

Persistencia de determinadas especies arvenses según sus caracteres funcionales en sistemas cerealistas

Valle Egea-Cobrero¹✉, María Eva Hernández-Plaza¹, Yesica Pallavicini¹,
José Luis González-Andújar¹

¹ Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), 14004 – Córdoba
✉ vegea@ias.csic.es

Resumen: Se analizaron dos conjuntos de datos para estudiar la relación entre los atributos funcionales de las especies arvenses y la abundancia y la presencia de dichas especies en campos de cereal. Para ello, se utilizaron tres variables indicativas de la abundancia y la frecuencia: la frecuencia de aparición (FR), la abundancia total (AbTot) y la abundancia relativa (AbRel). Los caracteres funcionales considerados fueron: altura, comienzo y duración de la floración, área foliar específica (SLA), peso de mil semillas y el número de cromosomas. Los resultados mostraron que las especies con mayor número de cromosomas, valores altos de SLA, mayor altura y peso de mil semillas presentaban una mayor frecuencia de aparición. Así como una mayor abundancia total y relativa se vio condicionada por un inicio de floración más temprano y una menor duración de la misma.

Palabras clave: carácter funcional, mala hierba, cereal.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se reconoce que la flora arvense es un elemento importante en el funcionamiento de los agrosistemas (Sans et al., 2013) porque preserva la biodiversidad necesaria para mantener su estabilidad frente a las variaciones ambientales (Balvanera et al., 2006). Además de aportar un valor intrínseco de biodiversidad, contribuye al mantenimiento de otros taxones presentes en los campos de cultivo y a la provisión de determinados servicios ecosistémicos como la polinización o el control biológico de plagas y enfermedades (Marshall and Mooney, 2002).

Las condiciones ambientales presentes en los campos de cultivo permiten explicar la distribución de las especies arvenses a escala local y regional (Fried et al., 2012). Las diferentes prácticas llevadas a cabo en los sistemas agrarios (tipo de laboreo, dosis de fertilización, uso de herbicidas de síntesis, fecha de siembra del cultivo, etc.) pueden conceptualizarse como filtros que actúan sobre las características biológicas de las especies arvenses para determinar su distribución. En algunos casos, estas prácticas agronómicas podrían limitar la presencia de las especies arvenses en un determinado campo (exclusión), pero más frecuentemente determinarán la abundancia de las mismas. Tanto para el manejo de las comunidades arvenses como para la conservación de algunas de estas especies que pueden resultar de interés, es importante determinar que atributos funcionales están siendo seleccionados por las prácticas agrícolas. Este conocimiento permitiría determinar la relación entre determinadas prácticas agrícolas y la estructura y composición de las comunidades arvenses.

En este contexto, este trabajo analiza la relación entre la abundancia y la presencia de especies arvenses en campos de cereal y los valores del número de cromosomas y cinco caracteres funcionales.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Toma de datos en campo. En este estudio se han utilizado dos conjuntos de datos correspondientes a muestreos realizados en las campañas 2010-2011 y 2013-2014 respectivamente. En la primera campaña se seleccionaron 30 campos de cereal en Andalucía. En cada uno de ellos se identificaron las especies arvenses presentes y se registró su abundancia en cinco marcos de muestreo de 1m². Los marcos se distribuyeron en el centro de cada campo, siguiendo una diagonal, separados cada cinco metros y manteniendo al menos una distancia de 20 metros al borde del cultivo.

En la campaña 2013-2014, se muestrearon 31 campos de cereal localizados en Andalucía, Castilla-La Mancha, Madrid y Cataluña. En cada campo se identificaron las especies presentes y se midió visualmente la cobertura (% que se expresó posteriormente como los cm² ocupados de cada especie en el marco) de cada una de ellas en 10 marcos de 1m². Los marcos se localizaron distanciados entre sí 8 m, dejando un espacio de 5 m a cada uno de los bordes del campo.

2.2. Caracteres funcionales. Para la totalidad de las especies arvenses registradas (96) se obtuvieron el número de cromosomas y los valores de cinco caracteres funcionales utilizando floras regionales y bases de datos públicas: altura máxima (cm) de Castroviejo (1986-2012), Valdes et al. (1987) y Blanca et al. (2011). Comienzo y duración de la floración en meses (Castroviejo, 1986-2012), área foliar específica (SLA) en mm²/mg según Kleyer et al. (2008), peso de mil semillas en gramos (Royal Botanic Gardens Kew, 2017) y el número de cromosomas acorde a Missouri Botanical Garden (2017).

