

EFFECTO RESIDUAL DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES DE NUEVA GENERACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE PASTOS HERBÁCEOS EN UNA DEHESA TOLEDANA

RESIDUAL EFFECT OF NEW FERTILIZERS ON YIELD, DIVERSITY AND BOTANICAL COMPOSITION ON HERBACEOUS PASTURES IN A DEHESA OF TOLEDO (SPAIN)

C. LÓPEZ-CARRASCO¹, M. J. GÓMEZ², J. M. CARPINTERO³, J. BRAÑAS³ Y S. ROIG².

¹ Lab. de Sanidad Animal. J.C. Castilla-La Mancha, 45600 Talavera de la Reina. lcarrasco@local.jccm.es. ²Dpto. Silvopascicultura. U. P.M, 28040 Madrid. ³Dpto. I+D+i. Fertiberia S.A. Avda. Francisco Montenegro s/n, 21001 Huelva.

RESUMEN

La mejora de pastos herbáceos en la dehesa está asociada a la aplicación de fertilizantes fosfóricos para incrementar su producción y el contenido de proteínas mediante el aumento de la cantidad de leguminosas. El principal factor limitante para que la fertilización sea efectiva es la disponibilidad de agua, ya que en años con escasas precipitaciones no se registran aumentos de la producción ni del contenido en leguminosas. Por otra parte, en el caso de los fertilizantes fosfóricos existe un interesante efecto residual tras el cese de la aplicación, o bien un efecto retardado (aprovechamiento en año húmedo tras aplicación en año seco). Se evaluó el efecto residual de dos fertilizantes fosfóricos de nueva generación sobre la producción, riqueza y diversidad herbácea en la dehesa. El experimento se realizó en el "Dehesón del Encinar", Oropesa, en 2013, en un área fertilizada previamente, durante tres años consecutivos con 36 UF de P₂O₅ de un fertilizante complejo NPK (bajo contenido en N) o con fosfatos naturales de Gafsa. Aunque no se obtuvo más producción anual en los pastos fertilizados, tras el cese de la fertilización, éstos presentaron un contenido superior en leguminosas (27%) frente al control (13%), y mayor diversidad (3,3) que en el control (2,9).

Palabras clave: fosfatos naturales, NPK, composición específica.

SUMMARY

Herbaceous pastures improvement is generally associated to phosphorous (P) fertilization. The objective of this practice is to increase dry matter yield and protein content through legume proportion rise. The main limiting factor for P fertilization effectiveness is water availability. There is also a residual effect after P fertilizer application or even a delayed effect in humid years after dry years with P fertilization. We analyze in this paper the delayed effect of traditional and new P fertilizers in *dehesa* herbaceous pastures in terms of yield, richness and botanical composition. The experiment was conducted in the CIA Dehesón del Encinar (Oropesa, Toledo) during 2013, monitoring three treatments: control, 36 UF of P₂O₅ on NPK or Gafsa natural phosphates. The delayed effect of P fertilization did not produce yield increments but the fertilized treatments showed higher legume contents (27%) than control treatment (13%), and higher diversity level (fertilizer treatments: 3,3 vs control: 2,9).

Key words: natural phosphates, NPK, specific composition.

INTRODUCCION

La mejora de pastos herbáceos en la dehesa, se basa en la aplicación de fertilizantes fosfóricos para incrementar la producción de materia seca y el contenido de proteínas mediante el aumento de la cantidad de leguminosas, pero la eficacia de dichos fertilizantes, depende principalmente de la cantidad y distribución de lluvia (especialmente en otoño y primavera), siendo nula en años secos, alta en años medios y baja en años muy lluviosos. El fósforo es un elemento poco móvil en el suelo, al que se presupone un interesante efecto residual de su aplicación una vez que cesa la fertilización, (Olea *et al.*, 1994). La necesidad de aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes es obvia, de ahí el desarrollo de nuevos productos que optimicen la producción de pasto sin afectar a su riqueza en especies y diversidad. En este sentido, hemos desarrollado un proyecto de investigación sobre la aplicación de nuevos fertilizantes durante tres años consecutivos, con diferentes resultados, muy condicionados por el régimen de precipitaciones, especialmente los dos últimos años que han sido secos o extremadamente secos (López-Carrasco *et al.*, 2012; López-Carrasco *et al.*, 2013). Esta circunstancia, nos proporciona la oportunidad de evaluar el efecto residual del fósforo en el año siguiente al cese de la fertilización, sobre la producción, composición y diversidad de pastos seminaturales de dehesa, lo que nos ayudaría a realizar recomenda-

