

La dehesa y los recursos forrajeros: fertilización, laboreo y siembra de forrajes. II. Productividad y utilización del agua de lluvia

J. L. Martín Polo^{1*}, C. J. Valle Gutiérrez², A. Blanco de Pablos³ y M. E. Sánchez Rodríguez¹

¹Junta de Castilla y León. Centro de Investigación del Toro de Lidia. C/ Cordel de Merinas, s/n.
37008 Salamanca. España

²Universidad de Salamanca. Facultad de Farmacia. Departamento de Botánica. Avda. Lcdo. Méndez Nieto, s/n.
37007 Salamanca. España

³Consejo Superior de Investigaciones Científicas. C/ Cordel de Merinas, s/n. 37008 Salamanca. España

Resumen

En dos sistemas adeshados, uno con un suelo de pizarras y otro de granitos, se estudió la influencia de la fertilización fosfórica y del laboreo superficial de pastos, así como de la siembra de forraje de avena. Se analizaron la producción primaria y su valor nutritivo, el índice de utilización del agua de lluvia, la evolución del rastrojo de avena con el tiempo, y el estudio económico de los resultados. La fertilización fosfórica y el laboreo superficial de pastos no influyeron sobre la producción primaria de forma significativa. En los sucesivos rebrotes sobre los rastrojos de avena tampoco hubo respuesta a la fertilización fosfórica. La producción de materia seca de avena fue superior a la de pastos en ambos suelos. Los incrementos de producción sobre el testigo están relacionados con el laboreo preparatorio para la siembra de avena y los cambios de vegetación experimentados, efecto que se debilita con el tiempo. En estos sistemas adeshados la utilización del agua de lluvia fue muy baja, necesiéndose para producir 1 kg MS ha⁻¹ de pasto cantidades medias de 0,278 y 0,588 l m⁻² y para avena 0,059 y 0,110 l m⁻², en pizarras y granitos respectivamente, lo que indica una mejor utilización del agua por la avena y por los suelos más fértiles. Hubo respuesta económica a la siembra de avena (252 y 161 euros ha⁻¹ año⁻¹, en pizarras y granitos respectivamente), y no hubo tal respuesta a la fertilización y laboreo superficial de pastos en el período de ensayo.

Palabras clave: pastos, avena, superfosfato, valor nutritivo, pluviosidad.

Abstract

Forage resources in «dehesa» systems: fertilization, tillage, and forage sowing. II. Productivity and use of rain water

In two «dehesa» grasslands with different soils, one over slate and the other over granite, studies were carried out to investigate the influence that phosphoric fertilization, surface tillage of pastures and oat sowing have on the primary production and its nutritive value, on the index of utilization of raining water, and on the evolution of oat stubble with time. Additionally, economic studies of the previous results have been carried out. Phosphoric fertilization and superficial tilling of pastures did not have a relevant influence on the primary production. Additionally, in the successive regrowth over oat stubble there was no response to phosphoric fertilization. The production increments with respect to controls are related to the preparatory tillage for sowing the oats, and the changes that the vegetation experimented. This effect decreased with time. The dry matter production in the oat treatments was higher than in the pastures, both in slate and granite soils. In dehesa systems the use of raining water for the production of 1 kg dry matter ha⁻¹ was very low, and, on the average, 0.278 and 0.588 l m⁻² were needed in pastures, but this amount decreased significantly in the oats: 0.059 and 0.110 l m⁻² in slates and granites, respectively; with better use of the water in the more fertile soils. The economic response to the oat sowing was about 252 and of 160 euros ha⁻¹ year⁻¹ in slates and granites, but there was no economic response to the fertilization and superficial tilling of pastures during the period of the experiment.

Key words: pasture, oat, superphosphate, nutritive value, rain water.

* Corresponding author: caglidia@jcy.l.retecal.es

Received: 08-06-01; Accepted: 19-09-02.

Introducción

En la primera parte de este trabajo (Martín Polo *et al.*, 2003), se estimaron las consecuencias de la aplicación de las prácticas habituales de fertilización, laboreo y siembra de forrajes en los sistemas adhesionados, observándose que especialmente la fertilización fosfórica y el laboreo profundo preparatorio para la siembra de forrajes originan cambios en la composición del suelo, así como en la cobertura vegetal y composición florística, con períodos de recuperación superiores a cinco años para el suelo y de tres años para la vegetación.

