

SUPERVIVENCIA EN EL PASTIZAL DE LAS SEMILLAS DISPERSADAS CON LOS EXCREMENTOS DE VACA

J.E. MALO Y F. SUÁREZ

Dpto. Interuniversitario de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.
28049 Madrid. España. E-mail: je.mal@uam.es

RESUMEN

Los herbívoros defecan un gran número de semillas en los pastizales mediterráneos, con potenciales efectos sobre su estructura y funcionamiento. Los estudios de endozoocoria suelen basarse en el análisis del contenido de semillas de excrementos frescos, suponiendo que no hay pérdidas de ellas hasta el momento de la germinación. En este trabajo se analiza la supervivencia de las semillas en 20 excrementos de vaca desde el momento de su deposición en junio hasta el de la germinación otoñal. Los resultados muestran una pérdida significativa de semillas germinables ($p < 0,001$), sobreviviendo un $59,7 \pm 5,9\%$ (media \pm error típico) de ellas. La pérdida de semillas tiene lugar principalmente en los excrementos recién depositados, no parece ser denso-dependiente ($p > 0,05$), y el porcentaje de semillas supervivientes difiere entre especies. Se concluye que los datos obtenidos de los excrementos frescos son válidos para estimar las semillas en disposición de germinar en el otoño, si bien pueden sobrevalorar su densidad y presentar ciertos sesgos entre especies.

Palabras clave: dehesa, dispersión, endozoocoria, predación, semillas

INTRODUCCIÓN

Los herbívoros movilizan un gran número de semillas en los pastizales mediterráneos, habiéndose sugerido que la disper-

sión de semillas a través de su ingestión y defecación puede ser importante para la introducción de especies y el mantenimiento de las comunidades de pastizal (Russi *et al.*, 1992; Malo y Suárez, 1995a). Este hecho ha llevado a la existencia de un interés creciente por los estudios de endozoocoria por herbívoros, si bien el análisis de los procesos dispersivos resulta extremadamente complejo por su dependencia de un elevado número de factores (Janzen, 1983; Miller, 1994). Ante esta complejidad, la mayoría de los estudios analizan sólo la presencia de semillas en los excrementos frescos (ej. Russi *et al.*, 1992; Malo y Suárez, 1995a), suponiendo que las pérdidas post-dispersivas de semillas deben ser pequeñas.

Apenas existe información acerca de la supervivencia de las semillas dispersadas en los excrementos hasta su germinación y establecimiento, pese a ser una fase clave para el éxito de las mismas. Las acumulaciones de semillas en los excrementos pueden atraer a los predadores (Janzen, 1982), desembocando en una predación denso-dependiente. Además, es posible que la actividad microbiana produzca una pérdida de viabilidad de las semillas incluidas en los excrementos, o que algunas semillas inicien su germinación en los excrementos frescos y mueran desecadas en las primeras fases de su desarrollo (Janzen, 1983; Janzen *et al.*, 1985). Todo ello hace interesante analizar la persistencia de las semillas en los excrementos de los herbívoros, a fin de establecer hasta qué punto debe tenerse en cuenta esta

pérdida de semillas en los estudios de endozooecia.

El objetivo de este trabajo es analizar la supervivencia de las semillas dispersadas en excrementos de vaca desde el momento de su deposición primaveral hasta el de la germinación otoñal. Dicho análisis se realiza en las dos vertientes del problema: la pérdida de semillas en su conjunto, que puede llevar a sobrevalorar el efecto de la dispersión por los herbívoros, y el grado de afección sufrido por las distintas especies, que podría sesgar las conclusiones taxonómicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca del Castillo de Viñuelas, a 20 km al norte de Madrid capital (670 m. de altitud), en un área de pastizal permanente adhesionado, con cobertura media de encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) de gran edad.

El 5 de junio de 1991, coincidiendo con las fechas en que los excrementos muestran una máxima densidad de semillas, se marcaron de 20 boñigas de vaca recién depositadas, y se tomó una muestra de excremento fresco de cada una de ellas. Estas muestras se secaron y conservaron en bolsas de papel hasta el momento de su procesamiento. Al inicio del otoño (11-X), previamente a las lluvias que provocan la germinación en el pastizal, se extrajo de cada boñiga un fragmento de unos 4x4 cm, al que se le eliminaron las capas superior e inferior para limitar la contaminación de semillas. Además, a 6 de estas boñigas se les extrajeron fragmentos del mismo tipo en tres momentos del verano (8-VII, 12-VIII y 13-IX).

