

EL PAPEL DEL GANADO DOMÉSTICO AUTÓCTONO EN LA MEJORA DE PASTOS HERBÁCEOS

D. GRANDE CANO¹, J.M. MANCILLA-LEYTÓN², A. MARTÍN VICENTE³, M. DELGADO-PERTÍÑEZ²

¹Área de Sistemas de Producción Agropecuarios. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 09340 Ciudad de México (México). ²Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. 41013 Sevilla (España). ³Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Facultad de Biología. 41080 Sevilla, (España).

Correspondencia: pertinez@us.es

RESUMEN

En la región Mediterránea la dispersión endozoócora de semillas es una alternativa potencial para recuperar pastizales y matorrales degradados o abandonados. Los objetivos de este estudio fueron determinar si el paso a través del sistema digestivo de cabras afectó la recuperación de semillas, la germinación y emergencia de plántulas de tres leguminosas herbáceas comunes del área Mediterránea (*Ornithopus compressus* L., *Medicago polymorpha* L. y *Melilotus officinalis* L. Pall.). El porcentaje total de recuperación de semillas osciló entre 0,31% y 6,80%. En todas las especies las semillas recuperadas tras la ingestión presentaron una germinación significativa menor que las semillas control, con porcentajes de germinación de 26,7% a 50,0%. La emergencia de plántulas fue menor en las heces intactas que en las disgregadas. No se encontró emergencia de plántulas de las semillas de *O. compressus* para ninguno de los tratamientos ni tiempos de muestreo. Aunque los porcentajes de recuperación de semillas, la germinación y emergencia de plántulas fueron bajos en términos absolutos, se concluye que las semillas de *M. polymorpha* y *M. officinalis* podrían establecerse desde el estiércol y representar una alternativa potencial para recuperar áreas de pastoreo degradadas o abandonadas.

Palabras clave: endozoocoria, dispersión, leguminosas

SUMMARY

In the Mediterranean region, the endozoochorous dispersion of seeds is a potential alternative to recover degraded or abandoned grasslands or shrublands. The objectives of this study were to determine whether passage through the goats gut affected seed recovery, germination and seedling emergence of three herbaceous legumes common in the Mediterranean area (*Ornithopus compressus* L., *Medicago polymorpha* L. and *Melilotus officinalis* L. Pall.). Total recovery seed percentages were from 0.31 to 5.29%. In all species, the seeds recovered after their passage through the goat guts presented significantly lower germination than control seeds. Recovered seeds from the three legumes had germination percentages of 18-50%. Seedling emergence was lower in the intact than in the crumbled feces, and in general the emergence in both was lower compared to unconsumed seeds. There was no seedling emergence of the *O. compressus* seeds contained in intact or crumbled feces at all sampling times. Although the seed recovery percentages, germination and emergence of seedlings were low in absolute terms, it is concluded that the seeds can be established from manure and could be a potential alternative to recover degraded or abandoned grazing areas.

Keywords: endozoochory, seed dispersal, legumes

INTRODUCCIÓN

En los hábitats semi-naturales europeos y otros sitios donde pastorean animales domésticos y silvestres, se ha demostrado que la endozoocoria es un mecanismo efectivo para la dispersión de semillas viables (Dai, 2000). En pastizales degradados o sobrepastoreados, la dispersión de semillas por el ganado ha sido reconocido como un método potencial para reintroducir especies deseables (Gökbülak y Call, 2004; Gökbülak, 2006). En varios estudios se ha demostrado que la aparición de plántulas y el establecimiento de especies herbáceas han mejorado por la siembra mediante las heces, tanto por animales silvestres o domésticos como vacas u ovejas (Malo *et al.*, 2000; Shiponeni y Milton, 2006).

De manera similar a varias especies de animales silvestres o domésticos como ovejas o vacas (Vellend *et al.*, 2003; Kuiters y Huiskes, 2010; Gökbülak, 2006), las cabras pueden desempeñar un papel importante para la dispersión endozoócica de semillas de especies herbáceas en los sitios donde pastorean. La información sobre la dispersión de semillas de las plantas herbáceas mediterráneas consumidas por las cabras es muy limitada, por la escasa atención que en general se ha dado al papel de las cabras como agentes dispersores de estas semillas en los ecosistemas mediterráneos. Por tanto, hay muchas deficiencias y lagunas en el conocimiento de este tema, las cuales deben abordarse para lograr el establecimiento exitoso de las especies herbáceas en los sitios de pastoreo y para la potencial restauración de pastizales y matorrales.

