

1

REVISIÓN CIENTÍFICA

EL CULTIVO DE LA ALFALFA Y SU RELACION CON EL MEDIO AMBIENTE

JAIME LLOVERAS

UdL (Universitat de Lleida) - IRTA. Avenida Rovira Roure, 177. 25198 Lleida (España)

RESUMEN

Los efectos que los cultivos y sus prácticas ejercen sobre el medioambiente están adquiriendo cada vez más importancia en los ambientes políticos, agrícolas y técnicos, de aquí el interés de analizar las principales ventajas e inconvenientes medioambientales del cultivo de la alfalfa.

Las ventajas del cultivo de la alfalfa sobre el medio son amplias y van desde su interés como fuente nutricional natural de proteínas, vitaminas y minerales, en contraposición al empleo de suplementos de síntesis, a su atracción en aspectos paisajísticos y a su utilidad como elemento conservacionista de la fauna. Sin embargo, sus efectos tradicionales más conocidos son los que se refieren a su riqueza proteica natural y a la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte.

Por otro lado, al ser la alfalfa una especie pratense de tipo perenne, es un cultivo que aporta elementos de interés como factor que puede ayudar a reducir los niveles de erosión, así como de ciertas plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación.

En cuanto a efectos considerados negativos, desde el punto de vista medioambiental, cabría citar el elevado consumo de agua y la aplicación de tratamientos fitosanitarios. Sin embargo, una mejor aplicación de las técnicas de riego y un conocimiento más preciso de las plagas y sus niveles de riesgo pueden ayudar sin duda, a disminuir los mencionados efectos perjudiciales.

Palabras clave: Ahorro energético, fijación de nitrógeno, rotación de cultivos, sistemas de cultivo, uso del agua, salinidad, erosión, pastoreo, purines, paisaje, fauna.

INTRODUCCIÓN

Un aspecto de la producción agraria que está adquiriendo cada vez más importancia en los ambientes políticos, agrícolas y técnicos es el efecto de los cultivos y de sus prácticas culturales sobre el medio ambiente y una muestra de ello es el impulso que se está dando a la promoción de los Códigos de Buenas Prácticas Agrícolas tanto a nivel nacional (Boletín Oficial de Aragón, 11.6.1997; Boletín Oficial del Principado de Asturias, 31.7.1997; Diario Oficial de la Generalitat de Catalunya, 9.11.1998; Servicio de Producción Agropecuaria de Navarra, 1998), como a nivel internacional (OCDE, 1997; University of Wisconsin-Extension, 1989). En particular, cabría destacar la guía de las buenas prácticas culturales del cultivador de alfalfa de la asociación de deshidratadores franceses (SND, 1998).

Los efectos medioambientales del cultivo de la alfalfa son amplios y van desde sus aspectos más conocidos como son la reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno y a las ventajas que aporta el ser un cultivo perenne hasta aspectos paisajísticos y de conservación de la fauna. Sin embargo, antes de comentar cada uno de los diversos efectos medioambientales, con especial incidencia en los sistemas de producción del Valle del Ebro, cabría considerar también la aportación del cultivo como fuente nutricional natural de proteínas, vitaminas y minerales, que de no existir serían, en algunos casos, sustituidos por elementos y aditivos sintéticos.

LA ALFALFA COMO FUENTE NATURAL DE ENERGÍA, PROTEÍNA, MINERALES Y VITAMINAS

Uno de los problemas prioritarios en alimentación animal es el aprovisionamiento de proteínas, minerales y vitaminas baratas y de calidad y la alfalfa es, en muchas zonas, el cultivo que proporciona este tipo de nutrientes, de una manera natural, en contraposición al empleo de suplementos y aditivos sintéticos.

En cuanto al valor nutritivo, la alfalfa está considerada como una excelente especie forrajera ya que proporciona elevados niveles de proteínas, minerales y vitaminas de calidad (Klopfenstein, 1991; Garrett, 1994). Sin embargo, hay que tener presente que una gran parte de su proteína es fácilmente degradable en el rumen, dificultando el cálculo de la ración e impidiendo satisfacer totalmente las necesidades proteicas de vacas lecheras de alta producción, que requieren importantes aportes de proteína digestible en el intestino delgado (proteína 'by-pass') (Cherney, 1995). Sin embargo, el tipo y niveles de proteína puede valer para rumiantes con menores necesidades (Klopfenstein, 1991; Garrett, 1994).

Por otro lado, los niveles de proteína 'by-pass' de la alfalfa pueden, sin embargo, incrementarse fácilmente mediante procesos térmicos como el deshidratado, que permiten reducir el nivel de degradabilidad ruminal de su proteína e incrementar su valor nutritivo para rumiantes de alta producción. Hay que tener presente que la proteína 'by-pass' es el tipo de proteína más cara y que se suele proporcionar mediante suplementos proteícos tales como: torta de soja, harina de carne, harina de pescado, etc. (Klopfenstein, 1991). Teniendo presente este tipo de suplementación, la alfalfa de alta calidad, con niveles de proteína, entre el 19 y el 24% y con valores de fibra neutro detergente (FND) entre el 38 y el 42%, pueden utilizarse también en animales con altas producciones (Undersander et al., 1993).

La alfalfa merced a su elevada ingestibilidad, al pasar través del rumen con mayor rapidez que otros forrajes, sobre todo en estado vegetativo, aumenta la apetencia en los rumiantes, con lo que equilibra, al menos parcialmente su pobre nivel de energía (Garrett, 1994).

Una idea del valor proteico de la alfalfa se presenta en la Tabla 1, en que contiene los valores nitrogenados del cultivo según el sistema PDI (Proteína Digestible en el Intestino) (Jarrige, 1978). En este sistema francés, usado para valorar la calidad nutritiva

TABLA 1
Valor nitrogenado de la alfalfa en distintos cortes
Nutritive value of alfalfa in different cuts

1^{er} Ciclo	PDIN	PDIE	PB
Estadio recolección	(g/kg ms)	(g/kg ms)	(% de ms)
Vegetativo (60 cm)	141	101	24,6
Brote	121	90	19,3
Floración	106	81	16,8
2^o Ciclo	PDIN	PDIE	PB
Estadio recolección	(g/kg ms)	(g/kg ms)	(% de ms)
Después de 5 semanas	139	98	22,2
Después de 6 semanas	135	96	21,5
Después de 8 semanas	121	87	19,2
3^{er} Ciclo	PDIN	PDIE	PB
Estadio recolección	(g/kg ms)	(g/kg ms)	(% de ms)
Después de 5 semanas	151	102	24,1
Después de 6 semanas	144	97	22,9
Después de 8 semanas	128	89	23,6

PDIMN: Proteína de origen microbiano sintetizada en el rumen a partir del nitrógeno disponible, digestible a nivel del intestino. PDIME: Proteína microbiana sintetizada en el rumen a partir de la energía disponible, digestible a nivel del intestino. PDIA: Proteína digestible en el intestino delgado que ha atravesado el rumen sin verse alterada. PB: Proteína bruta. Materia seca: ms. PDIN=PDIA+PDIMN. PDIE=PDIA+PDIME.

Fuente: Mauries (1994).

de alimentos en zootecnia, el valor PDIA (Proteína digestible en el intestino delgado que ha atravesado el rumen sin verse alterada) de las leguminosas, y de la alfalfa en particular, es superior al resto de los forrajes, permitiendo cubrir el déficit de cultivos forrajeros altamente energéticos como el ensilado de maíz (Journet, 1992).

El valor PDIN es más elevado que el valor PDIE porque la alfalfa es más rica en nitrógeno que en energía, y los microorganismos del rumen sintetizan más proteína al disponer de nitrógeno abundante (Tabla 1).