ciones más precisas en el empleo de dichos fertilizantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el CIA Dehesón del Encinar, Oropesa, Toledo, en tres parcelas de cinco hectáreas de superficie con relieve suave y densidad baja del arbolado (20 pies/ha), con la encina (*Quercus ilex ssp ballota*, Lam.) como especie dominante. El suelo es franco-arenoso, pH ácido, bajo contenido en MO, N y moderado en P (López-Carrasco *et al.*, 1999). La vegetación herbácea, se corresponde con pastos de anuales subnitrofilos (posíos), de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae* y el orden *Sisymbrietalia officinalis*, pastada por ovejas de raza Talaverana. Las parcelas habían sido fertilizadas en los otoños de 2009, 2010 y 2011, suspendiéndose el aporte de los fertilizantes a partir del otoño de 2012. Los tratamientos de fertilización probados fueron: (1) control (PN), (2) fertilización con 36 U.F. de P_2O_5 en forma de roca fosfórica (26,5 % de P_2O_5 , apto para agricultura ecológica) (FG) y (3) abono complejo NPK (8-24-8) con la misma dosis de P que el tratamiento anterior (NPK). Una descripción de los dos productos fertilizantes puede encontrarse en López-Carrasco *et al.* (2012). Se realizaron análisis de suelo en octubre de 2012, (15 muestras/tratamiento) para las variables: pH (pasta 1/2,5 agua), C/N, % N total (Kjeldahl), % Materia Orgánica (Walkley-Black), Fósforo Olsen, K, Ca y Mg

de cambio (acetato amónico), NH_4 cambiante y NO_3 en solución de suelo determinados por espectrofotometría. En la primavera de 2013 se realizaron muestreos quincenales desde mitad de marzo hasta final de mayo, utilizando jaulas de exclusión de 2m^2 de superficie. Se cosechó la hierba en 15 puntos por parcela (dos marcos de 50×50 cm por punto, uno de ellos reservado para estimar la composición específica). Se estimó el porcentaje de materia seca mediante desecación en estufa a 80°C , durante 24 horas, separándose previamente cada una de las especies encontradas. A partir de abril, las ovejas de sacaron del área del experimento. En el control final de primavera, se realizó una selección de las especies más frecuentes, considerando aquellas que aparecían en alguna de las parcelas en más de tres puntos de muestreo y con una contribución a la producción de materia seca superior al cinco %. Los datos de producción de pasto, riqueza y diversidad se analizaron mediante ANOVA de medidas repetidas. Se realizó un ANOVA (y test LSD post-hoc) para cada especie seleccionada,

considerando el tratamiento de fertilización como factor principal. Se utilizó el análisis Kruskal-Wallis cuando no se cumplían las condiciones paramétricas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de la producción primaveral de materia seca.

La producción de MS fue muy alta en todos los tratamientos, correspondiéndose con un año excepcionalmente húmedo, (809 mm vs a 602 mm de precipitación anual media), con precipitaciones de otoño y primavera, el 70% y el 96% superiores a la media, respectivamente. La mayor producción se obtuvo en PN, que aunque no difirió de NPK, sí fue superior a FG, ($F_{(2,42)}=3,78$; $p=0,03$) (Fig.1).

Si tomamos como referencia el rango entre 2000-3000 kg/ha (San Miguel, 2001) para pastos herbáceos de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae*, la producción de PN, es un 77% más de producción del valor más alto del rango, FG, 30,5% y NPK 48%. La

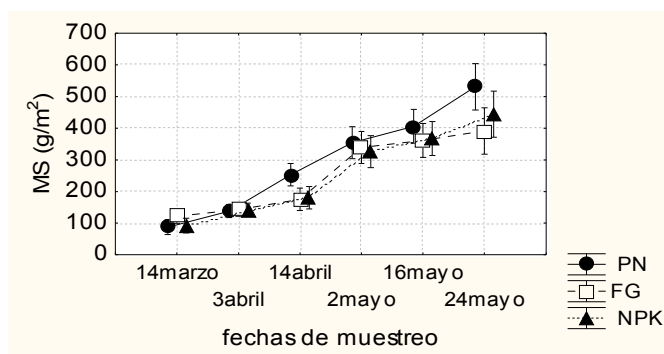


Fig. 1. Evolución primaveral de la producción de hierba (MS), según tratamiento de fertilización, (PN: sin fertilizar, FG: fertilizado con fosfatos naturales de Gafsa, NPK: fertilizado con complejo 8-24-8).

