

- GALAN M. y ZUBIRI A. (2005) *Los términos faceros de la merindad de Pamplona. Estudio histórico-jurídico*. Pamplona, España: Ed. Gobierno de Navarra.
- GÓMEZ DE VALENZUELA M. (2006) *Diplomatario tensino (1315-1700)*. Zaragoza, España: Ed. Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País.
- GONZÁLEZ I. (2004) *Sanidad animal y seguridad alimentaria en los productos de origen animal*. Granada, España: Ed. Comares.
- GORRÍA A.J. (1995) *El Pirineo como espacio frontera*. Zaragoza, España: Ed. Gobierno de Aragón.
- HERNÁNDEZ C. (1990) *Régimen jurídico-administrativo de la Universidad del Valle de Salazar*. Pamplona, España: Ed. Gobierno de Navarra.
- LABORDE L. (1996) *Canfranc. Des romains au tunnel*. Biarritz, France: Ed. Terres et Hommes du Sud.
- LÓPEZ F. (1989) Los caracteres de la Ley Aragonesa del Banco de Tierras. *Revista de Estudios de la Administración Local y Autonómica*, **241**, 41-56.
- MONTSERRAT P. Y FILLAT F. (1990) The systems of grassland management in Spain. En: Breymer A (ed.) *Managed grasslands: Regional studies*, pp. 37-70. The Netherlands: Ed. Elsevier
- PALLARUELO S. (1988) *Pastores del Pirineo*. Madrid, España: Ed. Ministerio de Cultura
- PALLARUELO S. (1993) *Pirineo Aragonés. Cuadernos de la Trashumancia nº 6*. Madrid, España: Ed. ICONA.
- ROIGÉ X., CÒTS P. Y ROS I. (1996) *De la comunidad local a las relaciones internacionales. Los tratados de facería en el Pirineo catalán*. VII Congreso de Antropología Social, pp. 135 -152. Zaragoza, España: Instituto Aragonés de Antropología.
- SABIO A. (2002) *Tierra, Comunal y capitalismo agrario en Aragón (1830-1935)*. Zaragoza, España: Ed. Institución Fernando el Católico.
- SARASIBAR M. (2007) *El Derecho Forestal ante el cambio climático: las funciones ambientales de los bosques*. Cizur Menor, España: Ed. Thomson-Aranzadi.
- TUDELA J. (1987) Comunidad Autónoma y Reforma Agraria: La Ley del Banco de Tierras de Aragón. *Revista de Administración Pública*, **114**: 415-452.
- ZABALA A. (2004) Del concejo al municipio: la propiedad comunal en la Navarra moderna. *Jura Vasconiae*, **1**: 227-252.
- ZUBIRI A. (2004) Facerías y faceros: una perspectiva histórico-jurídica. *Jura Vasconiae*, **1**: 253-298.

Efectos de la aplicación de fertilizantes de nueva generación en la dehesa toledana: producción y diversidad de pastos herbáceos

Effect of new fertilizers at the dehesa: diversity and yield of herbaceous pastures

C. LÓPEZ-CARRASCO¹ / M. J. GÓMEZ¹ / J. M. CARPINTERO² / J. BRAÑAS² / S. ROIG³

¹C.I.A. "Dehesón del Encinar", J.C. Castilla-La Mancha, 45560 Oropesa, Toledo. lcarrasco@local.jccm.es
²Departamento I+D+i. Fertiberia S.A. Avda. Francisco Montenegro s/n CP21001 Huelva. josecarp@fertiberia.es
³Dpto. Silvopascicultura. U. Politécnica de Madrid, 28040 Madrid. sonia.roig@upm.es