2.3. Análisis numéricos y estadísticos. En cada conjunto de datos se calculó la frecuencia de aparición (FR), la abundancia total (AbTot) y la abundancia relativa (AbRel) de cada especie. La FR corresponde al número de campos de cereal en los que cada especie fue detectada. La AbTot se define como la suma del número promedio de individuos (o cobertura) de cada campo muestreado. Por último, para obtener la AbRel de cada especie se utilizó la siguiente ecuación (Derksen et al., 1995):

$$\text{Donde: } AbRel = \frac{DRel + FRel}{2}$$

DRel (densidad relativa): es la proporción de la abundancia total (AbTot) de cada especie respecto al valor AbTot de todas las especies que aparecen en el conjunto de datos.

FRel (frecuencia relativa): es el ratio resultante de la proporción de cada especie arvense respecto a la proporción total de todas las especies en cada conjunto de datos.

La relación entre cada una de estas variables y los valores de los caracteres funcionales de cada especie se analizó mediante modelos lineales. Se utilizó una distribución de errores de tipo normal para las variables AbTot y AbRel, mientras que para FR se utilizó una distribución de errores de tipo Poisson. En cada caso, las asunciones de normalidad y homogeneidad de residuos se testaron gráficamente. Los análisis se realizaron separadamente para cada conjunto de datos en el entorno de R versión 3.3.0 (R Core Team, 2016).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies con mayor frecuencia de aparición en ambos conjuntos de datos fueron *Polygonum aviculare* L. y *Anagallis arvensis* L., seguidas de *Convolvulus arvensis* L., y *Avena sterilis* L. en 2010-2011 y de *Lolium rigidum* Gaudin y *Papaver rhoeas* L. en 2013-2014. *P. aviculare* y *Picris echioides* L. mostraron la mayor abundancia relativa y absoluta en 2010-2011, mientras que *L. rigidum* y *P. rhoeas* lo hicieron en 2013-2014. Los valores medios para los caracteres estudiados en el conjunto de especies registradas fueron: altura 90 cm (± 155), área foliar específica 26 mm²/mg (± 9), peso de mil semillas 12 g (± 74) y número de cromosomas 27 (± 16). La floración de las especies comenzaba en el mes de abril y duraba 4 meses.

Nuestros resultados indican la existencia de una relación entre ciertos caracteres funcionales y la frecuencia y abundancia de las especies arvenses en campos de cultivo de cereal. En ambos conjuntos de datos, las especies con un mayor número de cromosomas se encontraron más frecuentemente y con una mayor abundancia total y relativa en los campos de cereal analizados (Tabla 1). Los valores de SLA, peso de mil semillas, altura, duración e inicio de floración también estuvieron relacionados con la frecuencia de aparición y/o la abundancia de las especies arvenses en alguno de los conjuntos de datos analizados. En concreto, en 2013-2014 las especies con mayor SLA estuvieron presentes en más campos (Tabla 1). En 2010-2011, las especies con mayor peso de semillas y valores elevados de altura se registraron más frecuentemente, y aquellas con un inicio de floración más temprano y una menor duración de la misma, se relacionaron con una mayor frecuencia de aparición y una mayor abundancia total y relativa (Tabla 1).

Tabla 1. Valores del estadístico F (AbTot y AbRel) y Chi cuadrado (FR), resultantes de los modelos lineales ajustados tras analizar la relación entre los índices: FR (frecuencia total), AbTot (abundancia total), AbRel (abundancia relativa), y la variable número de cromosomas y cincocaracteres funcionales (altura máxima, mes comienzo floración, duración floración, área foliar específica y peso de mil semillas) con los datos obtenidos en los muestreos de parcelas cerealistas en los años 2010-2011 y 2013-2014

