XV CONGRESO DE MALHERBOLOGIA

SEMH 2015

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica

AGROECOLOGÍA

EFECTO DEL SISTEMA DE LABOREO SOBRE LA DIVERSIDAD FUNCIONAL DE COMUNIDADES ARVENSES: ¿MERECE LA PENA HACER MEDICIONES LOCALES DE RASGOS FUNCIONALES?

Alarcón R.[1]*, Navarrete L.[1], Sánchez M.J.[1], Hernanz J.L.[2], Sánchez-Girón V.[3], Hernández E.[4], Sánchez A.[5]

[1]*Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, Apdo. 127, 28800 Alcalá de Henares (Madrid), España.*

[2]*Dpto. de Termodinámica y Motores, ETSI Montes, C. Universitaria s/n, 28040 Madrid, España.*

[3]*Dpto. de Ing. Rural, ETSI Agrónomos, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España.*

[4]*Instituto de Ag. Sostenible (CSIC) Finca Alameda del Obispo. 14080 Córdoba, España.*

[5]*Área de Biodiversidad y Conservación. Universidad Rey Juan Carlos, C/Tulipán s/n, 28933 Móstoles (Madrid).*

**remedios.alarcon@madrid.org*

Resumen: Este trabajo tiene un doble objetivo: i) testar el efecto de tres sistemas de laboreo (laboreo de subsuelo, laboreo mínimo y siembra directa) sobre la diversidad funcional de la comunidad de arvenses; ii) evaluar la necesidad de hacer mediciones locales de rasgos funcionales (área foliar específica (SLA), altura total de la planta y peso de las semillas) para analizar el efecto del tipo de manejo. Se han calculado tres índices de diversidad funcional con los valores de los rasgos obtenidos en la literatura y con los valores de la comunidad local. El efecto del tipo de laboreo sobre estos índices se ha analizado mediante modelos lineales. Los resultados muestran una influencia del origen de los datos a la hora de detectar el efecto del manejo sobre la diversidad funcional de las comunidades arvenses, siendo la siembra directa el sistema que presenta los índices de diversidad funcional más altos.

Palabras clave: Biodiversidad, sistemas de laboreo, caracteres funcionales locales *versus* bases de datos.

Summary: ***Effect of tillage system on the functional diversity of weed communities: Is it worth measuring local functional traits?*** In this work we aim: i) to test the effect of three tillage systems (subsoil tillage, minimum tillage and no-tillage) on the functional diversity of weed communities; and ii) to assess the need for local measurements of functional traits (specific leaf area (SLA), total height of the plant and seed weight) when assessing the effect of management on weed functional diversity. Three functional diversity indexes have been developed, based on local data and data from the literature. The effect of tillage system on the indexes has been analyzed with linear models. The results show that the origin of the data determines the effect of the soil management on the functional diversity of the weed communities, being no-tillage the system with highest functional diversity indexes.

Keywords: Biodiversity, tillage system, functional local traits *versus* database.

INTRODUCCIÓN

Las especies que componen la vegetación arvense se caracterizan por una elevada plasticidad fenotípica, derivada de su variabilidad genética que les confiere adaptabilidad a condiciones ambientales fluctuantes, como las encontradas en los agroecosistemas. Las fluctuaciones más importantes, que funcionan como filtros abióticos ejerciendo una presión selectiva sobre las comunidades arvenses, son las prácticas de manejo de los cultivos que pueden seleccionar fenotipos diferentes y por tanto, originar comunidades arvenses funcionalmente diferentes. Esto se debe tener en cuenta al planificar el manejo del cultivo de forma que la producción pueda mantenerse al tiempo que la diversidad de la vegetación arvense. En los últimos años se han generado un elevado número de estudios que relacionan la diversidad funcional con los distintos tipos de manejos agrícolas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los trabajos existentes estiman la diversidad funcional a partir de información procedente de bases de datos, floras locales o herbarios, obviando el posible efecto de la elevada variabilidad fenotípica de las arvenses (Murphy & Lemerle, 2006). Este trabajo pretende comparar el efecto de tres sistemas de laboreo sobre la diversidad funcional de las comunidades arvenses, y comprobar si los resultados obtenidos son dependientes del origen de los datos funcionales utilizados (mediciones locales *vs*. datos procedentes de bases de datos).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el objetivo propuesto se contó con un experimento localizado en la Finca El Encín que consistía en una rotación

cereal-leguminosa, sometida a tres sistemas de laboreo: labor profunda con descompactador (DES), laboreo mínimo con chisel (LM) y siembra directa (SD) (Navarrete et al., 2013). Se dispuso de los datos de abundancia de la vegetación arvense en las 24 parcelas de este experimento, recogidos durante cuatro campañas, dos de leguminosas (años 2007 y 2009) y dos de cereales (años 2008 y 2010). La diversidad funcional de las comunidades arvenses se analizó considerando el área foliar específica (SLA), altura de las plantas, y peso de la semilla, para cada una de las especies observadas en el experimento. Los valores locales para estos caracteres se registraron en individuos presentes en una zona de barbecho dentro de la misma finca donde se encuentra el experimento. Los valores de SLA y peso de semillas se tomaron según el manual estandarizado para caracteres funcionales de Pérez-Harguindeguy et al. (2013). La altura corresponde a la altura máxima en maduración. Los datos bibliográficos proceden de la base de datos LEDA (Kleyer et al., 2008) para SLA, de Flora Ibérica (Castroviejo, 1986-2012) para altura de planta y de la base de datos del Royal Botanic Gardens Kew (2015) para peso de semilla. La diversidad funcional de las comunidades se analizó a partir del valor medio ponderado para la comunidad (CWM) de cada uno de los caracteres y tres índices multidimensionales: equitatividad funcional (FEve), dispersión funcional (FDis) y entropía cuadrática (Rao). Los índices se han calculado mediante funciones de la biblioteca "FD" (Laliberté & Legendre, 2010) en el entorno de R (R Development Core Team, 2011) utilizando tanto los valores de los rasgos obtenidos de la literatura como los valores locales. El efecto del tipo de laboreo sobre cada uno de estos índices se analizó separadamente para cada cultivo (cereal o leguminosa), mediante modelos lineales donde el año de muestreo y el tipo de laboreo constituyeron factores fijos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró un total de 32 especies arvenses cuando el cultivo fue un cereal y de 27 cuando el cultivo fue una leguminosa. Las especies más abundantes fueron: *Chenopodium album, Descurainia sophia, Papaver rhoeas* y *Polygonum aviculare.* Los valores de los diferentes índices calculados dependieron del tipo de cultivo y del origen de los datos (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Datos medios ± SD de CWM de los caracteres estudiados en leguminosas.

	Valores locales			Valores bases de datos		
	SLA (mm^2mg^{-1})	**Altura** (cm)	**P semilla** (mg)	**SLA** (mm^2mg^{-1})	**Altura** (cm)	**P semilla** (mg)
Leguminosa	21,32±2,06	63,12±5,07	2,02±0,98	24,48±1,85	47,07±5,09	1,40±0,75
Cereal	23,26±2,73	60,71±4,75	1,47±1,27	24,72±1,48	42,81±4,64	1,16±1,09

Tabla 2. Datos medios ± SD de los caracteres multirasgo en cultivo de leguminosas: Equitatividad funcional (FEve); Dispersión funcional (FDis), Entropía cuadrática (Rao).

	Valores locales			Valores de bases de datos		
	FEve	FDis	Rao	FEve	FDis	Rao
Leguminosa	0,59±0,11	1,04±0,33	1,63±0,81	0,53±0,14	0,98±0,31	1,45±0,73
Cereales	0,58±0,.14	1,07±0,21	1,43±0,53	0,53±0,15	0,84±0,30	1,07±0,67

Los valores de CWM SLA presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en leguminosas con datos locales (Tabla 3). El valor más alto se produjo en siembra directa siendo 23,99 mm^2mg^{-1}. En el caso de CWM Altura se observaron diferencias significativas para el año y para la interacción año x sistema de laboreo, con datos regionales, tanto en cereales como en leguminosas (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados del modelo lineal que analiza la relación entre los CWM y el sistema de laboreo y el año. Los valores de CWM se han calculado para tres caracteres funcionales (SLA, altura de la planta y peso de la semilla) a partir de datos locales y datos recogidos de la bibliografía. Se indican los valores del estadístico F y su significación: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

		Valores locales			Valores de bases de datos		
	gl	SLA	Altura	Psemilla	SLA	Altura	Psemilla
Cultivo leguminosas							
Año	1	0,03	0,97	1.54	9,86**	14,42***	0,01
Sistema laboreo	2	4,44*	0,60	3,00	1,86	2,11	1,24
Año x Sist. laboreo	2	1,02	0,35	2.91	1,89	4,44*	0,25
Residuos	42						
Cultivo de cereales							
Año	1	2,68	0,02	0,22	9,41**	14,90***	0,01
Sistema laboreo	2	1,21	0,04	4,12*	0,98	2,02	4,64*
Año x Sist. laboreo	2	0,45	1,53	6,30**	1,21	4,63*	4,66*
Residuos	42						

FDis presentó diferencias significativas entre los sistemas de laboreo en el caso de datos locales (Tabla 4). FDis alcanzó un mayor valor en siembra directa tanto en cereales como en leguminosas. El valor de Rao tanto para cereales como para leguminosas presentó diferencias significativas entre los sistemas de laboreo cuando se utilizan datos locales y diferencias significativas en año y sistemas de laboreo cuando se utilizan datos regionales (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del modelo lineal que analiza la relación entre los índices multifuncionales, el sistema de laboreo y el año. Los valores de estos índices se han calculado) a partir de datos locales y datos recogidos de la bibliografía. Se indican los valores del estadístico F y su significación: * p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

		Valores locales			Valores de bases de datos		
	gl	**FEve**	**FDis**	**Rao**	**FEve**	**FDis**	**Rao**
Cultivo leguminosa							
Año	1	0,29	5,30*	3,82	0,08	0,95***	7,98**
Sistema laboreo	2	2,4	4,30*	10,71***	2,34	0,4	7,48**
Año x Sist. laboreo	2	1,62	0,5	0,12	0,77	0,34	0,5
Residuos	42						
Cultivo cereal							
Año	1	0,00	1,78	1,63	9,86	11,96**	7,95**
Sistema laboreo	2	3,01	3,25*	6,78**	1,86	0,85	3,42*
Año x Sist. laboreo	2	0,05	0,27	1,2	1,89	0,31	1,84
Residuos	42						

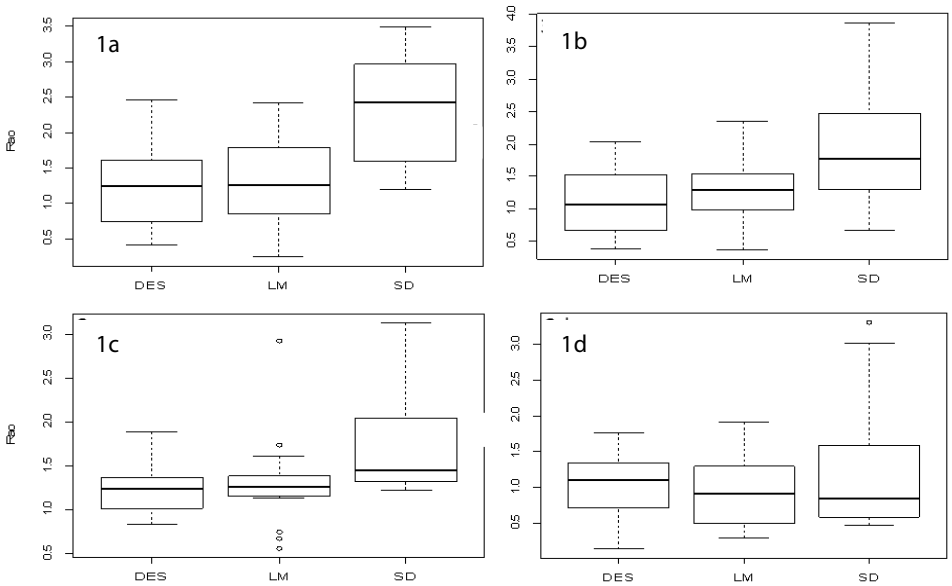

Figura 1. Distribución de valores de Rao. 1a) datos locales en leguminosas, 1b) bases de datos en leguminosa, 1c) datos locales en cereales, 1d) bases de datos cereales. Las líneas de abajo hacia arriba muestran los valores: mínimo, percentil 25%, mediana, percentil 75%, máximo. DES: descompactador, LM: laboreo mínimo, SD: siembra directa.

Rao en leguminosas presentó el valor más alto en siembra directa (Figura 1). En cambio en cereales aparecieron contradicciones entre los resultados obtenidos con datos locales y los obtenidos con datos regionales.

Estos resultados muestran que los valores de los índices estudiados presentan valores más elevados cuando se utilizan datos propios, salvo en el caso de CWMSLA. Por otro lado, se hace evidente el efecto del laboreo sobre la diversidad funcional, siendo la siembra directa el sistema de manejo del suelo que mostró los valores más altos en los índices estudiados. En cambio los sistemas de laboreo con diferente profundidad pero sin volteo del suelo no presentan diferencias entre ellos. También se refleja la necesidad de considerar la procedencia de los datos referidos a los rasgos funcionales, así como elegir rasgos e índices adecuados para evaluar el efecto del laboreo del suelo sobre la diversidad funcional de las comunidades de arvenses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Economía y Competitividad y al IMIDRA por la financiación y ayuda prestada para el desarrollo del proyecto de investigación AGL2012-39929-C03-01. También a los técnicos Andrés Bermejo y Noelia Rodríguez por su inestimable ayuda en el mantenimiento y desarrollo de estos ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

CASTROVIEJO S (Coord. gen.). (1986-2012) *Flora ibérica* 1-8, 10-15, 18-18. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

KLEYER M et al. (2008) *The LEDA* Traitbase: A database of life-history traits of Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96, 1266-1274.

LA LIBERTÉ E & LEGENDRE P (2010) A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* 91, 299-305.

MURPHY CE & LEMERLE D (2006) Continuous cropping systems and weed selection. *Euphytica* 148, 61-73.

NAVARRETE L, SÁNCHEZ DEL ARCO MJ, ALARCÓN R et al. (2013) Respuesta de los cultivos y la vegetación arvense en agricultura de conservación. *Vida Rural* 365, 34-40.

PÉREZ-HARGUINDEGUY N, DÍAZ S, GARNIER E et al. (2013) New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61, 167-234.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. http://www.R-project.org/

ROYAL BOTANIC GARDENS KEW (2015) Seed Information Database (SID). Version 7.1. Available from: http://data.kew.org/sid/ (25 mayo 2015).

UTILIZACIÓN DE *CENTAUREA CYANUS* L. PARA LA CONSERVACIÓN DE INSECTOS BENEFICIOSOS EN EL CENTRO DE ESPAÑA

Barbir J.*, Badenes-Pérez F.R., Martín J.M., Campos D., Fernández-Quintanilla C., Dorado J.

Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC), Serrano 115B, 28006 Madrid, España.

**jelenabarbir@gmail.com*

Resumen: El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la utilización de *Centaurea cyanus* L. para la conservación de los insectos beneficiosos (polinizadores y enemigos naturales de las plagas) en el centro de España. Además, se analizaron los efectos negativos provocados por esta planta en los agro-ecosistemas, fundamentalmente la posibilidad de atraer algunas plagas importantes dentro de los cultivos de la región. Los resultados de este estudio preliminar han puesto de manifiesto el gran potencial de *C. cyanus* en la conservación de la fauna útil, sin aparente peligro de atraer a las plagas importantes de la zona de estudio. No obstante, debido a que esta planta es conocida por su papel como mala hierba en cultivos agrícolas, parece recomendable plantear un estudio a mayor escala orientado a valorar la utilización de *C. cyanu*s en técnicas de manejo del hábitat en agro-ecosistemas que incluyan cultivos y sistemas de manejo diferentes.

Palabras clave: Recursos florales, polinizadores, enemigos naturales, plaga, malas hierbas.

Summary: ***Using Centaurea cyanus L. for conservation of beneficial insects in Central Spain***. This study evaluates the advantages of *Centaurea cyanus* L. in conservation of beneficial insects (pollinators and natural enemies of pests) in central Spain. The study also analyzes the negative effects of the presence of this plant in the agro-ecosystems (its behavior as a weed and the possibility to attract some major crop pests in the region). The results obtained in this preliminary study have shown the great potential of *C. cyanus* in preserving the beneficial insects, without risk to attract important pests of the study area. However, since this plant is known as a weed in agricultural crops, it is advisable to design a large-scale study to evaluate the use of *C. cyanus* in habitat management of agro-ecosystems.

Keywords: Floral resources, pollinators, natural enemies of pests, pests, weeds.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la práctica de la agricultura intensiva está provocando la degradación progresiva de hábitats naturales, siendo ésta una de las principales causas del drástico descenso de insectos beneficiosos (polinizadores y enemigos naturales de las plagas) en los agro-ecosistemas (Benton et al., 2003). Con el objetivo de conservar estos insectos beneficiosos en las zonas de cultivo, los esfuerzos en investigación se están dirigiendo hacia la elección de especies florales con potencial atractivo para estos insectos y su uso en técnicas de manejo del hábitat.

Una de las plantas que ha mostrado potencial atractivo hacia los polinizadores habituales del centro de España es *Centaurea cyanus* L. (Barbir et al., 2015), disponiendo por tanto de las características, desde un punto de vista entomológico, para ser utilizada en la conservación de estos insectos dentro de los agro-ecosistemas. Además, *C. cyanus* ha sido utilizada como planta beneficiosa en otros estudios llevados a cabo en distintas áreas geográficas, mostrando su carácter ventajoso hacia la fauna útil (Court-Picon et al., 2006; Song et al., 2010). Sin embargo, existen referencias que han citado aspectos negativos de esta planta en los agro-ecosistemas, indicando que *C. cyanus* puede comportarse como mala hierba causando pérdidas importantes en la producción agrícola (Chachulski et al., 1999; Jursik et al., 2009). A esta faceta negativa se une la posibilidad de que esta planta pueda atraer algunas plagas importantes dentro de los cultivos de nuestra región. Esta dualidad ha motivado el presente estudio, cuyo objetivo principal consistió en analizar el tipo de insectos que atrae *C. cyanus* cuando se utiliza en técnicas de manejo de hábitat y, de este modo, poder evaluar tanto los beneficios como los riesgos potenciales para los agro-ecosistemas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo en la finca experimental del CSIC "La Poveda" (Arganda del Rey, Madrid) durante primavera-verano de 2013. El diseño experimental incluyó márgenes florales de *C. cyanus* situados junto a cuatro parcelas de cultivo hortícola (mezcla de coliflor y pepino) de 7 m × 10 m, separadas 10 m entre sí. Los márgenes de *C. cyanus* estaban formados por cuatro filas de plantas con una separación de 0,5 m, de tal forma que tenían una dimensión de 7 m × 1,5 m. La utilización de estos márgenes junto al cultivo de coliflor y pepino tenía como objeto evaluar si la planta atraía únicamente a los insectos útiles (i.e., los que participan en el control biológico o polinización de estos cultivos) o también a sus plagas. Los muestreos de plantas (número de inflorescencias de *C. cyanus*) e insectos (número de visitas de insectos en sus hojas y flores) se realizaron en cinco plantas por cada fila (elegidas

aleatoriamente) y con una frecuencia semanal durante el periodo comprendido entre el 25 de junio y el 8 de agosto (en las hojas) y entre el 17 de julio y el 8 de agosto (en las flores). Se cuantificó el número de visitas de insectos en las flores de *C. cyanus*, identificando y contando durante 4 minutos por planta todos los individuos que se posaban en ella, manteniendo siempre un horario matutino comprendido entre las 9 a 13 horas. El tratamiento estadístico de los datos utilizó las visitas totales de cada insecto (o grupo funcional de insectos) de interés, es decir, la suma de todas las visitas en los 80 conteos (4 filas × 5 plantas × 4 muestreos).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio han puesto de manifiesto el gran potencial de *C. cyanus* en relación a la conservación de fauna útil en los agro-ecosistemas del centro de España. Por un lado, esta planta ofrece alimento (polen y néctar) a los polinizadores, atrayendo a abejas (principalmente abejas solitarias de familias Andrenidae, Halictidae y Megachilidae) y sírfidos (mayoritariamente *Sphaerophoria scripta* L. y *S. rueppellii* L.). No se han observado visitas de abejas domésticas (*Apis melifera* L.) en las flores de *C. cyanus*. Por el contrario, sí fueron frecuentes las visitas de las abejas solitarias (Figura 1), sobre todo las de pequeño tamaño (≤ 1 cm), que son esenciales para la polinización de pepino (Santos et al., 2008). Por otro lado, los sírfidos no son sólo importantes en su función como polinizadores de las plantas, sino también por su papel en el control biológico de plagas como los pulgones, que en este estudio afectan a ambos cultivos, coliflor y pepino.

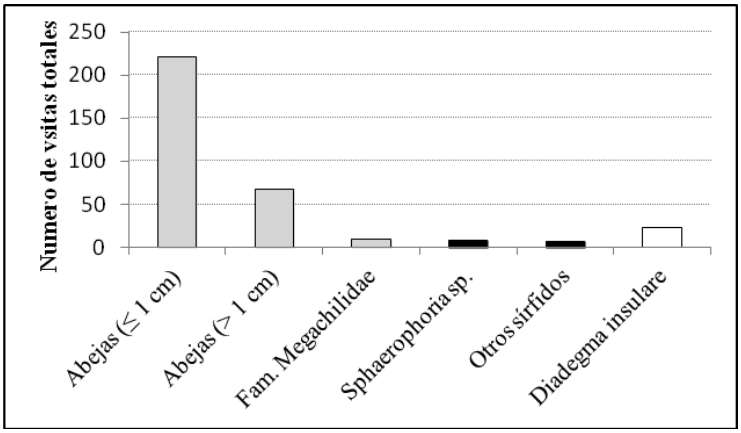

Figura 1. Visitas de insectos beneficiosos en las flores de *Centaurea cyanus* a lo largo de todo el experimento.

Otro insecto beneficioso que visitó frecuentemente las flores de *C. cyanus* fue *Diadegma insulare* Cresson (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Figura 1), un parasitoide de larvas de la polilla de la col (*Plutella xylostella* L.), causante de los peores daños en la producción agrícola de este cultivo. El hecho de que los adultos de la polilla de la col no se hayan alimentado del néctar de *C. cyanus*, sugiere que la planta no tiene ningún efecto sobre la reproducción y la presencia de esta polilla en las parcelas de cultivo de coliflor.

En las hojas de la *C. cyanus* también se han observado importantes depredadores de pulgones, además de las larvas de sirfidos, adultos y larvas de *Coccinella septempunctata* L. (Figura 2). Estos depredadores se alimentan del pulgón *Myzus persicae* L., que ataca a la mayoría de cultivos de España y que en este estudio se observó formando colonias en las hojas de pepino. También, en las hojas de *C. cyanus* se han observado adultos de los sírfidos (reposando o poniendo huevos), lo que viene a confirmar el efecto positivo de esta planta en la reproducción de este insecto beneficioso.

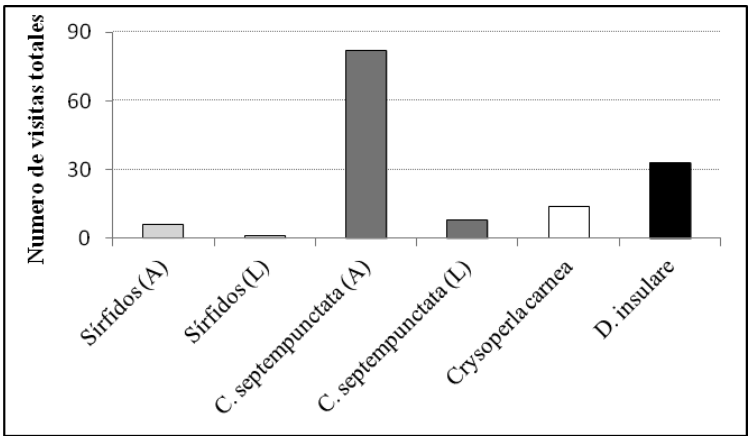

Figura 2. Visitas de insectos en las hojas de *Centaurea cyanus* a lo largo de todo el experimento. (A): adulto; (L): larva.

Durante las seis semanas de muestreo, se ha observado un total de 14 adultos del depredador *Crysoperla carnea* L. y 33 parasitoides (*D. insulare*) en las hojas de la *C. cyanus*. Como se ha indicado anteriormente, la presencia de estos insectos es beneficiosa para los cultivos cercanos porque actúan como enemigos naturales de las plagas.

Por otro lado, las plantas de *C. cyanus* actuaron como hospedantes de un pulgón específico (*Uroleucon jaceae* L.), del cual se detectaron

colonias en sus hojas. La presencia de este pulgón en las plantas de *C. cyanus* no debe considerarse una amenaza sino un beneficio, debido a que no ataca a ningún cultivo y supone un alimento adicional para los depredadores de otras plagas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio preliminar han puesto de manifiesto el gran potencial de *C. cyanus* en la conservación de la fauna útil (polinizadores y enemigos naturales de plagas). No obstante, debido a que esta planta es conocida por su papel como mala hierba en cultivos agrícolas, parece recomendable plantear un estudio a mayor escala orientado a evaluar la utilización de *C. cyanus* en técnicas de manejo del hábitat en agro-ecosistemas que incluyan cultivos diferentes y diferentes sistemas de manejo.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a los trabajadores de la finca experimental del CSIC "La Poveda" por su inestimable ayuda en los experimentos de campo.

BIBLIOGRAFÍA

BARBIR J, BADENES-PEREZ FR, FERNANDEZ-QUINTANILLA C & DORADO J (2015) The attractiveness of flowering herbaceous plants to bees (Hymenoptera: Apoidea) and hoverflies (Diptera: Syrphidae) in agro-ecosystems of Central Spain. *Agricultural and Forest Entomology* 17**,** 20-28.

BENTON TG, VICKERY JA & WILSON JD (2003) Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18**,** 182-188.

CHACHULSKI E, JANAKOWSKI S & GOLINOWSKI W (1999) Effects of fertility, weed density and crop competition on biomass partitioning in *Centaurea cyanus* L. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 68**,** 69-77.

COURT-PICON M, BUTTLER A & DE BEAULIEU JL (2006) Modern pollen/vegetation/land-use relationships in mountain environments: an example from the Champsaur valley (French Alps). *Vegetation History and Archaeobotany* 15**,** 151-168.

JURSIK M, HOLEC J & ANDR J (2009) Biology and control of another important weeds of the Czech Republic: cornflower (*Centaurea cyanus* L.). *Listy Cukrovarnicke a Reparske* 125, 90-93.

SANTOS SABD, ROSELINO AC & BEGO LR (2008) Pollination of cucumber, *Cucumis sativus* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae), by the stingless bees *Scaptotrigona aff. depilis* moure and *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses. *Neotropical Entomology* 37, 506-12.

SONG BZ, WU HY, KONG Y, ZHANG J, DU YL, HU JH & YAO YC (2010) Effects of intercropping with aromatic plants on the diversity and structure of an arthropod community in a pear orchard. *Biocontrol* 55, 741-751.

INTERACCIÓN MALA HIERBA-CULTIVO. INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN P Y N

Brenes R., Recena R., Delgado A., Urbano J.M.*

Dpto. de C. Agroforestales, Universidad de Sevilla, ETSIA, Ctra. de Utrera km 1, 41013 Sevilla, España.

**urbano@us.es*

Resumen: Se presentan los resultados de un ensayo realizado con parejas de plantas (cultivo-cultivo o cultivo-mala hierba) en condiciones controladas con el objetivo de conocer la influencia del abonado en la interacción en las primeras semanas desde la emergencia. Los resultados permiten concluir que: en las especies de emergencia otoñal, el abonado fosfórico no afectó a la biomasa del trigo (acompañado de trigo), pero sí incrementó la biomasa de las arvenses *Chrysanthemum coronarium* y *Centaurea diluta*. El abonado nitrogenado tampoco afectó a la biomasa del cultivo, pero aumentó la de *C. coronarium* y redujo la de *Lolium rigidum.* Además, se ha observado la existencia de interacción ya que la presencia de arvenses de la familia Asteraceae mejoró la respuesta del trigo al abonado fosfórico (de forma significativa en *C. coronarium* y *C. diluta*). Así mismo se ha detectado interacción en el abonado nitrogenado ya que tanto *C. coronarium* como *L. rigidum* mejoraron la respuesta del trigo al abonado. En las especies de verano solo se encontraron diferencias asociadas al abonado fosfórico, que incrementó la biomasa solo en *Echinochloa crus-galli* (acompañada de sorgo). Y también se detectó interacción, ya que en el caso de *Abutilon theophrasti* y *Chenopodium murale* la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del sorgo al abonado fosfórico.

Palabras clave: Agroecología, competencia, interferencia, laboreo.

Summary: ***Weed-crop interaction: influence of P and N fertilization****.* An experiment was conducted with paired plants (crop-crop or weed-crop) under controlled conditions, to improve the knowledge of crop fertilization on crop-weed interaction during the early growth stages of the plants. In the winter species studied, added P did not affect wheat (paired with wheat) biomass, but it significantly increased the biomass of *Chrysanthemum coronarium* and *Centaurea diluta*. Added N did not influence crop biomass, but it caused an increase in *C. coronarium* and a decrease in *Lolium rigidum*. Moreover, the presence of an Asteraceae weed plant improved the crop (wheat) response to P fertilization (mainly in *C. coronarium*

and *C. diluta*). Concerning added N, the presence of *C. coronarium* or *L. rigidum* improved crop response to fertilization. In the summer species group, added P increased biomass only in *Echinochloa crus-galli* (paired with sorghum). Nevertheless, crop-weed interaction was also detected in the summer group, as the presence of *Abutilon theophrasti* or *Chenopodium murale* increased the biomass of the crop (sorghum).

Keywords: Agroecology, competition, interference, tilling.

INTRODUCCIÓN

La estrategia que se utiliza más ampliamente para aumentar la productividad de los cultivos es la fertilización. Sin embargo existe el riesgo de que, en algunos casos, los fertilizantes puedan beneficiar más a malas hierbas que al propio cultivo (Scursoni & Benech, 2002). Un importante insumo en la producción agrícola es la fertilización fosfórica debido a que el fósforo en el suelo es insuficiente para optimizar la producción de cultivos (Grant et al., 2001). Sólo se dispone de información limitada en forma específica de las especies de malas hierbas que responden a varios niveles de fósforo en suelo (Blackshaw et al., 2004). Además del fósforo, el nitrógeno es ampliamente utilizado para aumentar el rendimiento del cultivo (Camara et al., 2003) y también existe el riesgo de que el nutriente sea más y mejor utilizado por la mala hierba lo que se traduciría en una mayor competencia, como proponen Blackshaw & Brandt (2008) con el fósforo y el nitrógeno. Un crecimiento precoz afecta a la capacidad de las plantas para la captación de recursos más adelante en el ciclo de crecimiento (Moreau et al., 2014).

El conocimiento de la influencia del abonado en la interacción mala hierba-cultivo es interesante porque, entre otras cuestiones, sirve para elaborar programas de abonado inteligentes, que reduzcan la competencia de las malas hierbas al mismo tiempo que reducen el coste económico y ambiental (Blackshaw et al., 2004).

Los objetivos de este trabajo son: 1) estudiar la influencia de la adición de fertilizantes fosfórico y nitrogenado sobre el desarrollo de diferentes especies de malas hierbas comunes en las zonas mediterráneas, y 2) estudiar su interferencia con determinadas plantas cultivadas, como trigo y sorgo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

El diseño del experimento ha sido de 11 especies vegetales x 8 tratamientos x 3 repeticiones, siendo la unidad experimental una maceta con

dos plantas (mala hierba-cultivo o cultivo-cultivo). La posición de las macetas en la cámara de cultivo fue completamente al azar.

Material vegetal

El material vegetal ha consistido en plantas (Tabla 1) procedentes del banco de semillas de la ETSIA. Las semillas fueron germinadas en placa petri y trasplantadas a macetas de 5,5 cm de diámetro y 7,3 cm de profundidad, con 200 g de arena silícea, de 0,4 a 0,8 mm de granulometría, previamente lavada. Previo al trasplante la arena se humedeció con un riego de 15 mL de agua destilada.

En cada maceta se trasplantó al mismo tiempo un individuo de la especie arvense junto con un individuo de la especie cultivada del mismo ciclo. Para las malas hierbas de invierno se utilizó trigo duro (cultivar "Amilcar") y para las de verano se utilizó sorgo (cultivar "PE84G62").

Tabla 1. Combinaciones mala hierba-cultivo estudiadas.

Especie	Familia	Ciclo [(a)]	EPPO [(b)]
Abutilon theophrasti	Malvaceae	Verano	abuth
Amaranthus retroflexus	Amaranthaceae	Verano	amare
Anthemis mixta	Asteraceae	Invierno	antmi
Centaurea diluta	Asteraceae	Invierno	cendi
Chenopodium murale	Chenopodiaceae	Verano	chemu
Chrysanthemum coronarium	Asteraceae	Invierno	chyco
Conyza bonariensis	Asteraceae	Invierno	eribo
Echinochloa crus-galli	Gramineae	Verano	echcg
Lolium rigidum	Gramineae	Invierno	lolri
Sorghum bicolor	Gramineae	Verano	sorvu
Triticum durum	Gramineae	Invierno	trzdw

[(a)] Verano: emergencia primaveral; Invierno: emergencia otoñal.

[(b)] Código EPPO según EPPO (2015).

Tratamientos

Los fertilizantes utilizados fueron H_2KPO_4 y KNO_3. Se utilizaron 0, 0,01, 0,5 y 2 ppm de fósforo y 0, 10, 50 y 200 ppm de nitrógeno en la solución Hoagland de riego (Tablas 2 y 3). El potasio (K) se equilibró en todos los tratamientos añadiendo cloruro potásico de manera que el K no constituyera un factor diferencial entre los distintos tratamientos. Se hicieron 3 riegos semanales con 15 mL de solución fertilizante.

Tabla 2. Concentraciones de los tratamientos P (en peso por cada litro de solución).

Tratamiento	P (mg)	H_2KPO_4 (mg)	KCl (mg)
T1	0	0	4,81
T2	0,01	$4,41*10^{-2}$	4,79
T3	0,5	2,205	3,61
T4	2	8,820	0

Tabla 3. Concentraciones de los tratamientos N (en peso por cada litro de solución).

Tratamiento	N (mg)	KNO_3 (g)	KCl (g)
T5	0	0	1,065
T6	10	0,072	1,012
T7	50	0,361	0,799
T8	200	1,444	0

Condiciones ambientales

El ensayo se llevó a cabo en una cámara de cultivo de la ETSIA con fotoperiodo de 16 horas de luz y 25ºC durante el día y 23ºC durante la noche. La radiación fotosintética activa fue de 22 $W*m^{-2}$.

Recogida de datos y análisis estadístico

Aunque se midieron distintos parámetros con frecuencia semanal los datos presentados en este trabajo corresponden únicamente a la biomasa seca de cada planta cuya parte aérea y radicular fue medida de forma separada.

Con los datos obtenidos se realizaron regresiones lineales y análisis de la varianza con su correspondiente test de separación de medias. Todos los análisis estadísticos y gráficos fueron realizados con el programa R (R Core Team, 2014). Para realizar el anova se ha utilizado la transformación raíz cuadrada del porcentaje de biomasa respecto al testigo sin abonar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para discutir los resultados obtenidos se ha elegido el formato de tablas en las cuales se presentan los incrementos de biomasa respecto del testigo sin abonar (valor 100%). Las tablas incluyen dos columnas: en la

de la izquierda se indican los incrementos (si es > 100%) de biomasa del cultivo acompañado de mala hierba mientras que en la de la derecha se incluyen los incrementos (si es > 100%) de biomasa de la mala hierba acompañada de cultivo.

No se encontraron ajustes satisfactorios en regresiones de modelo lineal o no lineal, probablemente debido al diseño experimental ya que se priorizó la detección de respuesta a dosis pequeñas teniendo en cuenta las limitaciones de recursos.

Especies de invierno

En la Tabla 4 se presentan los incrementos de biomasa seca total causados por la dosis máxima de P respecto del testigo sin abonar, y se puede observar que la respuesta al abonado fosfórico fue superior en las malas hierbas que en la planta cultivada (trigo), ya que el fósforo duplicó o triplicó la biomasa total de las malas hierbas mientras que no afectó al trigo (acompañado de trigo). Estos incrementos de biomasa fueron significativos en *C. diluta* y en *Chrysanthemun coronarium*.

Adicionalmente se puede observar que la presencia de la mala hierba despierta la respuesta de la planta cultivada, de modo que la biomasa de trigo cuando se abona con la dosis máxima de P llega a multiplicarse por 5 cuando está en presencia de *C. diluta* o *C. coronarium*.

En el resto de especies de la familia Asteraceae también se aprecia un comportamiento similar, de modo que responden al abonado fosfórico y además hacen que el trigo también responda a este abonado. *Lolium rigidum*, que es una gramínea, tiene un comportamiento diferente de forma que no responde al abonado fosfórico ni despierta respuesta alguna en el trigo.

Si estos datos se confirmasen en condiciones de campo, podrían tener interesantes aplicaciones prácticas. Por ejemplo, convendría replantearse la aplicación de la etiqueta de "mala hierba" a determinadas especies de asteráceas, ya que en lugar de reducir el rendimiento del cultivo podrían estar contribuyendo a mejorarlo. Y la reflexión también afectaría a los momentos de aplicación de las medidas de control ya que, en estos casos, podría merecer la pena retrasar la aplicación. Y puede haber incluso una tercera consideración, aplicable al manejo de infestaciones de *Conyza* spp con cubiertas vegetales a base de gramíneas de emergencia otoñal, porque un abonado fosfórico precoz se podría usar como método de control de la mala hierba ya que la propia mala hierba facilitaría la absorción del nutriente por parte de la cubierta vegetal.

Tabla 4. Incremento[1] de biomasa seca causada por la dosis máxima de fósforo, en especies de emergencia otoñal.