disponibilidad de agua es el primer factor limitante de la producción y la variabilidad interanual de este recurso se refleja en las diferencias de producción y de respuesta a la aplicación de fertilizantes. En un experimento realizado en la misma zona, en años muy lluviosos, se registraron valores entre 4000 y 4500 kg/ha de MS en pastos naturales y una respuesta media del 16% a la aplicación de superfosfato de cal, (López-Carrasco *et al.*, 1999), inferior a la obtenida en condiciones de precipitación próximas a la media, que fue del 43% en FG y 49% en NPK (López-Carrasco *et al.*, 2012), con una producción de pasto natural de 2532 kg/ha de MS. En 2013, los valores de producción de FG y NPK, son de la misma magnitud que la referida para años muy lluviosos y puesto que estos valores son inferiores (FG) o similares (NPK), al obtenido en PN de 2013, consideramos que no hay un efecto residual de los fertilizantes sobre la producción anual de MS

tras el cese de su aplicación.

Si observamos los resultados de los análisis de suelo en octubre de 2012, (Tabla 1) encontramos diferencias entre los tratamientos, especialmente en NPK con mayor contenido en Ntotal y el triple de disponibilidad de N nítrico respecto a PN. Se observa un enriquecimiento en bases en NPK en relación al resto de tratamientos, y valores más altos de P y K, aunque con menor significación. Rico *et al.* (1985), en un experimento con fertilizantes fosfatados en pastizales seminaturales ácidos, encontraron cierto efecto de la fertilización sobre el contenido en nutrientes del suelo, aunque ese efecto era variable, influyendo el tipo de suelo. En nuestro caso, también se aprecia un cierto efecto, especialmente en NPK, pero no se traduce en una mayor producción de materia seca, probablemente la diferencia de fertilidad no sea lo suficiente alta para que se re-

Tabla 1. Resultados de los análisis de suelo de octubre 2012

	PN	FG	NPK		significación
pH	5,5 (b)	5,0 (a)	5,3 (b)	$H_{(2,43)}= 13,4$	$p = 0,001$
%MO	0,79	0,76	0,89	$H_{(2,43)}= 4,4$	$p = 0,11$
C/N	11,9	10,7	10,3	$F_{(2,40)}= 1,3$	$p = 0,28$
%N	0,04 (a)	0,04 (a)	0,05 (b)	$H_{(2,43)}= 6,0$	$p = 0,048$
P (ppm)	13 (a)	17 (ab)	19 (b)	$F_{(2,40)}= 2,3$	$p = 0,1$
K (meq/100g)	0,23 (ab)	0,19 (a)	0,28 (b)	$H_{(2,43)}= 6,0$	$p = 0,07$
Ca (meq/100g)	1,57 (a)	1,08 (a)	3,09 (b)	$H_{(2,43)}= 6,0$	$p = 0,008$
Mg (meq/100g)	0,40 (a)	0,56 (a)	1,05 (b)	$H_{(2,43)}= 10,4$	$p = 0,005$
N-NH₄ (mg/kg)	5,5	5,9	6,3	$H_{(2,43)}= 1,0$	$p = 0,60$
N-NO₃ (mg/kg)	3,2 (a)	5,2 (a)	9,2 (b)	$H_{(2,43)}= 11,3$	$p = 0,003$

H: estadístico del test no paramétrico Kruskal-Wallis. PN: pasto sin fertilizar, FG: fertilizado con fosfatos naturales de Gafsa, NPK: fertilizado con complejo 8-24-8

fleje en la producción. Si comparamos PN con FG, sólo hay diferencias en el pH y en el fósforo, aunque sí hay mayor producción de MS en PN.

Contribución de las leguminosas, gramíneas y otras familias a la producción anual.