Con la fertilización fosfórica se pretende corregir la deficiencia en fósforo de estos suelos, factor limitante cuando la pluviosidad es suficiente. Con el laboreo y siembra de forrajes se pretende una mejor utilización del agua, que junto a las temperaturas mínimas, limitan la producción de forrajes en esta zona del centro-oeste español (Martín Polo, 1976).

El laboreo y la fertilización influyen en la utilización que hacen las plantas del agua de lluvia (Cantero-Martínez *et al.*, 1999; O'Leary y Connor, 1998), a la vez que originan cambios en la vegetación y en el valor nutritivo (Ansin *et al.*, 2000), lo que finalmente influye en la productividad.

En esta segunda parte del trabajo, se estudió la respuesta a la fertilización, laboreo y siembra de forrajes a través de la producción de materia seca y de los cambios originados en la calidad del forraje, en la utilización del agua de lluvia y la viabilidad económica.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en dos sistemas adhesionados, uno sobre suelos derivados de pizarras y otro de granitos. El diseño y tratamientos del ensayo fueron descritos en la primera parte del trabajo, donde se consideró el pasto natural como tratamiento testigo (E); fertilizado con 250 kg ha⁻¹ de superfosfato del 18% en P₂O₅ (F); fertilizado y con un laboreo superficial (5-10 cm) el primer año (1994) (L), y siembra de avena (A). Cada año se incorporó una subparcela nueva de avena al ensayo, quedando la del año anterior abandonada de rastrojo y dando lugar a los tratamientos R1, R2, R3 y R4, según fueran rastrojos de un año, dos, tres y cuatro, respectivamente. Parte de estos rastrojos se fertilizó y parte no, dando los fertilizados lugar a los tratamientos R1F1, R2F1, R3F1, R2F2, R3F2 y R3F3, si

la fertilización era de uno, dos ó tres años, F1, F2 y F3, respectivamente. En estos tratamientos se tomaron muestras en 1998, para seguir con el control del efecto residual, lo que dió lugar a estos tratamientos con un año más, hasta R4. De cada tratamiento se hicieron tres repeticiones.

Las determinaciones analíticas tuvieron como fin ayudar a evaluar la productividad, definida como materia seca (MS) × valor nutritivo. La producción de MS se estimó mediante corte de diez subparcelas cuadradas de 0,25m², en la fase de grano lechoso-pastoso en el caso de la avena, y en la floración de la mayoría de las especies en el caso del pasto, desecándose a 60°C durante 48 horas. La materia orgánica (MO) de los tejidos vegetales se determinó mediante estimación de cenizas por calcinación a 500°C durante 5 horas; la proteína bruta (PB=N Kjeldhal × 6,25); la materia orgánica digestible (MOD), con neutrodetergente celulasa (Basery y Campling, 1988), lo que permitió obtener a la vez fibra neutro detergente (FND). Así mismo se introdujeron ovejas en pastoreo con arneses para controlar las heces, donde se analizó lignina (Lig) con ácido sulfúrico, así como en la oferta de pasto al objeto de estimar la ingestión, y a su vez la digestibilidad de la MO y de la energía bruta (EB). La energía metabolizable (EM) se estimó como energía digestible (ED) × 0,82 (Heany, 1979).

La utilización del agua se midió por la relación de la producción primaria de MS en kg ha⁻¹, respecto a los litros de agua m⁻² caídos durante el año, al que se dio el nombre de índice de utilización del agua (IUA).

Para el estudio económico se tuvieron en cuenta los gastos originados en cada tratamiento y el valor de la producción del mismo. Dado que la calidad forrajera fue diferente según el tratamiento, para disminuir errores se refirió a la producción de proteína por hectárea, tomando como referencia el valor medio del precio de mercado del henificado de pradera de siega, de alfalfa y avena.

Las diferencias entre tratamientos se estimaron mediante análisis de varianza, según el programa Statgraphics para Windows (1995).

Resultados y Discusión

Producción primaria

La producción primaria se refiere a la producción anual de MS en cada tratamiento, y engloba las pro-

ducciones de primavera y otoño. Las producciones de primavera en la mayoría de los casos representan el 90% de la producción total.

En pastos, las producciones medias de los 4 años de estudio (1994-1997) en los tratamientos E, F y L fueron respectivamente 1.843 ± 829 , 2.278 ± 1.009 y 2.339 ± 1.003 kg MS ha⁻¹ en el suelo de pizarras, y 1.033 ± 383 , 1.075 ± 393 y 1.377 ± 566 kg MS ha⁻¹ en el suelo de granitos. Hubo una respuesta significativa ($P < 0,05$) en pizarras en 1995 al tratamiento L (interacción positiva laboreo-fertilización), así como en el año 1998 al efecto residual de los tratamientos F y L.