Cultivo	Biomasa cultivo (Trigo)		Biomasa mala hierba	
trigo	95,78	ns	-	-
Mala hierba				
antmi	240,93	ns	206,06	ns
cendi	526,53	**	290,25	*
chyco	567,71	***	263,83	*
eribo	183,19	ns	226,32	ns
lolri	102,61	ns	219,96	ns

(1) Los números indican los porcentaje de biomasa seca total respecto del testigo sin abonar (valores superiores a 100 implican incrementos y valores inferiores a 100, disminuciones). Cantidades seguidas de asterisco indican el nivel de significación del ANOVA (ns: p > 0,05; *: p < 0,05; **: p< 0,01; ***: p< 0,001). Antmi, cendi, chyco, eribo y lolri son los códigos EPPO de las especies estudiadas tal y como se indica en la Tabla 1.

En la Tabla 5 se presentan los incrementos de biomasa asociados a la dosis máxima de nitrógeno, y se puede observar que hubo dos especies arvenses en las que se detectó respuesta al abonado en la mala hierba así como interacción mala hierba-cultivo. En el caso de *C. coronarium*, la adición de nitrógeno incrementó la biomasa de la mala hierba y la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del cultivo al abonado. En el caso de *L. rigidum* la adición de nitrógeno disminuyó la biomasa de la mala hierba aunque la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del cultivo al abonado. Estos resultados aún preliminares, demuestran la existencia de interacción mala hierba-cultivo frente al abonado nitrogenado y además pueden tener aplicación práctica ya que un abonado nitrogenado precoz podría mejorar la competitividad del trigo frente a *L. rigidum*.

Tabla 5. Incremento[1] de biomasa seca causada por la dosis máxima de nitrógeno, en especies de emergencia otoñal.

Cultivo	Biomasa cultivo (Trigo)		Biomasa mala hierba	
trigo	228,53	ns	-	-
Mala hierba				
antmi	90.28	ns	196,15	ns
cendi	157,05	ns	126,38	ns
chyco	174,5	*	287,5	**
eribo	92,91	ns	210,26	ns
lolri	165,67	*	40,21	*

(1) Los números indican los porcentaje de biomasa seca total respecto del testigo sin abonar (valores superiores a 100 implican incrementos y valores inferiores a 100, disminuciones). Cantidades seguidas de asterisco indican el nivel de significación del ANOVA (ns: p > 0,05; *: p < 0,05; **: p< 0,01; ***: p< 0,001). Antmi, cendi, chyco, eribo y lolri son los códigos EPPO de las especies estudiadas tal y como se indica en la Tabla.1.

Especies de verano

En las especies de verano solo se han encontrado diferencias significativas frente al abonado fosfórico, por lo que se prescinde de presentar la tabla correspondiente al nitrógeno. En la Tabla 6 se puede observar que el abonado fosfórico tampoco tuvo influencia en la biomasa del cultivo (sorgo), lo cual puede ser debido a que la semilla del cultivo tenga suficientes recursos de este nutriente o bien a un carácter olvidado en el proceso de mejora genética del cultivo.

Adicionalmente se puede ver que el abonado fosfórico afectó de forma diferente a las malas hierbas estudiadas, causando un incremento significativo de la biomasa únicamente en *Echinochloa crus-galli*. Este resultado es interesante porque el género *Echinochloa* incluye mala hierbas particularmente preocupantes en un cultivo gran consumidor de inputs como el arroz. De confirmarse estos resultados sería interesante prestar particular atención al abonado fosfórico en este cultivo como método de control de la mala hierba.

Los resultados obtenidos en las otras tres malas hierbas son más difíciles de comprender e interpretar. En el caso de *Abutilon theophrasti*, llama la atención que no exista respuesta al abonado fosfórico y que además la presencia de la mala hierba cause un incremento de biomasa en el cultivo. La ausencia de respuesta podría ser explicada por el gran tamaño de la semilla de *A. theophrasti* pero es difícil comprender que una mala hierba tan competidora se permita el lujo de inducir la respuesta al abonado fosfórico en el cultivo. Un caso parecido ocurre con *Chenopodium murale* ya que únicamente es significativo el incremento de biomasa en el cultivo acompañado de la mala hierba. En el caso de *Amaranthus retroflexus* no hubo respuesta al abonado fosfórico en la mala hierba ni en el cultivo acompañado de la mala hierba.

Tabla 6. Incremento[1] de biomasa seca causada por la dosis máxima de fósforo, en especies de emergencia primaveral.

Cultivo	Biomasa cultivo (Sorgo)		Biomasa mala hierba	
sorgo	79,12	ns	-	-
Mala hierba				
abuth	224,6	**	52,91	ns
amare	89,47	ns	49,08	ns
chemu	132,42	*	232,14	ns
echcg	117,6	ns	422,22	*

(1) Los números indican los porcentaje de biomasa seca total respecto del testigo sin abonar (valores superiores a 100 implican incrementos y valores inferiores a 100, disminuciones). Cantidades seguidas de asterisco indican el nivel de significación del ANOVA (ns: $p > 0,05$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$). Abuth, amare, chemu y echcg son los códigos EPPO de las especies estudiadas tal y como se indica en la Tabla 1.

CONCLUSIONES

En las especies de emergencia otoñal, el abonado fosfórico no afectó de forma significativa a la biomasa del trigo (acompañado de trigo), pero sí incrementó la biomasa de las arvenses de la familia Asteraceae, siendo los incrementos significativos en *C. coronarium* y *C. diluta*. El abonado nitrogenado tampoco afectó a la biomasa del cultivo, pero incrementó la biomasa de *C. coronarium* y la redujo en *L. rigidum*.

Se ha observado la existencia de interacción mala hierba-cultivo con relación al abonado. La presencia de arvenses de la familia de *Asteraceae* incrementó la respuesta del trigo al abonado fosfórico (de forma significativa en *C. coronarium* y *C. diluta*) y la presencia de *C. coronarium* y *L. rigidum* mejoraron la respuesta del trigo al abonado nitrogenado.

En las especies de verano solo se encontraron diferencias asociadas al abonado fosfórico, que incrementó la biomasa de *Echinochloa crus-galli* (acompañada de sorgo). También se detectó interacción mala hierba-cultivo, ya que en el caso de *Abutilon theophrasti* y *Chenopodiu*m *murale* la presencia de la mala hierba mejoró la respuesta del sorgo al abonado fosfórico.

BIBLIOGRAFÍA

BLACKSHAW RE & BRANDT RN (2008) Nitrogen fertilizer rate effects on weed competitiveness in species dependent. *Weed Science* 56, 743-747.

BLACKSHAW RE, BRANDT RN, JANZEN HH & ENTZ T (2004) Weed species response to phosphorus fertilization. *Weed Science* 52, 406-412.

CAMARA KM, PAYNE WA & RASMUSSEN PE (2003) Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. *Agronomy Journal* 95, 828-835.

EPPO (2015) EPPO Global Database (available online). https://gd.eppo.int.

GRANT CA, FLATEN DN, TOMASIEWICZ DJ & SHEPPARD SC (2001) The importance of early season phosphorus nutrition. *Canadian Journal of Plant Science* 81, 211-224.

MOREAU D, BUSSET H, MATEJICEK A & MUNIER-JOLAIN N (2014) The ecophysiological determinants of nitrophily in annual weed species. *Weed Research* 54, 335-346.

R CORE TEAM (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/

SCURSONI JA & BENECH R (2002) Effect of nitrogen fertilization timing on the demographic processes of wild oat (*Avena fatua*) in barley (*Hordeum vulgare*). *Weed Science* 50, 616-621.

MANAGEMENT OF FIELD MARGIN AIMED AT BENEFITING NATURAL CONTROL OF THRIPS IN STRAWBERRY PLANTS

Calha I.M.[1]*, Gomes L.[1,2], Figueiredo E.[2,3], Mateus C.[1,3]

[1]*Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, IP (INIAV). Av. da República, 2784-505 Oeiras, Portugal.*

[2]*Instituto Superior de Agronomia (ISA) /UL, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal.*

[3]*Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre (LEAF), ISA, Portugal.*

**isabel.calha@iniav.pt*

Summary: There is some evidence that more diverse agricultural systems may enhance natural control of crop pests. In this paper the interaction crop-weeds is analyzed for the particular case of thrips (Insecta: Thysanoptera) present in the strawberry crop and in the natural vegetation in crop edges. Three types of margins were selected, according to field edge management: 1) ruderal vegetation; 2) natural vegetation with grazing and c) cover crop (*Lupinus luteus* L.). The predators *Aeolothrips* spp. were especially abundant in the crop, followed by the phytophagous *Thrips angusticeps* Uzel. *Lupinus luteus* was found to be a potential source of those predators to the crop. In relation to *T. angusticeps*, specimens were more abundant in the weeds *Andryala integrifolia* L., *Crepis capillaris* (L.) Wallr, and *Ranunculus trilobus* Desf. Considerations about other thrips species/genus presence in the crop and weeds are also presented, aiming a more efficient and sustainable crop protection.

Keywords: Sustainable practices, integrated pest management, ecological based IPM, vegetable crop, biodiversity.

Resumen: ***Gestión de los bordes del cultivo de fresa para beneficiar el control natural de trips***. Es conocido que sistemas agrícolas más diversos pueden mejorar el control natural de las plagas de los cultivos. En este trabajo se analizan las interacciones entre cultivos y malezas para el caso particular de los trips (Insecta: Thysanoptera) presentes en el cultivo de fresa y en la vegetación natural en los bordes del cultivo. Tres tipos de márgenes fueron seleccionados, según la gestión del borde del campo: 1) vegetación ruderal; 2) vegetación natural con pastoreo y

c) cubiertas (*Lupinus luteus* L.). Los depredadores *Aeolothrips* spp. eran especialmente abundantes en el cultivo, seguido por el trips fitófago *T. angusticeps* Uzel. *Lupinus luteus* se encontró como una fuente potencial de aquellos depredadores para el cultivo. En relación con *T. angusticeps*, las muestras fueron más abundantes en las malezas *Andryala integrifolia* L., *Crepis capillaris* (L.) Wallr., y *Ranunculus trilobus* Desf. Consideraciones sobre la presencia de otras especies / género de trips en el cultivo y en las malas hierbas son también presentados, con el objetivo de una protección de los cultivos más eficiente y sostenible.

Palabras clave: Manejo sostenible, control integrado, medidas AgroAmbientales, hortícolas, biodiversidad.

INTRODUCTION

Thysanoptera, also known as thrips, are amongst the insects that cause damages in the strawberry crop, frequently with economic relevance. They are piercing - sucking insects, many of them phytophagous with a particular preference for flowers, owing to pollen and nectar. There is a lack of knowledge about thrips presence and damage in strawberry crop in Portugal with the exception of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), that cause significant losses in this crop. Thrips are more abundant in crops and in the weeds present in their boundaries in late spring, beginning of summer, and may be also very abundant during autumn. Migrations between crops and weeds are frequent (Kirk, 1997; Northfield et al., 2008), especially when plants dry off. There is some evidence that more diverse agricultural systems may enhance natural control of crop pests (Alomar et al., 2008; Dabrowski et al., 2008; Bàrberi et al., 2010; Frank, 2010). In this paper the interaction crop-weeds is analyzed for the particular case of thrips (Insecta: Thysanoptera) present in the strawberry crop and in the natural vegetation in crop boundary.

MATERIAL AND METHODS

Field work was conducted in Amial (N39º09’53,9” W09º15’20,2”), located about 75 km north from Lisbon, Portugal. Three strawberry fields were selected for sampling weeds and arthropods according to field edge management: B1) ruderal vegetation; B2) natural vegetation with ‘grazing’ and B3) cover crop (*Lupinus luteus)*. Strawberry plants were at the beginning inside plastic tunnels, and later in open fields (the plastic tunnels were removed during the study). IPM was the control strategy adopted with very few pesticides treatments. Sampling was carried out weekly, from 20 March to 31 July 2013, in a total of 18 sampling dates. In the last three sampling dates, only the crop was sampled, since wild vegetation was mostly dried.

Thrips were captured in strawberry plants (applying the beating technique on two flowers per m^2, along 12 crop rows 8 m long), and in weeds (three plant specimens of each species, collected along a 3 m width strip on the borders, were carried into the lab, where the beating technique was applied).

To determine the distribution of thrips on plant species among the three margin types, multivariate procedure, i.e., Principal Component Analysis (CAP) was used, with 62 plant species and three variables according to field edge management.

RESULTS

Flora margins comprised a total of 98 species distributed among 24 botanical families. The most representative were Poaceae (26 %); Fabaceae (15 %) and Asteraceae (14 %) - Table 1. Other relevant families were Geraniaceae (6 %), Polygonaceae (5 %) Caryophyllaceae (4 %) and Plantaginaceae (4 %).

Table 1. Number of plant species distributed among botanical families and type of margin.

Margin	Asteraceae	Fabaceae	Poaceae
B1	7	8	12
B2	11	11	13
B3	8	10	20
Total	26	28	45

Field edge management: B1) ruderal vegetation; B2) natural vegetation with 'grazing' and B3) cover crop.

The border type B3 had higher species richness, followed by border type B2. Border type B1 had lesser floristic diversity because B2 and B3 were both enriched with a plant mixture with Poaceae and Fabaceae. There was no difference in diversity (Shanon index H') among different borders. However the Eveness index (E) was lower in border type B2 indicating that, albeit high species richness it was dominated by some plant species – Table 2.

Table 2. Floristic diversity in different boundaries.

Biodiversity Indices	B1	B2	B3
S – Species richness	55	61	66
D – Simpson's index	0,03	0,02	0,02
H – Shanon-Wiever index	3,75	3,23	3,91
E – Eveness	0,94	0,79	0,93

Field edge management: B1) ruderal vegetation; B2) natural vegetation with 'grazing' and B3) cover crop.

The relative abundance of thrips (adults) both in the crop and in weeds is registered in Table 3. A total of 761 and 401 thrips were detected, respectively, in the weeds and in the strawberry crop, during the sampling period.

The thrips detected in the strawberry crop included the following taxa: *Anaphothrips sp., Ceratothrips sp., Frankliniella intonsa, F. occidentalis, F. tenuicornis*, *Isoneurothrips australis., Limothrips angulicornis; L. cerealium, Limothrips sp., Melanthrips* sp., *Neohydatothrips* sp., *Tenothrips frici, , T. discolor, Thrips angusticeps, T. atratus, T. flavus, T. major,* and *T. tabaci*; *Aeolothrips tenuicornis* Bagnall; *A. andalusiacus* zur Strassen; *A. citricinctus* Bagnall; *A. intermedius* Bagnall; *A. melici* Bagnall and Tubulifera– Table 4.

Table 3. Thrips abundance in crop and boundary in different strawberry plots.

Thrips genera	Plot 1		Plot 2		Plot 3	
	crop	boundary	crop	boundary	crop	boundary
***Anaphothrips* sp.**	0	0	0	0	0	1
***Aptinothrips* sp.**	0	0	0	3	0	0
Chirothrips manicatus	0	0	0	0	0	2
Chirothrips aculeatus	0	1	0	4	0	3
***Ceratothrips* sp.**	0	0	0	0	1	1
***Frankliniella* sp.**	2	62	3	74	6	43
Isoneurothrips australis	1	1	1	0	0	1
Limothrips angulicornis	0	5	0	19	0	2
Limothrips cerealium	1	0	1	9	3	1
***Megalurothrips* sp.**	0	0	0	0	0	2
***Melanthrips* sp.**	2	0	1	4	1	3
***Neohydatothrips* sp.**	0	5	1	2	0	5
***Odontothrips* sp.**	0	0	0	0	0	1
***Tenothrips* sp.**	1	169	0	122	0	278
***Thrips* sp.**	0	544	3	587	61	736
***Aeolothrips* sp.**	80	1	56	2	117	3
Tubulifera	0	0	0	5	0	1
Larvae	0	9	0	52	1	24

Table 4. Total number of thrips identified per weed species in different crop boundaries.

Species	B1	Species	B2	Species	B3
Andryala integrifolia L	8	*Anacyclus radiatus* Loisel	10	*A. integrifolia*	89
Avena barbata Brot.	29	*Anagallis arvensis* L	3	*Avena sativa* L	4
Bromus catharticus Vahl.	1	*Bromus hordeaceus* L	10	*Briza maxima* L	1
Bromus tectorum L	1	*Chamaemelum mixtum* (L.) All.	11	*B. hordeaceus*	1
Coleostephus myconis (L.) Reichenb. fil	5	*C. myconis*	51	*Capsella rubella* Reuter	18
Fragaria x ananassa Duchesne	87	*Crepis capillaris* (L.) Wallr	12	*C.mixtum*	4
Holcus mollis L	9	*Crepis vesicaria* L.	2	*Cistus monspeliensis* L	1
Hordeum murinum L	2	*Dactylis glomerata* L	5	*C. myconis*	21
Hippochoeris radicata L	1	*Erodium cicutarium* (L.) L´Hér	1	*Cyperus eragrostis* Lam.	1
Lolium multiflorum Lam.	1	*Fragaria x ananassa*	66	*Echium plantagineum* L	3
Lolium rigidum Gaudin	4	*Galactites tomentosa* Moench	1	*Erica ciliaris* L	2
Lythrum hyssopifolia L.	1	*Geranium dissectum* L.	1	*F. x ananassa*	190
Mentha suaveolens Ehrh.	1	*Holcus lanatus* L	2	*H. lanatus*	3
Picris echoides L	6	*H.mollis*	16	*H. mollis*	5
Poa annua L	2	*H. murinum*	27	*Holcus setiglumis* Boiss & Reuter	2
Polypogon monspeliensis (L.) Desf.	13	*H. radicata*	2	*H.murinum*	8
Ranunculus trilobus Desf.	2	*L. rigidum*	18	*L.multiflorum*	8
Rubus ulmifolius Schott.	1	*Lythrum junceum* Banks & Solander	1	*L.rigidum*	1
Rumex conglomeratus Murray	2	*Medicago polymorpha* L.	2	*Lupinus luteus* L	33
Scirpoides holoschoenus (L.) Sojak	1	*Plantago lagopus* L.	1	*L. junceum*	6
Sisymbrium officinale (L.) Scop.	12	*Plantago major* L.	4	*Malva parviflora* L	5
Sonchus oleraceus L.	4	*P. monspeliensis*	16	*M. polymorpha*	3
Torilis arvensis (Hudson) Link	3	*R. trilobus*	39	*Misopates orontium* (L.) Rafin	1
Trifolium pratense L.	3	*Rumex crispus* L.	6	*Phalaris minor* Retz	15
Vicia angustifolia L.	3	*Silene gallica* L.	1	*Poa annua*	1
		S.officinale	8	*Poa trivialis* L	1
		S. oleraceus	1	*P-monspeliensis*	7
		Spergularia purpurea (Presl) G. Don. fil	1	*R.trilobus*	15
		T. arvensis	3	*R. raphanistrum*	5
		Trifolium campestre Schreber	1	*R.conglomeratus*	4
		T. pratense	16	*R. crispus*	2
		Trifolium repens L	4	*S. holoschoenus*	1
		Trifolium resupinatum L	1	*Senecio vulgaris* L	6
		V. angustifolia	5	*S. gallica*	2
				S. oleraceus	2
				S. purpurea	2
				T. arvenses	6
				Trifolium.alexandrinum L	1
				T.campestre	2
				T repens	7
				T.resupinatum	4
				Urtiga urens L	1
				V. angustifolia	13
				Vicia villosa Roth.	9

The most abundant thrips species collected within strawberry crop were: *Aeolothrips* spp. (72.1%) and *Thrips* spp. (20.0%), mainly *T. angusticeps* (78.8%), followed by *T. tabaci* Lindeman (15.0%). *Frankliniella* spp. was 3.0% of all thrips detected, mostly *F. occidentalis* (91.7%). In comparison, the following thrips species were most abundant on boundary plants: *Thrips* spp. (41.9 %), mainly *T. angusticeps* (73.7 %), followed by *T. tabaci* (18.8 %); *Limothrips* spp. (23.7 %) specially *L. cerealium* (94.4 %); Tubulifera (11.3 %); *Aeolothrips* spp. (9.7 %); *Frankliniella* spp. was 3.3% of all thrips detected, mostly *F. occidentalis* (88 %).

Only *Frankliniella occidentalis* has been considered an economic pest on strawberry, in Portugal. In spite of the number of weed species identified in each crop boundary, thrips were always present in 50 % of the species: 62 plant species (20 families) were infested with one or more of the 27 species of thrips. *L. luteus*, just found in the border of plot 3, in the first three sampling dates, before soil incorporation, was the weed species with more abundance of *Aeolothrips* spp. specimens, a mean of one specimen per plant analyzed. These thrips began to be detected in strawberry crop at the fourth sampling date, immediately after *L. luteus* was incorporated in the soil. In relation to *T. angusticeps*, it was more abundant in *Andryala integrifolia* (1.5 specimens per plant), *Crepis capillaris*, and *Ranunculus trilobus* (both with one specimen per plant). No weed species revealed to be a special host of *T. tabaci* or *F. occidentalis***.** *Limothrips* spp., with low abundance in the crop, were mainly present in Poaceae (74.9%); most *L. cerealium* was detected in *Polypogon monspeliensis*, followed by *Lolium rigidum*, in eight and four sampling dates, respectively. Tubulifera, not detected in the crop, were mainly identified in three Asteraceae (83.7%): *Andryala integrifolia*, *Chamaemelum mixtum* and *Coleostephus myconis,* which were present in almost the entire sampling period. Plant preference for the most important phytophagous thrips (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips angusticeps* and *T. tabaci*) and predator thrips (*Aeolothrips* spp.) was published elsewhere (Mateus et al., 2015).

Boundary 1 (*ruderal vegetation*) proved to have the lowest diversity in plant species (S=55). Fifty percent of the species present were thrips hosts, similar to the other boundaries. Three weeds were most visited by thrips during the crop cycle: *Poaceae: Avena barbata; Polypogon monspelliensis* and *Brassicaceae: Sisymbrium officinale*. However, 43 % of total thrips were most abundant in strawberry crop. In boundary 2 (*natural vegetation with grazing)* the greater number of thrips was associated with *Asteraceae: Anacyclus radiatus* and *Ranunculaceae: Ranunculus trilobus.* Boundary 3 (*cover crop*) was the most diverse in plant species (S=66) most abounding in thrips; a total of 516 thrips visited the weed plants during the crop cycle, 36.8 % of which were also present in the crop. A greater number of thrips were associated with *Andryala integrifolia*; *Capsella rubella; Lupinus luteus* and *Vicia angustifolia*.

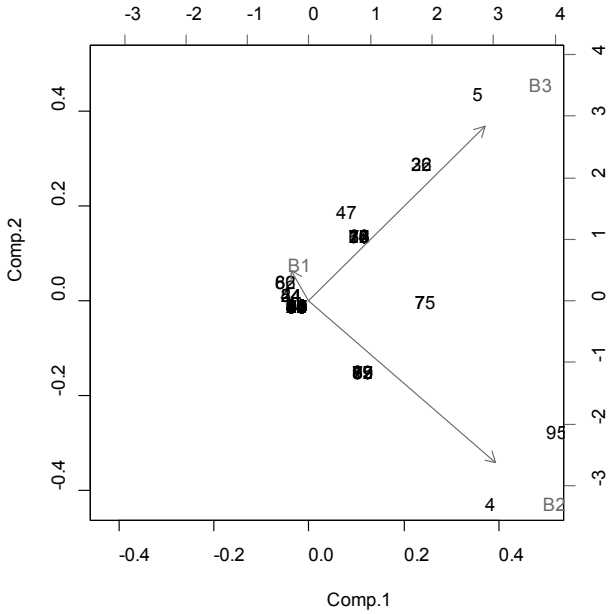

Figure 1. Principal component analysis (PCA) for the relation between the total number of thrips distributed among the 98 plant species within the three crop boundaries: B1) ruderal vegetation; B2) natural vegetation with grazing and B3) cover crop. Species were identified with numbers, for example, *Anacyclus radiatus* (4); *Andryala integrifolia* (5); *Capsella rubella* (20); *Lupinus luteus* (36); *Vicia angustifolia* (47) and *Ranunculus trilobus* (95).

First and second principal components explain 78 % of total variability. The multivariate analysis (Figure 1) showed that the distribution of the number of thrips on the crop boundary was different in the two types B2 and B3. In the boundary B2, the greater the number of thrips were associated with *Anacyclus radiatus* species and *Ranunculus trilobus*. In boundary B3, a greater number of thrips were associated with species *Andryala integrifolia*; *Capsella rubella*; *Lupinus luteus* and *Vicia angustifolia*. Two of this plant species were only present in boundary 3 and the other two species albeit being present in all type of boundaries were more visited by thrips in the boundary 3 (Table 4).

CONCLUSION

These preliminary results (one year experiment) indicate that crop borders enriched with Poaceae and Fabaceae species (B2 and B3) have the highest floristic diversity associated with greater diversity of thrips. In those borders, strawberry crop as lower pressure of these insects, compared to border 1 (ruderal vegetation): the percentage of thrips on strawberry crop was 43%, 18.97% and 36.8% respectively in borders B1, B2 and

B3. Management of enriched borders either by grazing (B2) or mowing of cover crop (B3) also contributes to such reduction. It seems that grazing could be preferable to mowing, as the former allows for a more regular renewing of the flora diversity instead of total removal of flowers of the dominant species (*Lupinus luteus*) in the latter. We conclude that border management (seeding enrichment or cover crop and type and time of mowing) is a major factor in reducing thrips number in strawberry crop.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Mr. António A. Correia (Morangoeste), for allowing the studies to be conducted in his fields. This work was financed by the project *EU FP7 265942-Euberries*.

REFERENCES

ALOMAR O, ARNÓ J & GABARRA R (2008) Insectary plants to enhance the biological control of *Nasonovia ribissnigri* and *Frankliniella occidentalis* in lettuce. In Rossing WAH, Poehling H-M, Helden M (eds). Landscape Management for Functional Biodiversity. *IOBC-wprs Bulletin* 34, 9-12.

BÀRBERI P, BURGIO G, DINELLI G, MOONEN AC, OTTO S, VAZZANA C & ZANIN G (2010) Functional biodiversity in the agricultural landscape: relationships between weeds and arthropod fauna. *Weed Research* 50, 388-401.

DABROWSKI ZT, KROPCZYNSKA D & GARNIS J (2008) Vegetation of field margins as a source of predatory mites (Phytoseiidae) for strawberry plantations in Poland: Preliminary observations. In: Rossing WAH, Poehling H-M, Helden M (eds). Landscape Management for Functional Biodiversity. *IOBC-wprs Bulletin* 34, 25-28.

FRANK SD (2010) Biological control of arthropod pests using banker plant systems: past progress and future direction. *Biological Control* 52, 8-16.

KIRK WDJ (1997) Distribution, abundance and population dynamics. p. 218-257. In T. Lewis (ed.), *Thrips as Crop Pests*. CAB International, New York.

MATEUS C, GOMES L, CALHA I & FIGUEREIDO E. (2015) Looking at weeds to protect crops- a case study for thrips in strawberry plants. *IOBC-wprs Bulletin* 109, 139-145.

NORTHFIELD TD, PAINI DR, FUNDERBURK J.E. & REITZ SR (2008) Annual cycles of *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) thrips abundance on North Florida uncultivated reproductive hosts: predicting possible sources of pest outbreaks. *Annals of the Entomological Society of America* 101, 769-778.

INFLUENCIA DEL FÓSFORO EN LA GERMINACIÓN DE LAS MALAS HIERBAS

Carrasco M., Recena R., Delgado A., Urbano J.M.*

Dpto. de C. Agroforestales, Universidad de Sevilla, ETSIA, Ctra. de Utrera km 1, 41013 Sevilla, España.

**urbano@us.es*

Resumen: Se presentan los resultados de dos experimentos realizados en condiciones controladas, en los que se ha estudiado el efecto de 7 dosis de fósforo en 40 especies o biotipos arvenses. Los resultados obtenidos permiten concluir que la respuesta al abonado fosfórico depende de la especie y también del biotipo dentro de la especie. En *Conyza bonariensis* la adición de fósforo aumentó la germinación del biotipo sensible a glifosato y disminuyó la del resistente. Además se encontraron diferencias significativas en *Conyza canadensis*, *Chenopodium album* y *Diplotaxis virgata*.

Palabras clave: Fertilización, emergencia, modelización.

Summary: ***Influence of phosphorus on weed seed germination***. Two experiments were developed under controlled conditions to study the influence of 7 phosphorus doses in the germination of 40 weed species or biotypes. Results show that response to phosphoric fertilization depends on the species and biotype within a species. In *Conyza bonariensis*, added P increased germination on glyphosate-sensitive biotype and decreased on resistant. Furthermore significant differences were detected in *Conyza canadensis*, *Chenopodium album*, and *Diplotaxis virgata*.

Keywords: Fertilization, emergence, modelization.

INTRODUCCIÓN

Para el control no químico de arvenses, una de las alternativas es el control cultural, dentro del cual se encuentra el manejo de la fertilización (Blackshaw et al., 2007). Santos et al. (1998) proponen el uso de la fertilización fosfórica para favorecer al cultivo de la lechuga frente a *Amaranthus* y *Portulaca*. Lundy et al. (2010) observaron que el fósforo aumentaba la germinación de determinadas hierbas del arroz. Existen otros estudios al respecto (Blackshaw et al., 2004), pero se refieren al desarrollo de las plantas y no a la germinación.

El objetivo de este trabajo es conocer la influencia que tiene el abonado fosfórico en la germinación de las semillas de un grupo de malas hierbas frecuentes en la agricultura mediterránea.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La parcela elemental fue una placa petri de 5,5 cm de diámetro en la que se sembraron 20 semillas sobre agar diluido. El estudio se dividió en dos experimentos (E1 y E2). En el experimento E1 se estudiaron 40 biotipos de arvenses y 2 cultivos, se aplicaron 5 dosis de fósforo y contó con dos repeticiones. Este estudio se repitió 2 veces, utilizándose por tanto 840 placas.

Posteriormente, y en base a los resultados obtenidos en el primer experimento, se centró el estudio en 26 especies y se aumentó el número de tratamientos a 8. Este segundo experimento (E2) se repitió 3 veces, utilizándose por tanto 1248 placas.

Tratamiento y medio de cultivo

El fósforo en los diferentes tratamientos (Tabla 1) se aportó en forma de fosfato monopotásico (KH_2PO_4), igualándose la concentración de K entre tratamientos con KCl. En el experimento E1 se aplicaron 5 tratamientos, con las siguientes dosis de fósforo: 0, 0,01, 0,5, 1 y 2 mg/L. En el experimento E2, se incluyeron dos nuevas dosis superiores de fósforo (4 y 8 mg/L) y un testigo sin equilibrar para comprobar una posible influencia del KCl.

Las semillas se sembraron en placas de petri, sobre agar de consistencia blanda (1,25 g/L), al cual se añadió el KH_2PO_4 y el KCl necesario para cada tratamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Para cada tratamiento, concentraciones de fósforo, de fertilizante, de KCl y experimentos en los que de incluyó.

Tratamiento	[P](mg/L)	[KH_2PO_4] (mg/L)	[KCl] (mg/L)	Experimento
0	0	0	0,000	E2
1	0	0	19,257	E1 + E2
2	0,01	0,044	19,233	E1 + E2
3	0,5	2,197	18,054	E1 + E2
4	1	4,394	16,850	E1 + E2
5	2	8,788	14,443	E1 + E2
6	4	17,577	9,629	E2
7	8	35,154	0,000	E2

Material vegetal

Las semillas se tomaron del Banco de Semillas de la ETSIA (Tabla 2). Nunca se mezclaron en una misma repetición semillas de diferente procedencia para evitar una posible influencia de este factor en los resultados.

Tabla 2. Especies estudiadas, código EPPO, ciclo, familia y experimentos en los que se incluyeron. No se muestran las arvenses que fueron descartadas por tener una germinación inferior al 5%.

Especie	EPPO	Familia	Ciclo (5)	Experimento
Amaranthus albus	amaal	Amaranthaceae	P	E1
Amaranthus blitoides	amabl	Amaranthaceae	P	E1
Amaranthus retroflexus	amare	Amaranthaceae	P	E1 + E2
Centaurea diluta	cendi	Asteraceae	O	E1 + E2
Chrysanthemum coronarium	chyco	Asteraceae	O	E1 + E2
***Conyza bonariensis – GS* (1)**	eribo	Asteraceae	O	E1 + E2
***Conyza bonariensis – GR* (2)**	eribo	Asteraceae	O	E1 + E2
Conyza canadensis	erica	Asteraceae	O	E1 + E2
Diplotaxis virgata	dipvg	Brasicaceae	O	E1 + E2
Sinapis arvensis	sinar	Brasicaceae	O	E1 + E2
***Chenopodium album – Local* (3)**	cheal	Chenopodiaceae	P	E1
***Chenopodium album – Comun* (4)**	cheal	Chenopodiaceae	P	E1
Chenopodium murale	chemu	Chenopodiaceae	P	E1 + E2
Melilotus indicus	meuin	Fabaceae	O	E1 + E2
Avena sterilis	avess	Gramineae	O	E1 + E2
Digitaria sanguinalis	digsa	Gramineae	P	E1 + E2
Echinochloa crus-galli	echcg	Gramineae	P	E1 + E2
Lolium rigidum	lolri	Gramineae	O	E1 + E2
Phalaris minor	phami	Gramineae	O	E1 + E2
Setaria viridis	setvi	Gramineae	P	E1 + E2
Abutilon theophrasti	abuth	Malvaceae	P	E1 + E2
Plantago coronopus	placo	Plantaginaceae	O	E1 + E2
Plantago lanceolata	plala	Plantaginaceae	O	E1 + E2
Rumex crispus	rumcr	Polygonaceae	O	E1 + E2
Poa annua	poaan	Gramineae	O	E1 + E2
Trigo duro (cv Amilcar)	trzdu	Gramineae	O	E1 + E2
Sorgo (cv PE84G62)	sorvu	Gramineae	P	E1 + E2

(1) es sensible a glifosato y (2) es resistente (Urbano et al., 2007).
(3) corresponde a un biotipo local y (4) corresponde a un biotipo danés (Schutte et al., 2014).
(5) periodo de emergencia. P = primavera, O = otoño.

Condiciones ambientales

Los ensayos se realizaron en cámara con condiciones controladas, con fotoperiodo de 14/10h (día/noche) y temperatura de 25ºC/20ºC. Sin embargo las placas fueron tapadas con una bolsa de plástico negro para simular condiciones de enterrado.

Recogida de datos y análisis estadístico

Se han realizado conteos destructivos cada 24 horas, durante 11 días, de las germinaciones de cada placa. Los datos fueron analizados según la propuesta de Ritz (2010), que sugiere emplear regresiones no lineales. Por lo tanto para cada especie y dosis de abonado fosfórico se ha realizado un ajuste a una regresión no lineal del modelo log-logístico con 3 parámetros. Tales parámetros son d (nivel superior de germinación), e (tiempo en el cual se alcanza el 50% de la germinación) y b (la pendiente de la curva en la zona de e). Todos los análisis estadísticos se han realizado con el programa estadístico R (R Core Team, 2014). Para los ajustes a regresiones no lineales se ha utilizado el paquete drc (Ritz & Streibig, 2005; Ritz & Streibig, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, no se encontraron diferencias debidas a la adición de KCl (Tratamiento 0 y Tratamiento 1), lo cual significa que las variaciones detectadas en la germinación son debidas a las diferentes dosis de fósforo.

En la Tabla 3, se presentan los resultados obtenidos con las poblaciones del género *Conyza*, y se puede observar que la adición de fósforo incrementó la germinación final en un 21% en el biotipo sensible de *C. bonariensis*, mientras que la redujo un 8,9% en el biotipo resistente. Si esta respuesta se confirmase en campo podría tener una aplicación práctica inmediata, ya que un aporte de abonado previo a la germinación provocaría la emergencia de las plantas GS y un retraso de la germinación de las plantas GR, lo cual facilitaría su control. Adicionalmente se observa que la población GS tiene mayor germinación que la GR en todos los casos, lo cual coincide con estudios previos (Valle & Urbano, 2007). En el caso de *Conyza canadensis* la adición de fósforo provocó un incremento de la germinación del 9,5%. La magnitud y la significación son insuficientes para extraer conclusiones aplicadas. En el caso de *Conyza sumatrensis* no se llegaron a detectar diferencias.

Tabla 3. Comparación del parámetro "d" (porcentaje de germinación total a los 11 días) de las curvas de regresión ajustadas al modelo log-logistic para las especies *C. bonariensis* y *C. canadensis*.

Curva 1 (2)	Curva 2	Diferencia (1)
eribo GR - 8	eribo GR – 0	-8,87^
eribo GS - 8	eribo GS – 0	21,22**
eribo GS - 0	eribo GR – 0	28,41***
eribo GS - 8	eribo GR – 8	58,51***
erica - 8	erica – 0	9,53^

(1) ^ = p <0,1; ** = p <0,01; *** = p <0,001
(2) eribo = *C. bonariensis,* erica = *C. canadensis*. G = glifosato, R = resistente, S = sensible.
El número a continuación del guión indica la dosis de fósforo en mg/L.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las poblaciones de *Chenopodium album,* y se puede observar que también se encuentran diferencias asociadas al abonado fosfórico. La adición de fósforo incrementó la germinación de la población común un 11%. Esta población común (de origen danés) tuvo una mayor germinación que la población local (aunque no se detectaron diferencias significativas), lo cual coincide con los resultados previos (Shutte et al., 2014). En condiciones de abonado fosfórico, esta mayor germinación de la población danesa se convierte en significativa.

Tabla 4. Comparación del parámetro "d" (porcentaje de germinación total a los 11 días) de las curvas de regresión ajustadas al modelo log-logistic para las poblaciones de *C. album*.

Curva 1 (2)	Curva 2	Diferencia (1)
cheal_C - 2	cheal_C – 0	11,123^
cheal_L - 2	cheal_L – 0	6,617 NS
cheal_C - 0	cheal_L – 0	19,507 NS
cheal_C - 2	cheal_L – 2	24,013**

(1) ^ = p <0,1; ** = p <0,01; NS = p > 0,1.
(2) cheal = *Chenopodium album.* C = población común, L = población local.
El número a continuación del guión indica la dosis de fósforo en mg/L.

Además de las poblaciones comentadas, el fósforo incrementó la germinación en *Diplotaxis virgata* de forma que la adición de 8mg/L provocó un incremento del 28,3% (P<0,001) respecto del testigo sin abonar.

CONCLUSIONES

Se ha detectado influencia del abonado fosfórico en la germinación de poblaciones de *Conyza, Chenopodium* y *Diplotaxis*.