Resumen: La dehesa es un conocido sistema silvopastoral muy diverso, tanto en componentes como en producciones. Es precisamente en esa obtención de multiplicidad de productos en un medio ecológico difícil donde este sistema ha encontrado su mejor estrategia para subsistir durante casi un milenio: *producir conservando*. La fertilización puede ser un tratamiento interesante para mejorar las diferentes producciones de la dehesa así como para mejorar el vigor del arbolado. Con el objetivo de evaluar el efecto de varios fertilizantes de nueva generación sobre la producción herbácea de la dehesa se analizó la cantidad y diversidad de los pastos sometidos a tres tratamientos: control (pasto natural), fertilización con 36 UF de P₂O₅ a través de un fertilizante complejo NPK (de bajo contenido en N) y con fosfatos naturales de Gafsa con igual dosis de fósforo. El abonado se realizó en superficie en otoño de 2009 y 2010 y se analizaron las producciones de primavera de 2010 y 2011, de tres muestreos por año. Los mejores resultados de producción se obtuvieron con la aplicación del complejo NPK y la riqueza específica y la diversidad mejoraron con la aplicación de los dos fertilizantes.

Palabras clave: Fosfatos naturales, NPK, composición botánica.

Abstract: Fertilization can be an interesting treatment to improve the different productions of the dehesa and to improve tree vigour. In order to evaluate the effect of different fertilizers of new generation on herbaceous pasture diversity and yield, in this work we analyzed with three treatments: control (natural pastures), fertilization with 36 UF of P₂O₅ of a complex NPK and low content of N, and natural phosphates. Fertilization was applied in autumn of 2009 and 2010 and we analyzed herbaceous productions in springs of 2010 and 2011 o three controls per year. The best results of production were obtained with the NPK application; also, pasture specific richness and diversity improved with the applied.

Key words: Natural phosphates, NPK, botanical composition.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la fertilización fosfórica para la mejora de la producción y calidad de los pastos herbáceos en la dehesa es una práctica que ha dado buenos resultados en general, especialmente con la incorporación de superfosfato de cal, y que ha sido objeto de numerosos estudios. En nuestra zona, aunque en los últimos años hemos realizado algún experimento con roca fosfórica (López-Carrasco y Robledo, 2008), la dependencia de su efectividad está condicionada por el régimen de precipitaciones y las características edáficas, de ahí la necesidad de contar con experimentos de mayor duración. Por otra parte, los fertilizantes complejos en los que se incorpora N no suelen ser utilizados para la mejora de los pastos herbáceos en la dehesa, por lo que apenas existe información al respecto. La necesidad de mayor eficiencia en el empleo

de los fertilizantes, la búsqueda de nuevos productos compatibles con la producción ecológica y el abaratar los costes de producción, dan como resultado la aparición de nuevos productos con efectos que deben ser analizados en diferentes situaciones ecológicas y de gestión. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de dos fertilizantes fosfóricos, poco testados en nuestra zona, sobre la producción de los pastos herbáceos, la riqueza específica y la diversidad en la dehesa.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el CIA Dehesón del Encinar, Oropesa, Toledo, en tres parcelas adyacentes de cinco ha de superficie con relieve suave y densidad baja del arbolado (17-20 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 de la parcela, 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. Los tratamientos de fertilización probados fueron: control sin fertilizante, con 36 U.F. de P_2O_5 en forma de roca fosfórica (26,5 % de P_2O_5) y abono complejo NPK (8-24-8) con la misma dosis de P que el tratamiento anterior. La fertilización se realizó en los otoños de 2009 y 2010 con abonadora centrífuga después de las primeras lluvias.

La roca fosfórica es una fosforita en cuya estructura cristalina algunos de los grupos fosfato (PO_4) han sido sustituidos de manera natural por grupos carbonato (CO_3). Esta sustitución determina en la roca de Fertigafsa una mayor superficie específica: 22,5 m^2/g frente a 12 m^2/g de otros fosfatos sedimentarios y 2 m^2/g en el caso de fosfatos de origen volcánico. En la preparación del fertilizante, los procesos exclusivos de micronización del mineral (partículas de diámetro inferior a 0,063mm) y microgranulación previos a la granulación final, confieren una mayor solubilidad del P contenido. El producto presenta finalmente una solubilidad al ácido fórmico del 75-80% del P_2O_5 total (frente a valores menores al 60% en otros fosfatos sedimentarios e inferiores al 16% para fosfatos de origen volcánico). Fertigafsa es también, por su mayor superficie específica y por la micronización, una efectiva fuente de Ca. Como fuente convencional se seleccionó el equilibrio NPK 8-24-8. Este fertilizante complejo contiene sólo P soluble y asimilable de forma inmediata, al proceder éste sólo de ácido fosfórico y, además, una concentración baja de N (equilibrio 1:3:1, con N en forma ureica o amoniacal, evitando el aporte de N directamente disponible y lavable).