Es posible que el bajo pH (5,2 y 5,1 respectivamente en pizarras y granitos) fije al suelo buena parte del fósforo del fertilizante, no dejándolo disponible para la planta, por lo que un encalado para elevar el pH posiblemente haría más efectiva la fertilización fosfórica (Martín Polo y Prat Pérez, 1989).

Destacó la producción de MS en el tratamiento de siembra de avena (A) con valores muy superiores a E ($P < 0,001$) (8.512 ± 1.457 y 5.438 ± 1.684 kg Ms ha⁻¹, en pizarras y granitos). Las mayores diferencias respecto a E se dieron en los años de menor producción de pastos, así por ejemplo en pizarras en 1997 la relación A/E fue de 6,1 mientras que en 1996 fue de 3,3; en granitos fue 4,9 y 6,4, en 1997 y 1996, respectivamente. Los resultados sugieren que en los años más adversos, con menor producción de pasto, fue más ventajosa la siembra de avena.

La producción de MS en los tratamientos de rastrojo de avena (R1, R2, R3 y R4), fue mayor ($P < 0,05$) que en el testigo, con incrementos de 1.250 ± 425 , 450 ± 100 , $500 \pm 0,0$ y $0,0$ kg MS ha⁻¹ respectivamente en el suelo de pizarras y de 475 ± 119 , 817 ± 689 , 387 ± 137 y 100 kg MS ha⁻¹ en el suelo de granitos, que como se observa disminuye con el tiempo al debilitarse el efecto residual del laboreo y la fertilización, lo que concuerda con el dicho popular: «*lo nuevo produce más, especialmente los años secos*». «Lo nuevo» se refiere a los rastrojos abandonados de poco tiempo. Sin embargo, para López Carrasco *et al.* (1999), hasta el segundo año no se recupera la capacidad productiva en pastos labrados y abandonados del noroeste de Castilla-La Mancha.

No hubo respuesta significativa ($P > 0,05$) en el rastrojo a la fertilización fosfórica, y solamente fue significativo ($P < 0,05$) el efecto residual en los tratamientos R4F2 y R4F3 en el suelo de pizarras, por lo tanto la acción del laboreo justificaría la mayor parte del incremento de producción.

La mayor producción de MS conseguida en siembras de avena y rebrotes puede explicarse por la mayor acumulación de agua con el barbecho (Cantero-Martínez *et al.*, 1999), por mayor disponibilidad de nutrientes como consecuencia de la descomposición de la MO con el laboreo (O'Leary y Connor, 1998), o bien por el mayor potencial productivo de la avena como planta cultivada. Por otra parte, Armstrong *et al.* (1999a) encontraron que las plantas anuales extraen el agua del suelo más rápidamente que las perennes en la estación de crecimiento, mientras que, sin embargo, las perennes tienen la habilidad para extraer agua a un mayor potencial matricial.

Se observaron diferencias de producción entre años ($P < 0,05$), como lo demuestran las altas desviaciones, por lo que las condiciones climáticas influyeron en la producción de MS, aunque no se encontró correlación con las variables meteorológicas controladas, precipitación y temperatura media.

Valor nutritivo

No se tuvo en cuenta el valor nutritivo de la producción de otoño, por la escasa influencia en la calidad de la producción total, por lo que la interpretación que se ofrece a continuación se refiere a los resultados de primavera.

Fibra

El contenido medio de FND del pasto (E) durante los cuatro años fue de 64,3 y 54,7%, en pizarras y granitos, con oscilaciones entre 59,6 y 73,1% y entre 47,4-65,3%, respectivamente. En avena (A) se obtuvieron valores medios de 53,5 y 55,9% en pizarras y granitos, con valores extremos de 48,0-63,3 y 49,6-65,1%. Por lo general la fertilización (F) y el laboreo (L) de pastos disminuyeron el contenido en fibra ($P > 0,05$).

En los rebrotes o rastrojo de avena R1, R2 y R3 los valores medios fueron respectivamente 56,3, 58,0 y 66,1% en pizarras, y 52,8, 56,1 y 60,0% en granitos, contenidos que se incrementaron con el tiempo, consecuencia probable de la evolución de la vegetación al estado inicial (Martín Polo *et al.*, 2003). Estos valores de fibra fueron concordantes con los encontrados por Rico *et al.* (1986) para los pastos de esta zona. También en los henificados de avena, Martín Polo y García Bellido (1995) encontraron valores medios de FND

de 63,4%, mientras que Rodríguez Castañón *et al.* (1995) en prados naturales de Asturias aprovechados en pastoreo encontraron valores medios de 45,1% de MS, y en pasto de monte 61,8%.