El valor energético y los niveles de calidad de la alfalfa se han calculado en Francia (Tabla 2) y en los EEUU (Tabla 3), respectivamente, a partir de la composición química del forraje.

TABLA 2
Valor energético de la alfalfa en verde en distintos estados fisiológicos y ciclos de producción en Francia.

Energetic value of green alfalfa in different growth stages and re-growths in France.

1 ^{er} ciclo	Vegetativo		Brotación		Floración	
	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)
	0,88	0,82	0,77	0,69	0,69	0,59
2 ^o ciclo	Rebrote de 5 semanas después del corte		Rebrote 6 semanas después del corte		Rebrote 8 semanas después del corte	
	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)
	0,82	0,75	0,82	0,74	0,73	0,64
3 ^{er} ciclo	Rebrote 5 semanas después del corte		Rebrote 6 semanas después del corte		Rebrote 8 semanas después del corte	
	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)	(UFL/kg/ms)	(UFC/kg ms)
	0,83	0,76	0,78	0,70	0,73	0,65

UFC = Unidades forrajeras carne. UFL = Unidades forrajeras leche. Materia seca:ms
Fuente: Mauriès (1994)

TABLA 3
Niveles de calidad del heno de alfalfa en los EEUU según su composición química.

Levels of quality of alfalfa hay in USA, according with the chemical composition.

Nivel de calidad	CP	ADF	NDF	DDM	DMI	RFV
	(% sobre materia seca)			(% peso vivo)		
Primera (excelente)	>19	<31	<40	>65	>3.0	>151
1 (muy buena)	17-19	31-35	40-46	62-65	3.0-2.6	151-125
2 (buena)	14-16	36-40	47-53	58-61	2.5-2.3	124-103
3 (pasable)	11-13	41-42	54-60	56-57	2.2-2.0	102-87
4 (mala)	8-10	43-45	61-65	53-55	1.9-1.8	86-75
5 (muy mala)	<8	>45	>65	<53	<1.8	<75

CP (proteína bruta), ADF (fibra ácido detergente), NDF (fibra neutro detergente), DMS (digestibilidad de la materia seca)= $88,9-0,779FAD(\% \text{ ms})$. IMS (Ingestión de materia seca en tanto por ciento sobre el peso del animal)= $120-FND(\% \text{ ms})$ y RFV (valor relativo alimenticio)= $(DMS \times IMS)/1,29$.
Fuente: Undersander *et al.* (1993)

La calidad de la alfalfa no solamente varía según el estado fenológico en el momento del corte, sino que también está muy influenciado por los métodos de conservación y las inclemencias meteorológicas en el momento del secado (Tabla 4). Cabe recordar, así mismo, los altos niveles de b-carotenos y xantófilas que proporciona la alfalfa. Respecto a los b-carotenos, precursores de la vitamina A, tienen una clara influencia en la reproducción de los bovinos, mientras que las xantófilas se han utilizado ampliamente en nutrición aviar (Journet, 1992).

TABLA 4

Variación del contenido de materia seca, energía y proteína según la forma de utilización y conservación, considerando como base 100 el forraje verde en el corte.

Variation in dry matter, energy and protein content of alfalfa, according to the utilisation and conservation system, being 100 the value of the green forage at cutting.

Forma de utilización	Materia seca	Energía	Proteína
Forraje verde.	100	100	100
Alfalfa deshidratada . .	90	82	75
Silo (previa desecación)	83	81	75
Heno (sin lluvia)	85	75	74
Heno (con lluvia)	81	71	71
Desecado en henil (aire caliente)	79	70	68
Desecado en henil (aire normal)	63	53	49

Fuente: Del Pozo e Ibáñez (1984)

Así mismo, se reconoce a la alfalfa como una excelente fuente de minerales como: calcio, fósforo, potasio, magnesio, azufre, etc. lo que permite emplearla para complementar eficazmente las raciones (Journet, 1992; Undersander et al., 1993).

Como resumen puede decirse que la alfalfa es un alimento natural que proporciona un forraje de excelente calidad como fuente de proteína, energía, vitaminas y minerales utilizables tanto en forma de forraje verde como en forraje, si bien su valor varía con el estado morfológico de la planta y al ser su proteína fácilmente degradable en el rumen, dificulta su utilización como única fuente proteica para animales de alto rendimiento.

ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DEL CULTIVO

Ahorro energético

Desde mediados del siglo XX la tecnología empleada para incrementar la productividad agrícola ha dependido en gran parte de la energía fósil de muy diversas formas como: labores agrícolas mecanizadas, síntesis de fertilizantes, insecticidas,

herbicidas, riego, métodos de conservación, etc. Este consumo puede representar alrededor del 1.8 % de la energía total consumida en países en desarrollo, el 2.1% en países desarrollados y hasta el 6.4 % en países ricos en petróleo (Pimentel et al., 1973; Heichel, 1976).

De los insumos energéticos, uno de los que requiere mayor cantidad de energía fósil, es la síntesis de los abonados nitrogenados, ya que para su fabricación se necesitan unos 60 MJ/kg, mientras que el fósforo necesita 14 MJ/kg y el potasio 10 MJ/kg (Heichel, 1978; Loomis y Connor, 1992). De aquí que la alfalfa, que requiere, en general, de pocos aportes nitrogenados sea, en principio, un cultivo energéticamente barato, con el consiguiente beneficio medioambiental (Tabla 5). Si bien, el balance energético final dependerá de cada zona, de sus particulares técnicas de cultivo y del tipo de secado y maquinaria empleados.

Una comparación del consumo energético de cultivos comunes en muchos regadíos de España se presenta en la Tabla 6. Los rendimientos y los insumos pueden diferir según las zonas de cultivo, sin embargo, estas cifras ayudan, al menos, a analizar las razones del consumo energético.

Una vez más puede observarse como la alfalfa es un cultivo energéticamente barato, ya que no depende del empleo de los abonados nitrogenados.

TABLA 5

Energía fósil necesaria para producir algunos cultivos en los EEUU

Fossilised energy needed to produce some crops in the USA.

Cultivo	Energía fósil (Mcal/ha/día)
Tabaco (secado y curado)	308,7
Arroz	83,9
Pastos (fertilizados con riego)	56,8
Maíz ensilado*	41,9
Maíz grano*	41,9
Sorgo grano	39,5
Algodón	34,5
Remolacha azucarera	27,2
Cebada*	14,8
Alfalfa *	14,8
Soja*	12,3
Trigo (primavera)*	12,3
Pasto (fertilizado)	4,9

*Calculado en zonas de los EEUU donde estos cultivos no se riegan.

Fuente: Heichel (1978)

Un consumo energético que no puede pasar desapercibido es la energía gastada en el riego, que suele estar en muchas zonas en segundo lugar después de la energía dedicada a la producción de fertilizantes (Larson y Fangmeier, 1978). La energía necesaria para el riego puede variar dependiendo del sistema empleado (aspersión, a pie, etc.), ya que se considera que el riego por aspersión necesita de 5 a 12 veces más energía que el riego a pie. En estudios llevados a cabo en Arizona (EEUU), se calcula que en los sistemas de producción que emplean el riego a pie, la energía dedicada al riego representa del 13 al 38 % de la energía total necesaria para producir un cultivo, mientras que en el caso del riego por aspersión la energía del riego representa del 44 al 88 % del total (Larson y Fangmeier, 1978).

Otro aspecto que se analiza a menudo es la producción de proteína por unidad de energía empleada. Heichel (1976), en un estudio realizado en los EEUU, indica que el sorgo y el ensilado de maíz proporcionan una mayor cantidad de energía por unidad de energía cultural utilizada, mientras que la alfalfa es con diferencia (la soja va en segundo lugar), el cultivo que proporciona la mayor cantidad de proteína por unidad de energía introducida en el sistema (Figura 1).