Al inicio (6 de abril 2010 y 8 de abril 2011), mitad (4 de mayo 2010 y 27 de abril 2011) y final (27 de mayo 2010 y 24 de mayo 2011) de la primavera, se realizaron los muestreos para estimar la producción de pasto, para lo cual se utilizaron 15 jaulas de exclusión de 2 m^2 de superficie interna por parcela y un número variable (entre uno y cuatro) de marcos de muestreo de 50 x 50 cm, según la disponibilidad de hierba en la fecha de muestreo. Para estimar la composición específica de la hierba, se cortó un marco por jaula a mitad de la primavera, y estado fenológico de floración-fructifica-

ción de la mayoría de las especies. Las muestras destinadas a estimar la producción pascícola, se desecaron en estufa de aire forzado a 80°C durante 24 horas. En las muestras reservadas para estimar la composición florística, se realizó la separación manual, pesaje y desecación de cada una de las especies encontradas a 80°C y durante 24 horas.

Los datos correspondientes a la producción de pasto fueron analizados mediante ANOVA, considerando el tratamiento de fertilización, el año y el momento de la primavera como factores principales. Se utilizó la transformación logarítmica de los datos cuando no se cumplían los requisitos de homocedasticidad. La riqueza de especies, diversidad y contribución a la producción de materia seca de las leguminosas, gramíneas y otras familias, se analizaron mediante ANOVAS considerando como factores principales el año y el tratamiento de fertilización, utilizándose también estadística no paramétrica (Kruskal-Wallis) cuando no se cumplían los requisitos para el ANOVA. Para las comparaciones entre medias se utilizó el test de mínima diferencia significativa y el nivel de confianza fue del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los fertilizantes sobre la producción de pastos

La gran variabilidad de los datos registrados no permitió el análisis de varianza considerando los factores: año, tratamiento, momento de la primavera y todas las posibles interacciones, ni siquiera con la transformación de los datos. Procedimos al análisis de la varianza de los datos de cada una de las etapas de la primavera para el conjunto de los dos años. Los resultados se exponen en la tabla 1 y la figura 1.

La producción al principio de la primavera fue significativamente superior en 2011 (111,4 g/m^2) respecto a 2010 (85,1 g/m^2), sin embargo en 2010, los valores de producción registrados a mitad (270,3 g/m^2) y final de la primavera (367,6 g/m^2) fueron significativamente superiores a los de 2011 (192,3 g/m^2 y 261,7 g/m^2 , respectivamente). Al inicio de primavera, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización en ninguno de los años considerados. A finales de abril-principios de mayo, la oferta de hierba fue superior en el tratamiento NPK y al final de la primavera de 2010, la aplicación de los fertilizantes supuso mayor disponibilidad de pasto.

Tabla 1. Resultados de los análisis de la varianza para la producción primaveral de materia seca (letras diferentes indican diferencias significativas).

	Inicio primavera (g/m^2)	Mitad primavera (g/m^2)	Final primavera (g/m^2)
Control	104,6	208,2(a)	284,3
Roca fosfórica	98,2	206,6(a)	309,2
NPK	91,7	288,8(b)	350,4
F; p	$F_{(2,84)}=0,81; p=0,449$	$F_{(2,82)}=9,63; p=0,00018$	$F_{(2,82)}=1,91; p=0,15$
2010	85,1(a)	270,3(b)	367,6(b)
2011	111,4 (b)	192,3(a)	261,7(a)
F; p	$F_{(1,84)}=9,67; p=0,0025$	$F_{(1,81)}=18,05; p=0,00006$	$F_{(1,84)}=19,54; p=0,00003$