Por ello, los objetivos de este estudio fueron: i) cuantificar el número de semillas de tres especies leguminosas (*Ornithopus compressus* L., *Medicago polymorpha* L. y *Melilotus officinalis* L. Pall.) que pueden ser recuperadas tras ser consumidas por las cabras, ii) determinar si el paso de las semillas a través del sistema digestivo de las cabras afecta o no la germinación de las mismas, y iii) evaluar el establecimiento de plántulas de tres especies a partir de las heces.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para evaluar la recuperación de semillas después de su paso por el intestino, se utilizaron seis cabras hembras adultas de la raza Payoya de similar peso y edad (40 kg de peso promedio y 3 años de edad). Las cabras se mantuvieron en jaulas metabólicas individuales que disponían de un sistema para recoger las heces. Al inicio del experimento, a cada una de las cabras se le ofreció un coctel con 10 000 semillas de cada una de las especies estudiadas, las cuales se mezclaron con grano de cebada (250 g) para facilitar su consumo. Los animales tuvieron acceso a heno de alfalfa y agua *ad libitum*. Después de la ingestión de las semillas, todas las heces producidas por las cabras se recolectaron cada 24 h. durante 5 días. Las heces se secaron a temperatura ambiente y se almacenaron en el laboratorio. Posteriormente se pesaron 10 muestras de heces de 4 g las cuales se desmenuzaron manualmente, y se identificaron y contaron las semillas contenidas de cada una de las arbustivas consumidas (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012).

Germinación de las semillas después de su paso por el intestino

La germinación de las semillas recuperadas en los dos intervalos de tiempo con mayor recuperación (24-48 y 48-72h) se comparó con la de semillas sin consumir. Los tratamientos fueron: i) Control: semillas sin consumir; ii) 24-48h: semillas recuperadas a las 24-48h tras la ingestión; y iii) 48-72h: semillas recuperadas en el segundo tiempo con mayor recuperación. Las semillas se colocaron en un germinador (ASL Aparatos Científicos M-92004, Madrid, España) durante 60 días bajo un régimen de 12 h de luz (25°C, 35 mol m⁻² s⁻¹, 400-700 nm) y 12 h de oscuridad (12°C).

Emergencia de plántulas desde las heces

La capacidad de las semillas para emerger y establecerse como plántulas en el interior de las heces fue evaluada mediante un experimento de invernadero. Se realizaron tres tratamientos: i) control: semillas no ingeridas; ii) heces intactas: se coloraron 12 g de heces intactas sobre la superficie de las macetas (arena y vermiculita) y iii) heces disgregadas: donde se colocaron también 12 g. Se simuló el desmoronamiento bajo condiciones naturales (p. ej. la lluvia o el pisoteo del estiércol por los animales) (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012). A ambos tratamientos de heces se realizaron en los dos intervalos con mayor recuperación (24-48 y 48-72h). Las macetas se colocaron aleatoriamente en el invernadero con temperaturas de día/noche de 25/15°C y se regaron periódicamente. La emergencia de las semillas fue revisada diariamente durante 60 días. El porcentaje de plántulas establecidas (PE) al final del período de muestreo se estimó para cada una de las especies mediante la fórmula: $PE = 100 \cdot Se / 3 \cdot Sr$, donde *Se* es el número promedio de plántulas establecidas de las especies, y *Sr* es el número promedio de semillas encontradas en 4 g de heces (basado en 20 submuestras) (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012).

Análisis de los datos

Los datos sobre el porcentaje de recuperación, semillas germinadas y el porcentaje de emergencia de plántulas de heces intactas y disgregadas fueron evaluados estadísticamente con ANOVA, y la obtención de las diferencias entre tratamientos se hizo mediante la prueba de Tukey. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa SPSS 23.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recuperación de semillas

En general, la cantidad de semillas recuperadas fue baja; en el mejor de los casos (*M. polymorpha*), se recuperaron de las heces poco menos del 7% de las semillas consumidas (Tabla 1). Al respecto, se debe considerar que el porcentaje de destrucción de semillas es directamente proporcional al tamaño de la semilla e inversamente proporcional a la dureza de sus cubiertas (Russi *et al.*, 1992). Estos bajos valores son similares a los obtenidos para otras especies herbáceas y arbustivas consumidas por rumiantes salvajes y domésticos (Olson y Wallander, 2002; Razanamandranto *et al.*, 2004; Mouissie *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2006; Mancilla-Leytón *et al.*, 2011); sin embargo, aún en las especies en las que se obtuvieron los más bajos niveles de recuperación, las cabras no se comportaron como predatoras de sus semillas, lo que significa que las semillas no fueron destruidas después de su ingestión por las cabras.