El contenido de semillas de las muestras se analizó mediante su cultivo en invernadero durante dos períodos octubre-julio. Para ello, 3 g de cada muestra se trituraron y mezclaron con 20-25 g de arena

estéril, y se pusieron, sobre una gasa, en una capa de 2 cm en pots rellenos de vermiculita que se mantuvo húmeda. Las germinaciones se arrancaban tan pronto como resultaban identificables.

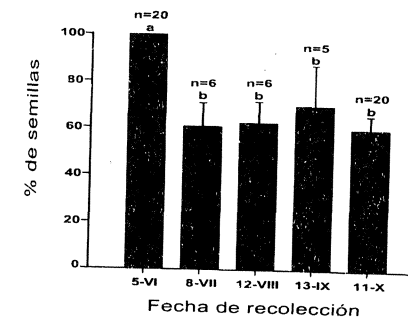
Los análisis del número de semillas y especies en distintos momentos, y de la relación entre la supervivencia de las semillas y su densidad original, se han realizado con procedimientos no paramétricos sencillos (Zar, 1996). La comparación taxonómica de las muestras se ha realizado mediante un escalado multidimensional basado en la similitud de Spearman entre muestras con el programa SYSTAT. Este método permite la visualización de las tendencias de cambio asociadas a la diferencia de cada muestra de primavera con la correspondiente de otoño, y realizar un análisis vectorial de las direcciones de cambio taxonómico de las muestras (Zar, 1996).

RESULTADOS

El excremento fresco presentó una densidad de $48,6 \pm 8,1$ (media \pm error típico) semillas por muestra, siendo este valor significativamente mayor (test de Wilcoxon, $Z=3,72$; $n=20$; $p<0,001$) que el encontrado en las muestras de otoño ($25,6 \pm 3,9$ semillas por muestra). De la misma forma, el número de especies por muestra se redujo de forma significativa ($Z=3,30$; $n=20$; $p<0,001$), pasando de $13,1 \pm 1,1$ especies por muestra en las muestras de excremento fresco a $9,4 \pm 0,7$ en otoño.

La pérdida de semillas tiene lugar principalmente durante el primer período que pasan los excrementos en el campo (figura 1). El seguimiento de 6 excrementos mostró que su contenido de semillas cayó al $60,5 \pm 10,1\%$ del inicial para el 8 de julio ($Z=2,02$; $n=6$; $p<0,05$), manteniéndose aproximadamente similar hasta el $59,7 \pm 5,9\%$ final (cambios con $p>0,05$ en todos los casos).

Figura 1. Evolución temporal, bajo condiciones de campo, de la densidad de semillas presentes en las boñigas de vaca de primavera, expresada como porcentaje de la densidad encontrada en la recolección correspondiente al excremento fresco (5-VI). Se presentan el error típico, el tamaño muestral y una letra que, en las barras en que se repite, indica la ausencia de diferencias significativas en el test de muestras pareadas de Wilcoxon



El porcentaje de semillas perdido tiende a ser superior en las muestras con una mayor densidad inicial de ellas. No obstante, la correlación entre la densidad inicial de semillas y el porcentaje que se encuentra en otoño no llega a ser significativa (Spearman $r=-0,393$; $n=20$; $p=0,086$).

El escalado multidimensional de las muestras (figura 2) revela que la pérdida de semillas afecta de forma distinta a las diferentes especies, y que existe un patrón de cambio común al conjunto de las muestras. Así, los vectores que unen las situaciones originales y finales de las muestras presentan una direccionalidad significativamente no azarosa (media \pm desviación típica angular: $244^{\circ}51' \pm 66^{\circ}14'$; $R=10,25$; $p<0,01$ en el Test de Rayleigh). A esta dirección de cambio se asocian significativamente (Spearman r , $p<0,05$ tras la corrección secuencial de Bonferroni) y de forma positiva *Sagino apetala* y *Spergularia purpurea*, mientras que lo hacen de forma negativa *Erodium cicutarium*, *Erodium moschatum* y *Capsella bursa-pastoris*. En total, 14 especies muestran distintos grados de asociación