En general, se observa una tendencia similar en los tratamientos para las leguminosas, gramíneas y otras familias desde el inicio de la primavera hasta la mitad de mayo, (Fig. 2). Sin embargo, en el último control, los % de leguminosas de FG (29%) y NPK (25%), fueron superiores ($F_{(2,42)}=6,54$, $p=0,003$) al obtenido en PN (13%). Estos valores son similares a los registrados en años muy lluviosos, en pastos fertilizados con superfosfato de cal (López-Carrasco, *et al.* 1999), donde sí hubo respuesta a la fertilización. En los tres años anteriores, cuando se fertilizó coincidiendo con primaveras secas o muy secas, no hubo respuesta a la aplicación de fósforo (López-Carrasco *et al.*, 2013). Sin embargo, tras el cese de la fertilización, en la siguiente

primavera obtuvimos el doble de leguminosas respecto a PN. Los análisis de suelo, muestran contenidos en P superiores en NPK (19 ppm) y FG (16 ppm) respecto PN (13 ppm) y aunque el nivel de significación es menor ($p= 0,10$), sí marcan una tendencia a presentar valores más altos de P disponible. No se llega a superar el 30% de leguminosas, no obstante, sí ha habido un efecto residual positivo de la aplicación de fósforo.

También al final de la primavera, el % gramíneas en PN (60%) fue superior ($F_{(2,42)}=6,33$, $p=0,004$) al de FG (43%) y NPK (40%), similares entre sí, observándose un incremento desde el inicio de la primavera (40%) hasta el final, sólo en PN, (Fig. 2). En el grupo de las otras familias no se detectaron diferencias entre los tratamientos PN (27%), FG (29%) y NPK (35%) ($F_{(2,42)}=1,17$; $p=0,32$). Según Espigares y Peco (1992), existe una relación positiva entre las lluvias de otoño y la abundancia de gramíneas, especialmente cuando las lluvias son tempranas (septiembre) y continuadas, estas condiciones se han dado en nuestro experimento,

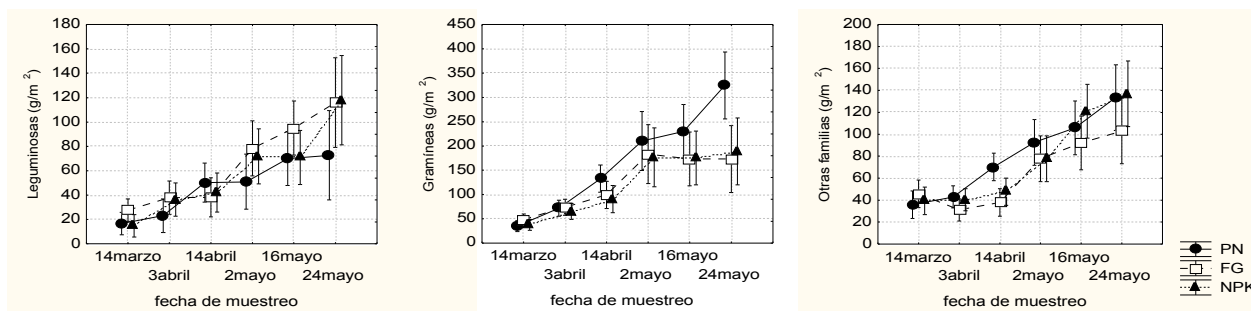


Fig. 2. Evolución de la producción de leguminosas, gramíneas y otras familias según tratamiento de fertilización, (PN: sin fertilizar, FG: fertilizado con fosfatos naturales de Gafsa, NPK: fertilizado con complejo 8-24-8).

siendo el mes de septiembre el más lluvioso en el período de los 24 años precedentes (115,5mm), existiendo una relación lineal, positiva y significativa ($R^2: 0,70$; $p= 0$) entre la producción total y la producción de las gramíneas.

Aunque hemos observado una cantidad mayor de leguminosas en los tratamientos FG y NPK, no compensa la mayor producción de gramíneas registrada en PN.

Riqueza, diversidad y contribución específica a la producción de hierba.

NPK presentó el valor medio más alto de especies, siendo el número de gramíneas mayor que en PN y FG, (Tabla 2). La riqueza máxima fue de 66 especies en NPK, 60 en FG y 48 en PN, siendo la diversidad superior en los tratamientos con fertilización respecto a PN.