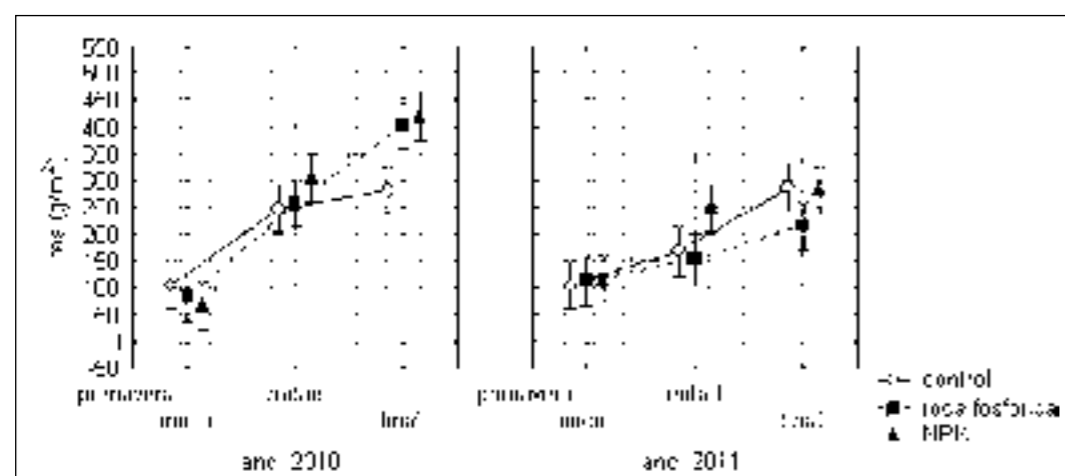


Figura 1. Evolución primaveral de la producción de materia seca

Los valores de producción de materia seca del pasto natural y la magnitud de la respuesta a la aplicación de roca fosfórica son similares a los encontrados por López-Carrasco, *et al.* (2008) en la misma zona en estudios anteriores, donde el efecto del año condiciona en gran medida la respuesta a la fertilización fosfórica (López-Carrasco *et al.*, 1999), como queda descrito también en los trabajos de Vélez *et al.* (2003), Ferrera *et al.* (2006) y Santamaría *et al.* (2009). Los dos años presentaron valores de precipitación anual superiores o similares a la media (tabla 2). La precipitación primaveral en los dos años analizados fue similar a la media de la zona, entonces ¿por qué hay una respuesta clara a la fertilización al final de la primavera de 2010 y no hay diferencias entre tratamientos al final de 2011? El análisis más detallado de la distribución mensual de lluvias refleja una menor precipitación durante el mes de mayo 2011 con el agravante de la falta de lluvias durante los primeros 10 días del mes, que pensamos, pudo afectar negativamente al efecto de los fertilizantes, acortando el ciclo de producción ante la menor disponibilidad de lluvia. El pasto natural control no se vio afectado, ya que se obtuvo una producción similar de pasto en los dos años (284,3 g/m²), que se corresponde con valores registrados en el mismo área experimental en años precedentes y similares condiciones de humedad y dentro del rango 2000-3000 kg de MS, referido por San Miguel (2001) para pastos herbáceos de la clase fitosociológica *Stellarietea mediae*.

Tabla 2. Precipitaciones anuales y estacionales del área experimental.

	09/10	10/11	Media (87/88 a 08/09)
P anual (mm)	878,2	621,1	596,7
P otoño (mm)	109,5	152,7	195,5
P primavera (mm)	174,5	160,6	158,7
P mayo (mm)	40,7	25,9	64,1

Efecto de los fertilizantes sobre la contribución de las leguminosas, gramíneas y otras familias a la producción de materia seca

La composición del pasto es muy diferente según el año, así como la respuesta a la fertilización (tabla 3).

Tabla 3. Contribución de las leguminosas (leg), gramíneas (gram) y otras familias (otras) a la producción herbácea según tratamientos.