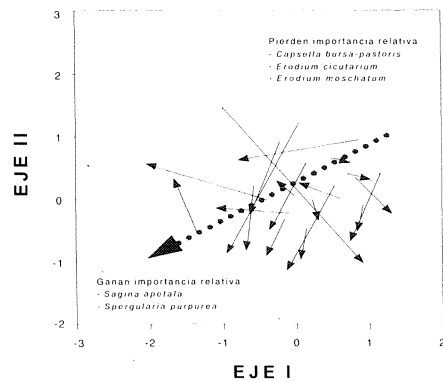
con la mitad positiva del gradiente y 10 lo hacen con la negativa.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que las boñigas pierden semillas viables desde el momento de su deposición hasta la llegada del otoño, afectando de forma desigual la pérdida de semillas a las diferentes especies. Estos hechos podrían, en principio, acarrear inexactitudes de dos tipos: una sobreestimación de las semillas diseminadas y ciertos sesgos entre especies.

Las boñigas presentaban en el campo, al llegar el otoño, una densidad de semillas alrededor de un 40% menor que el excremento fresco, posiblemente debido a la degradación microbiana de parte de ellas o a un inicio en falso de su germinación. Por una parte, el trabajo de Janzen (1982) se centró en la atracción de los roedores a los excrementos con semillas de *Enterolobium cyclocarpum*, un árbol de semillas grandes (0,3-1,1 g). En nuestro caso, las semillas son de tamaño muy inferior y sus principales predadores en estos pastizales, las hor-

Figura 2. Resultado del escalado multidimensional del contenido de semillas de las muestras de excremento fresco y sus correspondientes muestras de otoño (varianza absorbida: 70,8%, stress de la configuración final:0,242). Cada vector une las posiciones ocupadas por un par de muestras de primavera-otoño, y la flecha punteada indica la dirección media del conjunto de los vectores. Se indican las especies características de los dos extremos de esta dirección de cambio, que corresponden con especies cuya importancia relativa en los excrementos presentes en el campo en el otoño es inferior y superior a la estimada a partir de la recolección de primavera.



migas (Beattie, 1989), no han sido observadas recogiendo semillas de las boñigas.

Por otra parte, la pérdida en las primeras fases tras la deposición de los excrementos, y la diferente afección entre las especies, sugieren que se trate de un problema de degradación microbiana de las semillas o de su germinación en falso (Janzen, 1983). Los excrementos frescos poseen una rica flora descomponedora que mantiene una alta actividad mientras se mantienen condiciones de humedad suficiente. De hecho, una fermentación adecuada permite producir mantillos libres de semillas viables, y es lógico suponer que un proceso similar aunque menos eficiente tenga lugar en el campo.

Además, las especies que sufren mayores pérdidas de semillas son aquellas con una mayor proporción de ellas fácilmente germinables. Ocho de las 10 especies asociadas a la porción negativa del eje de variación temporal de las muestras de la figura

2 se encuentran entre aquellas cuyos porcentajes de germinación rápida en el invernadero era superior a la media (Malo, 2000). Por contra, sólo 4 de las 14 asociadas a la parte positiva del eje de variación mostraron dicha rapidez en la germinación ($\chi^2=6,17$; $p=0,013$). Parece lógico interpretar, por tanto, que la pérdida de semillas tiene lugar entre aquellas más proclives a la degradación microbiana o a embeberse e iniciar la germinación en el excremento fresco (Janzen *et al.*, 1985; Gardener *et al.*, 1993).

Aunque las pérdidas de semillas entre la deposición de los excrementos y el momento de la germinación sean relevantes, las implicaciones respecto del efecto de la endozoocoria por herbívoros sobre los pastizales pueden ser pequeñas. Por una parte, se mantiene la posibilidad de introducción de especies en los lugares en que se defecan los excrementos prácticamente en cualquier momento del año. Por otra, las densidades

de semillas de los sitios ocupados por las boñigas en los picos de dispersión primaveral superan en fresco las 10 semillas/cm² en un año seco (Malo *et al.*, 2000) y más del doble en uno húmedo (Malo y Suárez, 1995a), siendo las densidades máximas de estos bancos de semillas unas 10 semillas/cm².

Además, los sesgos taxonómicos aparecidos en las estimaciones de las semillas dispersadas pueden tener menos importancia de la que cabría esperar, dado que las especies que crecen sobre los excrementos provienen de las semillas presentes en los mismos, pero la relación entre la abundancia de semillas de una especie y las plantas crecidas en ese punto no es directa (Malo y Suárez, 1995b).