En *Conyza bonariensis* la adición de fósforo incrementó la germinación de la población sensible a glifosato y la disminuyó en la resistente.

En *Chenopodium album* el fósforo incrementó la germinación, particularmente en la población danesa.

Los resultados presentados demuestran que el abonado fosfórico puede llegar a influir en la germinación de determinadas malas hierbas, lo cual debería confirmarse en campo y tenerse en cuenta en modelos de predicción de emergencia y en programas de manejo integrado de malas hierbas.

BIBLIOGRAFÍA

BLACKSHAW RE, ANDERSON RL & LEMERLE D (2007) Cultural Weed Management. *Non-chemical Weed Management,* (eds M.K. Upadhyaya and R.E. Blackshaw), 35-47. Oxfordshire, UK: CABI.

BLACKSHAW RE, BRANDT RN, JANZEN HH & ENTZ T (2004) Weed species response to phosphorus fertilization. *Weed Science* 52, 406-412.

LUNDY ME, FISCHER AJ, KESSEL CV, HILL JE, RUARK MD & LINQUIST BA (2010) Surface-applied calcium phosphate stimulates weed emergence in flooded rice. *Weed Technology* 24, 295-302.

R CORE TEAM (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

RITZ C (2010) Toward a unified approach to dose-response modelling in ecotoxicology. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29, 220-229.

RITZ C & STREIBIG JC (2005) Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software* 12 (5). Available at: www.bioassay.dk.

RITZ C & STREIBIG JC (2012) Dose response curves and other nonlinear curves in Weed Science and Ecotoxicology with the add-on package drc in R. Available at: www. bioassay.dk

SANTOS B, DUSKY J, STALL W, SHILLING D & BEWICK T (1998) Phosphorus effects on competitive interactions of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) with lettuce (*Lactuca sativa*). *Weed Science* 46, 307-312.

SCHUTTE BJ, TOMASEK BJ, DAVIS AS et al. (2014) An investigation to enhance understanding of the stimulation of weed seedling emergence by soil disturbance. *Weed Research* 54, 1-12.

URBANO JM et al. (2007) Glyphosate-resistant Hairy Fleabane (*Conyza bonariensis*) in Spain. *Weed Technology* 21, 396-401.

VALLE J & URBANO JM (2007) Estudio de la herencia de la resistencia a glifosato en *Conyza bonariensis*. En: Actas de la Sociedad Española de Malherbología, 355-358.

PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA GLOBAL DE *LOLIUM RIGIDUM* BAJO CONDICIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Castellanos-Frías E.[1], García De León D.[1,2], Bastida F.[3], González-Andújar J.L.[1,2]*

[1]*Dept. de Protección de Cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Av. Menéndez Pidal s/n. Campus Alameda del Obispo, Apdo. 4084,14080 Córdoba, España.*

[2]*Laboratorio Internacional de Cambio Global, LINCGlobal (CSIC-PUC), Santiago, Chile.*

[3]*Dept. de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva, Carretera de Palos de la Frontera s/n., 21819 Palos de la Frontera, Huelva, España.*

**andujar@cica.es*

Resumen: *Lolium rigidum* Gaud. (vallico) es una de las malezas más extendidas y perjudiciales en los cultivos de cereales de invierno. Un modelo bioclimático para esta especie fue desarrollado utilizando CLIMEX. El modelo fue validado con los registros de esta especie en Estados Unidos y Oceanía y utilizado para predecir la distribución potencial global de *L. rigidum* bajo el clima actual y dos escenarios de cambio climático. Las proyección en virtud de las condiciones climáticas actuales indican que *L. rigidum* no ocupa todo el área disponible para su expansión. Considerando los escenarios climáticos futuros, el área potencial de expansión aumentará 3,79% y 5,06% bajo los escenarios moderado y extremo, respectivamente. La proyección del modelo mostró un avance gradual de *L. rigidum* en Norteamérica, Europa, Sudamérica y Asia, mientras que en África y Oceanía se prevé una regresión. Estos resultados proporcionan los conocimientos necesarios para identificar y poner de relieve las posibles zonas de riesgo de invasión.

Palabras clave: CLIMEX, modelo bioclimático, cereales, modelo de distribución de especies.

Summary: ***Predicting global geographical distribution of Lolium rigidum under climate change****. Lolium rigidum* Gaud. (rigid ryegrass) is one of the most extended and harmful weeds in winter cereal crops. A bioclimatic model for this species was developed using CLIMEX. The model was validated with records from North America and Oceania and used

to assess the global potential distribution of *L. rigidum* under the current climate and under two climate change scenarios. The projection under current climate conditions indicated that *L. rigidum* does not occupy the full extent of the climatically suitable area available to it. Under future climate scenarios, the infested potential area will increase 3.79% in the low-emission CO_2 scenario and 5.06% under the most extreme scenario. The model projection showed a gradual advance of rigid ryegrass in North America, Europe, South America and Asia, whilst in Africa and Oceania it indicated regression. These results provide the necessary knowledge for identifying and highlighting the potential invasion risk areas.

Keywords: CLIMEX, bioclimatic model, cereals, species distribution model.

INTRODUCCIÓN

Numerosas investigaciones han puesto de manifiesto el posible impacto del cambio climático sobre los cultivos. Se prevé una reducción del 10 al 20% en la producción mundial de alimentos (IPCC, 2007). Al igual que los cultivos, las malas hierbas se verán afectadas por esos cambios climáticos (González-Andújar, 1995), alterando su distribución geográfica actual y su relación de competencia con el cultivo. Predecir la futura distribución de la flora arvense es un tema del máximo interés en agricultura para poder mitigar los efectos del cambio climático. Recientemente se ha incrementado el uso de modelos de nicho bioclimático (ej. CLIMEX, MAXENT, etc.) para predecir la distribución potencial de las plantas bajo diversos escenarios de cambio climático (Castellanos-Frias et al., 2014).

Lolium rigidum Gaud. (vallico) es una de las principales malas hierbas de los cereales, llegando a producir pérdidas de cosecha de hasta un 83% en cebada cuando la infestación alcanza 1240 plantas m^{-2} (Izquierdo et al., 2003). Su origen se localiza en Oriente Medio, extendiéndose a la cuenca Mediterránea y desde allí a otras partes del mundo con clima similar. No existe ningún trabajo dirigido a estudiar cuál será el efecto del cambio climático sobre su distribución geográfica a pesar de su importancia económica.

En este contexto, se plantea en el presente trabajo el estudio de los posibles cambios en la distribución geográfica mundial de *Lolium rigidum* bajo diferentes escenarios de cambio climático.

MATERIAL Y MÉTODOS

El impacto del cambio climático sobre la distribución geográfica de *L. rigidum* se ha evaluado a través de un modelo de nicho ecológico. Para

ello, se ha empleado el programa informático CLIMEX™ 3.0.2. En él, por medio de un índice de idoneidad (*EI*) (Sutherst et al., 2007) se integran las características biológicas de la especie sobre el clima del territorio, y así, se evalúa lo adecuadas o inadecuadas que pueden ser esas condiciones climáticas para permitir su crecimiento y supervivencia. Este índice oscila ente 0 y 100, donde un valor de 0 indica que la zona no es adecuada para el crecimiento de la especie considerada y un valor de 100 indica una zona idónea para el crecimiento. El índice de idoneidad para el crecimiento del vallico fue divido en tres clases: 0 = zona no apropiada; 1-10 = zona de marginal; 11-20 = zona apropiada y, >20 = zona óptima. La información climática necesaria para desarrollar el modelo fue tomada de CLiMond (Kriticos et al., 2012).

El modelo fue parametrizado con datos existentes (CABI, 2014) sobre la distribución actual de *L. rigidum* en Europa y validado estadísticamente (área bajo la curva, AUC; Elith et al., 2006) con datos independientes de Estados Unidos y Oceanía (CABI, 2014).

Una vez validado, el modelo se utilizó para predecir la distribución geográfica global de *L. rigidum* en el año 2100 bajo dos escenarios de cambio climático (IPCC, 2007; Ciscar et al., 2009): El escenario CSIRO A2 (moderado) que describe un mundo de gran desigualdad regional basado en una población mundial en continuo incremento, crecimiento económico y tecnológico fragmentados y con emisiones medias-altas de CO_2; y el escenario CSIRO A1B (extremo) que presenta un mundo de sostenibilidad económica, social y ambiental basado en un crecimiento poblacional progresivo pero menor al A2, desarrollo económico y tecnológico medios y emisiones medias-bajas de CO_2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del modelo bajo las condiciones climáticas actuales prevé una distribución del vallico que se ajusta en gran medida a los registros mundiales existentes (AUC=0,97). La actual distribución mundial de *L. rigidum* ha sido estimada en 7,9 x10^6 km^2. Siendo las áreas con clima Mediterráneo las óptimas para esta especie, con Europa y Oceanía presentando las mayores superficies adecuadas para el crecimiento del vallico. El modelo fue validado con los datos de Estados Unidos (AUC=0,98) y Australia (AUC=0,96).

Cuando consideramos el efecto del cambio climático, nuestros resultados predicen un incremento global de las áreas adecuadas para el crecimiento de *L. rigidum* de un 3,79% y un 5,06% bajo los escenarios A2 y A1B, respectivamente (Tabla 1). Ese incremento se manifiesta en un desplazamiento global hacia zonas actualmente más frías del norte y del

sur. En concreto, el área de invasión se incrementará, con relación a su actual distribución, en Norte América, Europa, Sur América.

Tabla 1. Estimación del área adecuada para el crecimiento bajo condiciones actuales y bajo dos escenarios de cambio climático (A1B y A2) en 2100.

	Total		Marginal		Idónea		Óptima	
	Área(km^2)	%	Área(km^2)	%	Área(km^2)	%	Área(km^2)	%
Clima actual	$7{,}9 \times 10^6$		$2{,}7 \times 10^6$		$1{,}5 \times 10^6$		$3{,}7 \times 10^6$	
CSIRO A1B	$8{,}2 \times 10^6$	3,79	$3{,}2 \times 10^6$	18,51	$1{,}9 \times 10^6$	26,66	$3{,}1 \times 10^6$	-16,21
CSIRO A2	$8{,}3 \times 10^6$	5,06	$3{,}1 \times 10^6$	14,81	$1{,}9 \times 10^6$	26,66	$3{,}3 \times 10^6$	-10,81

Mientras que en África y Oceanía se prevé una regresión del área potencial de infestación (Fig. 1). En base a estas proyecciones se podrían diseñar medidas de prevención y control de su expansión, con el fin evitar nuevas invasiones de los cultivos cerealistas.

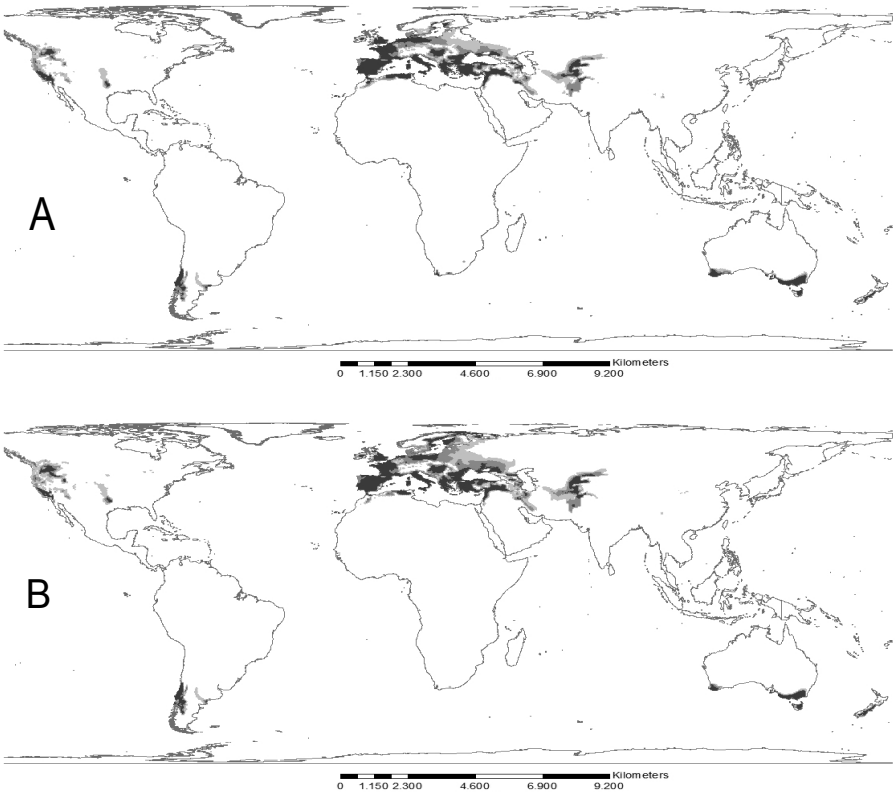

Figura 1. Potencial distribución en 2100 de *Lolium rigidum* bajo dos escenarios de cambio climático, usando CLIMEX: (A) CSIRO A1By (B) CSIRO A2. Zona no apropiada □; zona marginal ■; zona apropiada ■ y zona óptima ■.

CONCLUSIONES

El efecto del cambio climático puede suponer un incremento mundial de la superficie adecuada para el crecimiento de *L. rigidum*. Expandiéndose desde el área que actualmente ocupa hacia las zonas polares, siendo Norte América, Europa y Sur América los continentes más afectados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los fondos FEDER y el Plan Nacional de Investigación (I+D) del Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto AGL2012-33736).

BIBLIOGRAFÍA

CABI (2014) Centre for Agricultural Bioscience International. URL www.cabi.org.

CASTELLANOS-FRIAS E, GARCIA DE LEON D, PUJADAS-SALVA A, DORADO J & GONZALEZ-ANDUJAR JL (2014) Potential distribution of *Avena sterilis L*. in Europe under climate change. *Annals of Applied Biology* 165, 53-61.

CISCAR JC, IGLESIAS A, FEYEN L, GOODESS GM, SZABÓ L, CHRISTENSEN OB et al. (2009) *Climate change impacts in Europe: Final report of the PESETA research project. EUR 24093 EN*. JRC Scientific and Technical Reports, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

ELITH J, GRAHAM CH, ANDERSON RP, DUDÍK M et al. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129-151.

GONZALEZ-ANDUJAR JL (1995) Modelling the effects of climate change and climatic variability on crops at the site scale: effects on cereal weeds. In *Climate change and Agriculture in Europe: Assessment of Impacts and Adaptations.*(eds P.A. Harrison, R.E. Butterfield & T.E. Downing), pp 280-285. University of Oxford, Oxford, UK.

IPCC (2007) Summary for Policymakers in S. Solomon et al., eds. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge (UK) and New York (USA).

IZQUIERDO J, RECASENS J, FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C & GILL G (2003) Effects of crop and weed densities on the interactions between barley and *Lolium rigidum* in several Mediterranean locations. *Agronomie* 23, 529-536.

KRITICOS DJ, WEBBER BL, LERICHE A, OTA N et al. (2012) CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution* 3,53-64.

SUTHERST RW, MAYWALD G & KRITICOS DJ (2007) CLIMEX Version 3: User´s Guide. Hearne Scientific Software.

EL BANCO DE SEMILLAS DE MALAS HIERBAS EN CAMPOS DE ESPARCETA (*ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP.) EN COMPARACIÓN CON CEREAL EN MONOCULTIVO

Cirujeda A.[1*], Marí A.[1], Aibar J.[2], León M.[1], Pardo G.[1], Murillo S.[3]

[1]*Unidad de Sanidad Vegetal, CITA,*
Avda. Montañana 930, 50198 Zaragoza.
[2]*EPS, Universidad de Zaragoza,*
Ctra. de Cuarte km 67, 22071 Huesca.
[3]*Dep. Agricultura, Ganadería y M. Ambiente,*
Pza. S. P. Nolasco 7, 50071 Zaragoza.
[*]*acirujeda@aragon.es*

Resumen: Una de las medidas agroambientales financiadas en Aragón es la siembra de la especie forrajera esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.). En el presente estudio se ha completado la información obtenida anteriormente sobre la flora arvense emergida con datos sobre el banco de semillas. Para ello, se han recogido muestras de suelo en campos de esparceta en el tercer año y de cereal en monocultivo, se han lavado las muestras en agitación y se han separado las semillas. Se ha encontrado una tendencia a mayor diversidad de semillas en campos de esparceta. Las especies más frecuentes y más abundantes coinciden en ambos cultivos y se observa escasa coincidencia entre la flora emergida y el banco de semillas. Ello posiblemente sea debido a la depredación y a la siega de la esparceta en mayo, lo cual provoca una reducción del banco de semillas de aquellas especies cuyas semillas maduran más tarde.

Palabras clave: *Polygonum* spp., *Amaranthus* spp., depredación de semillas.

Summary: ***The weed seed bank in sainfoin fields (Onobrychis viciifolia Scop.) in comparison with cereal monocrop***. One of the agro-environmental schemes financed in the Aragón region is the sowing of the forage crop sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.). In this study we have completed the information gathered previously on emerged weed flora with the seed bank data. Soil samples have been taken in sainfoin fields in the third year and in monocrop cereal, samples washed during constant shaking and seeds have been separated. A tendency of higher diversity in seed bank has been found for sainfoin. The most frequent

and abundant species are coincident in both crops and there is little coincidence in the emerged species and the seed bank. This is possibly mainly due to predation and to the sainfoin mowing in May, which provokes a seed bank reduction of the species with a later seed shed.

Keywords: *Polygonum* spp., *Amaranthus* spp., seed predation.

INTRODUCCIÓN

La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una leguminosa forrajera plurianual adaptada a zonas frías y relativamente secas en verano. Su cultivo se inició a finales del siglo XVI en Francia y, debido a las numerosas ventajas que ofrece para suelos pobres, en los que otras forrajeras como la alfalfa no prosperan, fue especialmente promocionada en España por el Ministerio de Agricultura a finales de los años 60. En Aragón se cultiva en zonas con altitudes superiores a los 600 m s.n.m. especialmente en las provincias de Teruel y Huesca. En las últimas décadas la superficie se ha visto reducida debido especialmente a la pérdida de ganado ovino. Entre los años 2007 y 2014, una de las medidas agroambientales financiadas en Aragón ha vuelto a promocionar la siembra de este cultivo, esta vez con la finalidad de favorecer la fauna esteparia, en especial facilitando el anidamiento y la reproducción de las aves. En el nuevo plan de desarrollo rural se ha vuelto a incluir esta medida para 2015-2020.

Se ha descrito el efecto del manejo de la esparceta (siega, pastoreo, aprovechamiento mixto) sobre la flora arvense en el Pirineo catalán (Sebastià et al., 2011) pero no existen datos sobre la flora acompañante de este cultivo en Aragón, donde se está financiando esta medida agroambiental. En los trabajos previos (Cirujeda et al., 2013) se ha descrito la flora arvense emergida en estas condiciones. En el presente trabajo se pretende averiguar si el banco de semillas se enriquece después de tres años de cultivo, ya que la siega o el pastoreo reducen posiblemente la abundancia de determinadas especies (Cirujeda et al., 2013).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han escogido parcelas en el municipio de Calamocha (Teruel) en el que se encuentra especialmente representado el cultivo de la esparceta. En esta zona el cultivo se suele mantener tres años. Por ello se escogieron cada año 5-7 parcelas en el tercer y último año de cultivo para compararlas con parcelas de cereal en monocultivo. La visita al campo se llevó a cabo en el mes de mayo de los años 2012 y 2013, en plena floración de la esparceta en su tercer año de establecimiento y en espigado del cereal y se han procesado los datos de 13 campos de esparceta y 10

de cereal. Las muestras de suelo se tomaron en seis puntos recorriendo las parcelas en forma de cruz descartando piedras grandes y restos vegetales evidentes. Se muestrearon 7,5 cm de profundidad, lo cual supuso un importante esfuerzo, ya que el suelo en los campos de esparceta, no labrados y pisoteados en 3 años está muy compactado y a menudo se trataba de parcelas muy pedregosas. El suelo de las parcelas de cereal, labradas anualmente con arado de vertedera, fue notablemente más esponjoso.

El suelo fue guardado en bolsas de plástico a 4 ºC hasta su procesado. Posteriormente se llenaron dos cilindros de 0,5 litros cada uno con una malla de luz de 0,6 mm y se lavó el suelo utilizando un elutriator de fabricación propia (grupo de Malherbología y Ecología Vegetal de la Universitat de Lleida). Una vez limpio de suelo después de una hora y media de lavado, se recogió el resto y se eliminaron las piedras restantes mediante sucesivos cribados manuales. Posteriormente se juntaron las semillas de aspectos similares y se fotografiaron a través de una lupa (lupa Olympus SZX7 de 0,8-5,6X y cámara Optika 4083.12LT). Se contabilizó el número de semillas de cada especie encontrada y se identificaron utilizando las claves de Hanf (1983), Holm-Nielsen (1998) y Viggiani (1990). De todas las parcelas muestreadas se disponía de los datos sobre la flora emergida en el mismo momento (Cirujeda et al., 2013).

El cálculo del índice de Shannon se utilizó según: $H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \cdot \ln p_i$ donde S es el número de especies en cada muestra (riqueza), $p_i = N_i/N$, N_i es el número de semillas de la especie i y N el número total de semillas en cada muestra (Magurran, 1987). Se comprobó la distribución normal de los datos y la homogeneidad de distribución de la varianza. Primero se analizaron los datos para cada año por separado y al observarse las mismas tendencias en ambos años, se presentan los resultados para el conjunto de ambos. La separación de medias se realizó con el test de Student-Newman-Keuls utilizando SAS versión 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de especies estaban en floración en el momento de la toma de muestras, sin producir todavía semillas ese año, por lo que los propágulos que se esperaba encontrar en mayor número eran de especies de ciclo muy corto como *Veronica* spp., *Stellaria media* (L.) Vill. o de las especies presentes en las parcelas diseminadas en el verano u otoño anteriores.

Se ha encontrado un sorprendentemente elevado número total de semillas correspondiendo a especies diferentes: 41 en cereal y 57 en esparceta. Este primer resultado muestra un incremento de la riqueza total

encontrada en los campos de esparceta comparado con los de cereal de 1,4, lo que es algo inferior a los resultados descritos sobre la flora emergida en dichos campos en los que la proporción fue de 1,9 y 2,8 según el año de muestreo (Cirujeda et al., 2013). De las especies identificadas, 29 sólo se encontraron en muestras procedentes de campos de esparceta. Las más frecuentes fueron *Anthemis* sp. y *Alyssum* sp. (31% de las muestras) y *Medicago* sp. (20%). Por otro lado, 13 especies fueron exclusivas de los campos de cereal en monocultivo, encontrándose dos especies (*Setaria* spp. y *Cardaria draba* (L.) Desv.) en el 20% de los campos muestreados pero el resto de especies singulares sólo en un 10% de las muestras. Estos resultados demuestran que existen especies adaptadas a los diferentes cultivos y sus manejos, incluyendo la ausencia de laboreo durante 3 años en la esparceta y el laboreo con vertedera anual en los campos de cereal.

El número medio de las semillas totales encontradas, así como la riqueza específica tendieron a ser más elevados para los campos de esparceta que para los de cereal (Tabla 1).

Tabla 1. Número de especies identificadas a partir de los análisis del banco de semillas y número total de semillas encontradas por litro de suelo. Diferentes letras corresponden a diferencias significativas según el test de separación de medias Student-Newman-Keuls con P <0,05.

	Riqueza específica	Nº total de semillas (media)*	Nº total de semillas (media)	Índice de Shannon*	Índice de Shannon
Cereal monocultivo	8 a	201 a	202 a	1,11 a	1,11 a
Esparceta tercer año	10 a	226 a	239 a	1,18 a	1,34 a

*excluyendo semillas de *O. viciifolia*.

Cabe destacar que en el 92% de los campos de esparceta se encontraron semillas de esparceta y sólo en un 10% de los campos de cereal siendo la densidad media encontrada de las semillas de esta especie de 13 ± 3,0 y de 0,1 ± 0,1 semillas por litro de suelo analizado, respectivamente. La presencia de una sola semilla de esparceta en las muestras de campos de cereal puede incluso ser debida a una contaminación de las muestras y no parece que haya habido flujo de semillas de esparceta por alguna causa biológica o física.

Es llamativo que las especies más representadas, tanto en frecuencia como en abundancia, fueran *Polygonum* y *Amaranthus* spp. en ambos cultivos (Tabla 2). Una posible explicación es que la siega o pastoreo que se produce en la esparceta junto con la flora arvense a principios de junio posiblemente provoque una menor generación de semillas de especies que terminan su ciclo más tarde (en cosecha del cereal). Este hecho

explicaría la percepción de los agricultores de que el cultivo de la esparceta "limpia" el campo de especies nocivas para el cereal (Cirujeda et al., 2013). De este modo posiblemente se vean favorecidas semillas de especies de ciclo más tardío como *Amaranthus* spp. o especies que puedan rebrotar después del aprovechamiento del cultivo como gramíneas, siempre y cuando sean capaces de generar semillas después de la siega. Además, posiblemente *Amaranthus* spp. y *Polygonum* spp. sean perdurables en el tiempo y no especialmente apetecibles para los principales depredadores de semillas de la zona.

Las especies cuya abundancia figura en el tercer y cuarto orden fueron poco representativas, como lo muestra su elevado error estándar (Tabla 2). Todas ellas son especies muy comunes en la zona y en los cultivos muestreados, exceptuando *Heliotropium europaeum* (L.), algo menos frecuente.

El índice de diversidad de Shannon no mostró diferencias significativas entre cultivos (Tabla 1) si bien fue algo mayor para las parcelas de esparceta, incluyendo las semillas de esparceta. Los valores fueron generalmente bajos debido a la dominancia de las semillas de *Polygonum* y *Amaranthus* spp. en ambos cultivos.

Tabla 2. Densidad de semillas (semillas litro de suelo^{-1}) de las especies más abundantes y más frecuentes encontradas en los campos de cereal en monocultivo y en los de esparceta de tercer año (media ± error estándar).

Densidad	Especie más abundante	2ª especie más abundante	3ª especie más abundante	4ª especie más abundante
Cereal monocultivo	85 ± 26,5 *Polygonum* spp.	62 ± 18,6 *Amaranthus* spp.	11 ± 10,9 *Heliotropium europaeum*	8 ± 5,3 Dicotiledónea no identificada
Esparceta tercer año	99 ± 16,0 *Polygonum* spp.	55 ± 25,0 *Amaranthus* spp.	18 ± 15,9 *Anthemis* sp.	13 ± 3,0 *O. viciifolia*
Porcentaje (%)	**Especie más frecuente**	**2ª especie más frecuente**	**3ª especie más frecuente**	**4ª especie más frecuente**
Cereal monocultivo	100 *Polygonum* spp.	90 *Amaranthus* spp.	70 *Veronica* spp.	40 *Lolium rigidum*, *Heliotropium europaeum*, *Fumaria* spp.
Esparceta tercer año	100 *Polygonum* spp.	100 *Amaranthus* spp., *O. viciifolia*, *Veronica* spp.	46 *Portulaca oleracea*; *Lolium rigidum*	39 *Lamium amplexicaule*

Se ha observado escasa coincidencia entre las especies más representadas en la flora emergida (la mayoría de las cuales este año no habían

producido sus semillas) (Cirujeda et al., 2013) y las encontradas en el banco de semillas. Sí coincide en alguna parcela la abundante presencia de *Polygonum aviculare* L. y *Polygonum convolvulus* L. en la parte aérea y también en el banco de semillas, así como *Alyssum* spp., *Veronica* spp. en otros casos. Posiblemente esto sea debido a varias razones. Por un lado, la siega del cultivo y de la flora acompañante, como se ha comentado, posiblemente provoque una reducción del banco de semillas de las especies emergidas. Por otro lado, los abundantes restos de hormigas encontrados en todas las muestras hacen sospechar que se produzca abundante depredación. Por ello, es razonable pensar que se hayan encontrado escasos restos de semillas de gramíneas, abundantes en algunos campos (*Lolium rigidum* Gaud*., Bromus* spp.) (Cirujeda et al., 2013), debido a que en la fecha de muestreo se haya producido una abundante retirada de las semillas más apetecibles para estos insectos generadas en el verano anterior, entre las cuales se encuentran las gramíneas (Baraibar et al., 2011).

También hay que tener en cuenta que puede haber especies cuyas semillas no perduren largos períodos en el suelo, por lo que si la lluvia de semillas del año no se ha producido, sea difícil encontrar semillas de años anteriores. También la dispersión por el viento, por ejemplo de la especie compuesta (*Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers.), muy presente en los inventarios o por la ingesta por aves (*Eryngium campestre* L.) pueden haber contribuido a la escasa coincidencia entre los inventarios de las plantas emergidas y el banco de semillas. En otros casos el motivo puede haber sido que alguna especie no estuviese ni siquiera presente en el momento de realizar la visita a la parcela (*Amaranthus* spp.), ya que su período de emergencia es posterior a la fecha de muestreo.

El estudio del banco de semillas tiene asociados inconvenientes como la dificultad de muestrear una fracción representativa del campo con un número de muestras manejable, por lo que puede haber especies que no se logren detectar. Tampoco es fácil encontrar especies cuyas semillas todavía no hayan sido generadas y cuyas semillas de años anteriores hayan desaparecido por predación o pudrición. Por otro lado, la descripción de la flora emergida realizada en mayo favorece la detección de especies de floración vistosa y elevado porte en detrimento de especies de ciclo corto en estado de senescencia en mayo, dificultando también detectar especies de ciclo estival que puedan desarrollarse después de la siega o pastoreo de la esparceta como *Amaranthus* spp. Por ello, ambos muestreos son complementarios y en ambos casos se confirma detectar una tendencia de mayor diversidad en parcelas de esparceta que en campos de cereal así como una reducción de especies dañinas para el cereal que se han encontrado en cantidades insignificantes en el bando de semillas de la esparceta como *P. rhoeas* o *L. rigidum*.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha financiado mediante el proyecto AGL2010-22084-C02-02 del Ministerio de Ciencia e Innovación. Agradecemos a los conductores y a Rosario Gurucharri del Dep. de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente su amable disposición y colaboración. Agradecemos al grupo de Malherbologia i Ecologia Vegetal de la Universitat de Lleida facilitarnos el uso del equipo de lavado de semillas (elutriator). Gracias a M. Mas y A.M.C. Verdú por su ayuda en la identificación de las semillas.

BIBLIOGRAFÍA

BARAIBAR B, CARRIÓN E, RECASENS J & WESTERMAN PR (2011) Unravelling the process of weed seed predation: Developing options for better weed control. *Biological Control* 56, 85-90.

CIRUJEDA A, MARÍ A, MURILLO S & AIBAR J (2013) La flora arvense en el cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* L.) aumenta la biodiversidad vegetal. *XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, Valencia, 31-35.

HANF M (1983) *The arable weeds of Europe with their seedlings and seeds*. BASF, Ludwigshafen, Alemania. 494 pp.

HOLM-NIELSEN C (1998) *Frø fra det dyrkede land*. 258 plantearter. Forskningscenter Flakkebjerg, Dinamarca. 178 pp.

MAGURRAN AE (1987) Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, USA.

SEBASTIÀ M, PALERO N & DE BELLO F (2011) Changes in management modify agro-diversity in sainfoin swards in the Eastern Pyrenees. *Agronomy for Sustainable Development* 341, 533-540.

VIGGIANI P (1990) *Erbe spontanee e infestanti: technique di risonoscimento*. Dicotiledoni. Bayer, Milano, Italia. 271 pp.

LA MEDIDA AGROAMBIENTAL "MANTENIMIENTO DE RASTROJO" Y SU EFECTO SOBRE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL

Cirujeda A.[1*], Marí A.[1], Aibar J.[2], Pardo G.[1], Murillo S.[3]

[1]*Unidad de Sanidad Vegetal, CITA, Avda. Montañana 930, 50198 Zaragoza.*
[2]*EPS, Universidad de Zaragoza, Ctra. de Cuarte km 67, 22071 Huesca.*
[3]*Dep. Agricultura, Ganadería y M. Ambiente, Pza. S. P. Nolasco 7, 50071 Zaragoza.*
[*]*acirujeda@aragon.es*

Resumen: La medida agroambiental "mantenimiento de rastrojo en campos de cereal" que promueve que los agricultores lo conserven hasta, como mínimo, el 31 de diciembre, ha sido financiada en Aragón entre los años 2007-14 con el fin de incrementar la biodiversidad. El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar si esta medida incrementa la biodiversidad vegetal en los campos teniendo en cuenta tres zonas diferentes de Aragón, con tres niveles de paisaje referentes al porcentaje de vegetación natural en las cercanías de la parcela visitada y en 2 años diferentes por zona. La riqueza específica tendió a ser claramente superior en campos acogidos a la medida respecto a campos no acogidos aunque dependió de las zonas de paisaje y del año.

Palabras clave: Funcionalidad, paisaje, riqueza específica.

Summary: ***The agro-environmental scheme "stubble maintenance" and its effect on vegetal biodiversity***. The agro-environmental scheme "stubble maintenance" that encourages farmers to keep the stubble on the field surface until, at least, 31st December, has been financed in the Aragón region during years 2007-14 aiming to increase biodiversity. The objective of the present work is to assess if this measure increases vegetal biodiversity in the fields in three different areas of Aragón considering in each area three different landscape levels corresponding to high, middle or low natural nearby vegetation assessed in 2 years for each area. The specific richness tended to be clearly higher in fields following the measure compared to other fields but depended on the landscape areas and on the year.

Keywords: Functionality, landscape, specific richness.

INTRODUCCIÓN

La medida agroambiental "mantenimiento de rastrojo" enmarcada en el Programa de Desarrollo Rural para Aragón 2007-2014 se ha aplicado en zonas LICs y ZEPAs, así como en determinados sectores de una comarca aragonesa (Monegros II), con el fin de fomentar la biodiversidad. Desde la administración se han realizado tareas de inspección pero no se ha evaluado su efectividad en el incremento de la biodiversidad.

Los agricultores acogidos a esta medida se comprometen a mantener la superficie de rastrojo hasta el 31 de diciembre, dejando la paja sobre el terreno en, al menos, el 50% de dichas parcelas. Durante el periodo de no cultivo no se pueden utilizar productos fitosanitarios aunque se permite el pastoreo. Esta medida promueve que los agricultores dejen el campo en barbecho al año siguiente, ya que las zonas en las que se ofrece esta medida son muy secas y las siembras de cereal en primavera no son habituales. En otros países europeos se han llevado a cabo estudios para comprobar el efecto de mantener el rastrojo con la biodiversidad de aves (Bradbury et al., 2004; Field et al., 2007) pero es muy difícil encontrar trabajos relacionando el mantenimiento del rastrojo con la flora arvense.

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar la diversidad de las malas hierbas en campos acogidos y no acogidos a la medida agroambiental. Para ello se han considerado los siguientes subobjetivos: 1) influencia del paisaje en la flora encontrada en los rastrojos en base a una mayor o menor presencia de vegetación natural cercana a los campos y 2) influencia de las zonas geográficas y del año en la composición de la flora en los campos con rastrojo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han escogido tres zonas de muestreo: Monegros (municipios de Castejón de Monegros, Monegrillo, Sástago, Alfajarín), Leciñena (municipios de Zuera, San Mateo de Gállego, Leciñena, Perdiguera) y Zaragoza (municipios de Pina de Ebro, María de Huerva, Botorrita, Zaragoza, Jaulín. En cada una de ellas, se han escogido parcelas en tres paisajes diferentes: 1) paisaje de "monte" con campos rodeados de abundante vegetación natural, 2) paisaje "medio" de campos rodeados con ribazos más o menos anchos albergando vegetación natural y 3) paisaje "campo" sin apenas otros usos del suelo que otros campos cercanos a la parcela escogida (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de cobertura del suelo para las diferentes zonas de paisaje (media en paréntesis). Datos obtenidos en un círculo de un radio de 1 km mediante el programa gvSIG.

Zona de paisaje	Porcentaje de vegetación natural*	Porcentaje de cultivo
Monte	23-94 (68)	5-75 (27)
Medio	6-91 (43)	9-91 (52)
Campo	2-84 (38)	15-95 (57)

*Engloba los usos de suelo definidos por SIGPAC: forestal (FO), pastizal (PS), pasto arbustivo (PR), pasto con arbolado (PA), forestal-monte bajo (FM), monte bajo y matorral (MB).

En cada una de las áreas de muestreo y zonas de paisaje se escogieron 4 parcelas acogidas a la medida y 4 parcelas no acogidas a la misma. Los muestreos se realizaron en los años 2011 a 2013 en el mes de diciembre pocos días antes de finalizar el período mínimo de mantenimiento del rastrojo. Cada zona fue visitada dos años diferentes: Monegros en 2011 y 2012, Leciñena en 2011 y 2012 y Zaragoza en 2012 y 2013.

En cada parcela se anotaron todas las especies de flora arvense encontradas así como el porcentaje de cobertura del suelo por cada una de ellas en un área de 1 m x 5 m muestreado cuatro veces en el borde de la parcela y 4 veces dentro de la misma en forma romboidal con una distancia de más de 20 metros entre los vértices. También se determinó el porcentaje de cobertura total del suelo de la parcela por parte de la flora arvense y del rastrojo. En total se muestrearon 73 campos.

Después de comprobar la distribución normal de los datos y la distribución homogénea de la varianza se analizaron los datos mediante un ANOVA con 4 factores (área de muestreo, zona de paisaje, campos acogidos a la medida o no, año de muestreo). Al encontrar varias interacciones significativas, se ha optado por realizar separaciones de medias mediante el test de Student-Newman-Keuls únicamente para el factor de la zona de paisaje con $P<0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fue sorprendente identificar un número total de especies mayor de lo esperado pero, tal como se esperaba, fue mayor para las parcelas acogidas que en las no acogidas: 68, 99 y 73 especies en los años 2011 a 2013 en las parcelas acogidas y 50, 77 y 28 en las parcelas no acogidas, respectivamente. En el momento del muestreo, la gran mayoría de ellas se encontraban en estado de plántula o estadios juveniles y muy pocas especies se hallaban en flor. Su funcionalidad, por tanto, principalmente puede residir en ser alimento para fitófagos o como cobijo, aunque

también tienen un innegable valor para el mantenimiento del suelo y reducción de la erosión.

La interpretación de los resultados es compleja debido a las interacciones significativas de casi todos los factores estudiados. No obstante, es posible observar claras tendencias en los resultados.