TABLA 6

Energía necesaria para la producción de cultivos en regadío.*Energy needed for crop production under irrigation*

INSUMOS	HENO de ALFALFA ^a		MAÍZ ^b		TRIGO ^c	
	Cantidad	Kcal/ha	Cantidad	Kcal/ha	Cantidad	Kcal/ha
Trabajo	13 h	6.000	30 h	13.900	15	7.000
Maquinaria	20 kg	360.000	55 kg	1.018.000	22.5	404.500
Combustible	129	1.304.000	115 kg	1.255.000	100,5	1.109.000
N		-	250 kg	3.674.600	150 kg	2.204.700
P	86 kg	258.000	66 kg	198.000	43 kg	129.000
K	207 kg	330.000	166 kg	265.000	83 kg	132.500
Semillas	4,5 kg	279.000	19 kg	475.000	200	602.000
Riego ^d	10 riegos	660.000	9 riegos	600.000	3 riegos	200.000
Insecticidas	4	400.000	2 kg	200.000	-	-
Herbicidas	1,2	120.000	5 kg	500.000	2,5 kg	250.000
Electricidad		74.400		100.000		38.000
Transporte	642 kg	164.000	214 kg	55.000	190 kg	48.000
Secado		-		660.000		-
TOTAL		3.955.000		9.013.000		5.124.000
PRODUCCION						
Materia seca	15.000 k g	33.900.00	12.000 k g	42.600.00	6.000 kg	19.830.00
		0		0		0
Proteína	2.400 kg		974 kg		660 kg	
Relación						
Producción/insumos		8.57/1		4.72/1		3.8/1

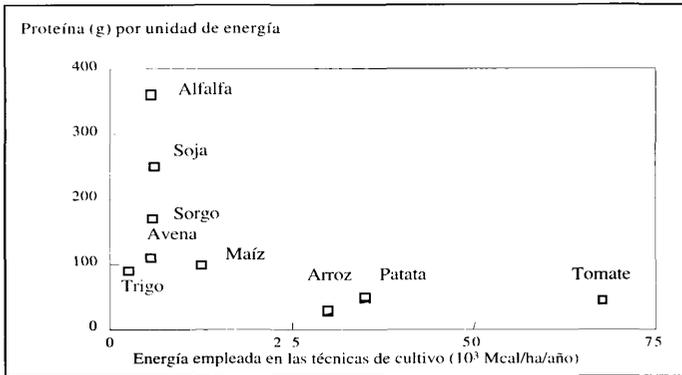
^a Segundo o tercer año de producción. Adaptado de Larson y Frangmeier (1978); Heichel y Martin (1980) y Pimentel y Pimentel (1996b).

^b Adaptado de Pimentel y Burgess (1980) y Pimentel y Pimentel (1996a).

^c Adaptado de Briggie (1980) y Pimentel y Pimentel (1996a).

^d Considerando que el 90% del riego es a pie y el 10% a presión (Arrojo y Bernal, 1997).

Resultados similares fueron obtenidos por Pimentel y Cruze (1977) que señalan a la alfalfa como el cultivo con mayor eficiencia en la producción proteica, ya que es el cultivo que produce mayor cantidad de proteína por unidad de energía utilizada.



Adaptado de Heichel (1976)

FIGURA 1

Producción de proteína por unidad de energía empleada en el cultivo

Protein yield per unity of energy used by the crop

Por otro lado, comparando las producciones de proteína procedentes de las leguminosas con las proteínas de producción animal, las leguminosas producen 60 veces más proteína por Mcal que la ternera y el cerdo, y 15 veces más que el pollo (Heichel, 1976; Spedding et al., 1981).

Fijación de nitrógeno y rotaciones de cultivos

Está ampliamente estudiado el efecto de la fijación de nitrógeno atmosférico por las leguminosas. La cantidad fijada por la alfalfa es muy variable y a diferencia de otras leguminosas, aporta nitrógeno al cultivo siguiente, teniendo por ello una gran utilidad en las rotaciones de cultivos, al disminuir las necesidades de abonado nitrogenado de los cultivos siguientes, con la consiguiente reducción de sus necesidades energéticas (Power, 1990).

A modo de ejemplo, alternar dos años de alfalfa con uno de maíz permite reducir el flujo de energía gastado por el maíz un 26% (Heichel, 1978). Existen muchos estudios realizados sobre el ahorro que supone en la fertilización nitrogenada del maíz la rotación con alfalfa, un ejemplo de los cuales se presenta en la Tabla 7. En general, el valor fertilizante de la alfalfa varía según el estado del cultivo, pero la alfalfa puede dejar

facilmente alrededor de 100-150 kg N/ha al cultivo siguiente (Fox y Piekielek, 1988). Estos valores, obtenidos en el Medio Oeste de los EEUU, pueden ser distintos en los regadíos del Valle del Ebro ya que las producciones de forraje en nuestras condiciones son superiores a las obtenidas en aquellas zonas de los EEUU. Estimaciones realizadas en el Centro UdL-IRTA, muestran que, en los regadíos del Valle del Ebro, dos años de alfalfa representan, para el siguiente cultivo de maíz un valor fertilizante, equivalente a unos 200 kg N/ha (Ballesta y Lloveras. Resultados no publicados).

Además, el efecto beneficioso de la alfalfa puede extenderse al cultivo del segundo año, tal y como se presenta en la Tabla 7 (Power, 1990).

TABLA 7

Reducción de las necesidades de N después de un cultivo de alfalfa o de soja.*Reduction in N needs after a crop of alfalfa or soybeans*

Localización	Después de alfalfa			Segundo año	Después de soja
	Primer año				
	Alfalfar bueno	Alfalfar medio	Alfalfar pobre		
Illinois	112	56	0	34	45
Indiana	78-90	68	34	-	-
Iowa	157	112	22	-	45
Michigan	-	60	-	-	-
Minnesota	112	56	-	56	22
Missouri	56	-	-	-	34
Ohio	79-180	101	56	22	-
Wisconsin	90	45	22	-	-

Fuente: Power (1990)

En cuanto a las posibles necesidades de abonado nitrogenado por parte de la alfalfa, no está demostrada su utilidad, excepto como abonado inicial de arranque 'starter', ayudando a la plántula a desarrollarse en los primeros estadios cuando la actividad nodular es insuficiente. En etapas posteriores, el abonado es contraproducente, ya que la planta es autosuficiente y puede favorecer el desarrollo de las malas hierbas (Lloveras et al., 2000), reduciéndose la fijación de nitrógeno atmosférico al aportarse en forma mineral (Hannaway y Shuler, 1993).

En resumen, la simbiosis del *Rhizobium* con la alfalfa proporciona el suficiente nitrógeno para cubrir sus necesidades y parte de las de los cultivos siguientes con el consiguiente ahorro en el consumo de fertilizantes nitrogenados y, por tanto, de energía fosil, lo que es sumamente importante para la producción agrícola y para el medio ambiente.

Además, desde el punto de vista medioambiental, no debe olvidarse la capacidad que tiene la alfalfa, debido a sus raíces profundas, para proteger el medio ambiente, absorbiendo y utilizando los nitratos del suelo, reduciendo los posibles efectos contaminantes de los nitratos de cultivos anteriores (ITAB, 1995; Kelling y Schmitt, 1996; Blumental *et al.*, 1999).

Articulación en las rotaciones de cultivos y sistemas de producción tradicionales

En los Valles del Ebro y Duero y en comarcas de la provincia de Gerona, la alfalfa es un cultivo tradicional y forma parte de los respectivos sistemas de producción.

Una muestra de la tradición de la alfalfa en diversas zonas de España es la existencia de ecotipos de locales adaptados a las condiciones edafoclimáticas de sus zonas, destacando las variedades Aragón, Ampurdán y Tierra de Campos, siendo la primera la más cultivada en España (Hidalgo, 1969).

