

# El banco de esporas de *Athyrium filix-femina* y *Dryopteris filix-mas* en un pinar de la Sierra del Guadarrama

Juan José Hernández, Beatriz Flores, Daniel Gómez, Santiago Pajarón y Emilia Pangua<sup>1</sup>

**Resumen:** Hernández, J. J.; Flores, B.; Gómez, D.; Pajarón, S. & Pangua, E. 2012. El banco de esporas de *Athyrium filix-femina* y *Dryopteris filix-mas* en un pinar de la Sierra de Guadarrama. *Bot. Complut.* 36: 79-83.

El banco de esporas se considera un elemento fundamental en la dinámica de las poblaciones de helechos. La confirmación de su existencia y el estudio de su comportamiento son, por tanto, básicos para conocer el funcionamiento de dichas poblaciones. Para confirmar la existencia y viabilidad del banco de esporas en un bosque de pino silvestre, en el que las especies dominantes de helechos son *Athyrium filix-femina*, y *Dryopteris filix-mas*, se tomaron muestras de suelo, y se cuantificó la cantidad de gametófitos de cada especie por muestra. Se obtuvieron muestras a diferentes profundidades, de 3-10, 10-20 y de 20-25cm, para comprobar la estructura vertical, y a 0, 2 y 5 metros de los esporófitos, para valorar el efecto de la distancia a la fuente de esporas. Se confirmó la existencia de un banco de esporas, y se observaron diferencias entre las dos especies siendo las esporas de *Athyrium filix-femina* las que dominan, con porcentajes de esporas viables mucho más elevados que los de *Dryopteris* con respecto a los factores estudiados. La mayor presencia de esporas de *Athyrium* en el banco podría ser la causa de la mayor abundancia de esta especie.

**Palabras clave:** *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, banco de esporas, pinar.

**Abstract:** Hernández, J. J.; Flores, B.; Gómez, D.; Pajarón, S. & Pangua, E. 2012. The spore bank of *Athyrium filix-femina* and *Dryopteris filix-mas* in a Scottish pine wood of the Guadarrama mountain range. *Bot. Complut.* 36: 79-83.

The soil spore bank plays a pivotal role in fern population dynamics. Thus, the confirmation of its existence and the knowledge of its behaviour are basic to know population functioning. To study the presence and viability of a spore bank, soil samples were collected in a Scottish pine wood in which *Athyrium filix-femina* and *Dryopteris filix-mas* are the dominant fern species, and the amount of gametophytes of each species was quantified. Vertical structure, sampling at three different depths, from 3-10, 10-20 and 20-25 cm, and the effect of distance to spore source, sampling at 0, 2 and 5 m from sporophytes, were studied. We observed differences between both species, the spores of *Athyrium filix-femina* were dominant. Viable spore percentages were higher than in *Dryopteris* for both factors studied. A higher presence of *Athyrium* spores in the bank could explain the dominance of this species in the area.

**Key words:** *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, spore bank, pine woods.

## INTRODUCCIÓN

El banco de semillas está considerado un elemento importante en la dinámica de poblaciones, si bien su comportamiento es muy variable dependiendo de las especies. En general, se considera que el banco de semillas tiene más importancia en plantas anuales, de hábitats más expuestos a perturbaciones más o menos catastróficas, que en especies perennes de bosques estables (Fenner & Thompson 2005). Estos aspectos más o menos conocidos en el caso de las plantas con semilla (Thompson *et al.* 1997), no se conocen en las plantas productoras de espo-

ras, como son los helechos. Además, entre las plantas con semilla hay especies que hacen grandes aportaciones al banco de semillas, mientras que otras, por sus propios sistemas de dispersión, no pasan a formar parte de él. Sin embargo, la casi totalidad de los helechos producen cada temporada un elevado número de esporas, de las que supuestamente una buena parte pasan directamente a engrosar el banco del suelo, aunque también hay testimonios de que no todas las especies de helechos forman bancos de esporas (Ramírez-Trejo *et al.* 2004)

Hay evidencias acerca de la importancia de los bancos de esporas de los helechos en el establecimiento y re-

<sup>1</sup> Departamento de Biología Vegetal I. Facultad de Biología, Universidad Complutense. E-28040 Madrid, España. [jjhfp85@gmail.com](mailto:jjhfp85@gmail.com), [gotoflowers@hotmail.com](mailto:gotoflowers@hotmail.com), [daniel.gomezdezamora.martinez@hotmail.com](mailto:daniel.gomezdezamora.martinez@hotmail.com), [spajbot@bio.ucm.es](mailto:spajbot@bio.ucm.es), [epangua@bio.ucm.es](mailto:epangua@bio.ucm.es)