La riqueza específica tendió a ser claramente superior en campos acogidos a la medida comparada con campos no acogidos, los cuales en ese momento estaban labrados y, en algunos casos, recién sembrados (Tabla 2). En dos de las tres zonas de muestreo se contabilizó una mayor riqueza para las parcelas rodeadas de mayor vegetación natural o en zona "media" comparadas con parcelas insertas en paisajes cultivados intensivamente, tanto para los campos acogidos a la medida como para los no acogidos (Tabla 2). No obstante, no se observaron estas diferencias en un año de muestreo (2013, Zaragoza) y en una zona (Leciñena). También se observó un efecto importante del año en dos de las tres zonas, y sorprende que el lluvioso año 2012 no provocó un incremento en la riqueza específica en la zona de Leciñena (Tabla 1).

Tabla 2. Riqueza específica de las malas hierbas encontradas en los campos (media ± error estándar). El factor paisaje no fue significativo para Leciñena, por lo que fue posible calcular la media para este factor. "Monte" se refiere a paisajes con abundante vegetación natural, "medio" con una densidad media y "campo" a paisajes con muy escasa vegetación natural.

Zona	**Monegros**		**Leciñena**		**Zaragoza**	
Año	**2011**	**2012**	**2011**	**2012**	**2012**	**2013**
Campos acogidos a la medida						
Paisaje						
Monte	7,5 a	13,4 a			9,2 a	5,1 a
Medio	7,9 a	10,2 b	7,3 ± 0,25	6,6 ± 0,30	10,5 a	5,2 a
Campo	4,3 b	9,2 b			3,9 b	4,8 a
Campos no acogidos a la medida						
Paisaje						
Monte	4,7 a	5,4 a			4,6 b	2,1 a
Medio	4,9 a	2,1 b	4,3 ± 0,28	2,8 ± 0,28	2,0 c	1,3 a
Campo	3,5 b	1,4 b			7,7 a	1,1 a

Diferentes letras en cada columna muestran diferencias significativas según el test de Student-Newman-Keuls.

La cobertura del suelo por las malas hierbas fue en general bastante baja aunque determinadas parcelas alcanzaron valores elevados siendo los máximos observados del 80, 95 y 76% en los años 2011, 2012 y 2013, respectivamente. Por el contrario, numerosas parcelas no acogidas a la medida mostraban valores del 0% de cobertura en el mismo

momento al haber sido labradas recientemente y, en la mayoría de los casos, se ha observado mayor cobertura en las parcelas acogidas a la medida.

Al igual que con la riqueza específica, se apreció una mayor cobertura del suelo en las parcelas acogidas a la medida agroambiental (Tabla 3). En el lluvioso año 2012 se observó una mayor cobertura en dos de las tres zonas. El paisaje, en cambio, no parece haber tenido un efecto claro sobre la cobertura del suelo, ya que en algunas zonas y años se observó mayor cobertura en zona de paisaje "monte", en otras zonas y años, en cambio, en zonas "campo" (Tabla 3). Posiblemente esta falta de relación sea debida a que, especialmente en el año 2012, una parte importante de la cobertura del suelo fue debida a la presencia de plántulas de cereal (ricio) cuya presencia posiblemente sea independiente del paisaje.

Tabla 3. Cobertura del suelo por malas hierbas. "Monte" se refiere a paisajes con abundante vegetación natural, "medio" con una densidad media y "campo" a paisajes con muy escasa vegetación natural.

Zona	**Monegros**		**Leciñena**		**Zaragoza**	
Año	**2011**	**2012**	**2011**	**2012**	**2012**	**2013**
Campos acogidos a la medida						
Paisaje						
Monte	6,1 b	41,1 a	11,4 b	29,1 a	10,2 b	10,6 b
Medio	12,9 a	13,6 c	20,0 a	27,7 a	17,4 a	20,6 a
Campo	5,5 a	29,5 b	6,7 b	16,0 a	6,5 b	13,4 b
Campos no acogidos a la medida						
Paisaje						
Monte	2,6 b	7,3 a	3,5 a	4,5 a	5,3 b	3,0 a
Medio	2,8 b	2,2 b	4,2 a	3,3 a	2,3 b	1,4 a
Campo	5,6 a	4,1 b	4,6 a	3,5 a	20,7 a	1,8 a

Diferentes letras en cada columna muestran diferencias significativas según el test de Student-Newman-Keuls.

Como es de esperar, se han encontrado valores mayores de presencia de rastrojo en el suelo en campos acogidos a la medida y no se aprecia efecto del área de paisaje (datos no mostrados). También se han encontrado restos de espigas en el suelo en numerosos campos acogidos a la medida, así como plántulas de cereal emergidas. Estas plantas pueden ser aprovechadas para fitófagos y seguramente contribuyen en fomentar la presencia de fauna en la zona. Cabe comentar que en las zonas de paisaje "monte" y "medio" fue muy frecuente observar madrigueras y excrementos de conejos, ausentes en las zonas de paisaje "campo".

También cabe comentar que en alguna zona y algún año concretos (Sástago, Pina de Ebro y San Mateo de Gállego en el año 2011) fue difícil encontrar campos no acogidos a la medida que no tuviesen rastrojo. La medida se trata, pues, de una práctica bastante habitual.

CONCLUSIONES

La medida agroambiental estudiada aumenta la biodiversidad vegetal, si bien el incremento del número de especies parece depender del paisaje del entorno, ya que en zonas con mayor vegetación natural ese incremento tendió a ser mayor. Por ello, el efecto esperable de incremento de la biodiversidad mediante la adopción de esta medida agroambiental puede ser mayor o menor según la zona en la que se promueva.

Tal y como se esperaba, la cobertura del suelo por el rastrojo ha sido claramente superior en las parcelas acogidas a la medida independientemente del paisaje. El número de especies encontrado dependió también del año, como es de esperar.

La cobertura del suelo por las malas hierbas en parcelas acogidas a la medida fue pequeña (5-29% según la zona y el año) pero fue superior a la encontrada en campos labrados o recién sembrados no acogidos a la medida.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha financiado mediante el proyecto AGL2010-22084-C02-02 del Ministerio de Ciencia e Innovación. Agradecemos a los conductores y a Rosario Gurucharri del Dep. de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente su amable disposición y colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

BRADBURY RB, BROWNE SJ, STEVENS DK & AEBISCHER NJ (2004) Five-year evaluation of the impact of the Arable Stewardship Pilot Scheme on birds. *Spring Conference of the British-Ornithologists-Union.* Ubicación: Leicester University, Leicester, UK, 146: 171-180.

FIELD RH, BENKE S, BÁDONYI K & BRADBURY RB (2007) Influence of conservation tillage on winter bird use of arable fields in Hungary. *Agriculture Ecosystems & Environment* 120, 399-404.

TIPOS DE MÁRGENES DE CULTIVOS EN ESPAÑA: PROPUESTA DE DESCRIPTORES COMUNES

Cirujeda A.[1]*, Pardo G.[1], Marí A.I.[1], Aibar J.[2], Pallavicini Y.[3], González-Andújar J.L.[3], Recasens J.[4], Solé-Senan X.O.[4]

[1]*Unidad de Sanidad Vegetal, CITA.*
Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza.
[2]*EPSH, Universidad de Zaragoza,*
Ctra. de Cuarte km 67, 22071 Huesca.
[3]*Dep. de Protección de Cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible,*
CSIC, Avda. Menéndez Pidal s/n, Campus Alameda del Obispo,
Apdo. 4084, 14080 Córdoba.
[4]*Dep. HBJ, ETSEA, Agrotecnio, Universitat de Lleida,*
Avda. Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida.

**acirujeda@aragon.es*

Resumen: Los márgenes de los campos reciben muchas denominaciones locales (linderos, ribazos, etc.) y pueden ser motivo de preocupación para los agricultores por albergar especies arvenses que pueden devenir infestantes del cultivo. Pero su estudio también ha reflejado que pueden ser beneficiosos si albergan diversidad vegetal, la que atraería a su vez diversidad animal. Estudios recientes realizados en España arrojan resultados aparentemente contradictorios y por este motivo se realiza una descripción de la tipología de márgenes existentes en España. Se constata que las diferencias de anchura, altura y pendiente entre márgenes, el tipo de vegetación cercano, así como la intensidad de la perturbación que se ejerce en ellos son posiblemente los principales factores que explican porqué algunos márgenes albergan especies potencialmente nocivas (malas hierbas) y otros no.

Palabras clave: Ribazos, manejo, estructura, composición, pendiente.

Summary: ***Field margins in Spain; proposal of common descriptors.*** The field margins receive many local names and can cause trouble to farmers if they host weeds that can infest the nearby fields. But their study has shown that they be beneficial if they harbour vegetal diversity, which can attract animal diversity. Recent studies conducted in Spain show apparently contradictory results an due to this, a description of the margin types found in this country is shown in this communication. We confirm that differences in margins width, height and slope, the

type of natural vegetation in the area and the disturbance intensity on the margins are probably the main factors explaining why some margins host potentially harmful plant species (weeds) and others do not.

Keywords: Boundary, management, structure, composition, slope.

INTRODUCCIÓN

Se han publicado pocos trabajos en el sur de Europa que comparen los tipos de márgenes y la vegetación que albergan con la que se encuentra en los campos colindantes. En nuestro país, Llurba (2003) relacionó diferentes tipos de márgenes (dominados por gramíneas, por especies perennes, márgenes junto a caminos) con insectos. Trabajos posteriores se centraron en la comparación de la flora en los márgenes y en los campos para analizar la posibilidad de si los primeros podían ser reservorio de flora dañina para los campos (Cirujeda et al. (2007) en Aragón; Bassa et al. (2011) en Cataluña; Pallavicini et al. (2013) en Andalucía), ya que existe esta preocupación en el sector agrario. Por otro lado los márgenes pueden tener una función de provisión de servicios ecosistémicos ya que pueden albergar una amplia fauna (ej. insectos beneficiosos) y una flora, no arvense, necesitada de conservación (Marshall et al., 2003). Los resultados obtenidos por los autores citados parecen contradictorios en cuanto a la capacidad de infestación desde los márgenes hacia el cultivo.

Similares resultados contradictorios se han encontrado en otros países. Probablemente las diferencias se deban a la estructura de los márgenes y a diferencias en el manejo de los mismos (Hovd & Skogen, 2005; Bassa et al., 2011). La mayoría de estudios realizados sobre estas estructuras se han llevado a cabo en el norte y centro de Europa, en zonas con un paisaje muy diferente al español y la descripción de un margen "típico" (sensu Greaves & Marshall, 1987) a menudo no corresponde con la realidad local. Por este motivo se ha considerado conveniente realizar una descripción de los márgenes en España que pueda contribuir a entender las diferencias encontradas en los estudios realizados.

Es de interés general entender las causas de estas diferencias. Así, se podrá promocionar el manejo adecuado de los márgenes con el fin de albergar especies arvenses no dañinas para los campos colindantes y beneficiosas tanto para los agricultores como para el medio ambiente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han visitado 96, 23 y 90 márgenes de campos de cereal de invierno en zonas de Aragón, Andalucía y Cataluña, respectivamente, en los meses de abril-mayo entre los años 2008-12 y se ha descrito la flora

encontrada en éstos y en los campos colindantes. Los trabajos se han llevado a cabo de forma independiente en las distintas zonas, financiados con diferentes proyectos. La presentación y discusión de resultados preliminares en el congreso de la SEMh (Valencia, 2013) ha favorecido la elaboración de este trabajo de síntesis basado en las observaciones realizadas durante los muestreos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta una descripción de los márgenes más típicos encontrados en España y en el sur de Europa. El primer condicionante para los márgenes posiblemente sea el riego de las parcelas colindantes. En España, el 21% de la tierra arable está en regadío (MAGRAMA, 2014). Debido al elevado coste de la tierra en estas zonas, los márgenes suelen ser muy estrechos. Por supuesto, los agricultores no toleran árboles ni arbustos en los márgenes que a menudo reciben tratamientos herbicidas, laboreo o quemas para evitar la proliferación de especies indeseadas. En campos colindantes a canales de riego o a caminos, el uso de herbicidas y de laboreo es muy frecuente. En algunas áreas los márgenes son pastoreados junto a los rastrojos de los campos. No se han encontrado publicaciones estudiando márgenes en estas condiciones, demostrando su escaso interés desde el punto de vista de la flora arvense.

Aunque el 79% de la superficie arable de España se dedica a cultivos herbáceos en secano (MAGRAMA, 2014), ello no significa que los agricultores favorezcan los márgenes en esa situación, ya que, a pesar del menor precio del suelo, la tendencia es aprovechar la máxima superficie arable para conseguir una mayor producción aunque este incremento sea mínimo. Por ello, también en grandes zonas de secano, los márgenes suelen ser muy estrechos o casi ausentes. En cambio, sí suele haber estructuras de tamaño considerable separando campos cuando es necesario interrumpir la pendiente entre ellos. En Aragón, por ejemplo, se encuentran márgenes de tierra en la provincia de Zaragoza de alturas incluso superiores a dos metros, en los que crecen arbustos perennes actuando como barrera a posibles derivas herbicidas procedentes del campo. Justamente en estas zonas se ha incentivado a los agricultores a mantener e, incluso, crear nuevos márgenes recibiendo una ayuda agroambiental con el compromiso de no utilizar en ellos herbicidas, realizar laboreo ni quemar la vegetación (BOA, 2009). En otras zonas de secano con suelos más fértiles y rendimientos más elevados, como en la cuenca del Guadalquivir, los márgenes no separan pendientes y son llanos, comparables a los que se describen de los Países Bajos (Kleijn & Verbeek, 2000). En algunas zonas más elevadas como en el centro de Cataluña o en algunas zonas de Castilla-La Mancha puede haber árboles

(normalmente encinas) como los descritos por Marshall y Arnold (1995) en el Reino Unido cuando los campos están insertos en un paisaje forestal (Bassa et al., 2011 en Cataluña central; Solé-Senan, com. pers. en el oeste de Cataluña).

Cabe tener en cuenta que en las zonas en las que se ha llevado a cabo una concentración parcelaria, los márgenes son generalmente menos frecuentes y más estrechos. Por ello, en España coexisten áreas con márgenes tradicionales con otras con estructuras muy estrechas.

Márgenes de piedra

Es muy frecuente encontrar muros de piedra en los entornos rurales españoles separando campos. Posiblemente sean la estructura equivalente a las cercas y cortavientos arbolados típicos del norte y centro de Europa (Greaves & Marshall, 1987). Los muros de piedra son muy antiguos y están ampliamente presentes en las comarcas de Les Garrigues (provincia de Lleida), La Alcarria (provincias de Guadalajara, Cuenca y Madrid), la Marina Alta (provincia de Alicante), Menorca e Ibiza (Islas Baleares), en el valle del Jerte (provincia de Cáceres), en Cantabria, etc. A pesar de que se trata de márgenes elaborados con mucho esfuerzo y técnica, su origen, en muchos casos, es debido al afloramiento de piedras por laboreos accidentalmente demasiado profundos en zonas con horizontes petrocálcicos superficiales. Así, los muros de piedra sirven como sumidero para la construcción de los mismos. En el resto de Europa, son característicos los muros de piedra de algunas zonas de pastoreo de Escocia e Irlanda.

Para garantizar la integridad de estos muros, los agricultores no permiten la proliferación de vegetación sobre los mismos, exceptuando esporádicos almendros (*Prunus dulcis*) que se plantan como cultivo asociado generalmente en la parte baja del muro. En ocasiones, la falta de mantenimiento de los muros puede conllevar su deterioro y una acumulación de piedras en la parte inferior con lo que los aperos pueden no conseguir acercarse lo deseado durante las tareas de laboreo, provocando la presencia de "islas" de vegetación natural en la parte baja de los muros. No obstante, si las paredes de piedras separan campos sin desnivel (p.ej. en Cantabria o Islas Baleares), la maquinaria normalmente alcanza mejor los extremos retirando la vegetación espontánea. También en caso de pastoreo los muros de piedra están desprovistos de vegetación pero cabe remarcar que estas estructuras ofrecen refugio a pequeños reptiles e insectos incluso en ausencia de vegetación. Estos muros son clave para la conservación del suelo y del agua, por lo que tienen un valor ecológico innegable independientemente de la vegetación asociada.

Zonas montañosas

España es un país montañoso y el 18,4% de la superficie total del país está situada a una altitud superior a los 1000 metros s.n.m. (MAGRAMA, 2014). Son en estas áreas donde los árboles están presentes en los márgenes, como ocurre en algunas partes del norte y centro de Europa. En el Pirineo, por ejemplo, los setos o árboles aislados son, todavía a menudo, muestra del uso agro-silvo-pastoril que ofrecían las ramas de fresno (*Fraxinus excelsior* L.). También se mantienen pequeños árboles o arbustos con usos comestibles de sus frutos: *Sorbus domestica* L., *Mespilus germanica* L. y *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb. La principal función de estos márgenes es la de aterrazar el territorio para suavizar la pendiente y evitar la erosión. En otras zonas algo más bajas como en el centro de Cataluña, los robles (*Quercus pubescens* Willd.) son testigo de bosques relictos. Este tipo de márgenes encajan en el esquema propuesto por Greaves y Marshall (1987).

Importancia de la descripción de los márgenes

Como se ha comentado, los resultados de los estudios de flora realizados en distintas zonas pueden parecer contradictorios. Pallavicini et al. (2013) encontraron prácticamente la misma flora arvense en los márgenes que en los campos colindantes en la zona del Guadalquivir, mientras que en los márgenes estudiados por Cirujeda et al. (2013) en Zaragoza, apenas había especies coincidentes. Un estudio más detallado permite entender que la estructura de los márgenes descritos es muy diferente en ambos casos. En el estudio andaluz, prácticamente no había pendiente entre campos, los márgenes tenían una anchura media de 1,5 metros (entre 0,3 y 5,8 metros) y su altura media era de 0,5 metros. Los márgenes aragoneses separaban campos con desnivel (pendiente media de los mismos de 7,7%, entre 0 y 23%), tenían una anchura media de 2,8 metros (entre 1 y 6 metros) y su altura media era de 1,1 metros. Estas características sin duda afectan a la posibilidad de perturbación de los márgenes directa e indirectamente por derivas desde los tratamientos realizados en el campo, siendo más probable que se establezcan en ellos especies potencialmente nocivas para los cultivos si existe tal perturbación, mientras que su ausencia facilitaría el establecimiento de especies plurianuales no invasoras para los cultivos.

Recomendaciones

Para quienes realicen trabajos de estudio de la flora en márgenes y en los campos colindantes, consideramos imprescindible que incluyan unos descriptores básicos de los márgenes estudiados. Éstos serían: la anchura del margen, altura del mismo, pendiente entre las parcelas separadas por el margen, la frecuencia de su perturbación, prácticas de control de

malas hierbas en el campo y su posible deriva en el margen. También animamos a que se describa la vegetación en ambos entornos (margen y campo) para poder determinar si los márgenes entrañan o no el riesgo de constituir un reservorio de malas hierbas nocivas para el campo. En cuanto a los parámetros de estimación de las malas hierbas, recomendamos centrar el estudio en las especies más frecuentes y más abundantes tanto en el margen como en el campo y compararlas, así como realizar un posterior análisis multivariante.

CONCLUSIONES

Posiblemente los resultados de este tipo de estudios reflejen únicamente una parte de la realidad, por lo que resulta necesario disponer de todos los descriptores descritos para poder comprender mejor qué manejo necesitan los márgenes para que se conviertan en reservorios de plantas útiles para el campo (p.ej. alimento para enemigos naturales) y no en reservorio de especies nocivas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a S. Murillo y a R. Gurrucharri (Dep. de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Dip. Gral. de Aragón) su ayuda en escoger y visitar los márgenes. El estudio se ha financiado con fondos FEDER y del Ministerio de Economía y Competitividad (Proyectos AGL2007-60828, AGL2010-22084-C02 y AGL2012-33736). Y. Pallavicini ha disfrutado de una beca FPI y X. Solé-Senan una beca de la Universitat de Lleida.

BIBLIOGRAFÍA

BASSA M, BOUTIN C, CHAMORRO L & SANS FX (2011) Effects of farming management and landscape heterogeneity on plant species composition of Mediterranean field boundaries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 141, 455-460.

BOA (2009) http://www.boa.aragon.es/; Boletín nº 17 del 27/01/2009 (17 marzo 2014).

CIRUJEDA A, LANGA E, MURILLO S, CAMARERO JJ & ZARAGOZA C (2007) Estudio de la composición y cobertura de la vegetación en franjas entre cultivos de diferentes edades. *Actas del Congreso 2007 de la Sociedad Española de Malherbologí*a *(SEMh)*. 155-158. Albacete, Spain.

CIRUJEDA A, MARÍ A, MURILLO S, AIBAR J & ZARAGOZA C (2013) La flora en los márgenes internos no supone una amenaza para los campos

colindantes en zonas cerealistas de Aragón. *Actas del Congreso 2013 de la Sociedad Española de Malherbología (SEMh)*. 269-273. Valencia, Spain.

GREAVES MP & MARSHALL EJP (1987) Field margins: definitions and statistics. In: *Field Margins* (eds JM Way, PJ Greig-Smith), 3-10. Monograph No. 35. British Crop Protection Council, Thornton Heath, Surrey, UK.

HOVD H & SKOGEN A (2005) Plant species in arable field margins and road verges of central Norway. *Agriculture Ecosystems & Environment* 110, 257-265.

KLEIJN D & VERBEEK M (2000) Factors affecting the species composition of arable field boundary vegetation. *Journal of Applied Ecology* 37, 256-266.

LLURBA R (2003) Tipificación de la vegetación de los márgenes de los cultivos y valoración de su influencia en la composición de las comunidades de artrópodos de la superficie del suelo. *Actas del Congreso 2003 de la Sociedad Española de Malherbología (SEMh)*. 99-103. Barcelona, Spain.

MAGRAMA (2014) disponible: http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2011/default.aspx (última visita 10 marzo de 2015).

MARSHALL EJP & ARNOLD GM (1995) Factors affecting field weed and field margin flora on a farm in Essex, UK. *Landscape and Urban Planning* 31, 205-216.

MARSHALL EJP, BROWN VK, BOATMAN ND, LUTMAN PJW, SQUIRE GR & WARD LK (2003) The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43, 77-89.

PALLAVICINI Y, BASTIDA F, PUJADAS A, IZQUIERDO J & GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL (2013) Comparación de la riqueza y la composición de especies arvenses entre los diferentes hábitats de los cultivos cerealistas. *Actas del Congreso 2013 de la Sociedad Española de Malherbología (SEMh)*. 195-198. Valencia, Spain.

DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE SEMILLAS DE MALAS HIERBAS EN LA COSECHA DE CEREAL EN LA BAJA ANDALUCÍA OCCIDENTAL

Domínguez-Borrero M.D.[1], García-Regal L.[1], González-Andújar J.L.[2], Bastida F.[1]*

[1]*Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva, Ctra. Palos s/n, 21819 Palos de la Frontera, España.*
[2]*Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Alameda del Obispo s/n, Apdo. 4084, 14080 Córdoba, España.*
**bastida@uhu.es*

Resumen: Se analizó la presencia de semillas de malas hierbas en muestras de la cosecha de cereal de 2013 correspondientes a 200 campos de las provincias de Huelva y Sevilla. Se identificaron 91 especies de las que 29 mostraron una frecuencia de presencia de al menos el 5%. La especie más frecuente (74%) y abundante fue *Lolium rigidum*. Las especies arvenses del género *Phalaris* también fueron muy frecuentes (66-32%). Especies con frecuencia superior al 20% fueron *Polygonum aviculare*, *Convolvulus arvensis*, *Chrysanthemum coronarium*, *Pulicaria paludosa* y *Centaurea diluta*. En comparación con estudios previos referidos al conjunto del área cerealista española, se observó una frecuencia similar de las especies dominantes *L. rigidum* y *P. aviculare* y una frecuencia muy superior de *Phalaris* spp. En sentido contrario, la frecuencia de especies segetales especialistas fue muy inferior.

Palabras clave: Biodiversidad, *Lolium* (EPPO: lolss), *Phalaris* (EPPO: phass), trigo.

Summary: ***Diversity and abundance of weed seeds in cereal crop grain in Western Andalusia, South Spain.*** We examined the weed seeds present in crop grain samples from 2013 from across 200 cereal fields in Huelva and Seville provinces, Andalusia, South-western Spain. Ninety-one weed species were identified of which 29 species were present in at least 5% of samples. *Lolium rigidum* was the most frequent (74%) and abundant species. The weedy species of the genus *Phalaris* were also highly frequent (66-32%). *Polygonum aviculare*, *Convolvulus arvensis*, *Chrysanthemum coronarium*, *Pulicaria paludosa* and *Centaurea diluta* were detected in more than 20% of samples. Compared to available data for the whole cereal crop area in Spain, we found a similar frequency of the dominant weeds *L. rigidum* and *P. aviculare* but a much

higher presence of *Phalaris* spp. In an opposite trend, the frequency of specialist segetal species was much lower.

Keywords: Biodiversity, *Lolium* (EPPO: lolss), *Phalaris* (EPPO: phass), wheat.

INTRODUCCIÓN

La presencia de semillas de malas hierbas en la cosecha de cereal determina una disminución de la calidad del producto y puede contribuir a aumentar la frecuencia de presencia y la abundancia local de estas especies, al servirles como estrategia de dispersión si las semillas alcanzan los lotes de siembra. Para ello, las malas hierbas deben poseer atributos funcionales que posibiliten la incorporación de sus semillas a la cosecha. En esta comunicación se presentan los primeros resultados de un estudio en curso de caracterización taxonómica y funcional de las especies segetales capaces de incorporar sus semillas a la cosecha en Andalucía Occidental.

El objetivo de este trabajo ha sido conocer la diversidad de malas hierbas presente en el grano de cereal cosechado en la campiña más occidental de Andalucía, en el contexto de manejo convencional del cultivo, en rotación con girasol.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sistema a estudio

Se dispuso de muestras de 1 kg de la cosecha de cereal del año 2013 procedentes de 200 parcelas (en adelante campos), 92 de ellas de trigo duro, 63 de trigo blando y 45 de triticale, facilitadas por la cooperativa Campo de Tejada, de Escacena del Campo, provincia de Huelva. Los campos corresponden a 26 términos municipales distribuidos en todo el ámbito geográfico de la cooperativa, que comprende la campiña cerealista onubense, la región occidental de Sevilla y el noroeste de Cádiz (Figura 1). En todos los casos, como es común en el territorio, el cereal se integra en una rotación bienal con girasol. Los campos se manejaron bajo laboreo, con siembra del cereal en diciembre. El abonado se realizó previamente a la siembra y en cobertera a finales de enero o febrero. Entre mediados de febrero y finales de marzo se aplicaron tratamientos herbicidas contra malas hierbas dicotiledóneas (sulfonilureas y MCPA). La cosecha se realizó entre finales de mayo y mediados de julio, obteniéndose un rendimiento medio (± desviación estándar) de 3585±196 $kg.ha^{-1}$.

Muestreo de la cosecha

Se analizaron submuestras de 200 g (en adelante muestras). Para facilitar la separación de las semillas cada muestra se separó en tres fracciones de tamaño por medio de un tamizador mecánico. Se identificaron las semillas de malas hierbas presentes en cada fracción con la ayuda de material de herbario, colecciones de semillas y descripciones en floras. En la nomenclatura de la especies se siguió a Castroviejo et al. (1986-2015) y, en lo no tratado aquí, a Valdés et al. (1987). La abundancia de cada especie se evaluó en órdenes de magnitud, usando una escala logarítmica de 5 puntos (*1*, 1 semilla; *2*, 2-10; *3*, 11-100; *4*, 101-1000; *5*, 1001-10000).

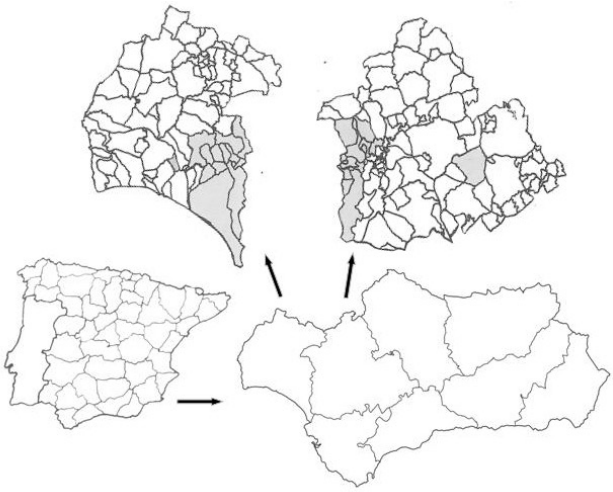

Figura 1. Ámbito geográfico del estudio. En fondo gris se destacan los términos municipales de las provincias de Huelva y Sevilla que incluyen los campos muestreados. El estudio incluye también dos campos situados en Prado del Rey, al norte de la provincia de Cádiz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el conjunto de las muestras se identificaron semillas de 91 especies de malas hierbas. Doce especies adicionales no han podido ser aún identificadas. Las semillas de estas especies aparecieron con muy baja frecuencia, generalmente en una única muestra, y con baja abundancia (1-5 semillas). La riqueza en especies de las muestras fluctuó entre 0, en sólo tres casos, y 32, siendo el rango más frecuente (41%) de 6-10 especies (Figura 2).

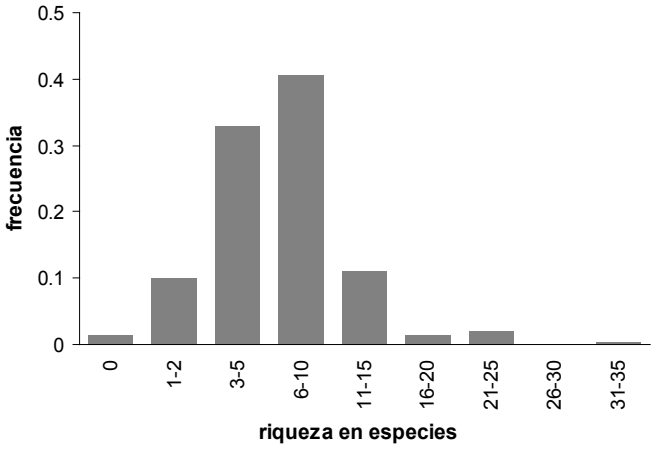

Figura 2. Distribución de frecuencias de la riqueza en especies de malas hierbas en las muestras de cosecha de cereal analizadas.

La Tabla 1 muestra la relación de especies presentes en al menos el 5% de las muestras. Las especies más frecuentes fueron *Lolium rigidum* (74% de las muestras) y *Phalaris paradoxa* (66%). Junto con ellas, *Phalaris minor* y *Polygonum aviculare/P. bellardii* estuvieron representadas en más del 50% de las muestras. Otras especies con frecuencia superior al 15% fueron, por este orden, *Convolvulus arvensis*, *Chrysanthemum coronarium*, *Phalaris brachystachys*, *Pulicaria paludosa*, *Centaurea diluta*, *Chenopodium album* y *Chrysanthemum segetum* (Tabla 1). En comparación con estudios previos referidos al conjunto del área cerealista española (Kuc et al., 2003), se observó una frecuencia similar de las especies dominantes *L. rigidum y P. aviculare* y una frecuencia muy superior de *Phalaris* spp. En sentido contrario, la frecuencia de especies segetales especialistas como *Galium tricornutum*, *Sinapis arvensis*, *Papaver rhoeas*, *Ranunculus arvensis*, *Vaccaria hispanica* y *Agrostemma githago* resultó muy inferior, llegando a ser nula para esta última especie. Un caso similar se constató para *Cullen americanum* (L.) Rydb., una leguminosa cuyas semillas fueron otrora tan frecuentes y abundantes en la cosecha de cereal de la Baja Andalucía que llegaban a conferir un sabor característico al pan elaborado en el territorio (Castroviejo et al., 1986-2015). En nuestro estudio, esta especie apareció representada en una única muestra. La inclusión desde hace décadas del cultivo de cereal en rotación con girasol, de ciclo contrastante, junto con la intensificación de las prácticas agrícolas y la depuración prácticamente total de impurezas en el grano de siembra pueden ser factores determinantes que explican la disminución en la frecuencia de presencia de estas especies segetales, como se ha constatado en diferentes territorios (Robinson & Sutherland, 2002). La presencia dominante de semillas de *Lolium rigidum* en el grano cosechado se ha evidenciado también en el cinturón cerealista australiano, donde esta especie está introducida y es mala hierba principal de los cereales (Michael et al., 2010).

Las especies más frecuentes tendieron a ser las más abundantes (Tabla 1). Sólo cuatro especies registraron casos de abundancia superior a 1000 semillas por muestra, *L. rigidum*, *Ph. paradoxa*, *P. paludosa* y *Ridolfia segetum*.

Al disponerse de los datos de cosecha obtenida en cada campo, el rango de abundancia de cada especie en las muestras representa también el rango de las tasas de exportación de semillas vía cosecha en el conjunto de campos estudiados. Para ello, basta tener en cuenta que, en función del rendimiento en grano, los 200 g analizados por muestra se produjeron en una superficie comprendida entre 0,44 y 0,67 m^2 (media ± sd, 0,56 ± 0,03). Con objeto de poner en evidencia una posible relevancia demográfica de la exportación de semillas vía cosecha en especies concretas, se compararon las tasas de exportación de semillas de las especies dominantes *Lolium rigidum* y *Phalaris* spp. con el banco de semillas germinable de estas especies a finales de verano, obtenido en un estudio previo realizado en ocho campos dentro del ámbito geográfico del presente estudio (J.L. González-Andújar, E. Hernández-Plaza, Y. Pallavicini, F. Bastida, datos no publicados). El rango encontrado en las densidades del banco, expresado por 0,44 o por 0,67 m^2, fue de 5-8 a 4781-7171 semillas para *L. rigidum* (rango en las tasas de exportación, 1 a 1001-10000, Tabla 1), de 16-23 a 243-365 semillas para *Ph. paradoxa* (rango exportación, 1 a 101-1000), de 5-8 a 186-279 para *Ph. minor* (rango exportación, 1 a 101-1000), y de 10-16 a 216-323 para *Ph. brachystachys* (rango exportación, 1 a 11-100). Estos datos sugieren que la exportación de semillas vía cosecha puede generar un impacto demográfico significativo en estas especies particularmente frecuentes en la cosecha.

CONCLUSIONES

El grano cosechado en el territorio estudiado muestra una considerable diversidad de semillas de malas hierbas acompañantes, con al menos 91 especies presentes en el año de estudio.

Un total de 29 especies de malas hierbas alcanzó una frecuencia de presencia de al menos el 5%. *Lolium rigidum* fue la especie más frecuente y abundante en la cosecha. Las especies arvenses del género *Phalaris* registraron asimismo una elevada frecuencia de presencia. Por el contrario, diferentes especies segetales especialistas estuvieron menos representadas que en el conjunto del área cerealista española.

En el caso de *Lolium rigidum* y *Phalaris* spp. las tasas de exportación de semillas con la cosecha parecen ser de magnitud comparable a la del banco de semillas germinable a finales de verano, por lo que la cosecha supone un evento significativo en la demografía de sus poblaciones en los cultivos de cereal.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Antonio Tomás, director técnico de la Cooperativa Campo de Tejada, por las continuas facilidades ofrecidas para la realización de este estudio, y a Juan Peña, técnico de laboratorio del Departamento de Ciencias Agroforestales de la Universidad de Huelva por su efectivo esfuerzo en el rápido control de una plaga de coleópteros que afectó al grano.

Tabla 1. Especies de malas hierbas cuyas semillas aparecieron representadas en al menos el 5% de las muestras de cosecha analizadas. Se indica la frecuencia de presencia y la distribución de frecuencias de las muestras con presencia según clases de abundancia.

	frecuencia de presencia	frecuencia de muestras por clases de abundancia de semillas			
		1-10	11-100	101-1000	1001-10000
***Lolium rigidum* Gaudin**	0,74	0,50	0,39	0,10	0,02
***Phalaris paradoxa* L.**	0,66	0,53	0,36	0,08	0,02
***Phalaris minor* Retz.**	0,51	0,68	0,29	0,03	
***Polygonum aviculare* L./*P. bellardii* All.**	0,51	0,69	0,26	0,05	
***Convolvulus arvensis* L.**	0,47	0,96	0,04		
***Chrysanthemum coronarium* L.**	0,39	0,78	0,18	0,04	
***Phalaris brachystachys* Link**	0,32	0,90	0,10		
***Pulicaria paludosa* Link**	0,22	0,84	0,14		0,02
***Centaurea diluta* Aiton**	0,21	0,98	0,02		
***Chenopodium album* L.**	0,19	0,89	0,11		
***Chrysanthemum segetum* L.**	0,16	0,84	0,10	0,06	
***Lavatera cretica* L.**	0,14	1,00			
***Picris echioides* L.**	0,13	0,80	0,16	0,04	
***Ridolfia segetum* Moris**	0,13	0,60	0,28	0,08	0,04
***Galium tricornutum* Dandy**	0,12	0,83	0,17		
***Sinapis arvensis* L.**	0,10	0,89	0,11		
***Anagallis arvensis* L.**	0,09	0,83	0,17		
***Silene gallica* L.**	0,09	0,78	0,17	0,06	
***Melilotus indicus* (L.) All.**	0,09	0,76	0,18	0,06	
***Piptatherum miliaceum* (L.) Cosson**	0,08	0,88	0,13		
***Plantago afra* L.**	0,08	0,88	0,06	0,06	
***Papaver rhoeas* L.**	0,08	1,00			
***Chamaemelum mixtum* (L.) All.**	0,08	0,81	0,19		
***Silybum marianum* (L.) Gaertner**	0,07	0,92	0,08		
***Malva parviflora* L.**	0,06	0,83	0,17		
***Bromus madritensis* L.**	0,06	1,00			
***Rumex pulcher* L.**	0,05	0,80	0,20		
***Galium parisiense* L.**	0,05	0,89	0,11		
***Vaccaria hispanica* (Miller) Rauscher.**	0,05	1,00			

BIBLIOGRAFÍA

CASTROVIEJO S, AEDO C, CIRUJANO S et al. (eds.) (1986-2015) *Flora Ibérica*. Real Jardín Botánico (CSIC), Madrid, España.

KUC A, CONESA JA & RECASENS J (2003) Identificación de semillas de malas hierbas en granos de trigo tras la cosecha. En: *Actas 2003 IX Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (4-6 noviembre, Barcelona, España). 123-127.