Lignina

Los contenidos medios de Lig en pastos fueron 9,5 y 13,1% en pizarras y granitos, con valores extremos de 6,0-12,2 y 12,0-14,9%, respectivamente. Estos contenidos disminuyeron significativamente ($P < 0,05$) con la fertilización fosfórica y el laboreo, especialmente en el suelo de pizarras. En avena, se encontraron valores medios de 8,4 y 7,5%, comprendidos entre 6,2-9,6 y 5,3-10,0%, respectivamente. En los rebrotes R1, R2, R3, los valores medios fueron 9,3, 9,6 y 14,5% en pizarras y 10,3, 11,6 y 11,6% en granitos, donde también se observó un incremento del contenido en Lig con el tiempo.

Materia orgánica digestible

Se obtuvieron contenidos medios de MOD en pasto de 53,4 y 62,3% y en avena 62,9 y 58,7% en pizarras y granitos, con diferencias significativas entre años ($P < 0,05$). La fertilización y el laboreo en pastos no influyeron en estos contenidos ($P > 0,05$). Bellido *et al.* (1986) obtuvieron un valor medio anual del 55,5% en pastos del S.O. español, mientras que Martín Polo y García Bellido (1995), encontraron para los henificados de avena de la provincia de Salamanca un contenido medio del 51,8%, inferior a los obtenidos en este trabajo, probablemente porque las pérdidas en la práctica habitual de recogida de los henificados en el campo son mayores.

En los rastrojos o rebrotes de los tratamientos de avena, la MOD no difirió del contenido en pasto ($P > 0,05$), y no estuvo influenciada por la fertilización fosfórica ($P > 0,05$).

Energía metabolizable

La EM fue muy constante entre tratamientos ($P > 0,05$), obteniéndose valores medios para los pastos de 9,6 y 9,4 MJ kg⁻¹ MO; en avena 10,2 y 9,2 MJ kg⁻¹ MO en pizarras y granitos, respectivamente. La EM no se vió afectada ($P > 0,05$) por la fertilización fos-

fórica o el laboreo. Bellido *et al.* (1986), para pastos de dehesa del S.O. español, obtuvieron valores comprendidos entre 7,6 y 10,0 MJ kg⁻¹ MS; en cambio Givens *et al.* (1989), para pastos de zonas húmedas obtuvieron 11,2 MJ kg⁻¹ MS; Martín Polo y García Bellido (1995), en henificados de avena de la provincia de Salamanca, obtuvieron un valor medio de 8,1 MJ kg⁻¹ MS. Estos valores son inferiores probablemente por las pérdidas en el proceso de henificación ya comentadas y por el estado vegetativo más avanzado. Rodríguez Castañón *et al.* (1995) encontraron valores medios de 10,6 MJ kg⁻¹ MS en prados naturales, y 9,1 MJ kg⁻¹ MS en pastos de monte, en la estación de primavera.

Contenido proteico

La avena tuvo un contenido proteico más bajo ($P < 0,05$) que el pasto, con valores medios de 7,5 y 6,8% en MS en pizarras y granitos, comprendidos entre 5,8 y 9,6 y 6,3 y 7,3%, respectivamente. Los henificados de avena de la misma zona tuvieron un valor medio de 5,7±1,3 % (Martín Polo y García Bellido, 1995). En pastos, el contenido medio de PB fue de 9,6 y 8,2 en pizarras y granitos. Rodríguez Castañón *et al.* (1995) obtuvieron en primavera valores medios en prados naturales de 21,0%, y en pasto de monte 15,0%. Los contenidos de PB no estuvieron influenciados ($P > 0,05$) por la fertilización fosfórica o el laboreo en pizarras, aunque sí en granitos ($P < 0,05$) en los años 1995, 1996 y 1997. El contenido en los rebrotes R1, R2, R3 y R4 en el suelo de pizarras fue inferior ($P < 0,05$) al del pasto natural (E), aunque en granitos fue al contrario. Estos contrastes serían explicables fundamentalmente por la diferencia de vegetación entre suelos, y la posterior recuperación de la vegetación.

Para ver la posible influencia, se relacionó la vegetación con los parámetros analizados (FND, PB, MOD y EM) para estimar el valor nutritivo de ésta.