Para las tres especies, las mayores tasas de recuperación de semillas ocurrieron a las 24-48 y 48-72 horas después de su ingestión, con mayores porcentajes de recuperación en *M. polymorpha* (Tabla 1). La distribución temporal de la defecación de las semillas puede favorecer la distancia de dispersión, y puede ser particularmente importante en el caso de *M. polymorpha* y *O. compressus*, que fueron las especies donde se recuperaron más semillas y así mismo fueron las que permanecieron en el sistema digestivo por tiempos más largos (más de 48 horas). En este sentido, la distancia final de dispersión dependerá en gran medida del sistema de producción. En los rebaños extensivos o semiextensivos la distancia recorrida por los animales puede llegar a ser extremadamente alta.

Germinación de las semillas después de su paso por el sistema digestivo de las cabras

En todas las especies, las semillas recuperadas tuvieron una germinación significativamente más baja en comparación con las semillas sin consumir (Tabla 2). En general, las semillas recuperadas

de las tres leguminosas mostraron valores promedio de germinación de 27-50%. Solo en las semillas de *O. compressus* recuperadas a las 48-72 h la germinación fue significativamente más alta en comparación con las semillas recuperadas a las 24-48 h ($P \leq 0,05$). En el resto de las especies, no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 1. Porcentajes de recuperación de las semillas en los diferentes intervalos tras su ingestión.

Especies	Tiempos de recuperación (horas)					% total de semillas recuperadas
	0-24	24-48	48-72	72-96	96-120	
<i>Ornithopus compressus</i>	0,03 a*	0,56 b	0,58 b	0,24 a	0,12 b	1,53
<i>Melilotus officinalis</i>	0,05 a	0,15 c	0,08 c	0,03 c	0	0,31
<i>Medicago polymorpha</i>	0,05 a	2,64 a	1,92 a	1,51 a	0,68 a	6,80

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey $\leq 0,05$)

Tabla 2. Porcentajes de germinación de las semillas control y recuperadas de las heces a las 24-48 y 48-72 h después de su ingestión por las cabras.

Especies	Tratamientos		
	Control	24-48 h	48-72 h
<i>Ornithopus compressus</i>	91,7 \pm 1,7 a*	27,3 \pm 5,7 b	50,0 \pm 3,2 c
<i>Melilotus officinalis</i>	68,3 \pm 4,8 a	47,6 \pm 3,8 b	0
<i>Medicago polymorpha</i>	58,3 \pm 3,2 a	26,7 \pm 2,7 b	37,2 \pm 8,2 b

*Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (Tukey $\leq 0,05$).

El paso por el sistema digestivo no mejoró la germinación de las semillas de *O. compressus* y *M. polymorpha*, como se ha reportado por otros autores para algunas semillas de leguminosas herbáceas (Nakao y Cardoso, 2010; Lima *et al.*, 2014). La menor germinación encontrada en estas dos semillas puede ser debida al daño causado al embrión por el líquido ruminal, los procesos digestivos y la fermentación del estiércol (Prins y Van der Vorstenbosch, 1975; Gardener *et al.*, 1993).

Emergencia de plántulas desde las heces

En cuanto al estudio de la capacidad de emergencia y establecimiento de las semillas a partir de las heces, no hubo emergencia de plántulas de *O. compressus* en las heces intactas o disgregadas; por otra parte, encontramos que cuando las heces están disgregadas los valores de emergencia son muy superiores a cuando las heces están intactas. Se obtuvo una emergencia significativamente más baja en *M. polymorpha* a las 24-48 h y 48-72 h después de su ingestión en las heces intactas y en las disgregadas en comparación con las semillas control ($F = 28,03$, $P \leq 0,05$, Figura 1). Las heces disgregadas a las 24-48 h y 48-72 h después de su ingestión con semillas de *M. officinalis* tuvieron una similar emergencia de plántulas en comparación con las semillas control (Figura 1). Esto probablemente puede ser debido a la mayor capacidad de retención de agua de las heces disgregadas (Traveset *et al.* 2001; ver resultados similares en Malo y Suárez, 1998).