MICHAEL PJ, OWEN MJ & POWLES SB (2010) Herbicide-resistant weed seeds contaminate grain sown in the Western Australian grainbelt. *Weed Science* 58, 466-472.

ROBINSON AR & SUTHERLAND WJ (2002) Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39, 157-176.

VALDÉS B, TALAVERA S & FERNÁNDEZ-GALIANO E (eds.) (1987) *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. 3 vols. Ketres, Barcelona, España.

DIFERENCIAS GERMINATIVAS ENTRE SEMILLAS DE FRUTOS APICALES Y BASALES DE *CAMELINA MICROCARPA* ANDRZ. EX DC. PRODUCIDAS EN DOS CLIMAS DIFERENTES

Edo-Tena E.[1], Gesch R.W.[2], Royo-Esnal A.[1*]

[1]*Malherbología y Ecología Vegetal, Dpto. HBJ, Agrotecnio, Universitat de Lleida, Avda. Rovira-Roure 191, 25198 Lleida.*
[2]*USDA-ARS Soil Research Laboratory, 803 Iowa Avenue, Morris, MN, 56267, USA.*
**aritz.royo@udl.cat*

Resumen: En el presente trabajo se han estudiado las diferencias de germinación entre semillas de una población de *Camelina microcarpa* Andrz. ex DC. producidas en los frutos apicales y basales de las mismas infrutescencias, y producidas en dos condiciones climáticas diferentes (Lleida y Minnesota). Las semillas apicales germinaron más y antes que las basales, principalmente cuando fueron producidas en Lleida, mientras que estas diferencias se difuminaron en las semillas procedentes de Minnesota; estas últimas semillas también germinaron en mayor medida que las de Lleida. A pesar de las diferencias, los ritmos de germinación fueron similares en casi todos los casos. Los resultados ponen de manifiesto la importancia del lugar de producción de las semillas de cara a su posible comercialización como cultivo oleaginoso.

Palabras clave: Cultivos industriales, germinación, tipo de semillas.

Summary: ***Germination differences between seeds from apical and basal fruits of Camelina microcarpa Andrz. ex DC. produced in two different climates***. Germination characteristics of seeds collected from apical and basal fruits of the infrutescences, and produced in two different climatic conditions (Lleida and Minnesota) were studied. Apical seeds germinated more and earlier than basal seeds, mainly when they were produced in Lleida, while these differences blur between seeds produced in Minnesota, which germinated in a greater amount than those of Lleida. Despite these differences, germination rates were similar in all cases. The results show the importance of the seed production site if these species was considered as a potential commercial oilseed crop.

Keywords: Germination, oilseed crop, seed type.

INTRODUCCIÓN

La ubicación de los frutos en la infrutescencia pueden determinar las características germinativas de las semillas (Baskin & Baskin, 1998). Entre las crucíferas, para *Thlaspi arvense*, esta ubicación ha demostrado tener importancia en el contenido oleaginoso de las semillas (Matthies, 1990), que a su vez se ha demostrado que afecta a la germinación y la emergencia en *Arabidopsis thaliana* (Cernac et al., 2006). En este estudio hemos elegido *Camelina microcarpa* como referente dada su proximidad a la ya cultivada *C. sativa* y a su carácter de mala hierba en recesión (Cirujeda et al., 2011).

Por otro lado, el efecto materno, es decir, las condiciones de crecimiento de la planta madre y, por tanto, las de la producción de las semillas, también afecta significativamente a las características de dormición y germinativas de las semillas (Baskin & Baskin, 1998).

Los objetivos de este trabajo son los de estudiar las posibles diferencias de germinación de semillas procedentes de frutos apicales y basales de las infrutescencias, de plantas que han crecido en dos condiciones climatológicas diferentes (Lleida y Minnesota).

MATERIAL Y MÉTODOS

Semillas recogidas en una población de Fuentes Calientes (Teruel) en julio de 2012 fueron sembradas en otoño en Almenar (Lleida) y Morris (Minnesota, USA). Las plantas crecieron en las condiciones climáticas propias de cada lugar. En junio y julio de 2013 respectivamente en Almenar y en Morris, se recolectaron selectivamente los frutos apicales y basales, considerando apicales los 5-7 frutos apicales de cada infrutescencia, y basales los 5-7 frutos basales. Las semillas se conservaron en bolsas de papel, a temperatura ambiente, hasta que se pusieron a germinar en cámaras de germinación en dos tandas, una en septiembre, a temperaturas constantes de 5, 11 y 17ºC, y otra en octubre, a 8, 14 y 20ºC. El experimento se repitió en diciembre de 2013 (primera tanda) y enero de 2014 (segunda tanda). En cada caso se colocaron 25 semillas de cada especie por placa de Petri, con cuatro repeticiones. Durante 21 días se contó el número de germinaciones en cada placa, considerando semilla germinada aquélla que presentó una radícula de al menos 3 mm longitud.

Al final del ensayo se compararon los porcentajes de germinación (*%G*) ocurridos entre las diferentes temperaturas para cada origen y tipo de semilla de *C. microcarpa*. Las comparaciones se realizaron usando una ANOVA de dos factores (tipo de semillas y temperatura) para cada origen de semilla, y posterior análisis de mínima diferencia significativa (LSD) si hubiera diferencias significativas para el factor temperatura. Las diferencias entre los orígenes de semillas se analizaron mediante una prueba t para muestras pareadas.

El conteo diario del número de germinaciones permitió calcular el ritmo de germinación, ajustando la germinación acumulada a una curva sigmoidal de Boltzmann (Ecuación 1):

Ecuación 1: $$y = a/(1 + e^{2*ln9*(E_{50}-GDD)/b})$$

En la que GDD son los grados día acumulados, *a* es la asíntota (máximo número de germinaciones), *b* es el ritmo de germinación del 10 al 90% en GDD, E_{50} son los GDD necesarios para alcanzar el 50% de germinación. La comparación del ritmo de germinación entre origen y tipo de semilla se realizó solamente en las que se incubaron a 8ºC por ser éstas las que, en general, obtuvieron un mayor porcentaje de germinación.

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico JMPro11 (SAS Campus Drive, Cary, NC, 27513).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Camelina microcarpa proveniente de Almenar presentó mayor *%G* en semillas apicales incubadas a temperaturas bajas (5, 8 y 11ºC), siendo las diferencias significativas con respecto a las semillas basales a estas mismas temperaturas (Figura 1). En cuanto a las semillas provenientes de Morris, el *%G* fue mayor en las semillas apicales y a temperaturas más bajas, aunque en este caso las diferencias fueron significativas sólo a 8 y a 17ºC; el menor *%G* se dio a 20ºC. Por otro lado, las semillas producidas en Morris germinaron significativamente en mayor porcentaje que las semillas producidas en Almenar (Figura 1).

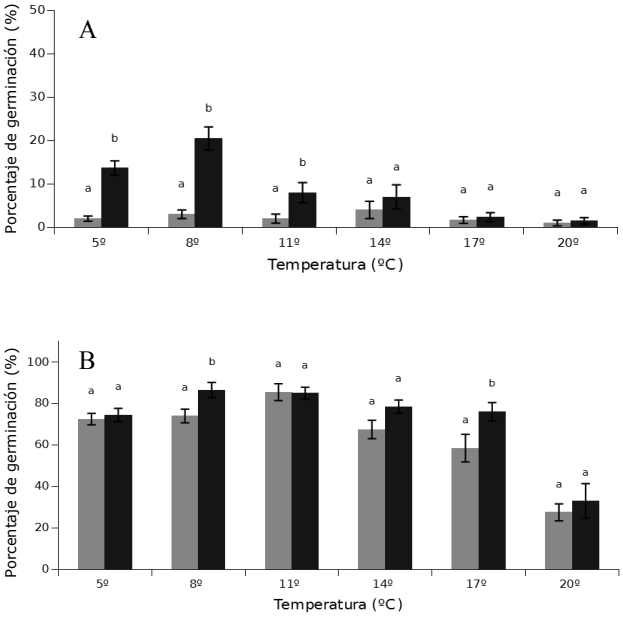

Figura 1. Porcentajes de germinación (%G) ocurridos en las semillas apicales (color negro) y basales (color gris), después de 21 días a cada una de las temperaturas seleccionadas (5, 8, 11, 14, 17 y 20ºC). A, semillas procedentes de Almenar; B, semillas procedentes de Morris. Las diferentes letras señalan probabilidades de P<0,05 entre semillas apicales y basales para una misma temperatura.

Tabla 1. Parámetros estimados de la función de Boltzmann para los diferentes orígenes (Almenar o Morris) y tipos de semillas (apical o basal). Se presentan valores medios ± error estándar (n=84). Las diferentes letras señalan probabilidades de P<0,05. Las letras en minúscula hacen referencia a la comparación entre localidad de origen y las letras en mayúscula entre tipos de semillas.

Origen	Tipo	Max nº germ. parámetro *a*	Ritmo de germ. parámetro *b*	GDD 50% germ. parámetro E_{50}
Almenar	Apical	4,284 ± 0,223 b	41,159 ± 12,550 a	80,380 ± 1,273 a
Almenar	Basal	-	-	-
Morris	Apical (Rep 1)	22,920 ± 0,287 aA	17,257 ± 2,570 ab A	34,967 ± 0,695 c C
Morris	Apical (Rep 2)	20,166 ± 0,180 aA	14,526 ± 1,648 b A	54,192 ± 0,419 b B
Morris	Basal (Rep 1)	18,456 ± 0,329 B	14,127 ± 3,057 A	35,920 ± 0,930 C
Morris	Basal (Rep 2)	17,984 ± 0,188 B	20,341 ± 2,177 A	57,593 ± 0,563 A

Las semillas apicales de Almenar no presentaron diferencias entre repeticiones, por lo que se juntaron ambas para el posterior análisis. Sin

embargo, las basales no germinaron en cantidad suficiente como para aplicar un modelo de germinación, por lo que no se pudieron comparar los ritmos de germinación entre semillas apicales y basales en esta localidad. En las semillas provenientes de Morris, por el contrario, la función de las ecuaciones difirió de la primera a la segunda repetición, por lo que se optó por separarlas y comparar los modelos para los tipos de semilla en cada una de ellas. En esta localidad, la comparación de curvas mostró que, en general, las diferencias entre las semillas apicales y basales radican en el parámetro *a*, que equivale al número total de emergencias, pero el ritmo de germinación (parámetro *b*) es constante, mientras que la E_{50} varía entre tipos de semilla sólo en la segunda repetición y entre las semillas apicales de la primera a la segunda repetición. Ello implica que de las muestras de Morris, las semillas apicales germinaron significativamente más que las basales, y que tardaron menos en germinar las de la primera repetición (tanto en apicales como en basales), pero estas diferencias no afectaron a la velocidad a la que germinaron (ritmo de germinación).

El mayor porcentaje de germinación en temperaturas bajas responde a su carácter de especie arvense anual de invierno, típico de cultivos de secano. Curiosamente, los porcentajes de germinación de esta especie son mayores si las semillas fueron producidas en los Estados Unidos, aun siendo originarias de Teruel. El grado de dormición puede variar dentro de una misma especie de una población a otra (Baskin & Baskin, 1998). En nuestro caso, se trata de la misma población de Teruel, cuyas semillas se sembraron simultáneamente en Lleida y Morris, por lo que las condiciones de crecimiento de la campaña 2012-13 fueron las únicas en afectar el grado de dormición de las semillas. Algunos autores destacan que las semillas formadas en lugares con mayor número de horas de luz suelen germinar mejor que las producidas en aquellos lugares donde los días son más cortos (varios autores en Baskin & Baskin, 1998). Esto podría haber ocurrido con las semillas producidas en Minnesota, puesto que en mayo-junio, cuando fueron formadas y maduraron, los días son más largos que en Lleida. Estas diferencias ponen de manifiesto, no sólo la importancia de la posición de las semillas en la planta, sino la del clima en la que fueron producidas, aspectos que se deberán tener en cuenta tanto para la selección de semillas como para su cultivo en caso de considerar esta especie como cultivo industrial.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Beca SEMh concedida a Eva Edo-Tena en 2013, así como por el proyecto AGL2010-22084-C02-01 Plan Nacional I+D+I (MICIIN) del Ministerio de Ciencia e Innovación.

BIBLIOGRAFÍA

BASKIN CC & BASKIN JM (1998) Seeds. Academic Press, San Diego, California. 666 pp.

CERNAC A, ANDRE C, HOFFMANN-BENNING S & BENNING C (2006) WRI1 is required for seed germination and seedling establishment. *Plant Physiology* 141, 745-757.

CIRUJEDA A, AIBAR J & ZARAGOZA C (2011) Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agronomy for Sustainable Development* 31, 675-688.

MATTHIES D (1990) Plasticity of reproductive components at different stages of development in the annual plant *Thlaspi arvense* L. *Oecologia* 83, 105-116.

EFECTO DE UN ENRAIZANTE COMERCIAL SOBRE LA CESPITOSA *LOLIUM PERENNE* Y LA MALA HIERBA *POA ANNUA*

Gómez-De-Barreda D.*, Bolumar J., Rallo E., De-Luca V.

Departamento de Producción Vegetal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.

**diegode@btc.upv.es*

Resumen: Se pretende comprobar si la aplicación de un enraizante durante la resiembra otoñal de la cespitosa *Lolium perenne* sobre las calles de los campos de golf conformados por *Cynodon dactylon*, favoreciese la competencia de *L. perenne* frente a *Poa annua*, mala hierba que germina precisamente en esta época. Se realizaron 2 ensayos iguales en cámara de crecimiento aplicando 10 dosis distintas del enraizante en ambas especies y se determinó al final del ensayo, tanto el crecimiento como el peso seco de la parte aérea y radical de ambas especies. Tan sólo en uno de los 2 ensayos el enraizante parece favorecer a la cespitosa frente a *P. annua* por lo que no puede concluirse categóricamente que el enraizante pueda ser un medio de control efectivo frente a la mala hierba.

Palabras clave: Céspedes, campos de golf, resiembra otoñal, aminoácidos.

Summary: ***Effect of a commercial root growth enhancer on the turfgrass species Lolium perenne and the weed Poa annua.*** It is intended to check the performance of a root growth enhancer in order to promote *Lolium perenne* competiveness over *Poa annua*, during the overseeding cultural practice on *Cynodon dactylon* golf course fairway, as *P. annua* naturally germinates at the same time. Two equal laboratory experiments were conducted testing 10 doses of the root enhancer in both species. At the end of the experiments seedling growth and root and leaf dry weight were determined for both species. The tested product only promotes *L. perenne* competiveness in one experiment, therefore it cannot be concluded the root enhancer could be an effective weed control method.

Keywords: Amino acids, golf course, overseeding, turfgrass.

INTRODUCCIÓN

En el cultivo del césped, las malas hierbas compiten con las especies cespitosas de igual forma que en el resto de cultivos. Sin embargo, no producen una disminución en el rendimiento del cultivo pues del césped no se cosecha parte alguna. En cambio, reducen el aspecto del mismo y en algunas ocasiones afecta al juego de algunos deportes como el golf y el fútbol pues pueden influir en la rodadura de la bola. El control de las malas hierbas en céspedes es complicado, sobre todo por su carácter perenne, necesitándose de forma obligada la selectividad de los herbicidas. Sin embargo, en el manejo del césped, una de sus operaciones más habituales, la siega, actúa como herbicida (Busey, 2003), evitando el desarrollo de las malas hierbas, mientras que las especies cespitosas resisten en mayor o menor medida las siegas continuas y a baja altura. Ahora bien, hay malas hierbas adaptadas al manejo del césped: siegas continuas y a baja altura, riegos frecuentes y ligeros, en ocasiones altos niveles de fertilización, aireación del suelo, resiembras, pisoteo continuo, etc… Podría decirse que la mala hierba mejor adaptada al manejo del césped es *Poa annua* (Lush, 1989), especie anual, de germinación otoñal, capaz de desarrollarse, florecer y semillar por debajo incluso de la altura de siega de un *green* de campo de golf (3 mm) conformado por la cespitosa *Agrostis stolonifera*. Es precisamente en este tipo de superficie cespitosa donde *P. annua* compite mejor e influye en el juego del golf al afectar a la rodadura de la bola y dejar, además, espacios libres de vegetación cuando llegan los calores estivales que son aprovechados por otras malas hierbas. Una de las medidas más importantes para evitar la invasión de *P. annua* en el césped es simplemente evitando la emergencia de la misma. Esta especie tiene su pico de germinación cuando la temperatura del suelo desciende a finales del verano hasta los 20ºC (Vargas & Turgeon, 2004) por lo que cualquier acción que se realice en el césped a finales de septiembre-principios de octubre que favorezca la germinación de semillas, favorecerá la implantación de *P. annua*. Precisamente, en gran parte de las calles de los campos de golf del área mediterránea la especie cultivada es *Cynodon dactylon* y debido a que esta especie entra en latencia al inicio del otoño se resiembran las calles con otra cespitosa, *Lolium perenne* que dará color verde a la calle pues *C. dactylon* al entrar en latencia pierde el color verde. Esta resiembra otoñal se realiza justo en la mismas fechas en la que *P. annua* empieza a germinar y aunque *L. perenne* es una especie muy vigorosa, no conviene dar ventajas a *P. annua*. Es pues la competencia entre el césped ya establecido que va a entrar en letargo (*C. dactylon*), junto con el césped a sembrar (*L. perenne*) y la mala hierba *P. annua* que emergerá en esas fechas lo que determinará la estética y funcionalidad de ese césped en los siguientes meses. Cualquier manejo del césped que ayude a que *L. perenne* sea más competitivo frente a

P. annua evitará la implantación de la mala hierba. Una posibilidad de ayuda a la implantación de *L. perenne* y así incrementar la competencia de la cespitosa frente a la mala hierba es el uso de enraizantes, que aplicados en estado de plántula aceleren el desarrollo del césped. En la última edición del ECOVAD (De Liñán, 2015) tan sólo figura un producto comercial denominado "mejorador del enraizamiento", a base de aminoácidos libres (6%) y polisacáridos, sin embargo aparecen muchos compuestos también a base de aminoácidos, reforzados con macro y micronutrientes además de otros compuestos que muchas veces entre sus características indican el ser enraizantes. Es pues el objetivo de este trabajo evaluar un enraizante comercial a base de aminoácidos para favorecer la competencia de la cespitosa *L. perenne* cuando se usa en resiembra otoñal frente a la mala hierba *P. annua*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 2 ensayos de laboratorio iguales en julio (ensayo 1) y en octubre (ensayo 2) de 2014 en los que se cultivaron la cespitosa *Lolium perenne* cv ´Pizzazz´ y la mala hierba *Poa annua* por separado y en recipientes plásticos opacos de 100 mL de capacidad. El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 repeticiones y un factor a ensayar, la dosis del enraizante denominado RIZOSAN ECO. El enraizante presenta la siguiente composición (% p/p): polisacáridos (2,5%), aminoácidos libres (8,0%), nitrógeno procedente de los aminoácidos (6,0%); hierro (0,4%) y cinc (0,4%). Las dosis que se ensayaron fueron: 100, 50, 25, 12, 6, 3, 1,5, 0,75, 0,38 y 0 mL/m^2, sin haber una dosis recomendada por el fabricante para céspedes. El rango de dosis ensayado se eligió por ensayos previos realizados en *L. perenne*.

Se rellenan los recipientes con un sustrato mezcla de arena de sílice de 0,6 mm con turba rubia en proporción 90/10. Se siembran 25 semillas de *P. annua* por recipiente y a los 2 días se hace lo mismo con *L. perenne* para así sincronizar la emergencia pues *L. perenne* es más vigorosa. Tras añadir sobre las semillas 1 cm más de sustrato, se riegan los recipientes con 10 mL de agua y se depositan los 80 recipientes en una cámara de ambiente controlado con el siguiente régimen de temperatura y fotoperiodo: 12 h con luz a 25 ºC y 12 h a oscuridad a 15 ºC. A los 7 días después de la siembra se realiza un conteo de plántulas para determinar la tasa de emergencia. Aproximadamente a las 2 semanas de la siembra y con ambas especies en estado fenológico BBCH 10-11 (Hack et al., 1992), se aplica el enraizante a las dosis antes citadas y en ese momento se realiza una medición de la altura de todas las plántulas emergidas. Los recipientes, a partir de este momento, se van regando por igual, 1 a 2 veces por semana con un volumen de agua en el rango 5-15 mL. Además, se realiza una fertilización con urea a

las 2 semanas de la aplicación del enraizante pues según el fabricante hay un efecto sinérgico. Al mes de la aplicación del enraizante finaliza el ensayo, determinándose de nuevo la altura de todas las plántulas, separando la parte aérea de la parte radicular de las plántulas y obteniéndose su peso seco tras permanecer en estufa a 110ºC durante al menos 24 h.

Para comparar medias se efectuaron análisis de la varianza para un nivel de significancia de los valores medios del 5% según el test LSD y mediante el programa informático Statgraphics 5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tasa de emergencia de las plántulas de ambas especies y ensayos fue correcta y homogénea en todos los vasos por lo que se consideró un buen material de partida teniendo además un aspecto sano.

Un buen producto enraizante debiera fomentar el sistema radical de la planta y como consecuencia el crecimiento y desarrollo de la parte aérea de la misma debiera ser afectado de igual manera. Como se observa en la Figura 1 (Gráfica A), no existe una buena correlación entre la dosis del enraizante y el crecimiento. En el ensayo 1, tan sólo hay un ligero aumento del crecimiento con respecto al control sin tratar en *L. perenne* cuando se aplican dosis muy elevadas del producto (50 y 100 mL/m^2) ocurriendo lo mismo en la mala hierba *P. annua*, aunque incluso el crecimiento de esta última se ve favorecido por la dosis 12 mL/ha. Esta última observación podría sugerir que el enraizante hace más efecto sobre especies menos vigorosas, *L. perenne* lo es mucho y el efecto añadido del enraizante no le afecta tanto. Sin embargo, en el segundo ensayo (Figura 1, Gráfica B), sí que se observa un mayor efecto dosis en la cespitosa *L. perenne*, que a partir de 3 mL/m^2 crece más que el control. Lo interesante en este segundo ensayo es que la mala hierba (*P. annua*) se comporta de forma parecida al primer ensayo, necesita dosis muy elevadas (50 y 100 mL/m^2) para incrementar el crecimiento con respecto al control, es decir, aplicaciones en el rango 3-25 ml/m^2 podrían ayudar a *L. perenne* a competir frente a *P. annua*, siendo estas dosis asumibles en cuanto a coste.

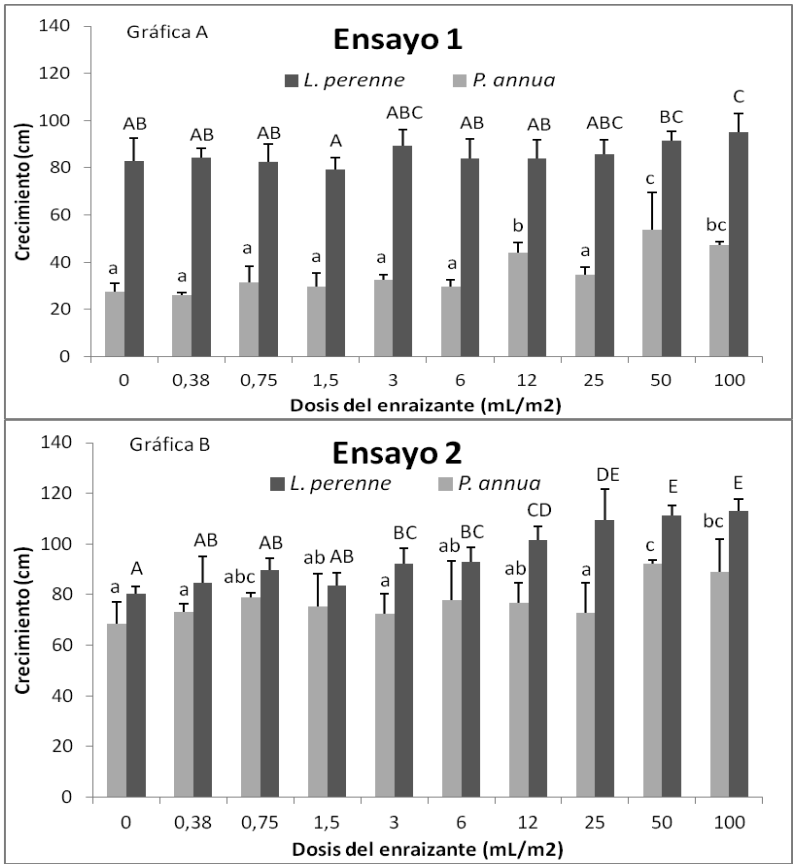

Figura 1. Crecimiento de las especies *Lolium perenne* y *Poa annua* según la dosis utilizada del enraizante. Para cada serie de datos (*L. perenne* o *P. annua*) letras distintas indican que hay diferencia estadística para P<0,05.

En la Figura 2 (Gráficas A y B correspondientes al ensayo 1), se observa como, en el caso de *L. perenne* vuelven a ser las dosis más elevadas las que causan diferencias positivas en el crecimiento, sobre todo en parte aérea. En cambio, la mala hierba parece beneficiarse del enraizante a dosis más bajas que en el caso de *L. perenne*, formando más masa vegetal (raíz y aérea) que el control, lo que es consecuente con lo observado en la Figura 1 con el crecimiento, pero nada deseable. En la Figura 2 (Gráficas C y D), al repetir el ensayo, vuelven a observarse efectos del enraizante, pero siempre a dosis elevadas y no se detecta el efecto positivo del rango de dosis 3-25 mL/m^2 que se observaba al evaluar el crecimiento (Figura 1, Gráfica B).

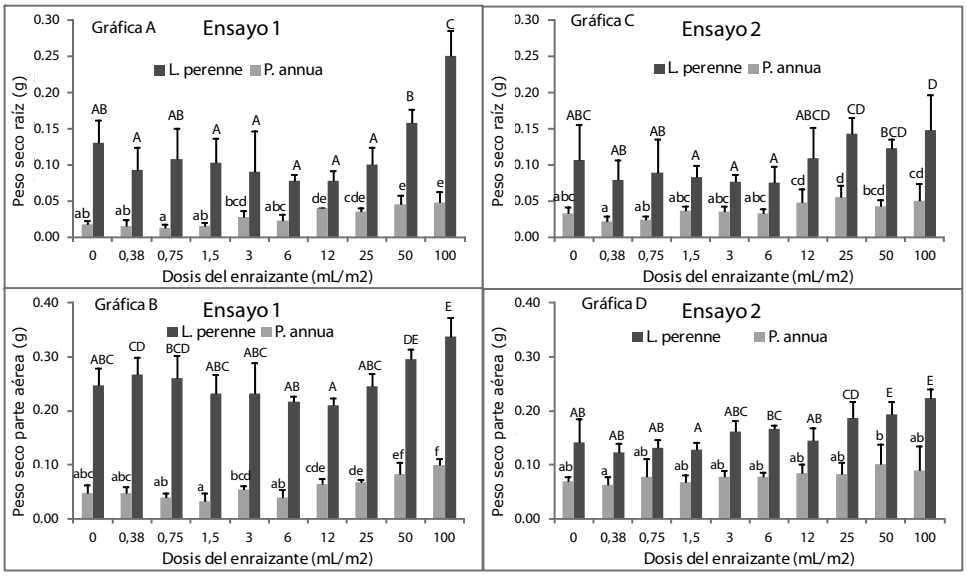

Figura 2. Peso seco de la raíz y parte aérea de las especies *Lolium perenne* y *Poa annua* según la dosis utilizada del enraizante. Para cada serie de datos (*L. perenne* o *P. annua*) letras distintas indican que hay diferencia estadística para P<0,05.

CONCLUSIONES

Tan sólo en uno de los 2 ensayos el enraizante parece favorecer a la cespitosa *Lolium perenne* frente a *Poa annua* por lo que no puede concluirse categóricamente que el enraizante pueda ser un medio de control efectivo frente a la mala hierba.

BIBLIOGRAFÍA

BUSEY P (2013) Cultural management of weeds in turfgrass. *Crop Science* 43, 1899-1911.

DE LIÑÁN C (2015) *Ecovad 2015* (ed. Agrotécnicas S.L.). Madrid, España.

HACK H, BLEIHOLDER H, BUHR L, MEIER U, SCHNOCK-FRICKE U, WEBER E & WITZENBERGER A. (1992) Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas (ed. Hermann Bleiholder) Limburgerhof, Alemania.

LUSH WM (1989) Adaptation and differentiation of golf course populations of annual bluegrass (*Poa annua*). *Weed Science* 37, 54-59.

VARGAS JM & TURGEON AJ (2004) *Poa annua* (ed. John Wiley & Sons, Inc.) New Jersey, USA.

EL PAPEL DE LA VEGETACIÓN ESPONTÁNEA EN EL CONTROL INTEGRADO DE LA PUDENTA DEL ARROZ, *EYSARCORIS VENTRALIS*

González-Fernández M.I.*, Serrano-Caballos A., Durán-Álvaro J.M.

Laboratorio de Producción y Sanidad Vegetal de Sevilla, AGAPA, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía, Apdo. 121, 41089 Montequinto (Sevilla), España

**mariai.gonzalez.fernandez@juntadeandalucia.es*

Resumen: *Eysarcoris ventralis* (Hemiptera, Pentatomidae) es la principal plaga del cultivo del arroz en la provincia de Sevilla. Se presenta su dinámica poblacional en la zona y los huéspedes alternativos. *Polypogon monspeliensis* es el huésped fundamental de febrero a julio. El cultivo del arroz sólo se ve atacado por la 5ª y última generación. Ante la ausencia de sustancias activas registradas para su control en Sevilla, se plantea el manejo de la vegetación espontánea huésped como la herramienta más eficaz para reducir las poblaciones y evitar daños al cultivo.

Palabras clave: *Polypogon*, arroz, plagas, *Cyperus*.

Summary: ***The role of weeds in the Integrated Pest Management of the white-spotted stinkbug of rice, Eysarcoris ventralis***. *Eysarcoris ventralis* (Hemiptera, Pentatomidae) is the main rice pest in Seville province. Its seasonal development in the area and alternative hosts are presented. *Polypogon monspeliensis* is the main host from February to July. It is only the fifth and last generation that feeds on rice plants. Due to the absence of registered active substances for its control in Sevilla, it is proposed to manage weed host plants as the most effective tool to reduce populations and avoid damage.

Keywords: *Polypogon*, rice, pests, *Cyperus*.

INTRODUCCIÓN

En Andalucía el arroz se cultiva en unas 40.000 hectáreas, en la práctica totalidad de las cuales se aplica las técnicas de Producción Integrada (Aguilar, 2010). Se distribuyen en dos zonas bien delimitadas: las Marismas del Guadalquivir en la provincia de Sevilla, con más del 90% de dicha superficie, y La Janda en Cádiz (Figura 1). La pudenta del arroz,

Eysarcoris ventralis (Westwood, 1837) (Hemiptera, Pentatomidae) es la principal plaga de este cultivo en la provincia de Sevilla, en tanto que en Cádiz apenas reviste importancia. Está presente en toda España, aunque sus daños se limitan al cultivo del arroz de Extremadura (Arias et al., 1998) y Andalucía, donde sus perjuicios son conocidos desde los años 50 (Batalla, 1971).

E. ventralis ataca al grano durante su formación y sus picaduras de alimentación provocan bien su aborto, el vaciado de éste, la presencia de manchas o la rotura durante su elaboración industrial, con la consiguiente devaluación.

Desde hace cinco años en los arrozales de Sevilla no hay ninguna sustancia activa registrada para su control lo que ha obligado a profundizar en estrategias de control alternativas. El objetivo de este trabajo es conocer su dinámica poblacional en nuestra zona (Sevilla) y el papel que juega a lo largo del año la vegetación espontánea como huésped alternativo al cultivo de arroz. Su manejo es una herramienta muy eficaz para reducir las poblaciones y disminuir los posibles daños.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante cinco campañas (2010-2014) y a lo largo de todo el año, se ha prospectado la zona arrocera de la provincia de Sevilla realizando el seguimiento de la pudenta.

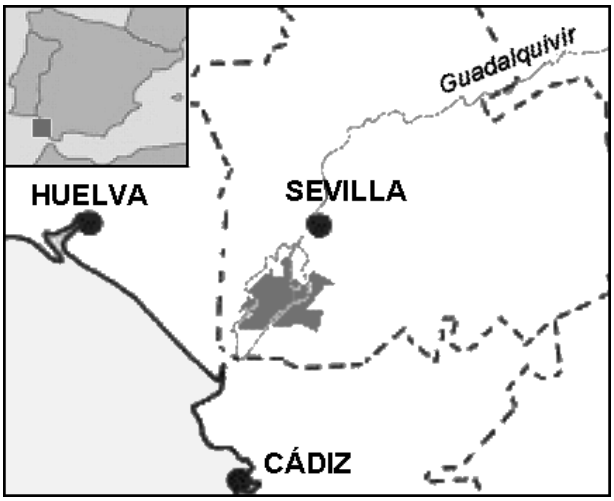

Figura 1. Ubicación de la zona arrocera de Sevilla.

La periodicidad ha variado a lo largo del año en función de la actividad de la plaga, siendo semanal durante la primavera y el verano y cada 15 días el resto del año.

Se han realizado tres tipos de muestreo, empleando manga entomológica de 35 cm de diámetro, mediante la observación visual directa de individuos en plantas y recogiendo inflorescencias de forma aleatoria. Las muestras recogidas se llevaban al laboratorio para su observación bajo lupa binocular.

Estos muestreos se han realizado tanto en las parcelas de arroz como en los márgenes de éstas y en zonas sin cultivar, fundamentalmente de su entorno pero también de comarcas más alejadas. En todos los casos se registraban las especies vegetales existentes y la presencia de los diferentes estados de desarrollo del insecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciclo de vida de *E. ventralis*

La pudenta pasa el invierno refugiada como adulto en diapausa (Ito, 1978). En primavera retoma la actividad, lo que en nuestra zona ha ocurrido entre el 15 de febrero y el 5 de marzo en las cinco campañas estudiadas. Estos adultos acuden a las parcelas, en general escasas, en las que el manejo invernal ha permitido la presencia de una gran masa de rabo de gato, *Polypogon monspeliensis*, en estado fenológico cercano a la maduración (Figura 2). Sólo las abandonarán si una intervención (laboreo o herbicida) alterase o destruyera el huésped. En ese caso los adultos se desplazan a la vegetación espontánea de los bordes de parcela, márgenes de cauces naturales y canales de riego,...

Figura 2. Parcela con *P. monspeliensis* a la salida del invierno.

La primera generación se desarrolla por tanto en *P. monspeliensis* alcanzando el estado de ninfas medianas a primeros de abril y apareciendo los nuevos adultos a mediados de ese mismo mes (Figuras 3 y 4).

Figura 3. Estados ninfales de *E. ventralis* en *P. monspeliensis*.

Figura 4. Adulto de *E. ventralis* en *P. monspeliensis*.

Durante mayo, con las labores preparatorias y la inundación de las parcelas, se reduce mucho la presencia de vegetación espontánea huésped en éstas y sus aledaños (canales de riego, desagües, lindes, caminos,...). Los adultos se ven obligados a dispersarse desplazándose a las zonas húmedas estacionales del entorno, en las cuales utilizan tanto *Polypogon monspeliensis* como *Bolboschoenus maritimus* y *B. glaucus* para alimentarse y desarrollar una nueva generación. En función de la pluviometría, el final de este periodo puede dilatarse en el tiempo a lo largo del mes de junio, por lo que en este periodo se desarrolla una o dos generaciones de muy escasa entidad. Dado que estos humedales suelen ser áreas protegidas no es posible intervenir en ellos.

Con el agostamiento de la vegetación en estas zonas se produce un nuevo desplazamiento. Dado que en este periodo la densidad de los huéspedes citados se reduce sustancialmente, los adultos se dispersan y deben recurrir a plantas en las que alimentarse y refugiarse pero en las que no llegan a reproducirse. En estas condiciones los hemos localizado en campos de quinoa, zanahoria,... y en plantas espontáneas pertenecientes a las siguientes familias: Poaceae, Cyperaceae, Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae y Juncaceae (Figura 5).

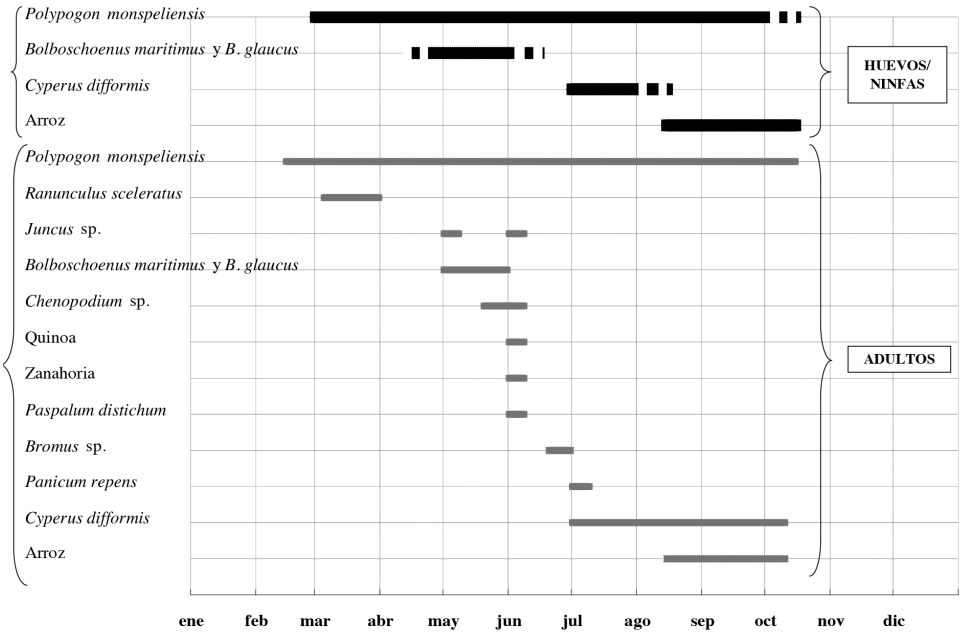

Figura 5. Esquema de la presencia de *E. ventralis* (huevos/ninfas y adultos) en diferentes huéspedes.