Solamente la PB se correlacionó muy significativamente con la proporción de leguminosas (Le), con un nivel de confianza en la tabla del ANOVA del 99% a través del modelo lineal:

$$(1) \text{ PB} = 7,2731 + 0,0953 \text{ Le} ; n=40; F=72,68 ; SE=1,2571 ; CC = 0,8067$$

Se correlacionó en menor proporción con las gramíneas (G). Si se incluyen ambas:

$$(2) \text{ PB} = 7,9819 - 0,0161G + 0,0879 \text{ Le} ; n=40; F=36,19; SE=1,2645; R^2=0,6557$$

El modelo tal y como se ajusta, no explica mayor relación de estos parámetros con PB, por lo que G se puede sacar del mismo, pudiéndose utilizar el (1).

Índice de utilización del agua de lluvia

Hemos utilizado este índice como la relación entre la producción primaria por hectárea (en kg de MS) y la cantidad de agua caída durante el año (en L m⁻²). Römer y Fahning (1998) emplearon el mismo criterio para estimar la utilización del fósforo del suelo por las plantas, relacionando la producción de MS con el contenido de fósforo en el suelo. Armstrong *et al.* (1999a) tomaron la producción de MS como método para evaluar la efectividad del uso del agua del suelo.

Los resultados se muestran en la Figura 1.

Sorprende la cantidad de agua que es necesario aportar para producir 1 kg MS ha⁻¹. Así por cada L m⁻² (10.000 L ha⁻¹), las producciones de pasto en el tratamiento testigo fueron de 2,8; 3,3; 6,1 y 2,2 kg MS ha⁻¹ en pizarras, y de 1,8; 1,3; 2,7 y 1,0 kg MS ha⁻¹ en granitos, en los años 1994, 95, 96 y 97, respectivamente. La utilización del agua en estos sistemas adhesionados fue mínima, ya que es el factor limitante de la producción junto con las temperaturas en esta zona semiárida.

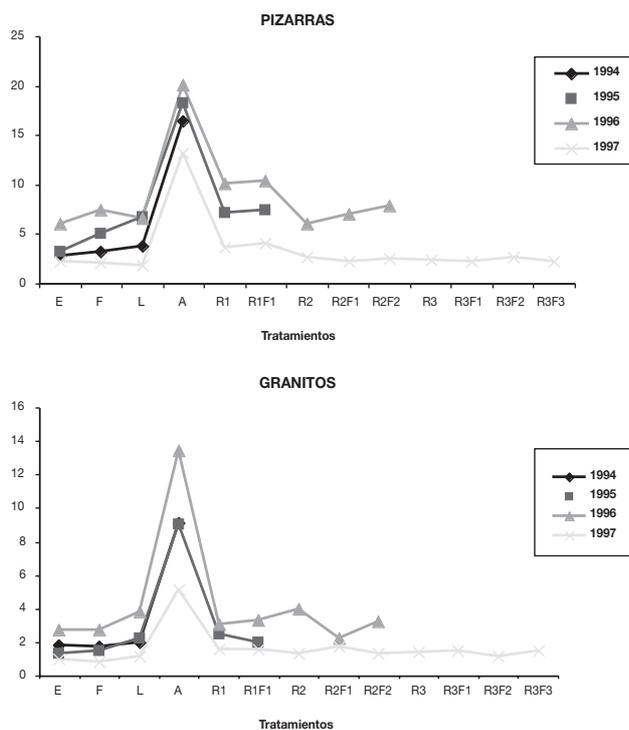


Figura 1. Índice de utilización del agua.

Los índices mejoraron ($P < 0,001$) especialmente con la siembra de avena, 16,4, 18,3, 20,1 y 13,2 kg MS ha⁻¹ L m⁻² en pizarras, y 9,1, 9,0, 13,4 y 5,1 kg MS ha⁻¹ L m⁻² en granitos, en los años 1994, 95, 96 y 97, respectivamente. En otros tratamientos, se obtuvieron valores intermedios entre los valores del testigo y los de la avena. Podemos interpretar que se consiguió una mejor utilización del agua en el laboreo, en la siembra de avena y en rebrotes, en el suelo más fértil (pizarras), así como en los años más adversos (menor producción de MS de los pastos). Cantero-Martínez *et al.* (1999) llegaron a la conclusión de que el barbecho y en concreto el barbecho químico (no laboreo) retiene más agua, 83 mm más que el tradicional (laboreo profundo). Otros autores como Fischer (1987) y Loomis y Connor (1992), afirmaron que se obtiene un mayor beneficio agronómico con los barbechos de largo tiempo, 10-18 meses, que proporcionaron al suelo reservas adicionales de agua para la cosecha.