Carácter funcional	FR		AbTot		AbRel	
	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014	2010-2011	2013-2014
	$F_{1,102}$	$\chi^2_{2,1,130}$	$F_{1,102}$	$\chi^2_{2,1,130}$	$F_{1,102}$	$\chi^2_{2,1,130}$
Altura máxima	4,2 *	3,6	0,3	0,8	0,04	0,6
Mes de comienzo de floración	9,7 **	0,2	11,1 **	2,4	7,5 **	1,6
Duración de floración	13,5 ***	1,1	7,1 **	0,4	6,7 *	0,05
Área foliar específica	$F_{1,71}$	$\chi^2_{2,1,101}$	$F_{1,71}$	$\chi^2_{2,1,101}$	$F_{1,71}$	$\chi^2_{2,1,101}$
	1,7	11,3 ***	0,8	1,8	0,3	1,5
Peso 1000 semillas	$F_{1,91}$	$\chi^2_{2,1,122}$	$F_{1,91}$	$\chi^2_{2,1,122}$	$F_{1,91}$	$\chi^2_{2,1,122}$
	15,6 ***	2,0	0,6	0,0007	0,9	0,4
Nº cromosomas	$F_{1,114}$	$\chi^2_{2,1,124}$	$F_{1,114}$	$\chi^2_{2,1,124}$	$F_{1,114}$	$\chi^2_{2,1,124}$
	35,9 ***	29,3 ***	4,8 *	9,9 **	4,5 *	10,32 **

Aparecen señalados en negrita los casos en los que las relaciones fueron significativas, siendo * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Los grados de libertad del modelo aparecen como subíndice de cada estadístico mostrado (F, χ^2).

Nuestros resultados coinciden con otros trabajos que identifican el mes de inicio de floración, la altura máxima y el peso de la semilla como caracteres funcionales que responden a las prácticas agrícolas (Storkey et al., 2010). La altura es un carácter funcional que se ha relacionado con la potencialidad de las plantas arvenses para alcanzar el dosel del cultivo y está fuertemente ligado a la adquisición y competencia por la luz (Garnier & Navas, 2012). Mientras que el SLA se ha señalado como un carácter importante para la producción primaria en las plantas (Westoby, 1998). Valores elevados de ambos caracteres podrían conferir a las especies arvenses una mayor capacidad de crecimiento y competencia con los cultivos siempre que no existan otras características ambientales limitantes (por ejemplo, una escasez de precipitaciones podría reducir la ventaja de valores elevados de SLA). La mayor abundancia y frecuencia de aparición de las especies con un inicio de floración temprano podría relacionarse con una mayor probabilidad de la especie para completar su ciclo y dispersar las semillas antes de la cosecha del cultivo. Por otra parte, valores elevados de peso de la semilla (o excepcionalmente reducidos) junto con valores de altura reducidos se han identificado como un síndrome que describe a especies arvenses actualmente en declive (Fried et al., 2012; Pinke & Gunton, 2014; Storkey et al., 2010). En este trabajo, existió una relación positiva entre el peso de mil semillas y la altura ($p < 0,05$, datos no mostrados). Este resultado sugiere que en las especies analizadas, un peso de semilla elevado podría proporcionar ventajas para la germinación y persistencia en el banco de semillas en las condiciones de los campos de cereal considerados. En cuanto a la duración de la floración, nuestros resultados contrastan con lo observado en otros trabajos que muestran una mayor duración de la floración en aquellas especies más comunes (Fried et al., 2012).

En cuanto al número de cromosomas, el interés de esta característica es su posible relación con otros caracteres funcionales y con las respuestas de las especies a las condiciones ambientales (Thompson et al., 2001). En los datos analizados en este trabajo, no encontramos relación entre el número de cromosomas y los caracteres funcionales considerados, a excepción de una marginal y positiva con el SLA en uno de los conjuntos de datos. Sin embargo, podrían darse relaciones con otros caracteres funcionales no analizados.

La relación del número de cromosomas, el contenido en ADN y diversos caracteres funcionales serán fruto de futuros trabajos en nuestro grupo de investigación.

Respecto a la metodología empleada en este trabajo es importante señalar que el mayor número de relaciones significativas detectado en el conjunto de datos de 2010-2011 puede explicarse por el tipo de muestreo realizado en esa campaña. En ese caso, la medida de abundancia utilizada fue el número de individuos presentes en cada marco, mientras que en el muestreo de la campaña 2013-2014, la AbTot y la AbRel se calcularon a partir de las medidas de cobertura de cada especie. Por otra parte, en nuestro análisis, no podemos adscribir inequívocamente la selección de estos atributos a las prácticas agrícolas, sino que en parte las especies responderán a otras características físico-químicas presentes en los campos muestreados.