Además, en algunas zonas como el Valle del Ebro, la alfalfa, el maíz y el trigo son los cultivos herbáceos, que junto con los frutales, ocupan las tierras de regadío más productivas, formando parte de las rotaciones tradicionales y ensamblándose perfectamente a lo largo del año, permitiendo con ello una optimización en el uso de los recursos humanos y agrícolas. Como ventaja adicional, al ser la alfalfa un cultivo con una larga estación de producción no está tan sujeto a los cambios meteorológicos y por tanto aporta una producción más regular que la de los restantes cultivos anuales de la rotación.

Así mismo, la alfalfa se convierte en una especie básica en las zonas donde se cultiva tradicionalmente, ya que además de ahorrar nitrógeno a los cultivos siguientes, al ser un cultivo plurianual, ayuda a controlar las malas hierbas, plagas y enfermedades de los restantes cultivos de la rotación, al constituir un impedimento para el desarrollo de algunos ciclos biológicos, contribuyendo con ello a reducir el nivel de fitosanitarios necesarios (Bullock, 1992; Karlen *et al.*, 1994).

La alfalfa es pues, un cultivo tradicional difícilmente sustituible dentro de las posibilidades agrícolas actuales, por su adaptación a las diversas zonas y por su articulación dentro de los sistemas de producción.

Articulación en los sistemas de riego tradicionales

En las zonas de cultivo tradicional, la alfalfa, además de acoplarse a sus rotaciones y sistemas de producción se adapta bien a los sistemas de riego, que en muchos casos son

superficiales y por turnos (con un espaciamento de 14 a 16 días), pudiendo tolerar cortos períodos de sequía, en los que se reduce la producción pero no se muere el cultivo. Así mismo, la alfalfa se adapta también al riego por aspersión (Sheaffer *et al.*, 1988) empleado en muchas zonas alfareras de España.

En el Valle del Ebro, donde es frecuente el riego por turnos, se dan normalmente dos riegos por corte (se suele cortar cada 30 días). Se recomienda realizar el primero tan pronto como se pueda y el segundo con una antelación suficiente al corte siguiente, para no dificultar las labores de siega y recolección (Faci, 1984).

A pesar de que la alfalfa extrae el agua principalmente de la parte superior del suelo, la planta puede tener un sistema radicular, que en suelos profundos, es capaz de llegar incluso a más de dos metros de profundidad (Sheaffer *et al.*, 1988; Guitjens, 1990). Este aspecto puede ser muy importante en algunas zonas del Valle del Ebro, donde durante la temporada de riegos las capas freáticas pueden llegar a ser bastante superficiales. En estos casos la alfalfa puede aprovechar parte de estos recursos hídricos sobrantes.

El efecto más importante de la falta de agua, incluso un pequeño déficit, es la reducción del crecimiento, siendo especialmente sensible la expansión celular (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 1993), produciéndose por tanto una reducción de la producción de materia seca. La magnitud de esta reducción dependerá de la duración del período de sequía y del momento en que se produzca (Guitjens, 1990).

Diversos autores (Doorenbos y Pruitt, 1988; Sheaffer *et al.*, 1988) han encontrado una relación lineal entre la producción y la evapotranspiración de la alfalfa, siendo la falta de agua uno de los principales factores que reduce la evapotranspiración. En algunos casos, a consecuencia del estrés hídrico se da un incremento de calidad del forraje, debido a un aumento de la relación hoja/tallo, y a la menor proporción de componentes estructurales (Sheaffer *et al.*, 1988).

Teniendo presente los comentarios anteriores puede deducirse que una de las ventajas de la alfalfa en España es la flexibilidad que tiene para adaptarse a momentos de escasez de agua ya que aunque disminuya su producción temporalmente la cosecha anual puede verse ve poco afectada, sobre todo si el estrés se da en los últimos cortes. En otros cultivos de verano típicos del Valle del Ebro como maíz y girasol, por ejemplo, las pérdidas causadas por el déficit hídrico pueden ser de una gran importancia, sobre todo si el déficit coincide con la floración. Lo mismo sucedería si el estrés no se debiese a la falta de agua, sino a otros fenómenos meteorológicos, como pedrisco o heladas, fenómenos que tienen un gran importancia en el caso de los frutales (manzana, melocotón, pera, cereza, etc.), que también se cultivan en zonas del Valle del Ebro.

Consumo de agua

El consumo de agua se cita como un aspecto negativo del cultivo de la alfalfa. Así, sus necesidades aproximadas en la zona central del Valle del Ebro oscilan alrededor de los 11000 m³ por hectárea y año mientras que en las zonas húmedas de montaña requiere unos 5000 m³ por ha y año (Faci, 1984). La cantidad de agua que se aporta en cada riego depende de la humedad presente en el suelo, las necesidades del cultivo y de la eficiencia del sistema de riego utilizado.

Las necesidades de agua de la alfalfa son superiores a las de otros cultivos, como se puede observar en la Tabla 8, debido principalmente a su largo ciclo vegetativo, si bien sus necesidades hídricas experimentan oscilaciones importantes a lo largo del período productivo. Este hecho se refleja en los valores de los coeficientes de cultivo (Kc), que son mínimos después de los cortes (entre 0,3 y 0,5) y van aumentando progresivamente hasta el máximo (entre 1,05 y 1,25) que se consigue cuando la alfalfa llega a floración (Doorembos y Pruitt, 1988; Finkel, 1983), momento en que se suele cortar normalmente, y se reinicia el proceso. Para la realización de proyectos deberá considerarse el Kc medio, que oscila entre 0,85 y 1,05.

TABLA 8
Necesidades hídricas (m³/ha/año) de cultivos importantes del Valle del Ebro.

Water needs (m³/ha/year) of relevant crops of the Ebro Valley.

Cultivo	Necesidades de agua*	Usos estimados**
Alfalfa	12 300	13 600
Maíz	9 600	12 900
Trigo o Cebada	4 500	5 500
Patata	14 700	-
Frutales	10 400	13 100
Hortícolas	12 500	12 500

* Eficiencia de riego del 75% en cereales, maíz y alfalfa y del 65% en frutales y hortalizas (Albisu et al., 1988).

** Considerando que el 90% del riego es a pie y el 10% a presión (Arroyo y Bernal, 1997)

Otro aspecto negativo de la alfalfa es su baja eficiencia en el uso del agua (Hay y Walker, 1989; Dovrat, 1993) ya que necesita una cantidad bastante superior a otros cultivos para producir un kg de materia seca (Tabla 9).

TABLA 9
Eficiencia en el uso del agua de distintos cultivos
Efficiency in the use of water for different crops.

Cultivo	Eficiencia en el uso de agua (kg agua/kg materia seca)
Alfalfa	700 - 900
Maíz	350
Sorgo	300
Cebada y Trigo	500 - 550
Girasol	470 - 475
Arroz	650 - 700

Fuentes: Faci (1984), López Bellido (1991)

Las necesidades de agua pueden también variar según la eficiencia de riego, aspecto este a tener en cuenta sobre todo en muchas comarcas del Valle del Ebro en que se riega normalmente a pie. En términos generales puede afirmarse que la eficiencia del riego superficial está en torno del 60% y la del riego por aspersión es cercana al 80% (Barragan y Monserrat, 1997), con lo que una mejora en los sistemas de riego podría contribuir a reducir al consumo de agua empleado en el cultivo.

Esta baja eficiencia en el uso del agua junto con sus elevadas necesidades hacen que la alfalfa no sea un cultivo recomendable para zonas con disponibilidades hídricas reducidas, o en las que se extrae el agua de acuíferos subterráneos y donde generalmente las extracciones son superiores a la recarga natural de agua, como está sucediendo en algunas zonas de Castilla-La Mancha (Caballero, 1998).