Año	Tratamiento	% Leg	% Gram	% Otras	Leg (g/m ²)	Gram (g/m ²)	Otras (g/m ²)
2010	control	25,2(b)	18,5(a)	56,3	64	45,2(a)	139,1(b)
2010	roca fosfórica	23,4(ab)	29,5(b)	47,1	64,6	75,1(ab)	103,7(a)
2010	NPK	15,7(a)	34,8(b)	49,5	44,4	95,2(b)	132,5(ab)
		$F_{(2,42)}=2,74$ p=0,076	$F_{(2,42)}=8,15$ p=0,001	$F_{(2,42)}=1,52$ p=0,23	$F_{(2,n=45)}=2,16$ p=0,34	$F_{(2,42)}=4,92$ p=0,01	$F_{(2,42)}=3,30$ p=0,046
2011	control	1,3	76,9(b)	21,7(a)	2,6	139,9	31,5(a)
2011	roca fosfórica	2,8	65,2(ab)	32,0(ab)	4,1	101,1	46,8(a)
2011	NPK	2,3	55,0(a)	42,2(b)	5,7	137,9	85,9(b)
		$F_{(2,42)}=0,97$ p=0,38	$F_{(2,42)}=3,58$ p=0,036	$F_{(2,42)}=3,16$ p=0,053	$F_{(2,42)}=0,85$ p=0,43	$F_{(2,42)}=1,04$ p=0,36	$F_{(2,42)}=7,18$ p=0,002

En 2010 el elevado porcentaje de leguminosas del control fue incluso superior al esperado para una buena primavera, de hecho, en la misma finca en la primavera de 2004 con una precipitación de 214 mm se obtuvo el mismo porcentaje de leguminosas (López-Carrasco *et al.*, 2008), sin embargo no hubo respuesta a la incorporación de roca fosfórica. El efecto negativo de la incorporación de N sobre las leguminosas podría explicar el menor porcentaje obtenido mediante la aplicación de NPK, aunque quedaría compensado por la mayor producción de materia seca obtenida con este fertilizante (fig. 1). Es sorprendente el bajísimo contenido en leguminosas registrado en todos los tratamientos a mitad de primavera de 2011 y que no podemos justificar por falta de lluvias, ya que fue una primavera normal en este aspecto. En contrapartida se obtienen porcentajes muy elevados de gramíneas que no podemos atribuir a la aplicación de fertilizantes, ya que el pasto control presentó el valor más elevado; sin embargo en 2010, los porcentajes de gramíneas en los tratamientos con fertilización fueron mayores a los del pasto control. A mitad de primavera y sólo en 2011, la aplicación de NPK consigue mayor cantidad de pasto (fig. 1) y es debido a la mayor contribución del grupo de las otras familias (tabla 3).

Efecto de los fertilizantes sobre la riqueza específica y la diversidad

No se encontraron diferencias en el número medio de especies de los tratamientos en 2010. El número de especies de leguminosas fue similar en los tres tratamientos y el número de gramíneas con tendencia a ser mayor en los tratamientos con fertilización. El número máximo de especies recogidas en un marco fue: 37 en el control, 30 con roca

fosfórica y 34 con NPK, con valores medios de diversidad en el rango de los registrados para la dehesa. En principio, es una respuesta esperada en tanto que la fertilización no produjo una mayor cantidad de materia seca. En 2011 el control presentó los peores valores de riqueza específica que quedó reflejado en su menor índice de diversidad (tabla 4). El número máximo de especies distintas recogidas en un marco fue: 18 en el control, 26 en el tratamiento con roca fosfórica y 29 en el tratamiento con NPK, valores inferiores a los obtenidos en el año anterior.

La relación entre la riqueza, la diversidad y la producción de materia seca están dentro de lo esperado en el primer año, en tanto que no hubo respuesta a la fertilización a mitad de primavera, sin embargo, en el segundo año en que sí hubo un efecto positivo de la fertilización con NPK, los valores de riqueza, número de leguminosas y gramíneas, así como el índice de diversidad fue superior respecto al control. También estos valores fueron mejores con la aplicación de roca fosfórica, aunque en este caso no hubo mayor producción de materia seca.