Como conclusión, nuestros resultados señalan que las diferentes prácticas agrícolas llevadas a cabo en los cultivos de cereal analizados permiten una mayor frecuencia y/o abundancia de aquellas especies arvenses con un mayor número de cromosomas, mayor SLA y peso de mil semillas y con un inicio de floración más temprano y una menor duración de la misma.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por fondos FEDER y el plan Nacional de Investigación (I+D) del Ministerio de Economía y Competitividad (proyectos AGL2009-07883 y AGL2015-64130-R).

5. REFERENCIAS

- Balvanera P, Pfisterer AB, Buchmann N, He JS, Nakashizuka T, Raffaelli D and Schmid B (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology letters*, 9, 1146-1156.
- Blanca G, Cabezudo B, Cueto M, Morales Torres C and Salazar C (2011). Flora vascular de Andalucía Oriental (2a Edición). Consejería de Medio ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla.
- Castroviejo S (1986-2012). Flora ibérica 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Derksen DA, Thomas AG, Lafond GP, Loepky HA and Swanton CJ (1995). Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Research*, 35, 311-320.
- Fried G, Kazakou E and Gaba S (2012). Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 158, 147-155.
- Garnier E & Navas ML (2012). A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 365-399.
- Kleyer M, Bekker RM, Knevel IC, Bakker JP, Thompson K, Sonnenschein M, Poschlod P, Van Groenendael JM, Klimeš L, Klimešová J, Klotz S, Rusch GM, Hermy M, Adriaens D, Boedeltje G, Bossuyt B, Danemann A, Endels P, Götzenberger L, Hodgson JG, Jackel AK, Kühn I, Kunzmann D, Ozinga WA, Römermann C, Stadler M, Schlegelmilch J, Steendam HJ, Tackenberg O, Wilmann B, Cornelissen JHC, Eriksson O, Garnier E and Peco B (2008). The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology*, 96, 1266-1274.
- Marshall EJP & Moonen AC (2002). Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89, 5-21.
- Missouri Botanical Garden. (2017). Index to Plant Chromosome Numbers (IPCN). Recuperado 18 abril de 2017, a partir de: <http://www.tropicos.org/Project/IPCN>.
- Pinke G & Gunton RM (2014). Refining rare weed trait syndromes along arable intensification gradients. *Journal of vegetation science*, 25, 978-989.
- R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Royal Botanic Gardens Kew. (2017). Seed Information Database (SID). Versión 7.1. Recuperado 10 de mayo de 2017, a partir de: <http://data.kew.org/sid/>.
- Sans FX, Armengot L, Bassa M, Blanco-Moreno JM, Caballero-López B, Chamorro L and José-María L (2013). La intensificación agrícola y la diversidad vegetal en los sistemas cerealistas de secano mediterráneos: implicaciones para la conservación. *Revista Ecosistemas*, 22, 30-35.
- Storkey J, Moss SR and Cussans JW (2010). Using assembly theory to explain changes in a weed flora in response to agricultural intensification. *Weed Science*, 58, 39-46.
- Thompson JN, Reichman OJ, Morin PJ, Polis GA, Power ME, Sterner RW, Couch CA, Gought L, Holt R, Hooper DU, Keesing F, Lovell CR, Milne BT, Molles MC, Roberts DW and Strauss S. (2001). Frontiers of Ecology: As ecological research enters a new era of collaboration, integration, and technological sophistication, four frontiers seem paramount for understanding how biological and physical processes interact over multiple spatial and temporal scales to shape the earth's biodiversity. *AIBS Bulletin*, 51, 15-24.
- Valdes B, Talavera S and Fernandez-Galiano E (1987). Flora vascular de Andalucía Occidental. Ketres editora. Barcelona.
- Westoby M (1998). A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and soil*, 199, 213-227.

Persistence of certain weeds according to their functional characteristics in cereal systems

Summary: Two data sets were analyzed to study the relationship between the functional attributes of the weeds and the abundance and presence of these species in cereal fields. For this, three variables indicative of abundance and frequency were used: frequency of occurrence (FR), total abundance (AbTot) and relative abundance (AbRel). The functional characteristics considered were: height, start and duration of flowering, specific leaf area (SLA), seed mass and number of chromosomes. The results showed that the species with the highest number of chromosomes, high values of SLA, greater height and seed mass had a higher frequency of occurrence. As well, a greater total and relative abundance conditioned an earlier start of flowering and a shorter duration of flowering.

Keywords: weed, trait, cereal.