Tolerancia a la salinidad

Un aspecto de la alfalfa, interesante para algunas zonas, lo constituye su nivel de tolerancia a la salinidad ya que está clasificada como moderadamente tolerante (Maas and Hoffman, 1977). Su rendimiento no disminuye hasta que la conductividad eléctrica del extracto saturado (CEe) no supera los 2,0 dS/m. Cuando la CEe llega a los 5,4 dS/m la reducción de cosecha es del 25%, y no es hasta los 8,8 y 16,0 dS/m en que no se produce el 50 y 100% respectivamente de pérdida de cosecha (Ayers y Westcot, 1987).

La tolerancia de la alfalfa a la salinidad es, sin embargo, inferior a otros cultivos extensivos muy comunes como la cebada, la remolacha, trigo y girasol o de cultivos forrajeros como el pasto del Sudán, la festuca alta y el raigrás italiano (Tanji, 1990), aunque es algo mayor a la del maíz. No obstante, en zonas áridas, se ha detectado variedades de alfalfa con mayor nivel de tolerancia a la salinidad (Mezni *et al.*, 1999).

Por otro lado, algunos autores (Finkel, 1983; Lanyon y Griffith, 1988; Helalia *et al.*, 1996; Palacios *et al.*, 1996), han indicado que la alfalfa puede ser regada con aguas residuales domésticas, que hayan sufrido un tratamiento primario (eliminación de residuos sólidos y agentes parasitarios), o con aguas procedentes de industrias, las cuales deben estar libres de productos químicos nocivos.

Disminución de la erosión

La erosión constituye la forma de degradación del suelo más generalizada, y a pesar de ser un proceso muy imperceptible en sus primeras etapas, su irreversibilidad hace que se le deba prestar la máxima atención para lograr la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Porta *et al.*, 1994). De entre los principales agentes erosivos, la erosión hídrica parece ser la más importante en España (Magister, 1973) y para controlarla, los sistemas agronómicos tradicionales se basan en el empleo de cubiertas vegetales (Morgan, 1995).

Es en este último caso, en que la alfalfa, al cubrir el suelo durante todo el año, protege el suelo del impacto directo de las gotas de lluvia (erosión por salpicadura) y reduce la escorrentía superficial (erosión laminar) (Sumner, 1982), mejor que otros cultivos tradicionales como maíz y trigo (Almorox *et al.*, 1994). Por ello, en muchas zonas españolas de precipitación irregular, la alfalfa puede ejercer un papel importante como cultivo protector del suelo. Estas ventajas se citan también en otros cultivos forrajeros y en praderas permanentes (Francis y Clegg, 1990; Bullock, 1992; Tisdale *et al.*, 1993).

En el caso particular de la alfalfa, su profundidad de enraizamiento y el volumen de materia orgánica que deja en el suelo contribuyen a mejorar las propiedades físicas del mismo, aumentando la velocidad de infiltración de agua y disminuyendo el nivel de erosión del cultivo que le sigue en la rotación (Bruce *et al.*, 1987).

Es posible que el problema de la erosión no sea grave en muchas zonas llanas de los regadíos del Valle del Ebro regadas a pie, ya que suelen nivelarse regularmente, mientras sí que pueda serlo en otras alomadas que se riegan por aspersión.

En muchos casos la disminución de la erosión no sólo limita la pérdida de fertilidad y material de los suelos sino que también contribuye a reducir las deposiciones de materiales en embalses (reduciendo su capacidad) o bahías. Se ha calculado que dragar estos puntos, cuando es imprescindible hacerlo, cuesta al año unas quince veces más que mantener el suelo donde estaba (Porta *et al.*, 1994).

Tolerancia al empleo de purines

Es conocido el problema que tienen las explotaciones ganaderas para deshacerse del purín y el interés que puede tener el utilizarlo en la alfalfa, sobre todo, en aquellas zonas,

como en los regadíos del Valle del Ebro, en que el cultivo es ocupa una extensión importante y que tiene al mismo tiempo una elevada concentración porcina. En estas zonas, con escasa precipitación invernal y por consiguiente con limitado peligro de escorrentías, un cultivo como la alfalfa, que tiene además una parada de crecimiento en esta estación, puede ayudar a solucionar el problema, sabiendo que puede ser capaz de consumir grandes cantidades de N del suelo en vez de fijarlo (Blumental *et al.*, J. 1999).

En algunas zonas productoras de los EEUU, el empleo de estiércoles y purines en alfalfa se está incrementando debido a su capacidad para reciclar nutrientes, incluido el nitrógeno, su potencial para extraer nutrientes de horizontes profundos, su capacidad para soportar varias aplicaciones y en algunas granjas la alfalfa supone la mejor alternativa ambiental posible para eliminar los purines (Kelling y Schmitt, 1996). Sin embargo, existe la preocupación de que el N del estiércol puede afectar negativamente al rendimiento de la alfalfa o a su calidad (Kelling y Schmitt, 1996).

En general, la alfalfa puede admitir, aunque con restricciones, aplicaciones de purines y estiércol, (Lanyon y Griffith, 1988; Schmitt *et al.*, 1991; Undersander *et al.*, 1991; Le Gall, 1993; Daliparthy *et al.*, 1994). Con ello se incorpora al suelo una enmienda orgánica, con los aspectos positivos que tiene sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de la misma (Urbano, 1992).

Desde el punto de vista técnico, los mejores resultados en las aplicaciones de purines se obtienen antes de la siembra (Lanyon y Griffith, 1988). En alfalfares ya establecidos deberían seguirse diversas recomendaciones (Undersander *et al.*, 1991):

- 1.- Elegir los campos con mayor proporción de gramíneas (generalmente son los más viejos), las cuales se beneficiaran más que la alfalfa del nitrógeno aportado.
- 2.- No aplicar más de 34 m³/ha de purín, o más de 25 t/ha de estiércol.
- 3.- Aplicar el estiércol o purín después de realizar los cortes, con el fin de conseguir que las deyecciones lleguen al suelo, evitando que se queden en la hojas y por lo tanto disminuyendo los posibles quemazones sobre las partes verdes y la palatabilidad.
- 4.- Aplicar los residuos de forma correcta, evitando acumulaciones debidas a la falta de uniformidad. La inyección al suelo y su enterramiento a unos 6 - 8 cm permite reducir las pérdidas por volatilidad de nitrógeno amoniacal, y los malos olores (Misselbrook *et al.*, 1996).
- 5.- Evitar aplicar residuos en suelos arenosos o muy permeables que pueden contaminar aguas subterráneas. Evitar también la compactación del suelo.

Es importante mencionar el hecho de que en algunos países, como por ejemplo, Francia, restringen la aportación de fertilizantes nitrogenados (ya sean minerales o

orgánicos) a los campos con leguminosas puras (Le Gall, 1993) y que en la alfalfa los purines deberían aplicarse, al menos, diez días después de cada corte (SND, 1998). En España, que se sepa no existe ninguna normativa al respecto, aunque el Códigos de Buenas Prácticas Agrícolas, de algunas comunidades como Cataluña (Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, 1998), recomienda no aplicar purines a los forrajes entre el 15 de Noviembre y el 15 de Enero, dependiendo de las zonas.

Tolerancia al pastoreo invernal

Aunque en nuestro país la alfalfa se aprovecha principalmente en siega, para utilizarla en verde, heno o deshidratada, en algunos países el pastoreo constituye la forma tradicional de aprovechamiento (empleando variedades más adaptadas) ya que el pastoreo es una forma cómoda y barata de alimentar al ganado (Delgado, 1984).