Recibido: 10 febrero 2012. Aceptado: 27 febrero 2012.

generación de las poblaciones, así como de la posibilidad de colonización de nuevos sitios (Hamilton 1988, Scheller *et al.* 1990, Dyer & Lindsay 1992)

Por otra parte es importante un estudio de bancos de esporas en distintas localidades y tipos de vegetación que aporte nuevos datos sobre su comportamiento, y permita responder preguntas como, por ejemplo ¿en todos los bancos esporales se pierde viabilidad con la profundidad? ¿Está relacionada la abundancia de esporófitos de las especies de una localidad determinada con la composición del banco de esporas de esa localidad? ¿Las especies que forman bancos de esporas lo hacen en todas las localidades donde habitan?

Nuestro propósito fue comprobar, a partir de muestras del suelo, en una localidad en la que conviven como especies de helechos dominantes, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth y *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, la existencia y viabilidad del banco de esporas, partiendo de la hipótesis de que *Athyrium filix-femina*, especie pionera, colonizadora, r-estratega, y más abundante en la zona muestreada que *Dryopteris filix-mas*, tendría una mayor capacidad de colonización a partir del posible banco de esporas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las especies estudiadas han sido *Athyrium filix-femina* y *Dryopteris filix-mas*, ambas habitan en bosques umbrosos y con mayor humedad en el caso de *Athyrium*, que prefiere los suelos ácidos o descalcificados, mientras que *Dryopteris* es indiferente al tipo de sustrato. Cuando conviven pueden ser los helechos dominantes. Ambas se distribuyen preferentemente por la mitad septentrional peninsular, siendo más raras hacia el sur (Salvo 1990). Los gametófitos de ambas especies se distinguen fácilmente, los de *Athyrium* no presentan tricomas en el margen, mientras que los de *Dryopteris* sí. En la zona de estudio hay otras especies de helechos como *Pteridium aquilinum*, que no presenta esporas, y *Blechnum spicant*, cuyos gametófitos presentan tricomas, pero muy escasos por lo que no hay confusión.

Los muestreos se realizaron en la provincia de Segovia, Valsaín, Puerto de El Batán, 1450 m, 27-12-2009. Las muestras de suelo se obtuvieron a lo largo de un arroyo que desemboca en el río Eresma.

Se seleccionaron cuatro grupos de esporófitos, separados 50 m, en los que convivían las dos especies. Por cada grupo de plantas se cogieron muestras de suelo a 0, 2 y 5 m de distancia de las plantas. Las muestras se tomaron con una sonda cilíndrica de 4 cm de diámetro y 25 cm de profundidad. Cada muestra de la sonda se separó en 3 profundidades diferentes: De 3-10, de 10-20 y de 20-25 cm. De cada muestra y para cada profundidad se realizaron 3 réplicas en placas Petri de 6 cm de diámetro y las muestras se conservaron a temperatura ambiente (20-22 °C) en el laboratorio, con iluminación natural. Hay que

mencionar que en los cuatro grupos de esporófitos, a la distancia de 2 m sólo se pudo introducir la sonda hasta los 10 cm, ya que cerca del arroyo hay bloques de rocas que impidieron la penetración de la sonda a mayor profundidad. A los 3 meses se muestrearon las placas y se hizo un recuento de todos los gametófitos presentes de cada especie.

Para determinar el efecto de las variables distancia y profundidad, sobre el establecimiento de los gametófitos obtenidos a partir del banco de esporas, y la posible interacción de ambos factores se realizaron análisis de la varianza (ANOVA). Para estos análisis se eliminó la distancia a 2 m por no tener datos de todas las profundidades, como hemos comentado anteriormente. La comparación entre las medias para la identificación de grupos homogéneos se hizo, en los casos en que fue posible, mediante el test de Tukey. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS (2010).

## RESULTADOS

En la zona muestreada *Athyrium filix-femina* y *Dryopteris filix-mas*, son los dos helechos dominantes. Se encontraron esporas viables de las dos especies en toda la columna de suelo muestreada.