La acción del barbecho preparatorio para la siembra de avena (7 a 8 meses) y la mayor capacidad productiva de ésta, dieron lugar a una mejor utilización del agua que la de la propia vegetación espontánea (pasto), adaptada a las condiciones semiáridas de la zona, con poca capacidad de respuesta frente a los *inputs* establecidos (fertilización y laboreo).

El laboreo facilitaría la penetración del agua (Pelegrin *et al.*, 1996) y la liberación de nutrientes y la mayor aireación del suelo. Para O'Leary y Connor (1998), el laboreo reduce el nitrógeno mineral del suelo en aproximadamente 20 kg N ha⁻¹. La mejor utilización del agua en los suelos más fértiles posiblemente radica en su mayor capacidad de retención del agua y en su fertilidad. Para Armstrong *et al.* (1999b), la adición de fertilizante nitrogenado favorece la utilización del agua.

Por lo tanto, la siembra de avena para producción de forraje es una práctica que incrementa significativamente ($P < 0,01$) la utilización del agua de lluvia, lo que facilita en estos sistemas un aporte de forraje, especialmente los años más adversos.

Estudio económico

Para el estudio económico se tuvieron en cuenta los gastos originados en cada tratamiento y el valor de la producción del mismo. La productividad de cada tratamiento se estimó multiplicando la producción primaria de MS por el valor nutritivo, que a su vez depende del estado vegetativo y de la composición florística.

De las variables analizadas para estimar el valor nutritivo, la metodología empleada para la PB ($N\text{-Keldal} \times 6,25$) es la más fiable y generalizada en la valoración de productos forrajeros, así como la más correlacionada con la composición florística, como se vio anteriormente. Para simplificar la estimación del valor nutritivo y disminuir errores, decidimos referirlo al valor de la producción de PB por hectárea (Tabla 1). Se tomó el valor medio de los precios de mercado de los henificados de alfalfa, de pastos naturales y de avena, productos muy utilizados en las explotaciones ganaderas de pastoreo extensivo.

Utilizando los criterios de McDonald *et al.* (1986), el contenido de PB de heno de alfalfa y de pastos naturales fue de 17,1 y 8,8% de MS, respectivamente. Los valores medios obtenidos para los henificados de avena y pradera de siega natural de la zona del ensayo fueron 5,7 y 7,6% de MS (Martín Polo y García Bellido, 1995). El precio medio de mercado del kg de MS, correspondiente al período de ensayo fue de 0,14, 0,10 y 0,08 euros kg^{-1} MS para los henos de alfalfa, pradera de siega y de avena, respectivamente, resultando un precio

medio por kg de PB de 1,06 euros. No se tuvieron en cuenta otras características nutricionales de estos productos, para no complicar la estimación de su valor.

Para cuantificar los costos por tratamiento, se incluyó el precio de las labores, el del fertilizante, la semilla de avena y el herbicida, así como la recogida en el forraje de avena, con los siguientes resultados en euros: 0, 54, 69 y 240 para los tratamientos E, F, L y A, respectivamente. En el tratamiento L, solamente se hizo laboreo el primer año (1994), por lo que los gastos sucesivos se limitaron al fertilizante (45 euros). En la producción del tratamiento de avena, se incluyó el efecto positivo de los rebrotes sumándole dicha cantidad, así como se le restó la producción de otoño de pasto del año anterior. Como en el año 1994 no se dispuso de este dato, se tomó la media de los años siguientes. Tampoco se dispuso de los datos de producción de los tres rebrotes de la siembra de avena de 1996 y 1997, por lo que quedaron incompletos. Los cálculos se muestran en la Tabla 1. Los resultados confirman que no hay respuesta económica ($P > 0,05$) a la fertilización fosfórica ni al laboreo de los pastos, y sí

Tabla 1. Valor de la producción de proteína, costos y margen bruto, durante los años de ensayo, en euros