Tradicionalmente el sector otorga importancia al junquillo, *Cyperus difformis*, como multiplicador de pudenta. En nuestras observaciones esta mala hierba actúa fundamentalmente como alimento y cobijo y en menos ocasiones la pudenta cría en ella, normalmente cuando se mezcla con rabo de gato en el arroz. En nuestra zona hay poca presencia de otras malas hierbas citadas como importante soporte de alimentación y cría en Extremadura como son *Paspalum paspalodes* (Arias et al., 1999) y *Leptochloa* spp. (Palmerín, J.A. com. pers.).

Hacia mediados de julio, en algunas parcelas de arroz, vuelve a haber *Polypogon monspeliensis* receptivo (grano maduro). Esto puede ocurrir tanto en los márgenes como en el interior de las parcelas (Figura 6). En este último caso se produce una gran atracción de los adultos en contraste con parcelas aledañas sin presencia de la hierba. Estos adultos darán lugar a la cuarta generación.

Los adultos resultantes de esta cuarta generación tenderán a permanecer en la misma parcela si disponen de un huésped apropiado, sea *P. monspeliensis* o las propias plantas de arroz. De no ser así se producirá un nuevo desplazamiento de adultos en busca de otra parcela de arroz ya que una vez iniciada la floración de éste, se convierte en el principal huésped. Sobre él se desarrollará la quinta y última generación, habitualmente en las parcelas de floración más temprana, lo que a menudo se corresponde con variedades de grano redondo.

Figura 6. Parcela con *P. monspeliensis* durante el cultivo.

Tras la recolección del arroz, los adultos de pudenta van desapareciendo de los campos a finales de septiembre y primeros de octubre, lo que viene a coincidir con los datos de las Vegas del Guadiana (Arias et al., 1999). Estos desplazamientos son muy puntuales en el tiempo, concentrándose en determinados días de dicho periodo.

Ante la ausencia de sustancias activas autorizadas para el control de la pudenta en los arrozales de Sevilla y dado que durante la campaña, la mortandad provocada por la climatología o los enemigos naturales es por lo general muy baja, el manejo de su huésped principal, *P. monspeliensis*, se convierte en una herramienta imprescindible para reducir en lo posible los daños en la producción.

Recomendaciones

La primera recomendación es mantener en invierno la parcela libre de vegetación, sea mediante laboreo o por inundación. Si esto no ha ocurrido, es muy importante impedir la culminación de la primera generación, por lo que esta vegetación debe ser destruida a más tardar en los primeros días de abril y en cualquier caso antes de que las ninfas alcancen su tercera edad. Esta medida debe aplicarse igualmente a lindes, bordes de parcela, márgenes de cauces naturales y canales de riego,... teniendo en cuenta un beneficio colectivo para la zona.

El mayor factor de riesgo de un ataque importante al arroz es la presencia de una alta densidad de *Polypogon monspeliensis* en el interior de la parcela a mediados de julio. Si esto ocurre la población de pudenta desarrollará dos generaciones en la parcela y provocará daños elevados. Es muy importante, en cada parcela, mantener tanto el interior como los márgenes libres de *P. monspeliensis*, controlándolo en su caso antes del 15 de julio. En este sentido es fundamental la vigilancia del interior de la parcela para que el crecimiento del arroz no enmascare la presencia de la hierba dificultando así su eliminación, lo que generalmente se realiza por medio de escardas manuales.

El control de *P. monspeliensis* mediante la conjunción de medidas colectivas a la salida del invierno e individuales a nivel de parcela, permiten la reducción de las poblaciones de *Eysarcoris ventralis* a niveles suficientemente bajos como para minimizar los daños al cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la colaboración prestada por un gran número de agricultores y técnicos de API, sin ella estos estudios no se habrían podido realizar. Enumerarlos sería imposible, a todos ellos nuestro más sincero agradecimiento.

Igualmente hemos de agradecer la inestimable labor de nuestro compañero Jesús Mateos Herrera en la determinación de las especies vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR M (2010) *Producción integrada del arroz en el sur de España*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla, España.

ARIAS A, JIMÉNEZ J, RODRÍGUEZ JA et al. (1998) La chinche del arroz, *Eysarcoris ventralis* (West.), *Sin. E. insconspicuus* (H. Sch.), en Extremadura: colonización del arroz y estrategias de protección. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 24, 79-100.

ARIAS A, RODRÍGUEZ JA, PALMERÍN JA et al. (1999) Protección del arroz contra la chinche, *Eysarcoris ventralis* (West.), mediante el tratamiento de malas hierbas huéspedes en las infraestructuras de riego. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 25, 537-555.

BATALLA JA (1971) *La chinche del arroz ("Pudenta" o "Paulilla")*. Federación Sindical de Agricultores Arroceros de España, Valencia, España.

ITO K (1978) Ecology of the stink bugs causing pecky rice. *Review of Plant Protection Research* 11, 62-78.

PAPEL DE LA CODORNIZ EN LA AGROECOLOGÍA DE MALAS HIERBAS (I). CONSUMO DE SEMILLAS

Guerrero L., López-Navarro P., González-Redondo P., Urbano J.M.*

Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km 1, 41013 Sevilla, España.

*urbano@us.es

Resumen: La codorniz (*Coturnix coturnix*) es un ave granívora frecuente en los campos de cultivo de España, que puede tener un papel relevante en la predación y dispersión de semillas de malas hierbas. Se ha realizado un estudio con semillas de 7 especies de malas hierbas (géneros *Chrysanthemum*, *Centaurea*, *Sinapis*, *Lolium*, *Malva*, *Phalaris*, *Rumex*) y 30 individuos de codorniz. Los resultados obtenidos permiten concluir que: a) la codorniz consume semillas de las siete especies estudiadas; b) la codorniz es más voraz consumiendo semillas de *C. cyanus* tanto en peso como en número; c) las codornices hembra son más voraces que los machos; d) no se encontró relación lineal entre el peso del ave y el consumo cuando el análisis se hizo por separado para cada especie de mala hierba y sexo de la codorniz.

Palabras clave: Aves granívoras, control biológico, predación de semillas.

Summary: ***Role of quail in weed agroecology (I). Seed consumption.*** Quail (*Coturnix coturnix*) is a granivorous bird common in farms of Spain, and it may have a relevant role in predation and dispersion of weed seeds. An experiment has been conducted with seeds of 7 weed species (genera *Chrysanthemum*, *Centaurea*, *Sinapis*, *Lolium*, *Malva*, *Phalaris*, *Rumex*) and 30 individuals of quail. Results show that: a) quail eats seeds of the 7 weed species studied; b) quail is more voracious eating *C. cyanus* seeds, both in weight and number of seeds; c) female quails are more voracious than males; d) no lineal relation was detected between bird weight and consumption when analysis was performed separately by weed species and bird sex.

Keywords: Granivorous birds, biological control, seed predation.

INTRODUCCIÓN

En el momento de la cosecha del cultivo, la mayoría de las malas hierbas han completado el proceso de maduración de sus semillas. Estas semillas arvenses ya maduras son susceptibles de ser depredadas por multitud de seres vivos. Las aves juegan un papel importante en estos ecosistemas, pudiendo actuar como predadoras o dispersoras de semillas, interfiriendo de manera directa en la dinámica de los bancos de semillas del suelo (Alonso et al., 2004).

En España, una de las aves típicas que se suele encontrar de manera natural en las zonas de cultivos es la codorniz (*Coturnix coturnix*), la cual es un ave granívora frecuente en la campiña andaluza que ocupa gran variedad de hábitats (Ballesteros, 1998). No se ha encontrado ningún trabajo científico que estudie el papel de esta ave esteparia relacionada con la agroecología de algunas semillas de especies arvenses frecuentes en los cultivos mediterráneos. Sin embargo, la predación de semillas arvenses por parte de la codorniz puede tener relevancia positiva en el sentido de que las semillas consumidas son extraídas del banco de semillas. Pero también puede tener relevancia "negativa" en los casos de que la semilla arvense fuese capaz de sobrevivir al proceso digestivo del ave, porque se trataría de un mecanismo de dispersión secundaria que podría llegar a transportar la semilla a grandes distancias.

El objetivo de esta investigación es conocer si la codorniz (*Coturnix coturnix*) consume semillas de algunas especies de malas hierbas consideradas problemáticas en España. Adicionalmente interesa conocer si el consumo depende de la especie arvense o del sexo y peso del ave.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se emplearon 30 individuos adultos (15 machos y 15 hembras, de aproximadamente unos 4 meses de edad) de la especie *Coturnix coturnix*, conocida como codorniz común. Las aves fueron alojadas individualmente en jaulas fabricadas artesanalmente para este experimento (30×30×30 cm) y cada codorniz fue debidamente identificada.

Se realizaron dos experimentos utilizando en ambos casos un diseño de bloques al azar, con 5 codornices adultas × 7 especies arvenses × 3 repeticiones en el primer ensayo y 15 codornices adultas × 2 especies arvenses × 2 repeticiones para el segundo ensayo. En el primer ensayo las aves fueron alimentadas con semillas de las siguientes arvenses: a) *Chrysanthemum coronarium* L.; b) *Centaurea cyanus* L.; c) *Sinapis alba* L.; d) *Lolium rigidum* Gaudin; e) *Malva sylvestris* L.; f) *Phalaris paradoxa* L. y g) *Rumex sp*. En el segundo ensayo las aves se alimentaron con las

semillas de las especies *C. cyanus* y *L. rigidum.* Los resultados de ambos ensayos se presentan conjuntamente.

Tabla 1. Códigos EPPO de las especies de malas hierbas en estudio.

Especie arvense	Código EPPO
***Chrysanthemum coronarium* L.**	CHYCO
***Centaurea cyanus* L.**	CENCY
***Sinapis alba* L.**	SINAL
***Lolium rigidum* Gaudin**	LOLRI
***Malva sylvestris* L.**	MALSS
***Phalaris paradoxa* L.**	PHAPA
***Rumex sp*.**	RUMCR

En cada ensayo se retiró durante 12 horas el pienso de mantenimiento que estaban consumiendo y se dejó a los animales solo con agua, para favorecer la ingestión de las semillas por parte de las codornices, al mismo tiempo que simular las condiciones de campo. Después se suministró una cantidad conocida de semillas de una sola especie de mala hierba durante 24 horas a cada codorniz (entre 2,5 y 10 g según la especie; Tabla 2). Pasadas estas 24 horas de ingestión de semillas se volvió a aportar pienso *ad libitum* en los comederos y se retiraron las semillas no consumidas. Se midió el peso del ave, el peso de las semillas consumidas y el peso de 100 semillas de cada especie de mala hierba.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico R, versión 3.0.2. (R Core Team, 2013), fundamentalmente con el paquete ggplot2 (Wickham, 2009). Se realizaron análisis de la varianza para las variables: cantidad de semilla ingerida (g) por las codornices y número de semillas consumidas por las mismas. En los casos en los que no se cumplían los supuestos previos para poder realizar ANOVAS, se procedió a transformar los datos (y=log(x)). Las diferencias entre las medias se determinaron mediante la prueba de Tukey al nivel de significación de 0,05. Se realizó un análisis de regresión lineal simple para comprobar si el peso de la codorniz influía en la cantidad de semillas que consumía, teniendo en cuenta el sexo de las codornices. Se realizó una prueba *t* de Student para comparar la cantidad de semilla ingerida entre ambos sexos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de semillas

En la Tabla 2 se presentan los valores medios del consumo de cada especie de mala hierba, y se puede observar que la codorniz consume semilla de todas las especies estudiadas pero que existen diferencias en cuanto a las cantidades consumidas. La especie más consumida fue

Centaurea cyanus, tanto en peso (gramos consumidos por individuo) como en número (semillas consumidas por individuo). En lo que se refiere a peso de semillas consumido, el resto de las especies osciló entre 0,79 y 0,25 gramos por individuo, muy por debajo de los 2,77 de *C. cyanus*, pero con diferencias significativas entre algunas de ellas. Este valor puede ser un indicador de preferencia por parte de la codorniz, ya que la cantidad necesaria para saciar a un individuo es distinta.

A la hora de elegir el alimento, las aves han desarrollado muy poco el sentido del olfato y según España (1978) utilizan principalmente la vista, seleccionando el alimento por la medida, el color y la forma de partícula (en este caso semilla). Esta hipótesis puede ser la justificación del mayor consumo de semillas de *Centaurea cyanus* registrado en estos ensayos, y caracterizadas por su tamaño y sobre todo por presentar colores atractivos, resultando ser más apetecibles para la codorniz. Las semillas fibrosas como *Lolium* son menos apetecibles, ya que la codorniz aprovecha menos los alimentos fibrosos (Gorrachategui, 1996).

Centaurea cyanus es una especie relativamente frecuente en zonas cultivadas de Andalucía pero mucho menos problemática que *C. diluta*. Las semillas de *C. diluta* no tienen el colorido de *C. cyanus* pero sí son parecidas en cuanto tamaño y forma. En este sentido la codorniz estaría contribuyendo a reducir el banco de semillas de ambas especies.

El tamaño de la semilla influye en la preferencia de consumo pero también afecta al impacto que tiene el consumo de la codorniz en la demografía de la mala hierba. Es decir, para una misma cantidad en gramos consumida el efecto de la predación es mayor si la semilla es pequeña porque el ave habrá consumido una mayor cantidad de número de semillas.

Tabla 2. Consumo medio de semillas de malas hierbas por codornices.

EPPO [(a)]	Nº de codornices	Semillas aportadas (g)	Consumo de semillas (g) [(b)]	Número de semillas consumidas [(b)]
CENCY	50	10	2,77 ± 0,25 a	643,49 ± 58,49 a
MALSS	15	4,34	0,79 ± 0,12 b	99,58 ± 14,76 bc
CHYCO	15	10	0,56 ± 0,09 bc	231,94 ± 38,36 b
SINAL	15	15	0,54 ± 0,14 bc	76,06 ± 19,84 c
PHAPA	15	5	0,32 ± 0,04 cd	65,85 ± 8,46 c
RUMCR	10	2,5	0,26 ± 0,06 cd	101,54 ± 22,69 bc
LOLRI	50	5	0,25 ± 0,03 d	178,15 ± 19,59 b

[(a)] Códigos EPPO se refieren a la especie de mala hierba según Tabla 1.
[(b)] Se indica el valor medio (en número o gramos ± el error estándar) consumido por cada individuo, y las letras indican diferencias significativas ($p<0,05$) según el test Tukey HSD.

Influencia del sexo de las codornices sobre el consumo de semillas

El sexo de la codorniz influyó en el consumo de semillas por individuo (Tabla 3), siendo más voraces las hembras que los machos, lo cual puede ser debido al dimorfismo sexual de esta especie, en el cual las hembras tienen mayor tamaño que los machos (Gorrachategui, 1996).

Únicamente en *C. cyanus* y en *Sinapis alba* no se detectaron diferencias en el consumo asociadas al sexo de la codorniz.

Tabla 3. Cantidad de semilla consumida (g) en función del sexo de la codorniz.

EPPO	Hembra[a]	Macho[a]
CHYCO	0,76 ± 0,10 a	0,25 ± 0,04 b
LOLRI	0,30 ± 0,03 a	0,13 ± 0,04 b
PHAPA	0,45 ± 0,04 a	0,21 ± 0,04 b
RUMCR	0,44 ± 0,07 a	0,15 ± 0,04 b
MALSS	1,19 ± 0,16 a	0,52 ± 0,08 b

[a]Se indica el valor medio en gramos ± el error estándar, y letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p<0,05$) según el test Tukey HSD.

Influencia del peso de las codornices sobre el consumo de semillas

Para poder diferenciar el efecto sexo del efecto peso, se han realizado regresiones lineales del tipo $y=a+bx$, en el que "y" es el consumo en gramos y "x" el peso del individuo. Cuando las regresiones se realizaron por separado para cada especie de mala hierba y sexo de la codorniz, no se detectó ninguna influencia significativa. Este resultado puede ser debido a que el peso de la codorniz no influye en el consumo o también a que el rango de pesos para cada sexo sea relativamente estrecho.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que: a) la codorniz consume semillas de las siete especies estudiadas; b) *C. cyanus* es la especie más consumida tanto en peso en número; c) las codornices hembra son más voraces que los machos; d) no se encontró relación entre el peso del ave y el consumo de semillas cuando el análisis se hizo por separado para cada especie de mala hierba y sexo de la codorniz.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal técnico perteneciente al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad de Sevilla por la amable ayuda prestada durante los procedimientos experimentales y a Javier Flores por su cooperación en el cuidado de los animales.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO C, GARRIDO JL & HERRERA CM (2004) *Investigaciones sobre plantas y animales en las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas* (Ed. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía), Sevilla.

BALLESTEROS F (1998) *Las especies de caza en España* (Ed. Estudio y Gestión del Medio), Oviedo, 162-169.

ESPAÑA J (1978) *La Codorniz y otras aves afines. Su biología y caza* (Ed. Pulide), Barcelona.

GORRACHATEGUI M (1996) Alimentación de aves alternativas: codornices, faisanes y perdices, En: *XII Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*, Madrid, 63 pp.

R CORE TEAM (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible: http://www.R-project.org/ (último acceso 10 junio 2014)

WICKHAM H (2009) *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer, New York.

PAPEL DE LA CODORNIZ EN LA AGROECOLOGÍA DE MALAS HIERBAS (II). INFLUENCIA DE LA DIGESTIÓN EN LA VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS

Guerrero L., López-Navarro P., González-Redondo P., Urbano J.M.*

Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km 1, 41013 Sevilla, España.

*urbano@us.es

Resumen: El papel de las aves granívoras en la agroecología de las malas hierbas es poco conocido. La codorniz es un ave granívora migratoria frecuente en la campiña española. El objetivo de este trabajo ha sido conocer el potencial predador y dispersor de la codorniz sobre una serie de malas hierbas frecuentes y problemáticas en la agricultura mediterránea. Los resultados obtenidos han permitido demostrar que la codorniz es fundamentalmente predadora de semillas de malas hierbas, eliminando cerca del 95 % de las semillas que consume, aunque también tiene un potencial dispersor durante el periodo comprendido entre las 12 y las 48 horas posteriores a su consumo.

Palabras clave: Manejo del hábitat, biodiversidad, emergencia.

Summary: ***Role of quail in weed agroecology (II). Influence of digestion on seed viability***. The role of granivorous birds on weed agroecology is not fully understood. The quail is a migratory granivorous bird commonly found in Spanish farms. The aim of this study was to determine the potential as predator and as seed-disperser of the quail on weed species considered problematic in the Mediterranean agriculture. The results have shown that the quail is fundamentally a predator of weed seeds, eliminating about 95% of the seeds they eat, but also has a disperser potential during the period comprised between 12 and 48 hours after seed consumption.

Keywords: Agroecology, habitat management, biodiversity, emergence.

INTRODUCCIÓN

Las aves afectan de forma diferente a las semillas que consumen actuando como dispersoras o como predadoras (o depredadoras) (Howe & Estabrook, 1977; Barnea et al., 1991; Tiffney, 2004; Domínguez-Domínguez et al., 2006). La depredación de semillas es un factor que influye en

la dinámica poblacional de las malas hierbas. Estudios realizados confirman que el papel del ave como predador o dispersor de semillas vegetales y su calidad como dispersor dependen de la morfología, forma de presentación y características de la semilla. De ellas, el principal factor determinante es el tamaño de la semilla (Montaldo, 2005). Al pasar por el tracto digestivo del dispersor, las semillas con frecuencia son viables y su tasa de germinación puede aumentar o disminuir (Herrera, 1984; Figueroa & Castro, 2002; Traveset & Verdú, 2002). Traveset et al. (2007) indican que tanto la velocidad de germinación de las semillas como el porcentaje en que germinan, dependerán del procesamiento de las semillas en el tracto digestivo (entre otros factores).

Las aves endozoocoras son fundamentalmente las frugívoras y las granívoras, pues al ingerir en su alimentación los frutos y las semillas de las plantas, respectivamente, contribuyen a dispersar las semillas excretadas tras la digestión. Ello permite tanto la regeneración de la vegetación en sus localizaciones como la colonización de nuevos lugares alejados de la planta parental (Willson & Traveset, 2000). Existen dos casos principales en los que la endozoocoria, y en concreto la ornitocoria como caso particular de ésta realizada por las aves, afecta a la modificación de las biocenosis y causa perturbaciones en los agrosistemas: la dispersión de especies vegetales alóctonas invasoras y la infestación de los cultivos agrícolas por malas hierbas (Meisenburg & Fox, 2002).

Este trabajo es la continuación de un estudio previo (Guerrero et al., 2015) realizado sobre el patrón de consumo de semillas arvenses por parte de la codorniz (*Coturnix coturnix*). Concretamente los objetivos de este estudio han sido conocer el potencial predador de la codorniz sobre malas hierbas habituales en la Península Ibérica, y además conocer el potencial dispersor de esta ave, en concreto conocer qué porcentaje de semillas superan el proceso digestivo y cuáles de éstas se eliminan. El tercer objetivo es conocer el tiempo que las semillas viables pueden sobrevivir en el aparato digestivo de la codorniz o dicho de otra forma, el tiempo que la codorniz puede estar dispersando semillas de malas hierbas una vez consumidas.

MATERIAL Y MÉTODOS

En la Tabla 1 se presenta el material usado, que ha consistido en las heces de 30 individuos adultos de codorniz, alojados individualmente en jaulas acondicionadas (30×30×30 cm). Se realizaron dos experimentos: a) el primero con semillas de 5 especies arvenses y 3 repeticiones, excepto para *Centaurea cyanus* que fueron 4 repeticiones y *Lolium rigidum* que fueron 5 (con 5 aves por especie y repetición); b) el segundo experimento se diseñó para conseguir mayor número de datos de dos especies ya incluidas en el primero, por lo tanto se utilizaron las heces de aves alimentadas con

semillas de 2 especies arvenses (*C. cyanus* y *L. rigidum)* y se realizaron 2 repeticiones (con 15 aves por especie y repetición).

Las aves fueron alimentadas con pienso comercial, posteriormente se mantuvieron sin alimentación durante 12 horas y a continuación se le suministró una cantidad conocida de semillas arvenses durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, se volvió a suministrar pienso comercial. Las condiciones de consumo e ingestión de semillas se describieron en Guerrero et al. (2015).

Tras la fase de ingestión de semillas, en el primer ensayo se recogieron las heces en intervalos de 12 horas durante 2 días (12h, 24h, 36h y 48h desde la retirada de las semillas). Una submuestra de 0,5 g de los excrementos de cada muestra se puso en condiciones favorables para la germinación. En el segundo ensayo, las heces se recogieron solo en 2 franjas horarias (48h y 72h desde la retirada de las semillas). En el segundo ensayo se disgregó la totalidad de las heces para extraer las semillas con el fin de conocer cuántas sobrevivían a la digestión y ponerlas en condiciones favorables para la germinación. Además se puso a germinar un lote control de semillas sin ingerir por las aves, consistente en 5 placas de Petri por especie de mala hierba, con 20 semillas por placa. Los tests de germinación se realizaron durante 14 días en cámara de cultivo programada a 23 ºC, 60% de humedad relativa y con fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad, con radiación fotosintética activa de 22 $W*m^{-2}$. En todos los casos se registró el número de semillas germinadas. En el primer ensayo se pesaron las heces de cada codorniz de cada franja horaria de recogida y a partir de las semillas que germinaron de cada submuestra de 0,5 g se estimó el número total de semillas germinadas por defecación. En el segundo ensayo se registró el número de semillas extraídas de la totalidad las heces de cada ave y franja horaria. A partir del porcentaje de germinación de las semillas control no ingeridas se determinó un factor de corrección de viabilidad de las semillas de cada especie.

Tabla 1. Códigos EPPO de cada especie de mala hierba en estudio, número de semillas consumidas y porcentaje medio (±ET) de germinación de las semillas sin digerir (controles).

Especie arvense	Código EPPO	Nº de aves	Semillas consumidas (n)[(a)]	Germinación (%)[(b)]
Chrysanthemum coronarium	CHYCO	15	231,94	10,0 ±12,4
Centaurea cyanus	CENCY	50	643,49	46,5±8,4
Sinapis alba	SINAL	15	76,06	78,7±6,9
Lolium rigidum	LOLRI	51	178,15	28,0±8,3
Malva sylvestris	MALSS	15	99,58	1,3±1,3

[(a)]Número de semillas consumidas por individuo de *Coturnix coturnix*, obtenido de Guerrero et al. (2015).
[(b)]Porcentaje de germinación de las semillas antes del experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las pruebas de germinación de las heces correspondientes al primer experimento y se puede observar que las semillas de las 5 especies estudiadas tienen capacidad para sobrevivir al proceso digestivo de la codorniz; por lo tanto la especie *Coturnix coturnix* puede considerarse como dispersora de estas especies arvenses. En el caso de *C. cyanus*, *L. rigidum* y *Malva sylvestris*, se detectaron emergencias en las muestras de heces recogidas hasta las 48 horas, lo cual implica que la codorniz puede dispersar las semillas de estas malas hierbas durante los dos días posteriores a su consumo. En el caso de *Chrysanthemum coronarium* y *Sinapis alba* no se detectaron emergencias en la franja horaria de 48 horas pero sí hasta las 36 horas.

Sin embargo la comparación de las emergencias respecto a las semillas viables consumidas proporciona porcentajes de germinación iguales o inferiores al 4,24% para todas las arvenses salvo *M. sylvestris*, lo cual quiere decir que la codorniz es básicamente predadora de semillas de malas hierbas porque al menos el 95% de las semillas que consume son eliminadas del agrosistema. El resultado de germinación de las semillas de *M. sylvestris* se debe interpretar con prudencia dada la baja viabilidad de las semillas de esta arvense usadas en el estudio.

Tabla 2. Porcentaje de semillas germinadas de las heces en función a las semillas consumidas para cada una de las especies arvenses estudiadas.

EPPO	N[(a)]	Número de semillas consumidas totales	Semillas germinadas	Germinación de semillas ingeridas (%)	Germinación de semillas viables ingeridas (%)[(b)]
CENCY	80	32.175	26	0,08	0,17
LOLRI	100	9.086	108	1,19	4,24
CHYCO	60	3.479	10	0,29	2,87
MALSS	60	1.494	20	1,34	100,0
SINAL	60	1.141	11	0,96	1,22

[(a)]N indica el número de muestras de heces analizadas. Por defecto es 60 (5 individuos x 3 repeticiones x 4 franjas horarias). En CENCY el número de repeticiones fue 4 y en LOLRI fue 5.

[(b)]Las semillas viables se calcularon multiplicando las semillas consumidas por un factor de corrección equivalente a la proporción de semillas control viables (Tabla 1).

En la Tabla 3 se presentan los resultados del segundo experimento en el que se seleccionaron 2 especies de malas hierbas: *L. rigidum* por ser la especie que mayor número de emergencias obtuvo en el experimento 1, y *C. cyanus* por ser la especie más consumida por las codornices. En este segundo experimento todas las heces fueron disgregadas y filtradas para extraer los restos de semillas que habían sido excretadas.

Las 2 especies confirmaron su capacidad de sobrevivir al proceso digestivo de la codorniz, pero todas las emergencias fueron detectadas sólo en las heces de la franja horaria de 0 a 48 horas, lo cual indica que el papel dispersor de la codorniz es inferior a las 72 horas posteriores al consumo.

La comparación del número de semillas recuperadas respecto a las semillas consumidas confirma el papel predador de la codorniz ya que solo una pequeña proporción de las semillas consumidas pudieron ser recuperadas (0,15% en *C. cyanus* y 0,64% en *L. rigidum*).

La comparación de las semillas germinadas proporciona un porcentaje aún inferior si se compara con las semillas viables consumidas (0,06 y 0,87% en *C. cyanus* y *L. rigidum*, respectivamente), pero si se compara con las semillas recuperadas el porcentaje oscila entre el 38% de *C. cyanus* y el 100% de *L. rigidum*, lo cual significa que el proceso digestivo probablemente rompió la posible latencia en las semillas no digeridas completamente.

Tabla 3. Porcentaje de semillas germinadas en función a las semillas consumidas y de las semillas recuperadas de las heces para cada una de las especies arvenses estudiadas.

EPPO	N[a]	Nº de semillas consumidas	Semillas recuperadas	Germinación				
				Nº Semillas	% sobre consumidas	% sobre consumidas viables[b]	% sobre recuperadas	% sobre recuperadas viables[b]
CENCY	60	19.305	28	5	0,03	0,06	17,85	38,4
LOLRI	60	5.345	34	13	0,24	0,87	38,23	100,0

[a] N indica el número de muestras de heces analizadas. Son 15 individuos x 2 repeticiones x 2 franjas horarias (48h y 72h).

[b] Las semillas viables se calcularon multiplicando las semillas consumidas por un factor de corrección equivalente a la proporción de semillas control viables (Tabla 1).

No se ha encontrado ningún trabajo acerca del potencial depredador y dispersor de la codorniz en el campo de las malas hierbas, pero es sabido que las aves se encuentran entre los principales animales que dispersan frutos y semillas cuando realizan sus actividades alimenticias (depredación) y posteriormente expulsan éstas del aparato digestivo, pues pueden ser regurgitadas o pueden atravesar el tracto digestivo y ser defecadas (Pérez, 1983; Moreno, 1996). Esta modalidad conocida como ornitocoria, que es la dispersión de las semillas realizada por aves (García, 2014), hace que muchas aves ingieran semillas de manera casual junto con el follaje y para muchas especies vegetales esto se ha convertido en un mecanismo importante de dispersión (Moreno, 1996).

Los resultados presentados, aunque corresponden a un experimento en condiciones de granja tienen interés en el campo de la malherbología, porque demuestran el papel beneficioso de la codorniz y probablemente otras muchas aves granívoras, a la hora de drenar el banco de semillas de malas hierbas. Sin embargo no se debe olvidar el potencial dispersor de estas aves, que no tiene importancia en cuanto su magnitud pero sí es relevante el hecho de que sea posible porque permite iniciar nuevas infestaciones. Este papel dispersor tiene mayor interés si se une al potencial de generación de biotipos resistentes a herbicidas como por ejemplo ocurre en el caso de *L. rigidum*, en el que la codorniz podría estar restándole eficacia a las medidas antirresistencia empleadas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos han permitido demostrar que:

A) La codorniz es fundamentalmente predador de semillas de malas hierbas, eliminando cerca del 95 % de las semillas que consume.

B) La codorniz es un potencial dispersor de semillas de arvenses. Aunque las semillas dispersadas son una pequeña minoría pueden ser relevantes en determinados casos (dispersión de biotipos resistentes, etc.).

C) La codorniz es capaz de dispersar semillas viables hasta las 48 horas posteriores a su consumo. Las heces recolectadas a las 72 horas no contenían semillas viables.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal técnico perteneciente al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad de Sevilla por la amable ayuda prestada durante los procedimientos experimentales y a Javier Flores por su cooperación en el cuidado de los animales.

BIBLIOGRAFÍA

BARNEA M, YOM-TOV Y & FRIEDMAN J (1991) Does ingestion by birds affect seed germination? *Functional Ecology* 5, 394-402.

DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ LE, MORALES-MÁLVIL JE & ALBA-LANDA J (2006) Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae)

defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*). *Revista de Biología Tropical* 54(2), 387-394.

FIGUEROA JA & CASTRO SA (2002) Effect of birds ingestion on seed germination of four woody species of temperate rain forest of the Chiloé island, Chile. *Plant Ecology* 160, 17-23.

GARCÍA MA (2014) Tema 2: Ecología de las plantas adventicias y tipos de comunidades que forman. En: *Malherbología*. Universidad de Valladolid. Disponible en: https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2011/427/52040/1/Documento1.pdf. [Consultado: 18 de enero de 2015].

GUERRERO L, LÓPEZ-NAVARRO P., GONZÁLEZ-REDONDO P, URBANO JM (2015) Papel de la codorniz en la agroecología de malas hierbas (I). Consumo de semillas. En: *Proceedings XV Congreso de la SEMh* (20-21 octubre, Sevilla, España). Ed. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Sevilla, España, *aceptado*.

HERRERA CM (1984) A study of avian frugivores, bird-dispersed plants, and their interaction in Mediterranean scrublands. *Ecological Monographs* 54, 1-23.

HOWE HF & ESTABROOK GF (1977) On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. *American Naturalist* 111, 817-832.

MEISENBURG MJ & FOX AM (2002) What role do birds play in dispersal of invasive plants. *Wildland Weeds* 2, 8-14.

MONTALDO NH (2005) Aves frugívoras de un relicto de selva subtropical ribereña en Argentina: Manipulación de frutos y destino de las semillas. *El Hornero* 20(2), 163-172.

MORENO CASASOLA P (1996) *Vida y Obra de Granos y Semillas*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México D.F.

PÉREZ CHISCANO JL (1983) La ornitocoria en la vegetación de Extremadura. *Stvudia Botanica* 2, 155-168.

TIFFNEY BH (2004) Vertebrate dispersal of seed plants through time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35, 1-29.

TRAVESET A & VERDU M (2002) A meta-analysis of the effect of gut treatment of seed germination. En: DJ Levey; WR Silva & M Galetti (eds). *Seed Dispersal and Frugivory: Ecology Evolution and Conservation*. CAB International, Wallingford, pp. 339-350.

TRAVESET A, ROBERSTSON A & RODRÍGUEZ-PÉREZ J (2007) A review on the role of endozoochory on seed germination. En: Dennis A.J., Schupp E.W., Green R.J., Westcott D.A., (eds.). *Seed dispersal: theory and its application in a changing world*. CAB International, Wallingford, Reino Unido, pp. 78-103.

WILLSON MF & TRAVESET A (2000) The ecology of seed dispersal. En: Fenner, M. (Ed). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CAB International, Reino Unido, pp. 85-110.

UTILIZACIÓN DEL MODELO DE GOMPERTZ EN FORMA DIFERENCIAL PARA LA MODELIZACIÓN DE LA EMERGENCIA DE MALAS HIERBAS

Izquierdo F.[1*], Prats C.[2], López D.[2]

[1]*Dept. d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, C/ Esteve Terradas 8, 08860 Castelldefels, España.*
[2]*Dept. Física i Enginyeria Nuclear, Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, C/ Esteve Terradas 8, 08860 Castelldefels, España.*
**jordi.izquierdo@upc.edu*

Resumen: Los modelos empíricos que se utilizan para describir y predecir las emergencias de las malas hierbas basados en temperatura y humedad del suelo presentan dos puntos débiles: la ambigüedad que supone tomar como instante inicial de acumulación de grados termales o hidrotermales el día del laboreo y la necesidad de su validación posterior. La utilización de estos modelos en su forma diferencial haría innecesario establecer un día concreto de inicio de la acumulación de grados y podría aportar predicciones sin necesidad de validaciones. Para comprobar estas hipótesis, la ecuación de Gompertz, uno de los modelos más utilizados para describir emergencias, se ha aplicado en su forma diferencial a 35 conjuntos de datos de malas hierbas de diferentes localidades. El ajuste obtenido reproduce de forma satisfactoria la dinámica de emergencias observada en el campo y permite determinar con precisión el momento de aplicación de una medida de control.

Palabras clave: Predicción, semillas, modelo matemático, control de malas hierbas.

Summary: ***The use of the Gompertz model in its differential form for weed emergence modelling***. The Gompertz model, in its differential form, is used for weed emergence modelling. Empirical models that are used to describe the emergence patterns of weeds based on temperature and soil moisture have two weaknesses: the uncertainty of when to start counting and the need for validation. The use of these models in their differential form avoids setting up an ambiguous starting date and also avoids model validation. In order to check these hypotheses, the Gompertz equation, one of the models used most frequently for

weed emergence, was verified in 35 data sets of weed species emergence from different areas within the Iberian Peninsula. In all cases, the emergence pattern and forecast for ideal weed control timing was sufficiently accurate.

Keywords: Prediction, seed, mathematical model, weed control.

INTRODUCCIÓN

En diversos trabajos se han utilizado modelos empíricos en forma integral para describir el patrón de emergencias de malas hierbas con finalidades predictivas (Grundy, 2003; García et al., 2013). En estos trabajos, la variable tiempo *t* del modelo corresponde a los grados hidrotermales acumulados (*HTT)* en el suelo por las semillas de las especies. Modelos tales como Gompertz o Weibull, entre otros, se han ajustado a las emergencias observadas en campo de diferentes especies con resultados bastante satisfactorios (Izquierdo et al., 2013; Royo-Esnal et al., 2015). A pesar de ello, existen dos problemas aún no resueltos; el primero es el requerimiento de una validación específica para cada modelo y para cada situación geográfica, lo cual requiere unos estudios adicionales, y el segundo es que hay una cierta ambigüedad cuando se toma como instante de inicio de la acumulación de grados hidrotermales el momento del laboreo del campo. La utilización de estos modelos en su forma diferencial permitiría ajustar los parámetros de los modelos sin necesidad de validación previa y sin necesidad de definir un instante inicial.

En dinámica de poblaciones se define como velocidad específica de crecimiento a

$$\mu = \frac{1}{P}\frac{dP}{dt} \qquad (1)$$

siendo *P* la población y *t* el tiempo. Si μ es constante obtenemos un crecimiento exponencial.

Si tomamos como modelo de emergencia el de Gompertz, la velocidad específica de crecimiento disminuye exponencialmente a lo largo del tiempo:

$$\frac{d\mu}{dt} = -a\mu \qquad (2)$$

$$\mu = \mu_m e^{-at} \qquad (3)$$

Donde μ_m es una constante del modelo que corresponde a la velocidad máxima.

A partir de estas consideraciones integrando la ecuación (1), utilizando la ecuación (3) podemos expresar el modelo de Gompertz en su forma integral,

$$P = K\, e^{-\ln \frac{K}{P_0}\, e^{-a\,t}} \qquad (4)$$

Y diferenciando podemos expresarla en su forma diferencial,

$$\frac{1}{P}\frac{dP}{dt} = -\mu_m \ln P + \mu_m \ln K \qquad (5)$$

donde *K* es la capacidad de campo, la máxima población que se puede alcanzar.

El objetivo del presente trabajo es comprobar la validez de la metodología propuesta, aplicando un ajuste diferencial de Gompertz a un conjunto de medidas experimentales de emergencia de malas hierbas en cereal con la finalidad de observar si se continúa obteniendo un buen ajuste sin necesidad de validar los datos ni considerar el momento inicial.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología propuesta se ha comprobado en 35 series de datos de emergencias de malas hierbas en cereal en función de los grados hidrotermales acumulados, con un mínimo de 20 puntos experimentales por serie, procedentes de diferentes ubicaciones de la Península Ibérica y algunos ya publicados en revistas científicas (Dorado et al., 2009; Izquierdo et al., 2009; 2013).