En *Athyrium* el número de gametófitos obtenidos entre 3-10 cm fue más elevado que el obtenido a mayor profundidad, independientemente de la distancia a la planta (Fig. 1). El número de gametófitos obtenido entre 3-10 cm osciló entre 760 y 860, este número fue disminuyendo con la profundidad de manera que entre 20-25 cm se observaron entre 235 y 303 gametófitos. El efecto de la distancia y la interacción entre ésta y la profundidad no fueron estadísticamente significativos, pero si el de la profundidad

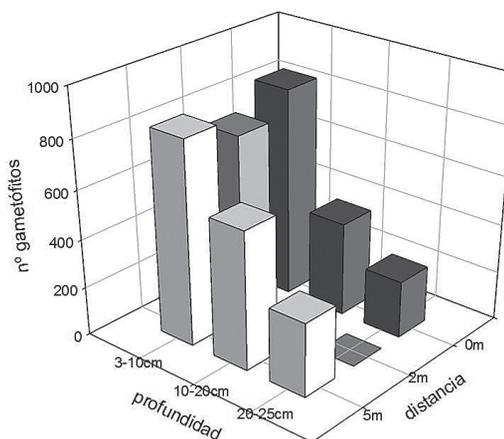


Fig. 1— Representación del número de gametófitos de *Athyrium filix-femina* encontrados en cada distancia y profundidad. A 2 m sólo se pudo introducir la sonda hasta los 10 cm.

Tabla 1  
Resultados del ANOVA sobre el efecto de la distancia y la profundidad sobre el número de gametófitos de *Athyrium filix-femina*. gl: grados de libertad. p: significación

Fuente de variación	gl	F	p
Distancia	1	2.384	0.127
Profundidad	2	24.163	0.000
Distancia × profundidad	2	0.950	0.392

(Tabla 1), el test de Tukey mostró 3 grupos que se corresponden con las tres profundidades estudiadas.

En *Dryopteris* (Fig. 2) el número de gametófitos fue mucho menor que el de *Athyrium* para todas las profundidades y distancias. El mayor número de gametófitos (156) se obtuvo cerca de la planta entre 3-10 cm, descendiendo este número a 74 con la profundidad. Las muestras obtenidas a 5 m de la planta madre originaron un número de gametófitos considerablemente menor, aunque el número de protalos no varió mucho con la profundidad (entre 29 y 17). En esta especie, sólo se encontraron diferencias significativas en el efecto de la distancia (Tabla 2), pero no en el de la profundidad, ni en la interacción entre ambos factores.

## DISCUSIÓN

Las esporas de los helechos en muchos hábitats, después de su dispersión penetran en el suelo antes de que la luz permita su germinación. Muchas de estas esporas se pierden definitivamente, pero hay una proporción significativa que permanece viable durante años o incluso décadas (Lindsay *et al.* 1992), de forma que juegan un importante papel en el éxito reproductivo de algunas especies.

En *Athyrium filix-femina* y *Dryopteris filix-mas*, la cantidad de esporas formadas por planta y año se estima entre 75-100 millones. Los esporangios tienen anillos efectivos que permiten la liberación esporal en un periodo muy corto de tiempo, aunque la dispersión en *Athyrium* es más lenta (Schneller 1995). *Dryopteris filix-mas* produce menos cantidad de esporas que *Athyrium filix-femina*, ya que el número de hojas fértiles se establece al inicio de temporada y es fijo, mientras que *Athyrium* produce hojas fértiles a lo largo de toda la estación, de junio a septiembre (Schneller 1988).

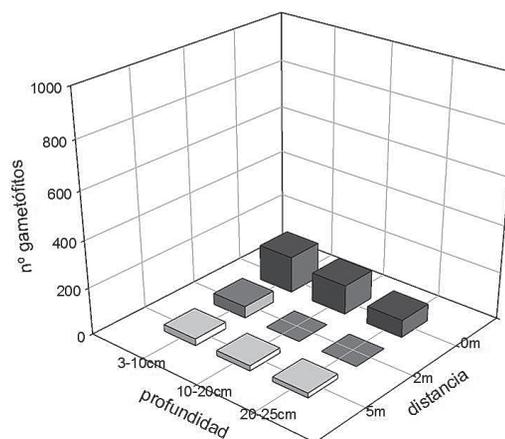


Fig. 2— Representación del número de gametófitos de *Dryopteris filix-mas* encontrados en cada distancia y profundidad. A 2 m sólo se pudo introducir la sonda hasta los 10 cm.

Tabla 2  
Resultados del ANOVA sobre el efecto de la distancia y la profundidad sobre el número de gametófitos de *Dryopteris filix-mas*. gl: grados de libertad. p: significación

Fuente de variación	gl	F	p
Distancia	1	10.743	0.002
Profundidad	2	2.612	0.315
Distancia × profundidad	2	0.439	0.646

La formación de bancos de esporas en estos taxones ha sido confirmada en diferentes localidades, como por ejemplo en un robledal cerca de Edimburgo, en bosques de pinos, cerca de Aviemore en Escocia (Dyer & Lindsay 1992); en varias localidades suizas en bosques donde estas son las especies de helechos dominantes (Schneller 1988). Nuestros resultados muestran un descenso del número de esporas viables con relación a la profundidad, aunque en el caso de *Dryopteris* este descenso no resultó significativo estadísticamente. Schneller (1988) y Dyer & Lindsay (1992) obtuvieron resultados similares para suelos en los que crecían estas especies, y Ranal (2003) y Ramirez-Trejo *et al.* (2004) para otras especies, en suelos de bosques tropicales y matorrales xerófilos y distintos tipos de bosques mexicanos respectivamente.

