparentes de la materia seca y de la materia orgánica fueron superiores para el forraje conservado como henificado que para el deshidratado.

- El 6º corte realizado sobre la parcela presentó un valor de la digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica superior al resto de los cortes, debido a que se cortó en un estado fenológico más joven.

En el UdL-IRTA, se han evaluado durante dos años los efectos del secado (henificación) en las variedades Aragón y la Ampurdán, las dos variedades más extendidas en Cataluña, en dos estados de la alfalfa antes de floración y en floración .

En el conjunto de los dos años de ensayo y de 10-11 cortes por tratamiento, no se han observado diferencias entre variedades en la calidad de forraje, aunque Ampurdán estaba considerada ‘a priori’ como una variedad que mantenía la calidad con el secado.

En cuanto a los tratamientos de secado, a) recogido directamente el campo y b) secado al sol durante 2-4 días, el secado de forraje en campo, respecto al forraje cosechado directamente, representó aproximadamente unas pérdidas de materia seca del 13,8 % y del 19,4% para los cortes antes de floración y en floración respectivamente. Mientras que las pérdidas de proteína bruta para los mismos cortes fueron del 6,5 % y del 7% para forrajes secados al sol hasta humedades medias del 31%, similares a las necesitadas en la actualidad por las industrias deshidratadoras para acceder a la ayudas comunitarias.

Los resultados obtenidos sugieren que aun con las pérdidas que se obtienen en el secado en campo, este tipo de secado hasta el 65 % de materia seca, produce todavía un forraje de calidad.

5. APLICACIÓN AL SECTOR Y POSIBLE DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Los conocimientos que se han logrado en este proyecto son de gran aplicabilidad al sector.

Por una parte, el conocimiento productivo de las variedades y de su adaptación al medio, los rendimientos anuales y los contenidos en proteína bruta y la digestibilidad de la materia seca, así como la mejora de la calidad atribuida al deshidratado industrial, han sido cuestiones muy demandadas a lo largo de la realización del proyecto, tanto por los sectores profesionales como por la propia administración, deseosa de disponer de información para poder recomendar, gestionar o legislar.

Por otra parte, la gran mayoría de los resultados obtenidos son de interés práctico para técnicos y profesionales, a los cuales se transmiten principalmente a través de publicaciones y conferencias. En estos momentos, independientemente de las publicaciones o comunicaciones ya enviadas, se están preparando otros artículos para enviar diferentes revistas técnicas.

Además, la difusión de los resultados obtenidos se está realizando también a través de las charlas o conferencias que dan habitualmente los distintos integrantes de los grupos investigadores, dentro de los cursillos que se imparten para formación de técnicos y jóvenes agricultores.

Por otro lado cabe recordar que algunos de los investigadores integrantes del proyecto son profesores de universidad que transmiten sus conocimientos a las sucesivas promociones de estudiantes.

La información que se obtiene es también de gran interés para los propios investigadores que la producen. Aquella les posibilita la elaboración de nuevos proyectos que prosigan los estudios que la misma discusión de los resultados provoca. Asimismo, al comienzo de este proyecto, algunos participantes del proyecto tuvieron ocasión de participar en la publicación de un libro técnico sobre la alfalfa; ahora, con los resultados alcanzados en este proyecto, así como con la bibliografía que ha sido preciso consultar, se podrá realizar una revisión y mejora del libro anterior en un futuro próximo.

6. COLABORACIONES Y AYUDAS RECIBIDAS O PRESTADAS

Los participantes en el proyecto han estado en colaboración con la Asociación Interprofesional de Deshidratadores Españoles (A.I.F.E.), así como con la Asociación Española de Fabricantes de Alfalfa (A.E.F.A), con las cuales han intercambiado ayudas y prestaciones, económicas, de apoyo técnico e informativas. Las relaciones son cordiales y fluidas y se espera lo sean en el futuro,

Se ha recibido también colaboración y apoyo por parte de la Cooperativa de Guisona a través de sus dirigentes y técnicos de la planta deshidratadora sita en Bujaraloz (Zaragoza). El citado equipo directivo ha estado abierto a visitas, información técnica y aportación de su industria para el deshidratado experimental de muestras de forraje.

Asimismo, todas las casas comerciales de semillas requeridas, ROCALBA, BATLLE, FITO, SENASA, PIONEER, SEVIL y MUR, han contribuido con muestras e información técnica cuando se les ha requerido. Especialmente, ha contribuido con sus semillas testigo la Asociación para la Investigación y Mejora de la Alfalfa (A.I.M.A.).

La organización de symposiums, meetings y congresos, realizados como consecuencia de este proyecto, ha requerido el apoyo financiero, técnico o institucional de numerosas instituciones públicas nacionales e internacionales entre las que destaca el INIA, la Diputación General de Aragón, la Universidad de Lleida, el Centro Internacional de Altos Estudios

Mediterráneos (C.I.H.E.A.M.) a través de su Instituto en Zaragoza (I.A.M.Z.), la F.A.O., la Comunidad Europea y el Grupo Eucarpia-*Medicago* spp.

7. VINCULACIÓN DEL PROYECTO A PROGRAMAS DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA INTERNACIONAL

La realización de este proyecto ha permitido dar continuidad a la colaboración que mantienen los distintos componentes del equipo de investigación en las actividades que promueven organismos internacionales sobre programas de colaboración científica y técnica internacional.

Durante el periodo de realización del proyecto destacan las siguientes actividades internacionales:

1. Organización del Meeting del Working Group on *Medicago*, sostenido por la Red FAO/CIHEAM Network on Pastures and Fodder Crops, de la cual los investigadores participantes en este proyecto son miembros. El Meeting tuvo lugar en Zaragoza, durante los días 7 al 10 de abril de 1999.

Su misión fue la presentación de los trabajos que se llevan a cabo en los diferentes centros de investigación ribereños del área mediterránea, sobre alfalfa y los medicagos anuales, y la elaboración de trabajos conjuntos. Los países participantes fueron Portugal, Francia, Italia, Turquía, Egipto, Túnez, Argelia, Marruecos y España.

2. Organización del XIV Eucarpia *Medicago* spp. Group Meeting, en Zaragoza durante los días 12 al 15 de septiembre de 2001.

Su objetivo fue reunir a todos los investigadores y profesionales que trabajan en la investigación de la alfalfa y de los medicagos anuales, para que presenten sus trabajos y participen en su discusión y elaboración de nuevas propuestas. Se presentaron 49 trabajos científicos y asistieron 82 investigadores y profesionales de 16 países (Australia, Argelia, Bulgaria, Canadá, Croacia, República Checa, Chile, Francia, Egipto, Estados Unidos, España, Inglaterra, Italia, Túnez, Turquía y Yugoslavia).

3. Los investigadores de este proyecto forman parte de la Acción COST-852, titulada “Quality legume-based forage systems for contrasting environments”, cuyo coordinador es Roel MULDER, sostenida por la Comunidad Europea. La citada acción tiene por finalidad contribuir al estudio y promoción de las leguminosas forrajeras en Europa.