De lo anterior se puede concluir que, si bien bajo condiciones de campo ocurre

una pérdida significativa de semillas en los excrementos, las estimaciones realizadas a partir de la recolección de excremento fresco pueden ser suficientes para la mayoría de los análisis básicos de la endozoocoria en pastizales. No obstante, los resultados alertan sobre la necesidad de analizar las pérdidas de semillas en los casos en que se aborden estudios detallados de especies, o en situaciones en que la pérdida de semillas debida a los predadores o los microorganismos pueda ser muy elevada.

AGRADECIMIENTOS

A Laparanza S.A., propietaria del Castillo de Viñuelas, y a Catherine Levassor por su colaboración en el trabajo taxonómico. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto AMB-99-0382 del Plan Nacional de I+D.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEATTIE, A.J., 1989. The effects of ants on grasslands. En: *Grassland structure and function: California annual grasslands*, 105-116. Eds. L.F. HUENNEKE; H. MOONEY, Kluwer Acad. Publ. Dordrecht (The Netherlands).
- GARDENER, THE LATE C.J.; MCIVOR, J.G.; JANSEN A., 1993. Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces. *Journal of Applied Ecology* **30**, 63-74.
- JANZEN, D.H., 1982. Removal of seeds from horse dung by tropical rodents: influence of habitat and amount of dung. *Ecology* **63**, 1887-1900.
- JANZEN, D.H., 1983. The dispersal of small seeds by vertebrate guts. En: *Coevolution*, 232-262. Eds. D.J. FUTUYMA; M. SLATKIN. Sinauer Ass. Sunderland, Massachusetts (USA).
- JANZEN, D.H.; DEMMENT, M.W.; ROBERTSON, J.B., 1985. How fast and why do germinating guanacaste seeds (*Enterolobium cyclocarpum*) die inside cows and horses? *Biotropica* **17**, 322-325.
- MALO, J.E., 2000. Hardseededness and the accuracy of seed bank estimates obtained through germination. *Web Ecology* **1**, 70-75.
- MALO, J.E.; SUÁREZ, F., 1995a. Herbivorous mammals as seed dispersers in a Mediterranean *dehesa*. *Oecologia* **104**, 246-255.
- MALO, J.E.; SUÁREZ, F., 1995b. Establishment of pasture species on cattle dung: the role of endozoocorous seed. *Journal of Vegetation Science* **6**, 169-174.
- MALO, J.E.; JIMÉNEZ, B.; SUÁREZ, F., 2000. Herbivore dunging and endozoocorous seed deposition in a Mediterranean *dehesa*. *Journal of Range Management* **53**, 322-328.

- MILLER, M.F., 1994. The costs and benefits of *Acacia* seed consumption by ungulates. *Oikos* 77, 181-187.
- RUSSI, L.; COCKS, P.S.; ROBERTS, E.H., 1992. The fate of legume seeds eaten by sheep from a Mediterranean grassland. *Journal of Applied Ecology* 29, 772-778.
- ZAR, J.H., 1996. *Biostatistical analysis. 3rd. Edition*. Prentice Hall, Inc. New Jersey, (USA). 662 pp. + anexos.

SURVIVAL UNDER GRASSLAND CONDITIONS OF SEEDS DISPERSED IN CATTLE DUNG

SUMMARY

Herbivores defecate large numbers of seeds in Mediterranean grasslands, with potential effects on grassland communities. Most studies about endozoochory focus on the analysis of seeds present in fresh dung, assuming they survive until germination. This study analyzes the survival of seeds within 20 cattle dung pats since their spring deposition in June until the onset of the next germination season in October. The results show a significant loss of germinable seeds in samples ($p < 0.001$), with a $59.7 \pm 5.9\%$ survival (mean \pm s.e.). Seed losses take place soon after dung deposition, they do not seem to be density-dependent ($p > 0.05$), and the percentage of surviving seeds differs among species, showing an identifiable taxonomic pattern among dung pats. It is concluded that data obtained from fresh dung analysis are a reliable estimation of germinable seeds in autumn, though they can somewhat over-estimate the real numbers and they can show some taxonomical biases.

Key words: *dehesa*, dispersal, endozoochory, predation, seeds.