La ausencia total de emergencia de plántulas en las heces intactas (p. ej. en *M. officinalis*) puede ser parcialmente explicada por la apretada estructura de las mismas, la cual puede actuar como una barrera mecánica para la emergencia de plántulas, que puede desaparecer cuando la estructura del estiércol se rompe. Consecuentemente, el pisoteo de los animales en pastoreo, la lluvia y los insectos coprófagos que rompen las heces son necesarios para el establecimiento de las plántulas, especialmente para aquellas especies que no pueden emerger del estiércol intacto (Mancilla-Leytón *et al.*, 2012). Además debería considerarse que la reducida germinación de las semillas cuando crecen en las heces podría causarse por un efecto alelopático de los compuestos fenólicos y ácidos

grasos contenidos en el estiércol, los cuales pueden actuar como inhibidores de la germinación para algunas especies (Traveset *et al.*, 2001).

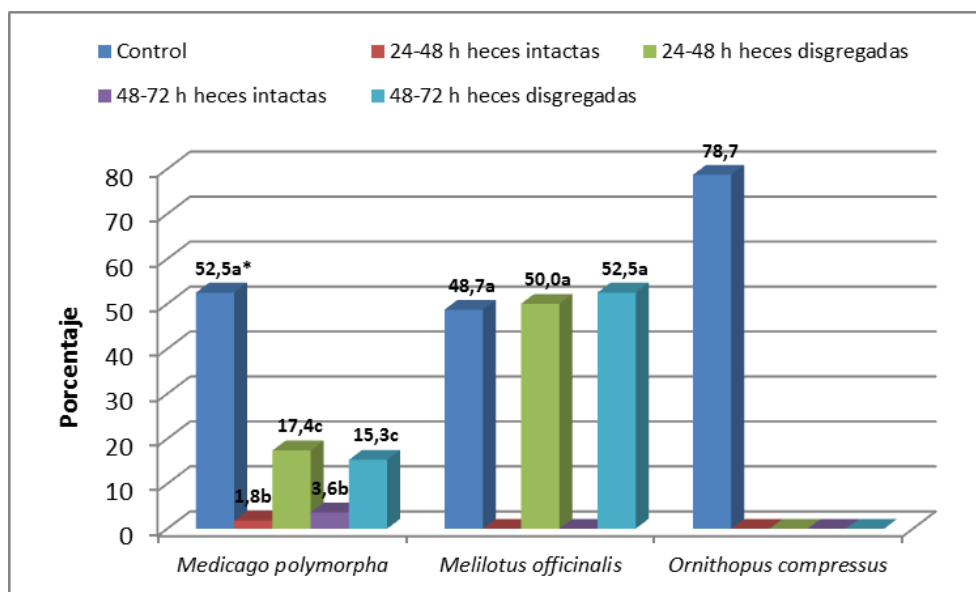


Figura 1. Porcentaje de emergencia de plántulas en heces intactas y disgregadas recolectadas a las 24-48 h y 48-72 h después de su ingestión. *Para cada especie, letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey $\leq 0,05$).

CONCLUSIONES

Aunque los porcentajes de recuperación de semillas, germinación y emergencia de plántulas encontradas en este estudio fueron bajos en términos absolutos, se puede concluir que un número significativo de semillas, particularmente las de *M. polymorpha* y *M. officinalis* pueden establecerse a partir de su deposición en el estiércol. Teniendo en cuenta que cada plántula que consigue establecerse puede producir cientos o miles de semillas, podemos concluir que la utilización del ganado caprino para la implantación de cubiertas vegetales en cultivos herbáceos podría ser una práctica viable y sostenible que beneficia al suelo, al propio cultivo, a la calidad del pasto, al ganado, y a la economía de los agricultores y/o ganaderos. No obstante, habría que tener en cuenta otros aspectos ecológicos relacionados como el aumento de la distancia de dispersión, la fertilización por heces, la disminución de la competencia, etc.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a D. José Ardila y Dehesa de Gatos S.A. su ayuda y colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dai X. (2000) Impact of cattle dung deposition on the distribution pattern of plant species in an alvar limestone grassland. *Journal of Vegetation Science*, 11, 715–724.
- Gardener C., McIvor J. y Jansen A. (1993) Survival of seeds of tropical grassland species subjected to bovine digestion. *Journal of Applied Ecology*, 30, 75–85.
- Gökbülak F. y Call C. (2004) Grass seedling recruitment in cattle dung pats. *Journal of Range Management*, 57, 649–655.