El hecho de que las muestras de suelo a mayor profundidad hayan originado menos gametófitos puede deberse a varias causas. Por una parte es posible que el nú-

mero de esporas sea menor, éstas conforme van cayendo al suelo percolan con la lluvia, o incluso son desplazadas por las lombrices de tierra, pudiendo alcanzar más de un metro de profundidad (Hamilton 1988, Van Tooren & Dyring 1988, Esteves & Dyer 2003).

El tamaño y la ornamentación esporal podrían estar relacionados con la profundidad alcanzada por las esporas, aunque la estructura del suelo tiene una mayor influencia en la profundidad que alcanzan (Dyer & Lindsay 1992). Además, a mayor profundidad, las esporas serán presumiblemente más antiguas y, al igual que ocurre con las esporas almacenadas en laboratorio o pliegos de herbario, la viabilidad decrece con el tiempo (Smith & Robinson 1975; Windham *et al.* 1986).

El tiempo en que las esporas pueden conservar su viabilidad en el banco de esporas es difícil de saber, la dormición de las esporas de helechos está ampliamente documentada (Schneller 1988, Simpson & Dyer 1999, Hock *et al.* 2006). También su conservación en medio húmedo, como sería el suelo, ha sido estudiada en algunas especies de bosques higrofilos como *Woodwardia radicans* y *Culcita macrocarpa* y en tres especies de *Dryopteris*, *D. corleyi*, *D. aemula* y *D. guanchica* (Quintanilla *et al.* 2002) que a 5 y 20 °C conservaron sus porcentajes de viabilidad durante el año que duró el experimento. Lindsay *et al.* (1992) comprobaron, en especies con esporas no clorofílicas completamente hidratadas, entre las que se encontraba *Athyrium filix-femina*, que a temperatura ambiente (20 °C) a lo largo de dos años conservaron la viabilidad inicial del 85%, mientras que en medio seco, el porcentaje descendió a un 17%.

Por otro lado, la distancia a la fuente esporal influye de forma significativa en *Dryopteris*, siendo menor la cantidad de esporas cuanto más lejos de la planta. No es así en *Athyrium*, en que la cantidad de esporas no disminuye en el rango de distancia estudiado. Esto probablemente es debido a la más lenta liberación de sus esporas y su mayor dispersión (Schneller 1995). A mayores rangos, como 100 m de las plantas, en *Athyrium* se ha comprobado que

el número de esporas viables es considerablemente menor (Schneller, 1998). Penrod & McCormick (1996) observaron que en bosques mixtos de robles en Pennsylvania, el banco esporal de *Dennstaedtia punctilobula* disminuía su viabilidad con la distancia, oscilando los valores máximos y mínimos entre 4 y 50m respectivamente.

En los bancos de esporas en los que estas especies están presentes, la cantidad de gametófitos de *Dryopteris*, aun en los casos en los que coexisten varias especies, es muy baja comparándola con la de *Athyrium*. La causa principal puede ser la menor presencia de plantas de *Dryopteris* frente al número de plantas de *Athyrium* (Schneller 1988). La interpretación podría ser a la inversa, el que exista un banco esporal de *Athyrium* más «competitivo» podría facilitar la instalación de un mayor número de esporófitos.

Este proceso estaría relacionado con la actividad de un anteridiógeno, hormona liberada por gametófitos femeninos, que favorece la formación de anteridios en jóvenes protalos. En ambas especies se ha detectado un mismo tipo de anteridiógeno que puede afectar a su competitividad (Schneller *et al.* 1990). Schneller (1988) mapeó la disposición de tres poblaciones de gametófitos originadas a partir de tres bancos de esporas diferentes, mostrando en todas gametófitos de mayor tamaño, femeninos (ocasionalmente alguno bisexual), rodeados de pequeños gametófitos masculinos. La mayoría de los gametófitos, independientemente del sexo y tamaño, pertenecían a *Athyrium* y, en los casos en los que aparecían gametófitos femeninos de *Dryopteris* estaban rodeados de pequeños gametófitos masculinos de *Athyrium*. Es evidente que las posibilidades de fecundación de *Dryopteris* en este caso son muy escasas.