Las tres especies de leguminosas más frecuentes en los tres tratamientos fueron

Trifolium cernuum, *Trifolium striatum* y *Ornithopus compressus*, con abundancias diferentes (Tabla 3). *T. cernuum* es la especie que más contribuye a la producción de leguminosas, siendo más abundante en FG que en NPK y PN. Se trata de una leguminosa que soporta el encharcamiento de final de invierno y primavera (Hackney et al., 2007), lo que explicaría su abundancia en este año tan lluvioso. En NPK, *T. cernuum* y *O. compressus* contribuyen de forma similar a la producción

y en PN la abundancia de las tres especies es baja y equilibrada. Es sorprendente la recuperación de las leguminosas tras dos años consecutivos de escasísima presencia, con valores inferiores al 3% (López-Carrasco et al., 2013), probablemente relacionado con su dureza seminal (Olea et al., 1994), muy elevada en las tres especies (Hackney et al., 2007).

En relación con las gramíneas, *Agrostis pourretii* y *Holcus setiglumis* aparecen en los tres tratamientos, pero su contribución a la producción es superior en PN. La suma de ambas supone el 40% de la producción total y sólo *Agrostis pourretii* aporta 1330 kg/ha de materia seca. La abundancia de *Vulpia sp.* y *Gaudinia fragilis* es similar en los tres tratamientos y *Anthoxanthum ovatum* no aparece en PN. En cuanto al resto de especies, *Ant-hemis mixta* diferencia al PN respecto el resto de tratamientos con un aporte de 530 kg/ha de materia seca. Esta compuesta, es una especie de baja calidad, leñosa una vez seca y que permanece en pie hasta la primavera siguiente, rechazada por el ganado; su gran abundancia nos indica la menor calidad de PN. También abundante es *Echium plantagineum*, aporta 250 kg/ha en PN, 144 kg/ha en NPK y sólo 37 kg/ha en FG ($H_{(2, n=45)}=9,8$; $p=0,007$), ésta especie es de muy baja calidad en su madurez si bien es comestible en sus primeras etapas de desarrollo. *Hypochoeris glabra*, es más abundante en los tratamientos con fertilización respecto al PN ($H_{(2, n=45)}=14,8$; $p=0,006$) y contribuye con 219 y 210

Tabla 2. Resultados de los análisis estadísticos de riqueza y diversidad.

	Especies (n° medio)	Leguminosas (n° medio sp)	Gramíneas (n° medio sp)	Otras fam. (n° medio sp)	Índice de diversidad
PN	20,1 (a)	4,1	7,5 (a)	9,1	2,9 (a)
FG	22,6 (ab)	4,7	7,5 (a)	10,3	3,3 (b)
NPK	24,5 (b)	5,7	9,1 (b)	10,5	3,3 (b)
	$F_{(2,42)}=2,4$; $p=0,10$	$H_{(2,45)}=4,0$; $p=0,14$	$F_{(2,42)}=4,3$; $p=0,02$	$F_{(2,42)}=0,9$; $p=0,43$	$F_{(2,42)}=3,6$; $p=0,03$

H: estadístico del test no paramétrico Kruskal-Wallis. PN: pasto sin fertilizar, FG: fertilizado con fosfatos naturales de Gafsa, NPK: fertilizado con complejo 8-24-8

Tabla 3. Contribución de distintas especies (% MS) a la producción de hierba.