Tratamiento	Pizarras				Granitos			
	PB	IB	IN	T-E	PB	IB	IN	T-E
Año 1994								
E	109	116	116	—	75	80	80	—
F	130	138	93	-23	71	76	30	-49
L	141	150	90	-26	87	93	32	-47
A	496	528	287	171	512	545	304	225
Año 1995								
E	162	172	172	—	83	88	88	—
F	265	282	237	64	116	123	78	-10
L	280	298	253	80	153	145	118	29
A	652	694	453	281	430	457	217	129
Año 1996								
E	378	402	422	—	165	176	176	—
F	502	534	489	87	211	225	179	4
L	376	400	355	-47	264	281	136	60
A	697	742	99	129	547	582	342	166
Año 1997								
E	136	145	145	—	67	72	72	—
F	146	155	110	-34	77	82	37	-34
L	116	123	78	-66	132	140	95	24
A	683	727	486	341	295	314	73	2

Tratamientos: E: testigo, F: fertilizado, L: con laboreo y fertilizado, y A: siembra de avena. PB: proteína bruta (kg ha^{-1}). Su precio se estimó en 1,06 euros kg^{-1} , siendo C: costos en euros ha^{-1} año $^{-1}$, E: 0 euros, F: 45, L: 60 y A: 240. IB: ingresos brutos. IN: ingresos netos = IB-C. T-E: diferencia en euros con el testigo.

($P < 0,01$) a la siembra de avena todos los años, mayor en el suelo más fértil (pizarras). En los años de mayor producción de pasto (especialmente en pizarras) hay tendencia a la reducción del margen económico. Esto indicaría de nuevo que las condiciones climáticas adversas afectan menos a la avena que al pasto. El rendimiento económico medio de los cuatro años fue de 223 ± 88 y 130 ± 65 euros ha^{-1} en pizarras y granitos. Se tuvo en cuenta el año 1997 para la media en suelos de granito, valor que podría desecharse estadísticamente, pero es un valor real cuya desaparición enmascararía el resultado y no daría el valor económico real del período del ensayo.

En el estudio económico no se ha tenido en cuenta la subvención por siembra de cereales de la política agraria comunitaria, más de 120 euros ha^{-1} , como tampoco se tuvo en cuenta el aprovechamiento de rastrojo por los animales (vacas, ovejas) después de la recogida del forraje de avena, ni otros efectos no cuantificados y que también aportarían un valor añadido cuando la siembra se hace en zonas de monte adeshado, o en zonas de matorral (*Thymus*, *Cistus*, *Cytisus* spp.), sirviendo para controlar estas zonas y favorecer el estrato arbóreo, asegurando la producción de bellota prácticamente todos los años.

Desde el punto de vista económico, los resultados permiten recomendar la siembra de avena en los sistemas adeshados como fuente forrajera para la explotación, y en muchos casos de control del ecosistema.

Como conclusiones:

1. Hay respuesta de la producción a la siembra de avena así como al efecto residual (rebrotos-rastrojo) de ésta. No hay respuesta significativa de la producción de pastos a la fertilización fosfórica ni al laboreo superficial.

2. En los sucesivos rebrotos de avena no hay respuesta a la fertilización fosfórica, por lo que el efecto residual es debido fundamentalmente a la acción del laboreo preparatorio para la siembra de avena.

3. El valor nutritivo está influenciado por la fertilización fosfórica en suelos de granito, pero no de pizarras. Este valor depende asimismo de la composición florística, como lo prueba la alta correlación obtenida entre el contenido proteico y la proporción de leguminosas y gramíneas.

4. En los sistemas adeshados la cantidad de agua necesaria para producir 1 kg de MS ha^{-1} con el pasto es muy elevada, con medias de 0,278 y 0,588 L m^{-2} en pizarras y granitos, respectivamente, que mejoran con la siembra de avena con medias 0,059 y 0,110 L m^{-2} .

5. No hay respuesta económica a la fertilización y al laboreo de los pastos, sí a la siembra de avena con valores medios de 222 y 130 euros $ha^{-1}año^{-1}$ en pizarras y granitos respectivamente. Esta respuesta es mayor en los años menos productivos para el pasto.

6. Se puede recomendar la siembra de avena en los sistemas adeshados como fuente forrajera rentable para una mejor utilización del agua de lluvia, mientras que no resulta rentable la fertilización fosfórica del pasto.