- Gökbülak F. (2006) Recovery and germination of grass seeds ingested by cattle. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 6, 23–27.
- Kuiters A.T. y Huiskes H.P.J. (2010) Potential of endozoochorous seed dispersal by sheep in calcareous grasslands: correlations with seed traits. *Applied Vegetation Science*, 13, 163–172.
- Lima R.V., Vieira H.D., de Souza Guimarães F., Rohem Jr. N.M., da Silva T.O., Fernandes A.M., Guimarães C.P., Acha A.J. y Deminiciis B.B. (2014) Germination, vigor of seeds and emergence of Fabaceae seedling in bovine faeces. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2170–2177.
- Malo J.E. y Suárez F. (1998) The dispersal of a dry-fruited shrub by red deer in a Mediterranean ecosystem. *Ecography*, 21, 204–211.
- Malo J.E., Jiménez B. y Suárez F. (2000) Herbivore dunging and endozoochorous seed deposition in a Mediterranean dehesa. *Journal of Range Management*, 53(3), 322–328.
- Mancilla-Leytón J.M., Fernández-Alés R. y Martín A. (2011) Plant–ungulate interaction: goat gut passage effect on survival and germination of Mediterranean shrub seeds. *Journal of Vegetation Science*, 22, 1031–1037.
- Mancilla-Leytón J.M., Fernández-Alés R. y Martín Vicente A. (2012) Low viability and germinability of commercial pasture seeds ingested by goats. *Small Ruminant Research*, 107, 12–15.
- Mouissie A.M., Van Der Veen C.E.J., Veen G.F.C. y Van Diggelen R. (2005) Ecological correlates of seed survival after ingestion by Fallow deer. *Functional Ecology*, 19, 284–290.
- Nakao E.A. y Cardoso V.J.M. (2010) Recovery and germination of legume seeds passed through the digestive tract of bovine cattle. *Biota Neotropical*, 10, 189–195.
- Olson B.E. y Wallander R.T. (2002) Does ruminal retention time affect leafy spurge seed of varying maturity? *Journal of Range Management*, 55, 65–69.
- Prins R.A. y Van der Vorstenbosch, C.J.A.H.V. (1975) Interrelationships between rumen micro-organisms. En: Binnerts, W.T. (ed.). *Physiology of Digestion*. pp. 15–24. Wageningen, The Netherlands: H. Veenman., Zonen B.V, Wageningen University.
- Ramos M.E., Robles A.B., Ruiz-Mirazo J., Cardoso J.A. y González-Rebollar J.L. (2006) Effect of gut passage on viability and seed germination of legumes adapted to semiarid environments. En: Lloveras J., et al. (eds.). *Sustainable Grassland Productivity*. pp. 315–317. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- Razanamandranto S., Tigabu M., Neya S. y Odén P.C. (2004) Effects of gut treatment on recovery and germinability of bovine and ovine ingested seeds of four woody species from the Sudanian savanna in West Africa. *Flora*, 199, 389–397.
- Russi L., Cocks P.S. y Roberts E.H. (1992) The fate of legume seeds eaten by sheep from a Mediterranean grassland. *Journal of Applied Ecology*, 29, 772–778.
- Shiponeni N.N. y Milton S.J. (2006) Seed dispersal in the dung of large herbivores: implications for restoration of Renosterveld shrubland old fields. *Biodiversity Conservation*, 15, 3161–3175.
- Traveset A., Bermejo T. y Willson M. (2001) Effect of manure composition on seedling emergence and growth of two common shrub species of Southeast Alaska. *Plant Ecology*, 155, 29–34.
- Vellend M., Myers J.A., Gardescu S. y Marks P.L. (2003) Dispersal of *Trillium* seeds by deer: implications for long-distance migration of forest herbs. *Ecology*, 84, 1067–1072.