Para realizar el ajuste se realiza un proceso de 5 pasos (Figura 1). En primer lugar se aplica un filtro numérico para minimizar las desviaciones aleatorias propias del trabajo experimental (paso 1).

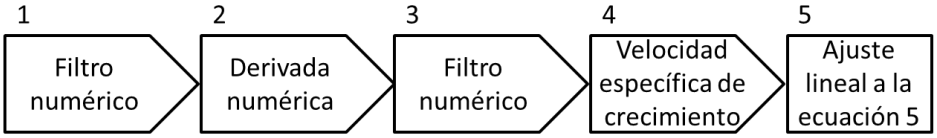

Figura 1. Procedimientos matemáticos realizados para obtener los parámetros de la cinética de Gompertz para un conjunto de datos experimentales.

Debido a que el número de puntos, desde un punto de vista de cálculo, es muy pequeño no es conveniente utilizar filtros de frecuencias, por lo que se utiliza simplemente un filtro elemental de tres puntos (ecuación 6):

$$\overline{P}_i = \frac{P_{(i-1)} \dfrac{t_i - t_{(i-1)}}{t_{(i+1)} - t_{(i-1)}} + P_i + P_{(i+1)} \dfrac{t_{(i+1)} - t_i}{t_{i(i+1)} - t_{(i-1)}}}{2} \qquad (6)$$

Donde $\overline{P}_i$ es el valor correspondiente a la emergencia para el punto t_i obtenido mediante un filtro numérico para minimizar el efecto de las oscilaciones aleatorias y errores experimentales, para el que se consideran los puntos anterior (i-1) y posterior (i+1), y *t* son los grados hidrotermales acumulados.

Se calcula la derivada numérica como cociente de incrementos (ecuación 7, paso 2).

$$\frac{dP_i}{dt} = \frac{\overline{P}_{i+1} - \overline{P}_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \qquad (7)$$

Se aplica un nuevo filtro numérico a los valores obtenidos (paso 3), con una expresión equivalente a la ecuación 6 pero utilizando los valores de la derivada numérica para minimizar las oscilaciones de la derivada no debidas al comportamiento del sistema. Posteriormente se calcula la derivada específica de crecimiento utilizando la ecuación 1 (paso 4), y finalmente se realiza una regresión lineal para determinar los parámetros de la ecuación 5 (paso 5).

El procedimiento propuesto permite realizar el cálculo sobre el terreno a medida que se van realizando medidas experimentales. A partir del momento en que la variable *t* cumpla la condición indicada en la ecuación 8, se repiten los cálculos sucesivamente cada vez que se incorpora un nuevo valor a los resultados experimentales.

$$t \geq 600^{\circ}\mathrm{C} \qquad (8)$$

En el momento que se cumplan simultáneamente las condiciones de las ecuaciones 9 y 10 podemos considerar que tenemos suficiente información experimental, y el ajuste será satisfactorio.

$$t \geq \mathrm{t_j}^{\circ}\mathrm{C} \qquad (9)$$

$$\frac{dP}{dt} \leq 0{,}03\left(^{\circ}C\right)^{-1} \qquad (10)$$

donde t_j será el tiempo hidrotermal mínimo a considerar. Este parámetro puede tomar valores diferentes en función de la especie *j* estudiada.

Los criterios (8) y (10) se han deducido del análisis de los datos experimentales evaluados hasta este momento.

Los algoritmos concretos propuestos (filtro, derivada numérica) podrían ser substituidos por otros con diferentes estrategias de cálculo, siempre que se acabe obteniendo el valor de la velocidad específica de crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para mostrar la validez de la metodología se muestran en la Figura 2 los resultados correspondientes a una de las medidas experimentales. En la Figura 2A se constata la bondad del ajuste obtenido (R^2=0,99). En la Figura 2B se representa la velocidad específica de crecimiento obtenida, en la que se observa un buen ajuste a una exponencial decreciente (R^2=0,98). Se comprueba que, efectivamente, la velocidad específica de crecimiento obedece la ecuación 3. Este resultado es la mejor constatación que el comportamiento del sistema está bien descrito por una función de Gompertz. En la Figura 2C se muestra el ajuste a la ecuación 5 (R^2=0,99) a partir de la cual se obtienen los parámetros a utilizar. El comportamiento mostrado en la Figura 2 se ha observado en la mayoría de los otros resultados experimentales.

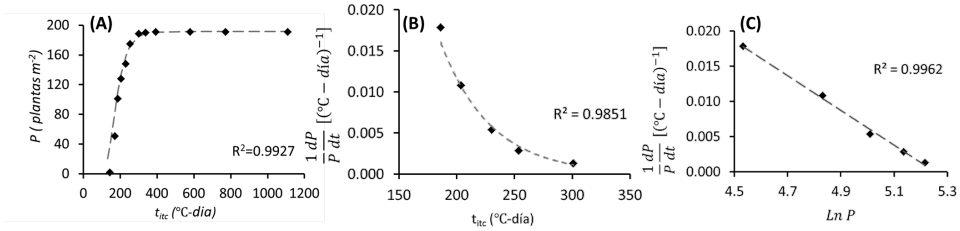

Figura 2. Dinámica de la emergencia de *Papaver rhoeas* (Igualada 07/08). (A) Datos experimentales y ajuste obtenido mediante el procedimiento descrito; (B) Velocidad específica de crecimiento de la emergencia; (C) Ajuste a la ecuación 5 para la obtención de los parámetros.

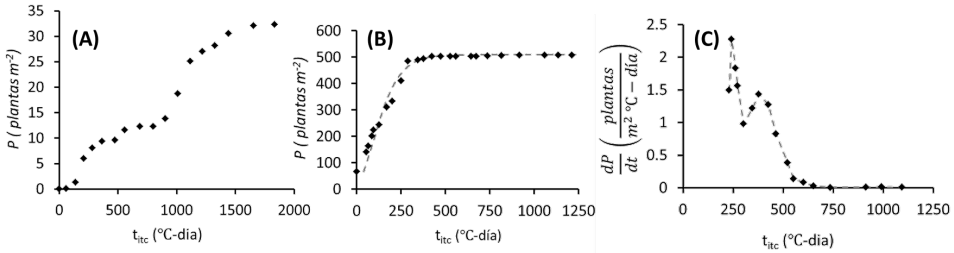

Figura 3. (A) Ejemplo de comportamiento bifásico de *Digitaria sanguinalis* (Arganda 2006). (B) *Papaver rhoeas* (El Encín 07/08). (C) Derivada temporal de la dinámica de la Figura 3B.

Hay algunos casos en los que la emergencia presenta un comportamiento bifásico (Figura 3A). Al representar los datos experimentales (Figura 3B), en ocasiones y dependiendo de la escala del gráfico, no se observa claramente la existencia de este tipo de comportamiento, pero si representamos la derivada se observa claramente su existencia (Figura 3C, derivada temporal de 3B). Si realizamos un ajuste en los casos A y B, siguiendo la metodología propuesta a partir del tiempo hidrotermal correspondiente al mínimo intermedio de la derivada, el resultado que obtenemos es satisfactorio (ver línea discontinua de Figura 3B).

El estudio del patrón de emergencias considerando el modelo de Gompertz en su forma diferencial permite llegar igualmente a conclusiones de interés práctico para la programación de los tratamientos fitosanitarios o cualquier otra medida de gestión de las malas hierbas. Es esperable que resultados similares también se obtengan si en lugar de Gompertz se utiliza la forma diferencial de los otros modelos utilizados comúnmente para describir la emergencia de las malas hierbas.

CONCLUSIONES

La aplicación en forma diferencial del modelo de Gompertz para describir el patrón de emergencias de malas hierbas ha sido satisfactoria. Se comprueba que no es necesario establecer un día específico como punto inicial del cálculo ni es necesaria una validación del modelo para estimar la dinámica y determinar el mejor momento para la aplicación de una medida de control. En los casos de comportamiento bifásico, la metodología utilizada también es aplicable.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la cesión de algunas de las series de datos de emergencia utilizadas en este trabajo por parte del equipo de J. Dorado, E. Sousa e I.M. Calha, obtenidos en campos de Lisboa y Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

DORADO J, SOUSA E, CALHA IM, GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL & FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C (2009) Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. *Weed Research* 49, 251-260.

GARCÍA AL, RECASENS J, FORCELLA F, TORRA J & ROYO-ESNAL A (2013) Hydrothermal emergence model for ripgut brome (*Bromus diandrus*). *Weed Science* 61, 146-153.

GRUNDY AC (2003) Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Research* 43, 1-11.

IZQUIERDO J, GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL, BASTIDA F, LEZAÚN JM & SÁNCHEZ DEL ARCO MJ (2009) A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver rhoeas*) emergence in cereal fields. *Weed Science* 57, 660-664.

IZQUIERDO J, BASTIDA F, LEZAÚN JM, SÁNCHEZ DEL ARCO MJ & GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL (2013) Development and evaluation of a model for predicting *Lolium rigidum* emergence in winter cereal crops in the Mediterranean area. *Weed Research* 51, 304-309.

ROYO-ESNAL A, NECAJEVA J, TORRA J, RECASENS J & GESCH RW (2015) Emergence of field pennycress (*Thlaspi arvense* L.): Comparison of two accessions and modelling. *Industrial Crops and Products* 66, 161-169.

OPCIONES DE CONTROL DE MALAS HIERBAS EN MAÍZ CONVENCIONAL Y GM. EFECTO SOBRE MALAS HIERBAS Y ARTRÓPODOS

Loureiro I., Santín-Montanyá M.I., Escorial M.C., García-Ruiz E., Sánchez-Ramos I., Pascual S., Cobos G., González-Núñez M., Chueca M.C.*

Dpto. Protección Vegetal, Ctra. La Coruña km 7,5, 28040 Madrid, España.

**chueca@inia.es*

Resumen: En el proyecto AMIGA, que estudia los posibles efectos de los cultivos modificados genéticamente y su manejo sobre el agro-ecosistema y la biodiversidad, se han evaluado varios tratamientos herbicidas sobre maíz Bt y maíz convencional. Se estableció un ensayo de seis hectáreas durante dos años en el que se han utilizado cinco manejos con herbicida que incluyen tratamiento convencional, reducido, glifosato y dos combinaciones de los anteriores. Se muestreó a lo largo del desarrollo del cultivo para determinar las especies de malas hierbas y artrópodos en el tiempo así como su abundancia y diversidad mediante examen visual y uso de trampas de gravedad y adhesivas amarillas. En este trabajo se presentan datos de abundancia de malas hierbas a madurez fisiológica del cultivo y del total de artrópodos en muestreo visual.

Palabras clave: Maíz Bt, glifosato, manejo integrado, herbicidas.

Summary: ***Weed control options in conventional and GM maize***. Effect on weeds and arthropods In the context of AMIGA project which studies the possible effects of genetically modified crops and their management on the agro-ecosystem and biodiversity, we have studied various herbicide treatments applied on conventional and Bt A field trial was conducted for two years in a six ha plot. Five herbicide treatments including conventional, reduced, glyphosate and two herbicides combinations were established. We sampled along the cropping period to determine the species of weeds and arthropods over time and their abundance and diversity. The presence of arthropods was determined by visual examination and the use of pitfall and yellow sticky traps. In this work whole abundance of weeds at physiological maturity of the crop and total abundance of arthropod in visual examination are presented.

Keywords: Bt maize, glyphosate, integrated management, herbicides.

INTRODUCCIÓN

En el proyecto AMIGA "Assessing and Monitoring Impacts of Genetically modified plants on Agro-ecosystems" participan 22 centros de investigación pertenecientes a 16 países. Los objetivos generales del proyecto se resumen en: establecer para los cultivos modificados genéticamente (MG) bases de datos de biodiversidad para los agro-ecosistemas de la Unión Europea en relación a sus zonas biogeográficas: atlántica, boreal, continental, mediterránea y balcánica; identificar los bioindicadores y objetivos a alcanzar para cada una de estas zonas; ampliar el conocimiento de los efectos ambientales potenciales de las plantas modificadas genéticamente a medio y largo plazo; evaluar la eficacia de las guías de EFSA para la evaluación de riesgo ambiental (ERA) y estudiar nuevas estrategias de seguimiento del cultivo en post comercialización; y estimar la compatibilidad de los cultivos genéticamente modificados con las técnicas de control integrado implementadas en la UE. En los objetivos anteriores se estudiarán también los aspectos económicos y se divulgarán los conocimientos tanto científica como socialmente. Las actividades se centran en maíz y patata, las dos especies MG aprobadas para cultivo en la UE.

En este proyecto el grupo INIA centra su trabajo en maíz resistente a insectos y tolerante a glifosato. Se estudian los posibles efectos de estos maíces y su manejo sobre las malas hierbas y los artrópodos atendiendo al papel que estos efectos si los hubiera pudieran tener sobre la cadena trófica. También se determinarán las técnicas y las especies indicadoras más adecuadas para un seguimiento post-comercialización de estos cultivos así como su utilización como un factor más del control integrado de plagas y malas hierbas. Para alcanzar estos objetivos se plantearon tres ensayos de campo con maíz Bt en un campo de seis hectáreas en el valle del Jarama (años 2012; 2013 y 2014) y otro con maíz Bt y tolerante a glifosato de dos hectáreas que se sembró en la Finca La Canaleja (INIA) (años 2013 y 2014). En estos ensayos se realizaron diferentes manejos y se muestreó para determinar y cuantificar las especies de artrópodos presentes en el suelo, el aire y las plantas. También se determinaron y cuantificaron las especies de malas hierbas emergidas en el tiempo y se evalúo la evolución del banco de semillas del suelo. A madurez del cultivo se cuantificaron los daños producidos por plagas y enfermedades y la producción relativa, que se relacionará con la situación evaluada en cada campo y parcela.

El trabajo que se presenta resume los objetivos generales del proyecto que se desarrolla desde 2011 a 2015 además de un breve resumen de los resultados obtenidos en dos años de cultivo en un campo situado en la localidad de Seseña (Toledo) centrados en la evaluación de efecto de diferentes manejos herbicidas en maíz Bt y convencional sobre las malas hierba y los artrópodos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado ha sido dos variedades de maíz una DK-C6451YG resistente a taladro (**Bt)** y su correspondiente convencional DKC6450 (**C**). Se ha establecido durante los años 2013 y 2014, un ensayo de cerca de seis hectáreas con parcelas de 20 × 30 metros y 5 repeticiones por tratamiento en el que se han realizado diferentes manejos herbicidas; los tratamientos realizados han sido:

Convencional (C): dos tratamientos, uno en pre-emergencia (S-metolacloro 1250 g i.a. ha^{-1} + terbutilazina 750 g i.a.ha^{-1}) y otro en post-emergencia (nicosulfuron 39 g i.a. ha^{-1} y mesotriona 100 g i.a. ha^{-1}).

Reducido (R): un tratamiento con S-metolacloro 937,5 g i.a. ha^{-1} + terbutilazina 562,5 g a.i. ha^{-1}, nicosulfuron 45 g i.a. ha^{-1} y mesotriona 50 g i.a. ha^{-1}

Glifosato (G): dos tratamientos con glifosato 1080 g i.a. ha^{-1} (tratamiento manual con campana protectora).

Convencional de pre-emergencia **y glifosato** en post-emergencia **(PrG).**

Reducido en pre-emergencia **y glifosato** en post-emergencia **(RG).**

Se muestreó a lo largo del desarrollo del cultivo antes y 15-20 días después de cada tratamiento herbicida para determinar la abundancia y diversidad de malas hierbas y artrópodos. El muestreo de malas hierbas se realizó en 12 puntos en cada parcela para un total de 3 m^2 muestreados (Figura 1). Los datos que se presentan corresponden último muestreo realizado cada año a madurez fisiológica del cultivo.

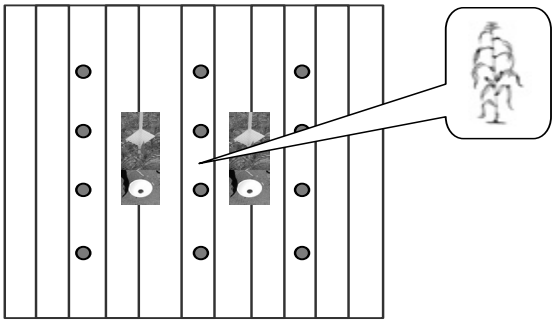

Figura 1. Esquema de muestreo de malas hierbas (12 puntos) y artrópodos (2 puntos y 1 planta tomada al azar).

Las poblaciones de artrópodos se evaluaron mediante 3 métodos de muestreo. Los artrópodos presentes en las plantas se muestrearon mensualmente mediante el examen visual de una planta completa situada en el centro de cada parcela. Las poblaciones de artrópodos del suelo se evaluaron, cada dos semanas, colocando dos trampas de gravedad, y las de los insectos voladores, mensualmente, mediante dos trampas amarillas adhesivas por parcela según muestra la Figura 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de ejemplo de los resultados obtenidos en dos de los tres ensayos realizados con maíz Bt y su correspondiente línea convencional, se muestran los datos del último muestreo realizado en cada una de las campañas que corresponde a la fase de grano pastoso del cultivo. La Figura 2 muestra la abundancia de malas hierbas en número total de plantas por metro cuadrado. Podemos observar que hay una gran diferencia entre los dos años identificados en el muestreo final realizado. Las temperaturas correspondientes a los dos periodos de cultivo fueron muy diferentes según los datos de la Agencia Estatal de Meteorología en relación a la media (Periodo de Referencia: 1971-2000). Los meses de mayo y junio fueron frío (-1,6 ºC) y normal respectivamente en 2013 mientras que fueron muy cálidos en 2014 (+1,4 ºC y +1,3 ºC). Julio fue extremadamente cálido en 2013 (+1,6 ºC) y normal en 2014 mientras que agosto y septiembre fueron muy cálidos en 2013 (+1 ºC y +1,2 ºC) y normal y cálido (+1 ºC) en 2014. Estos datos han podido tener una influencia en la presencia de malas hierbas y en su proporción final aunque no parece que sean factores determinantes, no obstante las altas temperaturas en el año 2014 en mayo y junio, meses en que se realizaron los tratamientos, han podido contribuir a un mayor efecto de los herbicidas y al agostamiento precoz de las hierbas. En relación a los diferentes manejos realizados, la presencia de malas hierbas es similar en todos ellos en 2014 mientras aparecen diferencias entre tratamientos en 2013. En este año el tratamiento convencional (C) así como los tratamientos que combinan un pre- convencional con glifosato en post- (PrG) parecen más efectivos que el resto de los tratamientos, al menos en relación a la densidad. En cuanto al tipo de mala hierba (Figura 3) en todos los tratamientos la proporción de monocotiledóneas es muy superior a la de dicotiledóneas. Tomando como base el tratamiento convencional en el que un 8% de las plantas presentes son dicotiledóneas vemos que estas especies se incrementan en el tratamiento reducido (12%), en el glifosato aplicado dos veces (14%) y en el preemergencia convencional más glifosato en post-emergencia (30%) y únicamente disminuye en el reducido más glifosato (3%).

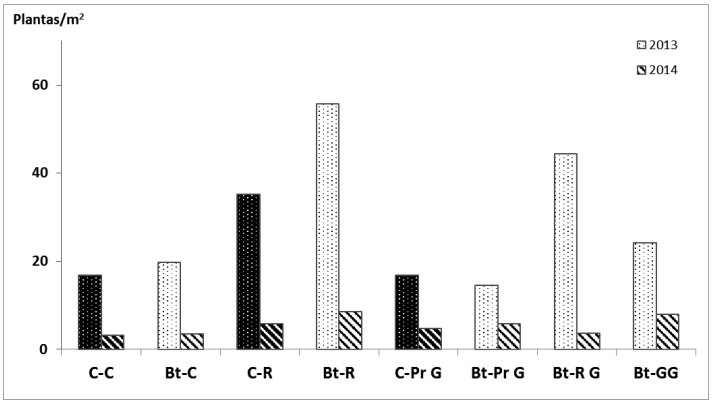

Figura 2. Abundancia de malas hierbas en número total de plantas por metro cuadrado para cada uno de los tratamientos aplicados en el último muestreo realizado en 2013 (barras punteadas) y en 2014 (barras rayadas). Las denominaciones del eje de las X corresponden delante del guión a la semilla: convencional (C), resistente a taladro (Bt), después del guión al tratamiento herbicida: convencional (C), reducido (R), preemergencia convencional y glifosato (PrG), reducido más glifosato (RG) y dos glifosato (G).

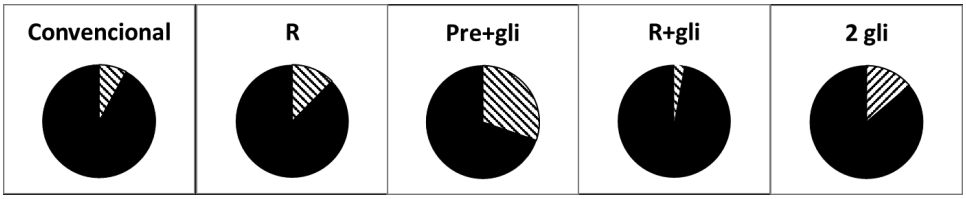

Figura 3. Porcentaje de especies dicotiledóneas (rayado) y monocotiledóneas (negro) en los cinco tratamientos realizados Las abreviaturas de los tratamientos aparecen en material y métodos y en la Figura 1.

En la Figura 4, se muestra, como ejemplo, la abundancia de artrópodos en las plantas de maíz en cada uno de los distintos tratamientos, obtenida mediante el examen visual de las plantas a lo largo de los años de cultivo 2013 y 2014. Los artrópodos aparecen separados en tres grupos funcionales: fitófagos, depredadores y artrópodos con otros hábitos alimenticios. A falta del correspondiente análisis estadístico, no parece observarse ningún patrón referente al efecto de los tratamientos efectuados sobre la abundancia de los distintos grupos funcionales de artrópodos considerados.

Los resultados mostrados son solo un ejemplo de lo que sucede en el cultivo, los datos son parciales y se estudiarán en unión del resto de los datos, analizando el conjunto de la situación a lo largo del cultivo.

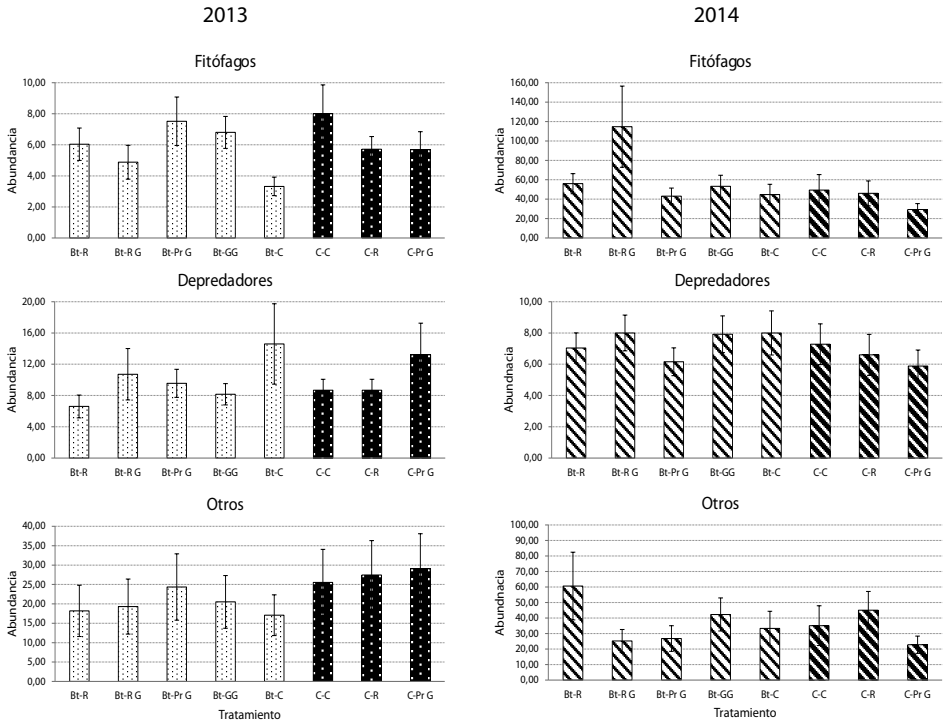

Figura 4. Abundancia de artrópodos ($\bar{x}$ ± ES) en plantas de maíz Bt (barras fondo claro) y convencional (barras fondo oscuro) sometidas a diferentes estrategias de control de malas hierbas. Las poblaciones de artrópodos se han evaluado mediante inspección visual de plantas. Las abreviaturas de la leyenda del eje de las x aparecen en la Figura 1.

En esta fase este trabajo no permite presentar ninguna conclusión, para ello será necesario analizar las interrelaciones entre tratamiento, mala hierba, artrópodos, rendimiento, coste, etc. y la influencia que sobre ellos puedan tener diferentes factores.

AGRADECIMIENTOS

This is the publication No. 8 produced within the framework of the project Assessing and Monitoring the Impacts of Genetically Modified Plants on Agro-ecosystems (AMIGA), funded by the European Commission in the Framework Programme 7. THEME [KBBE.2011.3.5-01].

Se agradece a C. Fernández, A. Cobo y A. Mateo su colaboración en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (AEMET) (2015) http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos. Disponible: 01-06-2015.

AMIGA "Assessing and Monitoring Impacts of Genetically modified plants on Agro-ecosystems". http://www.amigaproject.eu. Disponible: 01-04-2015.

RESULTADO DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS SOBRE EL CULTIVO DE ESPARCETA (*ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* SCOP.) Y SU EFECTO SOBRE LAS MALAS HIERBAS EN LA ZONA DE TERUEL

Marí A.[1]*, Cirujeda A.[1], Murillo S.[2], Pardo G.[1], Aibar J.[3]

[1]*Unidad de Sanidad Vegetal, CITA,*
Avda. Montañana 930, 50198 Zaragoza, España.
[2]*Dep. de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente,*
Plaza San Pedro Nolasco 7, 50071 Zaragoza, España.
[3]*EPS, Universidad de Zaragoza, Ctra. de Cuarte km 67,*
22071 Huesca, España.
**aimari@aragon.es*

Resumen: La esparceta (*Onobrychis viciifolia* Scop.) es una leguminosa que forma parte de las rotaciones en los secanos de Calamocha (Teruel). Se entrevistaron 22 agricultores con el objetivo de conocer el manejo del cultivo y la flora arvense. Los resultados muestran como los agricultores siembran esparceta porque disminuye las infestaciones de malas hierbas, incluso en los primeros años en cultivos posteriores. Aunque la esparceta del primer año presenta una cantidad importante de hierbas, éstas son suprimidas con la siega o el pastoreo que tiene lugar en primavera-verano, antes de que éstas produzcan nuevas semillas. Además, todos los entrevistados coinciden en que obtienen una producción mayor del cereal sembrado tras la esparceta, que suele ser cebada. Se concluye que este cultivo es una buena alternativa al barbecho en las rotaciones en secanos frescos, aportando así beneficios adicionales.

Palabras clave: Biodiversidad, rotación de cultivos, manejo de malas hierbas, medidas agroambientales.

Summary: ***Results of surveys on the sainfoin crop (Onobrychis viciifolia Scop.) and its effect on weeds in Teruel area***. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) is a legume used in the rotations in the dry areas of Calamocha (Teruel). Twenty two farmers were interviewed in order to know the crop management and diverse aspects of the weed flora. Farmers admit that they sow sainfoin because of its effects in decreasing weed infestations, even in the early years of subsequent crops. Although sainfoin fields host an important density of weeds during the first year, populations decrease by mowing or grazing in spring-summer,

before new seed is shed. Moreover, all the interviewed farmers agreed in obtaining higher yields of the cereal sown after sainfoin, wich is usually barley. Thus, this crop is considered to be a viable alternative to fallow in rotations on fresh drylands, delivering additional benefits.

Keywords: Biodiversity, crop rotation, weed management, agri-environment measures.

INTRODUCCIÓN

La esparceta o pipirigallo es una leguminosa forrajera perenne sembrada tradicionalmente en zonas frescas y altas que se establece bien en altitudes superiores a 600 m. Teruel fue la provincia de España que tenía una mayor superficie media dedicada a la esparceta entre los años 1939 y 2000, con 12.392 ha en ese período, que representaban casi el 32% de superficie nacional dedicada a este cultivo (Delgado, 2005). El cultivo fue promocionado por el Ministerio de Agricultura a comienzos de los años 70 pero su popularidad fue decreciendo posteriormente. No obstante, es un cultivo muy apreciado por los agricultores, ya que destaca por su captación de nitrógeno y la alta productividad en secano de un forraje que no produce meteorismo en el ganado (Delgado, 2008).

El Gobierno de Aragón favoreció la siembra de este cultivo a través de la Medida Agroambiental 1.2: "Cultivo de la esparceta para el mantenimiento de la fauna esteparia" incluida en el programa de Desarrollo Rural que tenía como fin proteger la fauna esteparia de zonas ZEPA (Zonas de Especial Protección para Aves) y LIC (Lugar de Importancia Comunitaria) en los años 2007-2013 y la incluye de nuevo en el borrador del Plan de Desarrollo Rural 2015-2020. Teruel fue una las zonas en las que esta medida tuvo una mayor acogida, aumentando la superficie de este cultivo.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) conocer el manejo del cultivo, 2) saber los posibles beneficios que aporta este cultivo una vez introducido en las rotaciones y 3) averiguar la posible problemática de las malas hierbas en el cultivo posterior.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este trabajo se realizaron encuestas telefónicas a un total de 22 productores de esparceta en la zona de Calamocha (Teruel) durante los años 2011 a 2013. Las encuestas estaban formadas por 20 preguntas que hacían referencia al manejo del cultivo, pudiendo separase en tres grandes bloques: labores previas y siembra, aprovechamiento del cultivo y, por último, sanidad del cultivo, abonado y rotaciones. Los

resultados se introdujeron en una base de datos Access y se calcularon los porcentajes de las respuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las encuestas realizadas a los agricultores de esparceta de la zona de Calamocha fueron los siguientes:

Labores previas y siembra

Las labores previas a la siembra de la esparceta son comunes a casi todos los agricultores, exceptuando a dos agricultores que practican siembra directa. Generalmente se realiza un pase de vertedera seguido de cultivador (43%). Además, cerca del 30% de los entrevistados realiza un pase de rulo. Este apero se utiliza para favorecer el contacto de la semilla con el suelo después de la siembra, para mantener la humedad en la zona de la cama por más tiempo y para facilitar la siega en terrenos pedregosos.

La maquinaria empleada para la siembra de la esparceta suele ser la sembradora de cereal (70%), el resto utiliza para este fin la abonadora. Posteriormente la esparceta se entierra con un pase somero de cultivador seguido de rodillo o rulo. En un 14% de los casos se siembra mezclada con cereal siendo cebada en su mayoría, pero a veces avena o trigo. En estos casos, la esparceta queda establecida en el restrojo, tras la cosecha del cereal.

La procedencia del material de siembra puede ser de campos propios (41%) con una elevada densidad de cultivo y un escaso porcentaje de malas hierbas. En un 18% de los casos se trata de semilla comprada tanto a agricultores de la zona (40%) como a cooperativas. Un 41% de los entrevistados combina ambas procedencias. La semilla certificada sólo se emplea en un 15% de los casos.

La densidad de siembra es muy variable, oscila entre 35 y 250 kg/ha, aunque los agricultores coinciden en que cuanto mayor sea, mejor se evitará la competencia de malas hierbas, consiguiendo que el cultivo resista más años. Como datos más relevantes, cabe señalar, que un 27% no supo qué densidad de siembra empleó, que la mitad de los agricultores usa una densidad de siembra de entre 50 a 150 kg/ha y que un 18% emplea más de 150 kg/ha.

La época de siembra puede ser en primavera (febrero a mayo) o en otoño (septiembre a enero). Cerca del 70% de los encuestados sólo siembra en primavera y, el resto, lo hace depender de si combina la

siembra con cereal (43%) o si únicamente tiene en cuenta las limitaciones climatológicas.

Se considera que esta especie se ha cultivado de manera tradicional en la zona, ya que el 82% de los agricultores tiene este cultivo integrado en las rotaciones desde hace más de 15 años, llegando incluso desde hace más de 30 años. Solo en un 18% de los encuestados afirma que lo ha empezado a cultivar recientemente gracias al apoyo de las medidas agroambientales.

La mitad de los entrevistados considera que este cultivo se desarrolla adecuadamente en cualquier tipo de suelo pero que se obtienen mejores resultados en suelos franco-arcillosos y con pedregosidad baja. Por ello, el tipo de suelo es determinante para la mitad de los entrevistados a la hora de elegir la parcela en la que sembrarán esparceta. A partes iguales, la rotación y la infestación de malas hierbas en la parcela son los principales condicionantes para elegir la parcela a sembrar. La persistencia del cultivo en campo es de 2 a 5 años siendo lo óptimo mantener el cultivo entre 3 y 4 años (lo que realiza el 70% de los encuestados).

Aprovechamiento

Cerca del 60% de los productores combina la actividad agrícola con la ganadería ovina, facilitando así el aprovechamiento de la producción. La siega del primer año es una práctica habitual poco común llegando al 23% si se presentan las condiciones óptimas de lluvias y se ha sembrado en otoño, ya que el cultivo habrá podido desarrollarse.

Las dos vías de aprovechamiento más comunes son a través de la siega (27%) o del pastoreo (5%), siendo la combinación de estas dos actividades lo más habitual (68%). La elección dependerá de la disponibilidad de ganado. Si hay excesiva producción para el pastoreo, se segará y se almacenará el heno en forma de pacas.

El producto de la siega es destinado, tras empacarse, a partes iguales para consumo propio, en caso de ser ganadero, o para la venta. En más del 80% de los casos la época de siega tiene lugar entre junio y julio. Afortunadamente, las medidas agroambientales permiten el aprovechamiento en estos meses, ya que se considera que las aves esteparias han finalizado su período de anidamiento en mayo. Un 13% también siega en agosto o septiembre si ha llovido copiosamente y el cultivo ha tenido un buen desarrollo, lo que suele ocurrir sólo de forma excepcional.

El pastoreo por parte del ganado del propietario suele ser lo más común (más del 80% de los casos). En el resto de los encuestados, el pasto fresco es aprovechado por ganaderos externos. Es habitual permitir

pastar al ganado en otoño-invierno debido a que este cultivo permanece verde cuando la mayoría de pastos están secos. Si no se siega también se pastorea en primavera-verano.

Sanidad del cultivo, abonado y rotaciones

El control químico de las malas hierbas es poco común (14%) y es realizado por los agricultores que realizan siembra directa. El herbicida se aplica en la parada invernal (enero a marzo) contra dicotiledóneas utilizando glifosato y/o un antigramíneas como propaquizafop o fluazifop-p-butil. En el caso de emplear glifosato se ha observado en ocasiones cierto retraso en el rebrote pero los agricultores afirman que no supone un problema para el cultivo. Es llamativo que la mayoría de encuestados consideran que la esparceta es un cultivo que reduce la presencia de malas hierbas en los cultivos siguientes. Especies nocivas en el cereal como *Lolium rigidum* o *Papaver rhoeas* posiblemente reduzcan su banco de semillas debido a las siegas o al pastoreo en verano, ya que la producción de semilla por parte de las malas hierbas se ve disminuida año tras año. El banco de semillas posiblemente se reduzca con las emergencias pero se incrementa con nuevas semillas. Por ello, los agricultores afirman que incluso llegan a no necesitar los tratamientos herbicidas en el cultivo posterior. Los tratamientos fitosanitarios para plagas y enfermedades no son necesarios.

Gracias a que la esparceta es una leguminosa las aplicaciones de fertilizante no son una práctica común (realizada sólo por el 5% de los encuestados). Además, el enterrado de los restos de cultivo con vertedera una vez terminado el ciclo es una práctica generalizada.

El barbecho es parte de la rotación en la zona en la mitad de los casos pero sólo un 18% de los encuestados lo practica si no ha habido esparceta en la parcela. En cuanto al resto de cultivos sembrados, el 41% de los encuestados rota la esparceta sólo con diferentes especies de cereal, figurando la cebada en el 100% de los planes de rotación. El resto de agricultores alterna la siembra de esparceta con la de otros cultivos como girasol, alfalfa, guisante, centeno y avena, entre otros.

En el 95% de los casos el agricultor considera que de la esparceta es beneficioso para el conjunto de la rotación. Sólo en un caso se afirmó no haber notado diferencias debido a que aún no había finalizado el primer ciclo de este cultivo. El principal beneficio que los agricultores observan radica en el aumento de cosecha en el cultivo sembrado una vez terminado la esparceta su ciclo, que es generalmente cebada. Este aumento se produce debido a la fijación de nitrógeno realizada por las leguminosas y, posiblemente, por el impacto positivo que tiene la rotación de cultivos sobre el conjunto de microorganismos y estructura del suelo ya

que el sistema radicular ahueca la tierra, aportando mayor oxigenación y menor compactación del suelo. En algunos casos, los agricultores incluso aprecian el aumento de cosecha en los dos años posteriores.

CONCLUSIONES

A partir de estas encuestas se puede concluir que la esparceta es una buena alternativa en las rotaciones de secanos frescos con elevada producción y que puede sustituir al barbecho aportando un efecto regenerador de la fertilidad que se traduce en una cosecha más abundante el cereal sembrado tras ella. Además, este cultivo tiene un papel limpiador de malas hierbas importante ya que uno de los criterios de elección de parcela para ser sembrada con esparceta es que haya infestación grave de malas hierbas y así prescindir de los tratamientos herbicidas del primer año de cereal tras esparceta. Probablemente esto es debido a la labor de vertedera que se realiza al finalizar el ciclo y, sobre todo, a la reducción del banco de semillas por la siega y el pastoreo que tienen lugar antes de la producción de semilla.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado con el proyecto AGL-2010-22084-C02-02 del Ministerio de Ciencia e Innovación. Queremos agradecer a todos los agricultores que han colaborado en este trabajo. Agradecemos a los conductores y a Rosario Gurucharri del Dep. de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente su amable disposición y colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

DELGADO I, ANDRÉS C, SIN E & OCHA MJ (2005) Colaboraciones Técnicas. Estado actual del cultivo de la esparceta (*Onobrychis viciifolia* scop.) en España. *Agricultura* 871**,** 146-149.