	PN	FG	NPK		significación
<i>Trifolium cernuum</i> (%)	5,2 (a)	18 (b)	7 (a)	$H_{(2, n:45)}=15,7$	$p=0,004$
<i>Trifolium striatum</i> (%)	3,5	0,7	1,0	$H_{(2, n:45)}=4,3$	$p=0,12$
<i>Ornithopus compressus</i> (%)	2,9 (a)	7,8 (ab)	11,9 (b)	$H_{(2, n:45)}=5,1$	$p=0,08$
<i>Agrostis pourretii</i> (%)	27,1 (c)	11,7 (b)	6,6 (a)	$F_{(242)}=8,6$	$p=0,007$
<i>Anthoxantum ovatum</i> (%)	0	3,3	6,2	$H_{(2, n:45)}=5$	$p=0,08$
<i>Gaudinia fragilis</i> (%)	3,4	2,6	4	$F_{(2, 42)}=0,3$	$p=0,72$
<i>Holcus setigulumis</i> (%)	12,8 (b)	5 (a)	2,3 (a)	$H_{(2, n:45)}=9,4$	$p=0,01$
<i>Vulpias sp.</i> (%)	11,4	16,6	16,8	$F_{(2, 42)}=1,5$	$p=0,23$
<i>Anthemis mixta</i> (%)	9,9 (b)	2,3 (ab)	1,3 (a)	$H_{(2, n:45)}=7,5$	$p=0,02$
<i>Echium plantagineum</i> (%)	4,8 (b)	0,9 (a)	3,4 (ab)	$H_{(2, n:45)}=8,6$	$p=0,01$
<i>Hypochoeris glabra</i> (%)	0,7 (a)	6,4 (b)	5,3 (b)	$H_{(2, n:45)}=16,2$	$p=0,003$
<i>Juncus buffonius</i> (%)	2,2	0,5	1,4	$H_{(2, n:45)}=2,63$	$p=0,26$
<i>Parentucellia viscosa</i> (%)	0 (a)	1,3 (b)	0,2 (a)	$H_{(2, n:45)}=9,5$	$p=0,08$
<i>Leontodon taraxacoides</i> (%)	2,1	4,7	8,4	$H_{(2, n:45)}=0,6$	$p=0,72$
Producción MS (g/m ²)	531 (b)	391 (a)	444 (ab)	$F_{(242)}=3,7$	$p=0,003$

En la misma fila, valores con distinta letra indican diferencias significativas. H: estadístico del test no paramétrico Kruskal-Wallis. PN: pasto sin fertilizar, FG: fertilizado con fosfatos naturales de Gafsa, NPK: fertilizado con complejo 8-24-8

kg/ha en FG y NPK, respectivamente frente a 33 kg/ha del PN. Aunque no hay diferencias en la producción de otras familias entre tratamientos, la composición específica es bastante distinta.

CONCLUSIONES

En nuestras condiciones, tras el cese de la aplicación de fertilizantes fosfóricos sobre los pastos herbáceos, su efecto positivo se mantuvo la primavera siguiente sobre al-

gunas características productivas, como en el porcentaje de leguminosas, la riqueza y la diversidad, aunque no se reflejó en la producción anual. Tras una primavera muy seca, con un débil efecto de la aplicación de los fertilizantes sobre la producción de materia seca y una disminución drástica de las leguminosas, éstas se recuperaron más rápidamente en pastos fertilizados que en el pasto natural, cuando las condiciones de humedad les fueron propicias, consiguiéndose además valores más altos de diversidad en los tratamientos con fertilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESPIGARES T. Y PECO B. (1993) Mediterranean pastures dynamics: the role of germination. *Journal of Vegetatio Science*, 4, 189-194.
- HACKNEY B., DEAR B. Y CROCKER G. (2007) Naturalised pastures legumes 7. *Primefact* 651. www.dpi.nsw.gov.au.
- LÓPEZ-CARRASCO C., RODRÍGUEZ R. Y ROBLEDO J.C. (1999) Efecto de la fertilización fosfórica en la transformación a pastizal de un cultivo forrajero en la Campaña de Oropesa (Toledo), *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 407-412. Almería.
- LÓPEZ-CARRASCO C., GÓMEZ M. J., CARPINTERO J. M., BRAÑAS J. Y ROIG S. (2012) Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción y diversidad de pastos herbáceos. En: Canals R. M. et al. (Eds). *Nuevos retos de la ganadería extensiva, un agente de conservación en peligro de extinción*, pp 29-35. Pamplona, España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- LÓPEZ-CARRASCO C., GÓMEZ M. J., CARPINTERO J. M., BRAÑAS J. Y ROIG S. (2013) Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción, diversidad y composición florística de pastos herbáceos. En: Olea L. et al. (Eds). *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp 545-552. Badajoz, España. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- OLEA L., PAREDES J., GONZÁLEZ J. D. Y SANTOS A. (1994). Influencia de la sequía en la persistencia de las leguminosas anuales y en la fertilidad de los suelos en los pastos del SO de España. *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la S.E.E.P.* 103-109. Santander.
- RICO M., GARCÍA CRIADO L., GARCÍA CRIADO B. Y GARCÍA CIUDAD A. (1985) Efectos de fertilizantes fosfatados sobre la composición florística de pastizales seminaturales ácidos. *Pastos*, 15, (1-2), 139-158.
- SAN MIGUEL A. (2001) *Pastos naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Madrid, España: Fundación Conde del Valle de Salazar-Mundi-Prensa.