Como conclusión, el hecho de que en la zona estudiada, al igual que ocurre en otras localidades en las que estas especies conviven, sea *Athyrium filix-femina* la especie que domina puede deberse tanto a su fenología esporal, como a las interacciones que presentan en su fase gametofítica, que puede influir en su sistema de reproducción y, en definitiva en su éxito reproductivo.

## BIBLIOGRAFIA

- DYER, A. F. & LINDSAY, S. 1992. Soil spore banks of temperate ferns. *Amer. Fern J.* 82: 89-122.
- ESTEVES, L. M. & DYER, A. F. 2003. The vertical distributions of live and dead fern spores in the soil of a semi-natural woodland in Southeast Scotland and their implications for spore movement in the formation of soil spore banks. En S. Chandra & M. Srivastava (Eds.), *Pteridology in the new millennium*: 259-290. Kluwer Academic, Dordrecht.
- FENNER, M. & THOMPSON, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press, Cambridge.
- HAMILTON, R. G. 1988. The significance of spore banks in natural populations of *Athyrium pycnocarpon* and *A. thelypteroides*. *Amer. Fern J.* 78: 96-104.
- HOCK, Z.; SZÖVÉNYI, P. & TÓTH, Z. 2006. Seasonal variation in the spore bank of ferns in grasslands on dolomite rock. *Plant Ecol.* 187: 289-296

- LINDSAY, S.; WILLIAMS, N. & DYER, A. F. 1992. Wet storage of fern spores: unconventional but far more effective. En J. M. Ide, A. C. Jermy & A. M. Paul (Eds.), *Fern horticulture: past, present and future perspectives*: 285-294. Intercept, Andover.
- PENROD, K. A. & MCCORMICK, L. H. 1996. Abundance of viable hay-scented fern spores germinated from hardwood forest soils at various distances from a source. *Amer. Fern J.* 86: 69-79.
- QUINTANILLA, L. G.; AMIGO, J.; PANGUA, E. & PAJARÓN, S. 2002. Effect of storage method on spore viability in five globally threatened fern species. *Annals Bot.* 90: 461-467.
- RAMÍREZ-TREJO, M. R.; PÉREZ-GARCÍA, B. & OROZCO-SEGOVIA, A. 2004. Analysis of fern spore banks from the soil of three vegetation types in the central region of Mexico. *Amer. J. Bot.* 91: 682-688.
- RANAL, M. A. 2003. Soil spore bank of ferns in a gallery forest of the ecological station of Panga, Uberlândia, MG, Brazil. *Amer. Fern J.* 93: 97-115.
- SALVO, E. 1990. Guía de helechos de la Península Ibérica y Baleares. Ed. Pirámide.
- SCHNELLER, J. J. 1988. Spore bank, dark germination and gender determination in *Athyrium* and *Dryopteris*: results and implications for population biology of Pteridophyta. *Bot. Helvetica* 98: 77-86.
- SCHNELLER, J. J. 1995. Aspect of spore release of *Asplenium ruta-muraria* with reference to some other woodland ferns: *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, and *Polystichum aculeatum*. *Bot. Helvetica* 105: 187-197.
- SCHNELLER, J. J. 1998. How much genetic variation in fern populations is stored in the spore banks? A study of *Athyrium filix-femina* (L.) Roth. *Bot. J. Linn. Soc.* 127: 195-206.
- SCHNELLER, J. J.; HAUFLER, C. H. & RANKER, T. A. 1990. Antheridiogen and natural gametophyte populations. *Amer. Fern J.* 80: 138-147.
- SIMPSON, K. & DYER, A. F. 1999. The survival of dormant fern spores. *Pteridologist* 3: 98-103.
- SPSS. 2010. IBM SPSS Statistics v.19.0.0. SPSS Inc., Chicago, IL, USA.
- SMITH, D. L. & ROBINSON, P. M. 1975. The effects of spore age on germination and gametophyte development in *Polypodium vulgare* L. *New Phytol.* 74: 101-108.
- THOMPSON, K.; BAKKER, J. P. & BEKKER, R. M. 1997. *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. Cambridge University Press.
- VAN TOREN, B. F. & DURING, H. J. 1988. Viable plant diaspores in the guts of earthworms. *Acta Bot. Neerl.* 37: 181-185.
- WINDHAM, M. D.; WOLF, P. G. & RANKER, T. A. 1996. Factors affecting prolonged spore viability in herbarium collections of three species of *Pellea*. *Amer. Fern J.* 76: 141-148.