En algunas zonas del Valle del Ebro, los alfalfares desempeñan un importante papel en la alimentación de la cabaña ovina de las zonas de montaña, ya que en invierno muchos rebaños descienden a los regadíos a pastar los rastrojos de alfalfa que quedan del otoño, que en estos momentos del año están en reposo. De esta manera, los alfalfares contribuyen a optimizar la producción ganadera aprovechando los recursos disponibles (Montserrat y Fillat, 1990). Al mismo tiempo, los productores de alfalfa pueden obtener unos beneficios económicos en una época con pocos ingresos y los ganaderos pueden disponer de una fuente barata de alimento para sus rebaños. Además, esta práctica puede ser beneficiosa para la alfalfa y para el medio ambiente ya que el ganado puede ayudar a controlar malas hierbas e insectos (Fanlo *et al.*, 1999; Wynn-Williams *et al.*, 1991), sin incrementar la compactación del suelo y el nivel de enfermedades de la alfalfa (Pelton *et al.*, 1988).

Tratamientos fitosanitarios

La alfalfa, comparada con otros cultivos extensivos como cereales o maíz, se solía considerar como un cultivo poco exigente en tratamientos fitosanitarios, pero en los últimos años al aumentar de precio de este forraje, se ha observado un incremento en las aplicaciones de fitosanitarios del cultivo, insecticidas principalmente (Lloveras, 1998).

En muchas zonas del Valle del Ebro se realiza frecuentemente y de forma sistemática, un tratamiento insecticida por corte (en los regadíos se dan de 4 a 6 cortes por año) con productos muchas veces poco específicos, que contribuyen a la eliminación de la plaga, pero que eliminan también a otros insectos auxiliares, que ayudan a controlar los niveles de otras especies nocivas. Los efectos negativos sobre estos insectos beneficiosos es lo que provoca, con cierta frecuencia, la aparición de plagas menores, como minadores de

hojas, pero que liberadas de sus enemigos naturales pueden ocasionar pérdidas importantes en algunos cortes.

Otro posible problema es la aparición de especies resistentes a los insecticidas más frecuentemente utilizados, riesgo que aumenta cuando se aplica de forma sistemática una materia activa para controlar un tipo de plaga.

El empleo sistemático de insecticidas puede ser muy cómodo para algunos productores, pero estudios recientes están mostrando que en algunos años, el nivel de insectos perjudiciales es tan bajo que con pequeñas variaciones en el manejo (adelantando algún corte), bastaría un sólo tratamiento insecticida al año para evitar pérdidas de forraje importantes (Pons y Lloveras, 1999)

Por otro lado, aunque existen variedades de alfalfa resistentes, o al menos tolerantes a ciertas plagas (CASC, 1998), son poco conocidos los niveles de tolerancia o resistencia de las variedades procedentes del ecotipo Aragón que son las más sembradas en España.

Como conclusión, se está demostrando que se podrían reducir el número de tratamientos fitosanitarios estudiando, con mayor profundidad, la influencia de las distintas técnicas culturales, el empleo de variedades resistentes, la protección de parásitos y depredadores de los insectos nocivos y la determinación de umbrales y momentos de tratamiento. Al mismo tiempo, es necesario avanzar hacia el uso de productos más eficaces, que respeten los insectos auxiliares beneficiosos para el medio ambiente (García y Sanagustín, 1984).

Aspectos paisajísticos

Un aspecto que está adquiriendo mucha importancia en el entorno rural y en ambientes políticos es el que se refiere a la calidad del paisaje. La alfalfa aporta una nota particular por su intenso color verde, sus flores y su resistencia a la aridez (Fau, 1993; Pietritz, 1994). Así por ejemplo, en algunas zonas de la provincia de Lleida donde existen campos de golf, los campos colindantes se ha sembrado alfalfa con el fin de extender la zona "verde" del campo y mejorar la apreciación visual de jugadores y público. Este efecto difícilmente se hubiera podido obtener con cultivos anuales que cambian el color a través del tiempo, pasando del verde al marrón al acercarse al momento de la recolección.

Mantenimiento de la fauna silvestre

Aunque son escasos los estudios específicos sobre el efecto de la alfalfa en la fauna silvestre (Viladomiu, 1997), agricultores y técnicos conocen la existencia de una abundante fauna en las zonas agrícolas en las que predomina la alfalfa (Pietritz, 1994).

Al ser éste un cultivo que cubre el suelo durante todo el año, proporciona la humedad y la cobertura necesaria a algunos animales. En particular, la utilidad de la alfalfa como cultivo fundamental para mantener la riqueza ornitológica de la lagunas de Villafáfila (Zamora) y la necesidad de incentivarla, frente a otros cultivos ha sido detenidamente analizadas por Viladomiu (1997).

En el Valle del Ebro la alfalfa proporciona un buen refugio a liebres, topos, topillos, ratones, culebras, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBISU, L.M.; GIL, J.M.; ARAGÜES, R., 1988. Impacto económico de agua salina en la agricultura de la cuenca del Gállego. *Comunicaciones INIA. Serie Economía*, **25**, 1-131.
- ALMOROX, J; DE ANTONIO, R.; SAA, A; CRUZ DÍAZ, M^a; GASCÓ, J.M^a., 1994. *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. Editorial Agrícola Española, 152 pp. Madrid (España).
- ARROJO, P; BERNAL, E., 1997. El regadío en el Valle del Ebro. En: *La gestión del agua de riego*. 139-182. Eds. J. LÓPEZ-GÁLVEZ, J.M. NAREDO. Colección Economía y Naturaleza. Argentaria. Madrid (España).
- AYERS, R.; WESTCOT, D., 1987. *La calidad del agua en la agricultura* Estudio FAO riegos y drenajes 29. 174 pp. FAO. Roma (Italia).
- BARRAGAN, J.; MONTSERRAT, J., 1997. *Apuntes de Riegos y Drenajes*. Universitat de Lleida, 40 pp. Lleida (España).
- BLUMENTAL, J.M.; RUSSELLE, M. P.; LAMB, J., 1999. Subsoil nitrate and bromide uptake by contrasting alfalfa entries. *Agronomy Journal*, **91**, 269-275.
- BOLETIN OFICIAL DE ARAGÓN, 1997. *Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Aragón*. BOA. **66**, 3068-3081.
- BOLETIN OFICIAL DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS, 1997. *Código de Buenas Prácticas Agrarias*. BOPA, 9702- 9704.
- BRIGGLE, L.W., 1980. Introduction to energy use in wheat production. 109-116. *CRC Handbook of Energy Utilization*. Ed. D. PIMENTEL. CRC Press. Boca Raton. Florida (EEUU).
- BRUCE, R.; WILKINSON, S.; LANGALE, G., 1987. Legume effects on soil erosion and productivity. *The role of legumes in conservation tillage systems*, 127-138. Ed. J.F. POWER. Soil Conservation Society of America. Ankeny. Iowa (EEUU).
- BULLOCK, D.G., 1992. Crop Rotation. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **11**, 309-326.
- CABALLERO, R. 1998. Utilización de la alfalfa en los regadíos de Castilla-La Mancha. En: *La alfalfa: Cultivo, transformación y consumo*. 166-172. Ed. M. LLORCA, J. MASIP Y F. OLLÉ. Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles (AIFE). Lleida (España).
- CASC, 1998. *Fall dormancy and pest resistance ratings for alfalfa varieties*. Certified Alfalfa Seed Council. Davis. California (EEUU).
- CHERNEY, D., 1995. How much protein do we want in alfalfa forage?. *Proceedings of the Twenty Six National Alfalfa Symposium*, 16-23. Liverpool. New York (EEUU).
- DALIPARTHY, J.; HERBERT, S.; VENEMAN, P., 1994. Dairy manure applications to alfalfa: Crop response, soil nitrate and nitrate soil water. *Agronomy Journal*, **86**, 927-933.