Referencias bibliográficas

- ANSIN O.E., OYHAMBURU E.M., DELGADO CAFFE J.L., 2000. Efectos de la roturación del suelo, durante el agregado de fosfato diamónico, sobre la estructura y el funcionamiento de un pastizal húmedo-alcalino de la pampa deprimida bonaerense (Argentina) Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 15, 5-12.
- ARMSTRONG R.D., McCOSKER K., JOHNSON S.B., WALSH K. B., MILLAR G., KUKOPF B., STANDLEY J. PROERT M. E., 1999a. Legume and opportunity cropping system in central Queensland. 1. Legume growth, nitrogen fixation, and water use. Aust. J. Agr. Res. 50, 909-924.
- ARMSTRONG R.D., McCOSKER K., MILLAR G., KUKOPF B., JOHNSON S, WALSH K. B., PROERT M. E., STANDLEY, J., 1999b. Legume and opportunity cropping system in central Queensland. 2. Effect of legumes on following crops. Aust. J. Agr. Res. 50, 925-936.
- BASERY M., CAMPLING R.C., 1988. Prediction of temperate forage intake and digestibility using "in vitro" techniques. MARDI Res. J. 16, 33-42
- BELLIDO M.M., ESPEJO D. M., PLAZA, G T., 1986. Metodología para las determinación de carga ganadera de pastos extensivos. MAPA. SIA de la Junta de Extremadura, 37 pp.
- CANTERO-MARTÍNEZ C., LEARY G.J.O., CONNOR D.J., 1999. Soil water and nitrogen interaction in wheat in a dry season under a follow-wheat cropping system. Australian Journal of Experimental Agriculture 39, 29-37.
- FISCHER, R.A. 1987. Response of soil and crop water relations to tillage. En: Tillage. New directions in Agriculture. (Eds. P.E. Cornish y J.E. Pratley), pp194-221.
- GIVENS D. I., JEANNIE M. E., ADAMSON A.H., 1989. The digestibility and metabolizable energy content of grass silage and their prediction from laboratory measurement. Animal Feed Science and Technology 24, 27-43.
- HEANY D.P., 1979. Sheep as pilot animal. Animal Research Institute, Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Canada K.I. A 0C6, pp 44-48.
- LOOMIS R.S., CONNOR D.J., 1992. Crop Ecology. (Cambridge University Press : London) 538 pp.
- LÓPEZ-CARRASCO F.C., RODRÍGUEZ C.R., ROBLEDO G. J.C., 1999. Efecto de la fertilización fosfórica en la transformación a pastizal de un cultivo forrajero en la Campana de Oropesa (Toledo). Actas de la XXXIX Reunión Científica de la S.E.E.P. Almería. 1999. pp.407- 412.

- MARTÍN POLO J.L., 1976. Evaluación de la fertilidad del suelo para pastizales naturales. *Agronomía Lusitana* 37, 123-150.
- MARTÍN POLO J.L., GARCÍA BELLIDO I., 1995. Calidad de los henos de las zonas ganaderas de Salamanca. I.- Composición química e influencia de factores externos. *Invest. Agr: Prod. Veg.* 10, 111-121.
- MARTÍN POLO J.L., PRAT PÉREZ L., 1989. Las necesidades de cal de los suelos ácidos de la provincia de Salamanca. II. Excelentísima Diputación Provincial de Salamanca, 63 pp.
- MARTÍN POLO J.L., VALLE C.J., BLANCO P.A., SÁNCHEZ R. M.E., 2003. La dehesa y los recursos forrajeros: I.- Fertilización, laboreo y siembra de forrajes. *Span. J. Agric. Res.* 1, 23-33.
- MCDONALD P., EDWARDS R.A., GREENHALGH J.F.D., 1986. *Nutrición Animal*. 3ª ed. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza. España, 476 pp.
- O'LEARY G.I., CONNOR D.J., 1998. A simulation study of wheat crop response to water supply, nitrogen nutrition, stubble retention and tillage. *Aust. J. Agric. Res.* 49, 11-19.
- PELEGRIN F., MORENO F., MARTÁN ARANDA J., FERNÁNDEZ J.E., 1996. Influencia del sistema de laboreo en la resistencia a la penetración y otras propiedades físicas del suelo. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 11, 409-425.
- RICO M., GARCÍA C.B., PUERTO M.A., 1986. Comunidad de pastizal de dos unidades de explotación en régimen ganadero extensivo. I.- Descripción de la vegetación. *Estudos da Estação de Melhoramento de Plantas, Elvas. Portugal. Melhoramiento* 29, 1-72.
- RODRÍGUEZ CASTAÑÓN A.A., RODRÍGUEZ C.J.I., MARTÍNEZ F.A., 1995. Forrajes empleados en la alimentación del vacuno de carne de Asturias. *Actas XXXV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, pp 233-240.
- RÖMER W., FAHNING J., 1998. Uptake and utilization of phosphorus by three inbred lines of *Lolium multiflorum* Lam. and their hybrids. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 161, 35-39.