Tabla 4. Riqueza específica e índices de biodiversidad según tratamiento de fertilización (análisis no paramétrico en el caso de las leguminosas).

Año	Tratamiento	nº especies	nº sp de leguminosas	nº sp de gramíneas	nº sp de otras fam.	Índice de biodiversidad
2010	Control	24	5	6(a)	13(b)	3,45(b)
2010	Roca fosfórica	23	5	7(ab)	11(a)	3,17(a)
2010	NPK	25	5	8(b)	12(ab)	3,38(ab)
		$F_{(2,42)}=0,74$ $p=0,48$	$F_{(2,42)}=0,007$ $p=0,99$	$F_{(2,42)}=2,49$ $p=0,09$	$F_{(2,42)}=3,16$ $p=0,05$	$F_{(2,42)}=3,07$ $p=0,06$
2011	Control	14(a)	1(a)	7(a)	6(a)	2,47(a)
2011	Roca fosfórica	20(b)	3(b)	9(b)	9(b)	2,98(b)
2011	NPK	21(b)	3(b)	9(b)	7(ab)	2,91(b)
		$F_{(2,42)}=13,9$ $p=0,00002$	$H_{(2,n=45)}=15,3$ $p=0,0005$	$F_{(2,42)}=7,2$ $p=0,002$	$F_{(2,42)}=5,0$ $p=0,011$	$F_{(2,42)}=4,5$ $p=0,016$

La conocida “paradoja del enriquecimiento” dice que existe una relación negativa entre la mayor producción y el número de especies (Marañón, 1991), en nuestro caso, el incremento de producción obtenido con la aplicación de NPK no es lo suficientemente elevado como para provocar una disminución de la diversidad, más bien favorece el aumento de riqueza y diversidad, al mejorar las condiciones de fertilidad.

CONCLUSIONES

Aunque el año condiciona la efectividad de los fertilizantes, los mejores resultados en términos de materia seca se obtuvieron con la aplicación de NPK, debido a la contribución de las gramíneas y especialmente de las otras familias. Con la incorporación de roca fosfórica y NPK mejoró la riqueza y la diversidad específica, por tanto en este sentido, su efecto ha sido positivo, no obstante consideramos que dos años es un pe-

riodo muy corto para evaluar la posible eficacia de estos fertilizantes en un medio tan variable como es la dehesa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERRERA E.M., OLEA L., VIGUERA F.J. Y POBLACIONES M.J. (2006) Influence of the phosphoric fertilization in grasses of “dehesas” of degraded areas. *Grassland Science in Europe*, **11**, 95-97.
- 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 Campana de Oropesa (Toledo). *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la SEEP*, 407-412.
- LÓPEZ-CARRASCO C. Y ROBLEDO, J.C. (2008) Efecto de la aplicación de dos fertilizantes fosfóricos sobre la producción y composición de pastos herbáceos en “La Campana de Oropesa”, Toledo. En: Junta de Andalucía (Eds) *Pastos, clave en la gestión de los territorios: Integrando disciplinas*, pp 295-301. Córdoba, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- SAN MIGUEL A. (2001) *Pastos naturales españoles*. Madrid, España: Ed. Mundi-Prensa.
- SANTAMARÍA O., POBLACIONES M.J., OLEA L., RODRIGO S., VIGUERA F.J. Y GARCIA-WHITE T. (2009) La producción de biomasa y parámetros de calidad en pastos de dehesa del SO Español. En: Reine R. *et al* (Eds) *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp.581-587. Huesca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- MARAÑÓN T. (1991) Diversidad en comunidades de pasto mediterráneo: modelos y mecanismos de coexistencia. *Ecología*, **5**, 149-157.
- VÉLEZ J., OLEA L., FERRERA E.M., DORES J., NOBRE R., COLETO L., LÓPEZ BELLIDO R. Y VIGUERA J. (2003) Mejora de pastos en zonas semiaridas mediterráneas del Alentejo (Portugal). *Actas de la XLIII Reunión Científica de la SEEP*, 111-115.