- DELGADO, I., 1984. La alfalfa en pastoreo. En: *Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro*, 45-59. Servicio de Extensión Agraria. MAPA. Madrid (España).
- POZO M. DEL. IBÁÑEZ M., 1984. *La alfalfa*. Ediciones Mundi-Prensa, 384 pp. Madrid (España).
- DIARI OFICIAL DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, 1998. *Codi de bones pràctiques agràries en relació amb el nitrogen*. DOG, **2761**, 13751-13756.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W., 1988. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riegos y Drenajes 24, 193 pp. FAO. Roma (Italia).
- DOVRAT, A., 1993. *Irrigated forage production*. Elsevier, 257 pp. Amsterdam (Países Bajos).
- FACI, J., 1984. Riegos. En: *Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro*, 60-67. Servicio de Extensión Agraria. MAPA. Madrid (España).
- FANLO, R., CHOCARRO, C., INTINI, M., LLOVERAS, J., 1999. Efecto del pastoreo invernal sobre la producción y calidad de las alfalfa de regadío. *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 203-207.
- FAU, M., 1993. Le nouveau contexte agricole. Possibilité d'une nouvelle place pour les légumineuses fourragères. *Fourrages*, **134**, 115-120.
- FINKEL, H.J., 1983. Irrigation of alfalfa. En: *Handbook of irrigation technology. Volume II*. Ed. H. FINKEL. CRC Press. Boca Raton. Florida (EEUU).
- FOX, R. H.; PIEKIELEK, W.P., 1988. Fertilizer N equivalence of alfalfa, birdsfoot trefoil and red clover for succeeding corn crops. *Journal of Production Agriculture*, **1**, 313-317.
- FRANCIS, C.A.; CLEGG, M.D., 1990. Crop Rotations in sustainable production systems. En: *Sustainable Agricultural Systems*, 107-123. Eds. C. EDWARDS, R. LAL, P. MADDEN, R. MILLER, G. HOUSE. Soil and Water Conservation Society. Ankeny. Iowa (EEUU).
- GARCÍA, A.; SANAGUSTÍN, M., 1984. Plagas y enfermedades. En: *Cultivo de la alfalfa en los regadíos del Duero y Ebro*, 51-82. Servicio de Extensión Agraria. MAPA. Madrid (España).
- GARRETT, J., 1994. Importance of quality alfalfa in dairy nutrition. *Proceedings of the Twenty Fourth National Alfalfa Symposium*, 5-13. Springfield, Illinois (EEUU).
- GUITJENS, J.C., 1990. Alfalfa. En: *Irrigation of agricultural crops*, 537-568. Eds. B. STEWART, D. NIELSEN. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin (EEUU).
- HANNAWAY, D.B.; SHULER, P.E., 1993. Nitrogen fertilization in alfalfa production. *Journal of Production Agriculture*, **6**, 80-85.
- HAY, R.; WALKER, A., 1989. *An introduction to the physiology of crop yield*. 292 pp. Logman Scientific & Technical. Essex (Reino Unido).
- HEICHEL, G.H., 1976. Agricultural Production and Energy Resources. *American Scientist*, **64**, 64-72.
- HEICHEL, G.H., 1978. Stabilizing agricultural energy needs: Role of forages, rotations, and nitrogen fixation. *Journal of Soil and Water Conservation*, **33**, 279-282.
- HEICHEL, G.H.; MARTIN, N.P., 1980. Alfalfa. 155-160. *CRC Handbook of Energy Utilization*. Ed. D. Pimentel. CRC Press. Boca Raton. Florida. (EEUU).
- HELALIA, A.M.; AL-TAHIR, O.A.; AL-NABULSI, Y.A., 1996. The influence of irrigation water salinity and fertilizer management on the yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agricultural Water Management*, **31**, 105-114.
- HIDALGO, F., 1969. *Variedades de alfalfa y sus áreas de adaptación en España*. Asociación de investigación para la mejora de la alfalfa (AIMA), 78 pp. Zaragoza (España).

- ITAB, 1995. *Guide des matières organiques. Fertilité des sols*. ITAB. Paris (Francia).
- JARRIGE, R. 1978. Alimentation des ruminants. INRA, 697 pp. Versailles (Francia).
- JOURNET, M., 1992. La luzerne dans l'alimentation des ruminants. *X International Lucerne Eucarpia Meeting*, 18-32. Lodi (Italia).
- KARLEN, D.; VARVEL, G.; BULLOCK, D.; CRUSE, R., 1994. Crop rotations for the 21st. Century. *Advances in Agronomy*, **53**, 1-45.
- KELLING, K.K., SCHMITT, M., 1996. Applying manure to alfalfa, How Much and When. *Proceedings of the Twenty Six National Alfalfa Symposium*, 92-102. East Lansing. Michigan (EEUU).
- KLOPFENSTEIN, T., 1991. Utilization of alfalfa protein by ruminant livestock. *Proceedings of the Twenty One National Alfalfa Symposium*, 5-17. Reno. Nevada (EEUU).
- LANYON, L.E.; GRIFFITH W.K., 1988. Nutrition and fertilizer use. En: *Alfalfa and alfalfa improvement*, 333-372. Eds. A. HANSON, D. BARNES, R. HILL. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin (EEUU).
- LARSON, D.L.; FANGMEIER, D.D., 1978. Energy in irrigated crop production. *Transactions of the ASAE*, **21**, 1075-1080.
- LE GALL, A., 1993. Les grandes légumineuses: Situation actuelle, atouts et perspectives dans le nouveau paysage fourrager français. *Fourrages*, **134**, 121-144.
- LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J., 1992. *Crop Ecology: productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press, 538 pp. Cambridge (Reino Unido).
- LÓPEZ BELLIDO L., 1991. *Cultivos Herbáceos: Cereales*. Ediciones Mundi-Prensa, 539 pp. Madrid (España).
- LLOVERAS, J., 1998. La alfalfa en la provincia de Lleida. En: *La alfalfa: Cultivo, transformación y consumo*, 156-158. Ed. M. LLORCA, J. MASIP, F. OLLÉ. Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles (AIFE). Lleida (España).
- LLOVERAS, J. SANTIVERI, P., PONS, J.; FONT, C., 2000. Efecto del abonado nitrogenado invernal en la producción y calidad de la alfalfa en los regadíos del Urgell. *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, 255-261.
- MASS, E.V.; HOFFMAN, G.J., 1977. Crop salt tolerance- current assesment. *Journal of Irrigation and Drainage*. Div., ASCE, **103**, 115-134.
- MAGISTER, M., 1973. *Apuntes de conservación de suelos*. ETSIA, 253 pp. UPM. Madrid (España).
- MAPA (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación), 1996. *Anuario de Estadística Agraria 1994*. MAPA. Madrid (España).
- MAURIES, M., 1994. *La Luzerne aujourd'hui*. France Agricole, 254 pp. Paris (Francia).
- MEZNI, M; BIZID, E.; HAMZA, M., 1999. Effects de la salinité des eaux d'irrigation sur la survie et la croissance de trois cultivars de luzerne pérenne. *Fourrages*, **158**, 169-178.
- MISSELBROK, T.; LAWS, J.; PAIN, B., 1996. Surface application and shallow injection of cattle slurry on grassland: Nitrogen losses, herbage yields and nitrogen recoveries. *Grass and Forage Science*, **51**, 270-277.
- MONSERRAT, P.; FILLAT, F., 1990. The systems of grassland management in Spain *Ecosystems of the world*. 17A. Ed. A. BREZMEYER. Elsevier. Amsterdam (Países Bajos).
- MORGAN, R., 1995. *Soil erosion and conservation*. Longman, 198 pp. Londres (Reino Unido).

- OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), 1997. Environmental benefits of agriculture: concepts. *Environmental benefits from agriculture: Issues and policies. OECD Proceedings*, 35-85. The Helsinki Seminar. Paris (Francia).
- PALACIOS, M.P.; DEL NERO, E.; RODRÍGUEZ, F., 1996. La reutilización de aguas depuradas en la producción de alfalfa en Canarias. *XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. 173-178. Logroño. (España).
- PELTON, R.; MARBLE, V.; WILDMAN, W.; PETERSON, G., 1988. Fall grazing by sheep on alfalfa. *California Agriculture*, **42**, 4-5.
- PIETRITZ, D., 1994. The value of alfalfa in the 21 st. Century. *Proceedings of the Twenty Fourth National Alfalfa Symposium*, 1-5. Springfield. Illinois (EEUU).
- PIMENTEL, D.; BURGESS, M., 1980. Energy inputs in Corn Production. *CRC Handbook of Energy Utilization*, 67-84. Ed. D. PIMENTEL. CRC Press. Boca Raton. Florida (EEUU).
- PIMENTEL, D., PIMENTEL, M., 1996a. Energy use in grain and legume production. En: *Food, Energy and Society*, 107-130. Eds. D. PIMENTEL Y M. PIMENTEL. University Press of Colorado. Niwot. Colorado (EEUU).
- PIMENTEL, D., PIMENTEL, M., 1996b. Energy use in fruit, vegetable, and forage production. *Food, Energy and Society*. 131-138. Eds. D. PIMENTEL, M. PIMENTEL. University Press of Colorado. Niwot. Colorado (EEUU).
- PIMENTEL, D.; HUED, L.; BELLOTTI, A.; FORSTER, M.; OKA, I.; SHOLES, O.; WHITMAN, R., 1973. Food production and the energy crisis. *Science*, **182**, 443-449.
- PIMENTEL, D.; CRUZE, E., 1977. Energy use in food production. En: *Dimensions of the world food problems*, 67-89. Ed. DUNCAN. Iowa State University Press. Ames. Iowa (EEUU).
- PONS, X.; LLOVERAS, J., 1999. Densidades de pulgones en variedades de alfalfa en los regadíos de Lleida (Valle del Ebro). *Investigación Agraria: Producción Vegetal*, **14**, 405-413.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa, 807 pp. Madrid (España).
- POWER, J.F., 1990. Legumes and Crop rotations. En: *Sustainable agriculture in temperate zones*, 178-204. Ed. C.A. FRANCIS. J. Wiley and Sons. New York (EEUU).
- SÁNCHEZ-DÍAZ, M.; AGUIRREOLEA, J. 1993. Efectos fisiológicos que causa la falta persistente de agua en los cultivos. *Phytoma*, **51**, 26-36.
- SCHMITT, T.H.; SHEAFER, C.; RANDALL, G., 1991. Utilization of liquid manure in alfalfa production. *Proceedings of the Twenty One National Alfalfa Symposium*, 30-37. Reno. Nevada (EEUU).
- SHEAFFER, C.C.; TANER, C.B.; KIRKHAM, M.B., 1988. Alfalfa water relations and irrigation. *Alfalfa and alfalfa improvement*. 373-410. Eds. A. Hanson, D. BARNES, R. HILL. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin (EEUU).
- SERVICIO DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, 1998. *Código de Buenas Prácticas Agrarias de Navarra*. Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 52 pp. Gobierno de Navarra. Pamplona (España)
- SND. 1998. *Guide des bonnes pratiques du planteur de lucerne*. Syndicat National des deshydrateurs de France, 7 pp. Paris (Francia).
- SPEDDING, C.R.; WALSHINGHAM, J.M.; HOXEY, A.M., 1981. *Biological Efficiency in Agriculture*. Academic Press, 383 pp. New York (EEUU).
- SUMNER, D.R., 1982. Crop rotation and plant productivity. En: *Handbook of Agricultural Productivity, Vol I: Plant Productivity*, 273-313. Ed. M. RECHÇIGL. CRC Press. Boca Ratón. Florida (EEUU).

- TANJI, K., 1990. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71 American Society of Civil Engineers, 320 pp. New York (EEUU).
- TISDALE, S.; NELSON, W.; BEATON, J.; HALVIN, J., 1993. *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan Publishing Company, 634 pp. New York (EEUU).
- UNDERSANDER, D.; HINTZ, R.; HOWARD, T.; HUTJENS, M.; KILMER, L.; LINN, J.; MARTIN, N.; SHAVER, R., 1993. *Alfalfa for dairy animals*. Certified Alfalfa Seed Council. Davis, 15 pp. California. (EEUU).
- UNDERSANDER, D.; MARTIN, N.; COSGROVE, D.; KELLING, K.; SCHMITT, M.; WEDBERG, J.; BECKER, R.; GRAU, C.; DOLL, J., 1991. *Alfalfa Management Guide*. American Society of Agronomy, 41 pp. Madison. Wisconsin (EEUU).
- URBANO, P., 1992. *Tratado de Fitotecnia General*. Ed. Mundi-Prensa, 895 pp. Madrid (España).
- UNIVERSITY OF WISCONSIN-EXTENSION., 1989. *Nutrient and Pesticide Best Management Practices for Wisconsin Farms*. Wisconsin Department of Agriculture, Trade and Consumer Protection. University of Wisconsin-Extension A-3466 WDATCP. Technical Bulletin ARM-1. 174 pp. Wisconsin (EEUU).
- VILADOMIU, L. 1997. Venturas y desventuras de la alfalfa. Reforma de la PAC, política agroambiental, agroindustria, espacios protegidos y programa LIFE. *Agricultura*, **782**, 742-745.
- WYNN-WILLIAMS, R.; REA, M.; PURVES, R., 1991. Influence of winter treating on lucerne growth and survival. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **34**, 271-275.

ENVIRONMENTAL FEATURES OF ALFALFA PRODUCTION

SUMMARY

A general overview of the main environmental features of the alfalfa production, particularly in Spain, is analysed.

One of the best known peculiarities of alfalfa is its capacity for nitrogen fixation that reduces the use of nitrogen fertilisation for itself and for the subsequent crops.

This feature makes alfalfa a common crop in the traditional cropping systems of many areas of Spain, particularly in the Ebro Valley. In these areas, where alfalfa rotates with maize and wheat, alfalfa can reduce the nitrogen inputs of the following crops by 200 kg N/ha, decreasing the cost of the energy for producing the crops.

At the same time, alfalfa can help to reduce the use of pesticides and herbicides of the subsequent crops. Farmers know this effect, although it is difficult to quantify it.

Alfalfa fits well in the traditional irrigation systems of the Ebro Valley because, when water is scarce there is a yield reduction but the crop is not totally lost. Alfalfa is also considered a high water user, mainly because its long seasonal production. On the other hand, alfalfa can be used in areas with some salinity problems, because of being moderately sensitive to salinity.

As a perennial crop, alfalfa remains on the field for several years covering the ground and consequently reducing soil erosion, mainly in areas not levelled under sprinkled irrigation. At the same time when covering the ground during the entire year the crop protects the fauna.

Alfalfa also gives a “green” look to the countryside at times where all other crops are dry.

An environmental problem that alfalfa can help to reduce is the disposal of slurry manure. Being alfalfa a deep root crop, it can take up certain amounts of slurry helping to reduce soil nitrate problems.

In certain areas of Spain, alfalfa is used for fall and winter pasture of the sheep coming from the mountainous areas, helping to reduce the needs for conserved forages. This practice helps to reduce the amount of weeds and insects in the spring decreasing the application of pesticides.

Although alfalfa is normally considered a crop that requires little pesticide, it can be sprayed as much as four or five times per season in the irrigated areas of the Ebro Valley. However, the use of pesticides can be reduced with better management and further research.

Key words: Energy efficiency, nitrogen fixation, crop rotation, cropping systems, water use, salinity, erosion, pasture, manure, landscape, fauna.