DELGADO I, MUÑOZ F, DEMDOUM S, BUIL I & SALVADOR C (2008) La esparceta o pipirigallo. *Informaciones Técnicas*. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 201.

RESPUESTA DE LOS CULTIVOS Y LA VEGETACIÓN ARVENSE A LA REDUCCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN Y AL TIPO DE LABOREO EN SISTEMAS CEREALISTAS DE SECANO

Navarrete L.[1]*, Sánchez M.J.[1], Alarcón R.[1], Hernanz J.L.[2], Sánchez-Girón V.[3]

[1]*Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, Apdo. 127, 28800 Alcalá de Henares (Madrid), España.*

[2]*Departamento de Termodinámica y Motores, ETSI Montes, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España.*

[3]*Departamento de Ingeniería Rural, ETSI Agrónomos, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España.*

**luis.navarrete@madrid.org*

Resumen: Se muestran diversos resultados obtenidos durante 2013 y 2014, en un monocultivo de trigo (E1, 32 años) y una rotación de trigo-guisante proteaginoso (E3, 13 años), con dos niveles de fertilización: tradicional y reducida un 50%, bajo laboreo convencional (LC), mínimo (LM) y siembra directa (SD). La nascencia de los cultivos no resultó afectada por el laboreo ni la fertilización, salvo en guisante (LC, 2013). Los rendimientos de trigo fueron siempre mayores en SD, y bajo fertilización reducida en 2014 (E3). Entre las arvenses principales, *Chenopodium album*, *Amaranthus blitoides* y *Polygonum aviculare*, fueron más abundantes en LC o LM. *Descurainia sophia* y *Papaver rhoeas* lo fueron en SD y *Anacyclus clavatus* en LM. La mayor densidad de arvenses se registró en SD y tan solo *Lactuca serriola* resultó afectada por el nivel de fertilización.

Palabras clave: Abundancia relativa, monocultivo, nascencia, rotación de cultivos, siembra directa.

Summary: ***Crop and weed response to reduced fertilization and tillage system in rainfed cereal crops***. This work shows different results obtained in 2013 and 2014 growing seasons in a wheat monoculture field experiment (E1) lasting 32 years, and in a wheat-pea rotation field experiment (E2) lasting 13 years. Two levels of nitrogen fertilization were considered, traditional and reduced (rates were reduced by 50%),

in three different tillage systems: conventional tillage (LC), minimum tillage (LM) and no-tillage (SD). Seedling emergence was not affected by tillage and fertilizer rates except in the pea crop in LC in 2013. Wheat yields peaked in 2014 in SD with reduced fertilization. Considering the weed flora, main species such as *Chenopodium album*, *Amaranthus blitoides* and *Polygonum aviculare* were more abundant in LC and LM. However, *Papaver rhoeas* and *Descurainia sophi*a were more abundant in SD, and *Anacyclus clavatus* in LM. The highest weed density was observed in SD and just *Lactuca serriola* was the only weed species affected by the level of fertilization.

Keywords: Relative abundance, monoculture, seedling emergence, crop rotation, no-tillage.

INTRODUCCIÓN

En general, bajo condiciones de secano, la respuesta de los cultivos (cereales y leguminosas) a los fertilizantes sintéticos no es muy consistente, no observándose incrementos apreciables en los rendimientos, especialmente en sistemas bajo rotación y donde los residuos de cosecha se mantienen en el terreno (Pardo et al., 2009). Tampoco parece existir una clara respuesta de la vegetación arvense a la fertilización, pues mientras la abundancia de algunas especies se incrementa, la de otras disminuye o no resulta significativamente afectada (Keneževič et al., 2007). Por otra parte, los costes de producción no se ven, a menudo, compensados por las ganancias, debido al encarecimiento de los insumos, principalmente los derivados del petróleo como el gasóleo y los fertilizantes químicos. En consecuencia, los agricultores han recurrido a la utilización de diversas alternativas para rebajar los costes de producción, como la reducción del laboreo, cuyos efectos han sido objeto de estudio por parte de numerosos autores (Derksen et al., 1995; Blackshaw et al., 2001; Shresta et al., 2002; Dorado & López-Fando, 2006) o la reducción de las dosis de fertilización (Navarrete et al., 2013; Hassannejad & Porheidar Ghafarbi, 2014). El objetivo del presente trabajo es mostrar la respuesta de algunas variables de los cultivos y las arvenses, al tipo de laboreo y a la reducción de la fertilización, en 2 ensayos de campo de media y larga duración, durante las campañas 2013 y 2014.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo que se presenta se enmarca en dos ensayos de campo de larga y media duración, denominados E1 y E3, iniciados en 1983 y 2002, respectivamente, y ubicados en la finca El Encín, perteneciente al Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario

(IMIDRA, Alcalá de Henares, Madrid), y que se mantienen en la actualidad. En ambos ensayos se vienen comparando 3 sistemas de laboreo: convencional, con vertedera (LC); mínimo, con chisel o cultivador (LM) y siembra directa (SD), tanto en un monocultivo de cereal (E1), como en una rotación cereal-leguminosa para grano (E3). El diseño experimental es de bloques al azar con 4 repeticiones y parcelas divididas, considerando como tratamiento principal el sistema de laboreo y como subtratamiento el nivel de fertilización [convencional (Fc) y reducida (Fr) en un 50%]. Los cultivos utilizados fueron: en 2013, en E1, trigo de invierno cultivar *Avelino* (44 g 1000 semillas^{-1}), sembrado el 12 de diciembre, a una densidad de 425 semillas m^{-2}, equivalente a una dosis de 186 kg ha^{-1}; en E3, guisante cultivar *Corallo* (179 g 1000 semillas^{-1}), sembrado el 5 de diciembre, densidad: 85 semillas m^{-2}, dosis: 152 kg ha^{-1}. En 2014, en E1 y E3, trigo de invierno cultivar *Ovalo* (36 g 1000 semillas^{-1}), sembrado el 29 de noviembre, densidad: 500 semillas m^{-2}, dosis: 180 kg ha^{-1}. Las dosis tradicionales de abonado para trigo fueron: 80 kg ha^{-1} de N (30% en sementera y 70% en cobertera), 36 kg ha^{-1} de P_2O_5 y 54 kg ha^{-1} de K_2O; para guisante: 23 kg ha^{-1} de N, 47 de P_2O_5 y 70 de K_2O, todo en sementera. Para el control de las arvenses, en SD, se utilizó glifosato 36% en presiembra del cultivo (dosis: 0,72 kg i.a. ha^{-1}) y en el cultivo de trigo se utilizó la mezcla de bromoxinil 22%+MCPA 30% (0,59+0,81 kg i.a. ha^{-1}) para el control de las arvenses en postemergencia, en todos los sistemas de laboreo. El tamaño de las parcelas es de 330 y 480 m^2, para los ensayos E1 y E3, respectivamente. El suelo, de textura franca, 1% de M.O. y pH de 7,8. Las variables evaluadas en los cultivos fueron: nascencia (en 3 líneas de siembra de 50 cm parcela^{-1}); profundidad de siembra (medición del coleóptilo desde la semilla hasta la superficie del suelo) y rendimiento de grano (3 pases de microcosechadora, 1 central y 2 en diagonal, para el trigo y 3 líneas de 1 m para el guisante parcela^{-1}). De la vegetación arvense fue estimada la densidad mediante el recuento de los individuos de cada especie en 10 marcos de 0,1 m^2 parcela^{-1}. A partir de los datos de la densidad se ha estimado la abundancia relativa (Ar) siguiendo el modelo utilizado por Derksen et al. (1995), y calculado para cada especie como: Ar = ((Dre + Fre)/2)*100, siendo Dre y Fre la densidad y frecuencia relativas de cada especie, respectivamente. Los valores obtenidos fueron sometidos al análisis de la varianza, previa transformación por arcoseno en el caso de la Ar. La separación de medias fue realizada mediante el test de rango múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La nascencia del trigo osciló entre 256 plantas m^{-2} en E1 (2013) y 357 en E3 (2014), no registrándose diferencias significativas entre sistemas de laboreo, ni entre niveles de fertilización. Por el contrario, la nascencia

del guisante (E3, 2013) resultó mayor en el LC que en el LM y la SD, situación que viene registrándose frecuentemente en estos ensayos, en el cultivo de leguminosas (Navarrete et al., 2013). En este cultivo el nivel de fertilización sí afectó a la nascencia, siendo mayor cuando se utilizó la dosis reducida de fertilizante (Figura 1). La profundidad de siembra, en ambos cultivos, osciló entre 3 y 5,7 cm (datos no mostrados), resultando siempre menor en la SD, y no viéndose, en ningún caso, afectada por el nivel de fertilización.

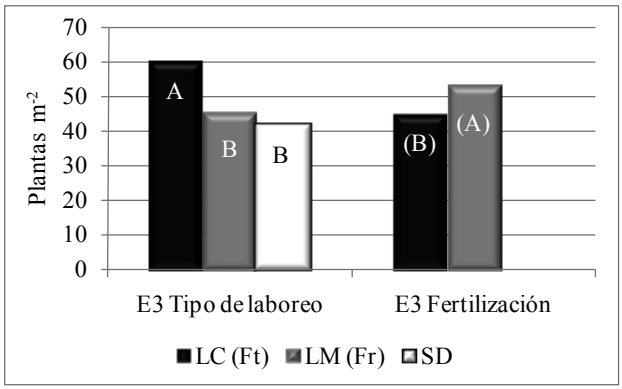

Figura 1. Nascencia de guisante en función del sistema de laboreo (LC, LM, SD: convencional, mínimo, siembra directa) y nivel de fertilización (Ft: tradicional; Fr: reducida) Letras distintas indican diferencias significativas (P ≤ 0,05, test de Duncan).

Los rendimientos de trigo variaron ampliamente con la campaña agrícola: en 2013 oscilaron entre 2175 y 2900 kg ha^{-1} (Figura 2a). En 2014, la elevada temperatura y la baja pluviometría registradas durante la floración del trigo, resultaron en una de las peores campañas de la última década, tanto en el monocultivo como en la rotación, obteniéndose, en esta última, un rendimiento promedio inferior (22%) a los registrados en el monocultivo (Figura 2b). Estos resultados están en contradicción, tanto con los obtenidos por otros autores (Lacasta et al., 2007) como por nosotros en campañas anteriores (Navarrete et al., 2013). Hay que resaltar que, en ambas campañas, los rendimientos de trigo siempre resultaron significativamente mayores en la SD (Figuras 2a y 2b). En dicho cultivo, los rendimientos no se vieron afectados por el nivel de fertilización, salvo en 2014, con la fertilización reducida bajo rotación (E3) (Figura 2b), en coincidencia con los estudios de Pardo et al. (2009). En el cultivo de guisante (E3, 2013), la mayor densidad de plantas nacidas en el LC pudo condicionar que, a diferencia del trigo, el rendimiento resultara significativamente mayor en dicho sistema que en la SD, no mostrando respuesta diferencial en el LM (Figura 2a).

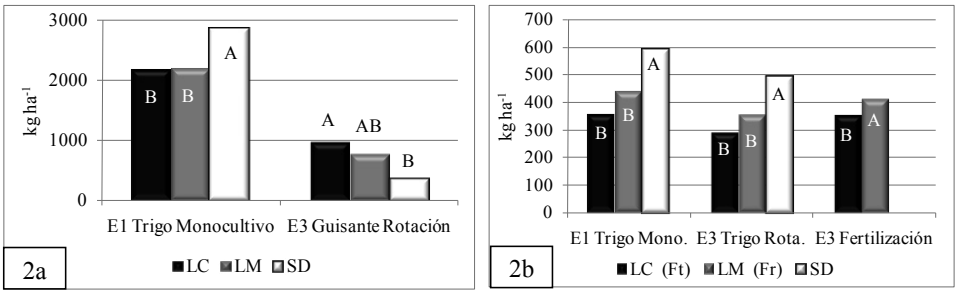

Figura 2. Rendimiento de los cultivos en función del sistema de laboreo y nivel de fertilización. En cada ensayo, letras distintas indican diferencias significativas (P ≤ 0,05, test de Duncan. 2a) Campaña 2013; 2b) Campaña 2014.

En cuanto a la vegetación arvense (ensayo E3), el total de especies censadas en las dos campañas fue de 31; 26 en el cultivo de guisante (2013) y 25 en el de trigo (2014). Las especies principales, aquellas con una abundancia superior al 1%, en al menos la mitad de los sistemas de laboreo comparados, fueron 15. De ellas, 6 ofrecieron respuesta diferencial (P<0,05) al sistema de laboreo: *Amaranthus blitoides* S. Watson., *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers., *Chenopodium album* L., *Descurainia sophia* (L.) Webb. Ex Prantl., *Papaver rhoeas* L. y *Polygonum aviculare* L. En 2013, con guisante, *Ch. album* y *P. aviculare* resultaron significativamente más abundantes en los sistemas donde se labraba, LC y LM, que en la SD. Estos resultados vienen coincidiendo con los de diferentes autores, Shresta et al. (2002) indican mayor abundancia de *Ch. album* en LC que en SD, en cultivos de leguminosas en Canadá, y también coinciden con los de Dorado & López-Fando (2006), más abundancia de *P. aviculare* en el LC que en la SD, en una rotación de guisante y cebada, en La Higueruela (Toledo). En nuestro ensayo, también *A. blitoides* resultó más abundante en el LC que en la SD, a diferencia de lo reportado por Shresta et al. (2002), más abundante en la SD, sin embargo no mostró respuesta diferencial en el LM (Figura 3a). Por el contrario, *D. sophia* fue más abundante en la SD que en el LC, en discordancia con Blackshaw et al. (2001) sobre el comportamiento de esta arvense, a la que asocian al LC. En 2014, con trigo, *P. aviculare* se comportó de la misma manera que en 2013 y *A. clavatus* resultó más abundante en el LM que en el LC y la SD. Por el contrario, *P. rhoeas* fue más abundante en la SD que en el LC y el LM (Figura 3b), nuevamente en coincidencia con lo indicado por Dorado & López-Fando (2006). En cuanto al nivel de fertilización, la única arvense que ofreció respuesta diferencial fue *Lactuca serriola* L., resultando más abundante cuando se utilizó la dosis reducida en 2014 con trigo (dato no mostrado), en coincidencia con Hassannejad & Porheidar Ghafarbi (2014), que indican que esta arvense no resultó positivamente correlacionada con los niveles

de NPK en terrenos cultivados con trigo en el noroeste de Irán. En cuanto al conjunto de la vegetación arvense, en ambas campañas, la densidad total resultó significativamente afectada por el sistema de laboreo, como indican Keneževič et al. (2007), siendo mayor en la SD que en el LC y el LM (Figura 4). Por el contrario, el nivel de fertilización no afectó a la densidad total de las arvenses.

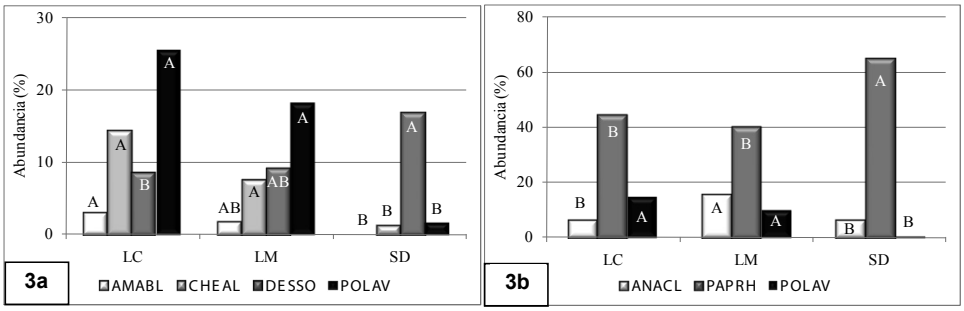

Figura 3. Abundancia de arvenses con respuesta diferencial al sistema de laboreo. Para cada especie, letras distintas indican diferencias significativas (P ≤ 0,05, test de Duncan). 3a) Campaña 2013; 3b) Campaña 2014.

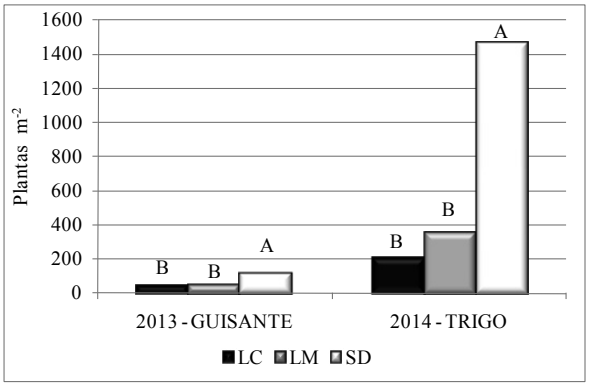

Figura 4. Densidad total de arvenses en función del sistema de laboreo. En cada campaña-cultivo, letras distintas indican diferencias significativas (P ≤ 0,05, test de Duncan).

En resumen, tanto los rendimientos de los cultivos como la abundancia de las arvenses principales, resultaron más afectados por el sistema de laboreo que por el nivel de fertilización. Así, el trigo resultó favorecido en la SD y el guisante, en el LC. Entre las arvenses, *Ch. album*, *A. blitoides*, *P. aviculare*, *D. sophia*, *P. rhoeas* y *A. clavatus*, ofrecieron respuesta diferencial al sistema de laboreo, y tan solo *L. serriola* lo hizo a la fertilización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Economía y Competitividad y al IMIDRA por la financiación y ayuda prestada para el desarrollo del proyecto de investigación AGL2012-39929-C03-01, así como a los técnicos Andrés Bermejo y Noelia Rodríguez por su inestimable ayuda en el mantenimiento y desarrollo de estos ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

BLACKSHAW RE, LARNEY FJ, LINDWALL CW, WATSON PR & DERKSEN DA (2001) Tillage intensity and crop rotation affect weed community dynamics in a winter wheat cropping system. *Canadian Journal of Plant Science* 81, 805-813.

DERKSEN DA, THOMAS AG, LAFOND GP, LOEPPKY HA & SWANTON CJ (1995) Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Research* 35, 311-320.

DORADO J & LÓPEZ-FANDO C (2006) The effect of tillage system and use of a paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain. *Weed Research* 46, 424-431.

HASSANNEJAD S & PORHEIDAR GHAFARBI S (2014) Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on weed species distribution in wheat fields of Tabriz county. *International Journal of Scientific Research in Knowledge* 2 (Special Issue), 009-014.

KENEŽEVIĆ M, STIPEŠEVIĆ B, KENEŽEVIĆ I & LONČARIĆ Z (2007) Weed populations of winter wheat as affected by tillage and nitrogen. *Ekológia (Bratislava)* 26, 190-200.

LACASTA C, ESTALRICH E, MECO R & BENÍTEZ M (2007) Interacción de densidades de siembra de cebada y rotaciones de cultivo sobre el control de la flora arvense y el rendimiento del cultivo. En: *Proceedings 2007 XI Congreso SEMh. La Malherbología en los nuevos sistemas de producción agraria*. (eds MANSILLA J, ARTIAGO A & MONREAL JA) (7-9 Noviembre, Albacete, España) 191-196. SEMh-UCLM, Albacete, España.

NAVARRETE L, SÁNCHEZ MJ, ALARCÓN R, HERNÁNZ JL & SÁNCHEZ-GIRÓN V (2013) Datos preliminares sobre la reducción de la fertilización mineral en sistemas cerealistas de secano bajo diferentes sistemas de laboreo. En: *Proceedings 2013 XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (eds OSCA JM, GOMEZ DE BARREDA D, CASTELL V

& PASCUAL N) (5-7 Noviembre, Valencia, España) 179-183. Universitat Politècnica de València, España.

PARDO G, CAVERO J, AIBAR J & ZARAGOZA C (2009) Nutrient evolution in soil and cereal yield under different fertilization type in dryland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 84, 267-279.

SHRESTA A, KENEŽEVIĆ SZ, ROY RC, BALL-COELHO BR & SWANTON CJ (2002) Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research* 42, 76-87.

COMPACTACIÓN PRODUCIDA POR LAS LABORES DE PREPARACIÓN DEL LECHO DE SIEMBRA: SU EFECTO SOBRE LA EMERGENCIA DE MALAS HIERBAS EN UN CULTIVO DE CEBADA

Núñez S., San-Martín C., Campos D., Martín J.M., Fernández-Quintanilla C., Dorado J.*

Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC), Serrano 115B, 28006 Madrid, España.

**jose.dorado@csic.es*

Resumen: El objetivo principal de este trabajo fue evaluar los efectos de la compactación producida por la frecuencia de pases y el tipo de apero utilizado en la siembra del cereal, sobre la emergencia de las malas hierbas. Se utilizó un diseño en parcelas subdivididas con 4 repeticiones, con la labor primaria (fresa vs. cultivador) en parcelas principales y el pase de rulo (liso vs. pratenses) en subparcelas. Se tomaron datos de malas hierbas (densidad, biomasa) y de propiedades físicas del suelo (compactación, densidad aparente). Los resultados no han mostrado diferencias debidas a la labor primaria en ninguna de las variables analizadas, pero sí en función del tipo y frecuencia de pases de rulo, observándose menor densidad y biomasa de malas hierbas cuanto mayor era el número de pases de rulo, especialmente el liso, coincidiendo con los suelos más compactados. Sin embargo, parece existir un límite en el cual dejan de producirse efectos significativos debido a una sobrecompactación (e.g. doble pase de rulo y zona de rodada).

Palabras clave: Propiedades del suelo, operaciones primarias, tratamientos postsiembra, rodada del tractor.

Summary: ***Compaction caused by soil tillage and seedbed preparation: effects on weed emergence in a barley crop.*** The main objective of this work was to evaluate the effects of the compaction produced by the frequency of passes and the type of implement used in seedbed preparation, on weed emergence. A split-plot design with 4 replications was used, with the primary tillage (cultivator vs. rotary tiller) in main plots and rolling (flat roller vs. Cambridge roller) in subplots. Weeds data (density, biomass) and soil physical properties (compaction, bulk density) were assessed. The results showed no differences due to the primary tillage in any of the analyzed variables. However, the type

and frequency of roller passes resulted in significant differences in weed abundance, with lower weed density and biomass when the number of roller passes was greater(especially flat roller), which coincided with the higher compaction. However, it seems to be a limit at which significant effects no longer occur due to an overcompaction (e.g. double roller pass and tractor wheel traffic).

Keywords: Compaction, primary operations, post-planting treatments, tractor track, weeds.

INTRODUCCIÓN

La compactación del suelo que ocurre durante la preparación del lecho de siembra está relacionada con los aperos utilizados y la huella provocada por la rodada del tractor (Soane et al., 1982). Este estado de compactación afecta directamente a las propiedades físicas del suelo tales como el contenido de humedad, densidad aparente y temperatura (Dorado, 1995), y con ello, a la germinación de la flora arvense. Una compactación moderada del suelo permite un movimiento más rápido del agua hacia las semillas, mejorando el contacto con las mismas (Raghavan & McKyes, 1978; Voorhees, 1979; Soane et al., 1982; Liebig et al., 1993). Por otro lado, la aireación que hace posible la oxigenación en torno a las semillas, dependerá de la cantidad de poros en el suelo y de su tamaño, de la mayor o menor ocupación de los mismos por agua, de la presencia de estratos de diferente naturaleza y de capas impermeables o suelas de labor (Márquez, 2004).

Otro de los factores importantes que pueden potencialmente modificar la distribución de las malas hierbas en el campo, es la compactación generada por la rodada del tractor en el momento de realizar las distintas operaciones de cultivo (Longchamps et al., 2012). Pudiera parecer que el efecto de la rodada quedaría limitado a una pequeña parte del campo de cultivo. La realidad no es ésta, ya que del 30 al 80% de la superficie del campo es transitada por lo menos una vez al año por los vehículos agrícolas, llegando a soportar en algunas zonas del campo entre 3 y 9 veces este efecto. En cualquier caso la zona de rodada, supera entre 0,05 y 0,20 g/cm^3 el límite superior óptimo de densidad aparente y existe un efecto acumulativo que tarda años en desaparecer (Márquez, 2004). Existen referencias bibliográficas que afirman que la compactación del suelo, originada por la rodada del tractor, no ha supuesto un impedimento físico para la emergencia, sino que altera las condiciones micro-ambientales del suelo de tal forma que estimulan la germinación y emergencia de malas hierbas (Jurik & Zhang, 1999).

El objetivo de este estudio fue relacionar la compactación producida por la frecuencia de pases y el tipo de apero, con la emergencia de malas hierbas en un cultivo de cebada de invierno, diferenciando además las zonas con rodada y sin rodada ocasionadas por el tractor.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca experimental del CSIC "La Poveda" (Arganda del Rey, Madrid), en una parcela que durante los últimos 4 años se había sembrado de cebada. Durante este experimento, no se realizó ningún tipo de tratamiento químico. La parcela experimental de 90 m × 30 m se diseñó en parcelas subdivididas con 4 repeticiones (bloques), con la *labor preparatoria* (fresa *vs.* cultivador) como tratamiento principal y el *pase de rulo* (liso *vs.* pratenses) en postsiembra como tratamiento secundario (Tabla 1).

Tabla 1. Diseño experimental en parcelas subdivididas.

Labor preparatoria	Labor postsiembra 1	Labor postsiembra 2	Nº pases tractor
Cultivador	ninguna	ninguna	2
	rulo pratenses	ninguna	3
	rulo liso	ninguna	3
	rulo pratenses	rulo pratenses	4
	rulo liso	rulo liso	4
Fresa	ninguna	ninguna	2
	rulo pratenses	ninguna	3
	rulo liso	ninguna	3
	rulo pratenses	rulo pratenses	4
	rulo liso	rulo liso	4

Cada bloque (15 m × 30 m) se dividió en 2 grupos, cada uno de ellos dedicado a una labor preparatoria, que a su vez se dividieron en 5 subparcelas (15 m × 3 m, esta última dimensión coincidiendo con el ancho de los aperos), para estudiar la frecuencia de labores en postsiembra (uno o dos pases). Adicionalmente, se tomaron los datos en dos zonas diferenciadas de cada subparcela, separando la rodada del tractor del suelo sin rodada. En la Tabla 1 se detalla el número de pases totales en cada tratamiento.

La evaluación de las malas hierbas (densidad de cada especie y biomasa total) se llevó a cabo en abril, utilizando en cada uno de los tratamientos dentro de cada bloque 3 marcos de 0,2 m^2 tanto en la rodada como en la zona de no rodada. Además, se registraron datos sobre las características físicas del suelo (compactación, densidad aparente y humedad). Los análisis estadísticos se realizaron con un Modelo Lineal General mixto

en SPSS versión 22.0 (SPSS, 2013), utilizando el test no paramétrico de Mann-Whitney para el contraste de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados no han mostrado diferencias significativas en las valoraciones de malas hierbas debidas a la labor primaria, es decir fresa *vs.* cultivador (datos no mostrados), pero sí en función del tipo y frecuencia de pases de rulo en postsiembra, observándose mayor densidad de plantas y biomasa total de malas hierbas cuando no se utilizó rulo y cuando se utilizó el rulo de pratenses, disminuyendo la incidencia de malas hierbas con el rulo liso y a medida que aumentaba la frecuencia de pases de rulo, independientemente del tipo de rulo (Figura 1 izquierda). Estos datos están relacionados con el grado de compactación del suelo, al coincidir la menor abundancia y producción de biomasa en parcelas con doble paso de rulo con los suelos más compactados (Figura 1 derecha).

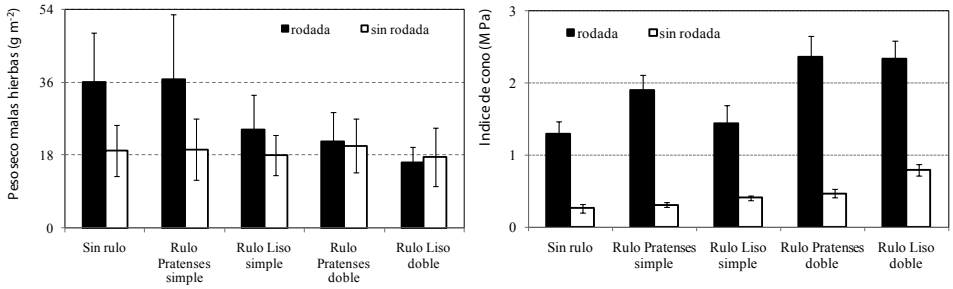

Figura 1. Izquierda) biomasa total de malas hierbas, y derecha) compactación del suelo (Índice de cono) a 3 cm de profundidad, en parcelas con diferente tipo y frecuencia de pases de rulo en postsiembra de cultivo de cebada. Las barras de error indican la desviación estándar de las medias.

Sin embargo, no parece existir una relación lineal entre el nivel de compactación y la abundancia de malas hierbas. En suelos con un nivel bajo o moderado de compactación (i.e. ningún o un solo pase de rulo), es evidente el efecto de la compactación adicional que produce en el suelo la rodada del tractor, ocasionando un incremento de malas hierbas (Figuras 1 y 2). Por el contrario, en suelos sobrecompactados (i.e. doble paso de rulo), no se observaron efectos significativos sobre las malas hierbas debidos a la rodada (Figuras 1 y 3).

En relación a las especies arvenses mayoritarias (*Anagallis arvensis* L., *Chenopodium album* L., *Lolium rigidum* Gaudin, *Papaver rhoeas* L. y *Polygonum aviculare* L.), todas ellas han mostrado el mismo comportamiento, registrándose los valores más altos de densidad y biomasa en parcelas donde solo se dio un pase de rulo respecto de aquellas con doble pase.

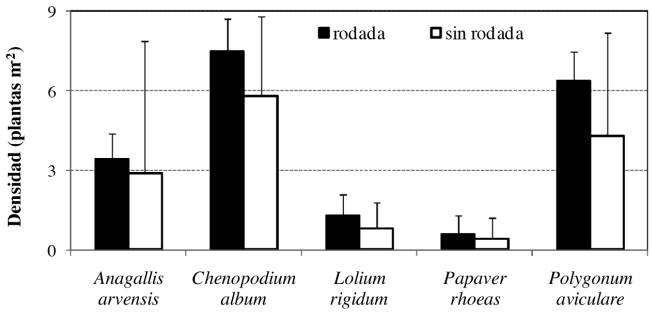

Figura 2. Densidad de las especies mayoritarias en la zona de rodada y fuera de ella. Las barras de error indican la desviación estándar de las medias.

La Figura 3 muestra los datos de densidad de *C. album*, la especie más abundante del estudio, sobre todo en tratamientos cuya labor primaria se realizó con cultivador (dato no mostrado) y la labor segundaria con un solo paso de rulo, independientemente que fuera liso o de pratenses. Una sobrecompactación del suelo, observada de forma particular en parcelas con doble pase de rulo y zona de rodada, pudo limitar la cantidad de oxígeno y dióxido de carbono necesarios para llevar a cabo los procesos metabólicos durante la germinación (Dexter, 1988). La baja disponibilidad gaseosa es provocada, en general, por la sobredisponibilidad de agua en el medio y por la baja solubilidad de los gases al aumentar la temperatura y disminuir el tamaño de los poros (Boyd & Van Acker, 2004). En este sentido, Kaspar y Parkin (2011) encontraron un menor flujo de CO_2 en zonas afectadas por la rueda de la maquinaria. Por otro lado, la sobrecompactación puede producir un aumento de fuerzas mecánicas que impidan la emergencia de la plántula.

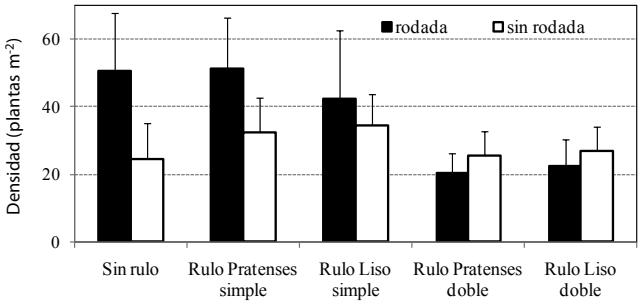

Figura 3. Densidad de plantas de *Chenopodium album* en parcelas con diferente tipo y frecuencia de pases de rulo en postsiembra. Las barras de error indican la desviación estándar de las medias.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, la labor primaria (cultivador *vs.* fresa) no produjo diferencias en la emergencia de las malas hierbas en un cultivo de cebada. Si se observaron diferencias en función del tipo y frecuencia de pases de rulo, disminuyendo la densidad de malas hierbas al incrementar el número de pases de rulo, especialmente el liso, coincidiendo con suelos más compactados. Sin embargo parece existir un límite en el cual la disminución de la densidad de malas hierbas deja de producirse por efecto de la compactación debido a las labores. En nuestro caso, este límite se ha observado en las parcelas con doble pase de rulo y zona de rodada.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la CICyT a través del proyecto con referencia: AGL2014-52465-C4-1-R.

BIBLIOGRAFÍA

BOYD N & VAN ACKER R (2004) Seed and microsite limitations to emergence of four annual weed species. *Weed Science* 52, 571-577.

DEXTER AR (1988) Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research* 11, 199-238.

DORADO J (1995) *Influencia de los sistemas de manejo del suelo en la productividad y flora arvense presente en un cultivo tipo en ambientes semiáridos de la submeseta sur*. PhD tesis, Universidad Politécnica, Madrid, España.

JURIK TW & ZHANG S (1999) Tractor wheel traffic effects on weed emergence in Central Iowa. *Weed Technology* 13, 741-746.

KASPAR TC & PARKIN TB (2011) Soil carbon dioxide flux in response to wheel traffic in a no-till system. *Soil Science Society of America Journal* 75, 2296-2304.

LIEBIG MA, JONES AJ, MIELKE LN & DORAN JW (1993) Controlled wheel traffic effects on soil properties in ridge tillage. *Soil Science Society of the American Journal*, 57, 1061-1066.

LONGCHAMPS L, PANNETON B, SIMARD MJ & LEROUX GD (2012) Could weed sensing in corn interrows result in efficient weed control? *Weed Technology* 26, 649-656.

MÁRQUEZ L (2004) *Maquinaria Agrícola*, B&H ediciones, Madrid, España.

RAGHAVAN GSV & MCKYES E (1978) Effect of vehicular traffic on soil moisture content in corn (maize) plots. *Journal of Agricultural Engineering Research* 23, 429-439.

SOANE BD, DICKSON JW & CAMPBELL DJ (1982) Compaction by agricultural vehicles - a review. 3. Incidence and control of compaction in crop production. *Soil and Tillage Research* 2, 3-36.

SPSS (2013) *SPSS® v. 22.0 User's Guide*. *IBM SPSS Statistics for Windows*, Armonk, NY, USA.

VOORHEES W (1979) Soil tilth deterioration under row cropping in the northern Corn Belt: influence of tillage and wheel traffic. *Journal of Soil Water Conservation* 39, 184-186.

EL PROBLEMA DE *LEERSIA ORYZOIDES* EN LOS ARROZALES VALENCIANOS

Osca J.M.*, Segui J.V.

Departamento de Producción Vegetal,
Universitat Politècnica de València,
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.
**josca@upv.es*

Resumen: En el año 2013 se detectó la presencia de *Leersia oryzoides* en campos de arroz de la zona arrocera valenciana. El objetivo de este trabajo ha sido realizar un seguimiento de las parcelas de arroz en donde aparecieron en el año 2013 y detectar la presencia de esta especie en otros campos de arroz de la zona. Efectivamente se han identificado individuos de *Leersia oryzoides* en parcelas en las que no se tenía constancia previa de esta mala hierba, pasando de 4 parcelas en el año 2013 a 23 en 2014. En algunas parcelas los niveles de infestación han sido importantes, superiores a un 50% de recubrimiento, llegándose en algún caso a la destrucción total de cultivo y malas hierbas por parte de los propietarios, mediante tratamiento con glifosato, con el fin de controlar el problema.

Palabras clave: Arroz, arrocillo áspero, malas hierbas, distribución.

Summary: ***Leersia oryzoides* problem in the Valencian paddy fields.** In 2013 *Leersia oryzoides* was detected in rice fields in Valencia. The aim of this study was to track the rice paddies where Leersia was detected in 2013 and survey in 2014 for L. oryzoides presence in other rice fields in the area. The presence of *L. oryzoides* has been detected in plots with no previous evidence of the presence of this weed, passing from 4 plots in 2013 to 23 in 2014. In some plots the level of infestation level has been important, exceeding 50 % of coverage. In order to stop the problem, in some of those plots total destruction of the crop and weeds have been adopted using a glyphosate treatment by the owners.

Keywords: Rice, weeds, cutgrass, distribution, paddy fields.

INTRODUCCIÓN

Leersia oryzoides (L.) Swartz, es una planta de la familia de las Poáceas, que se desarrolla sobre suelos húmedos o saturados de agua. Se

trata de un geófito rizomatoso de desarrollo primaveral estival, cuya presencia está descrita en Europa en zonas húmedas en distintos países (Carretero, 1989). En la Península Ibérica, se sabe de su presencia en distintas zonas del este y sudoeste, si bien catalogada como especie rara (Carretero, 2004; Royo, 2006). En la zona de la Albufera de Valencia fue descrita por Mansanet (citado por Bolinches et al., 2014) pero no dentro de los arrozales.

L. oryzoides aparece como mala hierba del arroz en diferentes países y en España es conocida su presencia desde hace años en arrozales de la zona de Pals (Gerona) y Delta del Ebro. Además de los problemas de competencia con el cultivo, que como mala hierba puede ocasionar, un aspecto preocupante de la presencia de *L. oryzoides* en los arrozales es que esta planta es un conocido reservorio de BYDV (Virus del amarilleamiento enanizante de la cebada) y que puede pasar desde *Leersia* al arroz a través de pulgones, ocasionando que enferme el cultivo, llegando a causar importantes pérdidas de rendimiento. Así se ha visto en Italia (Osler, 1980) con esta virosis de los cereales a la que llaman en el arroz 'giallume' y que en Valencia era conocida como 'enrojat'. Esta enfermedad había prácticamente desaparecido del arrozal valenciano a finales de los años noventa, pero la presencia de potenciales hospedantes podría suponer una nueva amenaza al cultivo.

En la campaña arrocera de 2013, técnicos del servicio de Sanitat Vegetal de la Consellería de Agricultura de la Generalitat Valenciana localizaron una parcela de arroz en el término de Sollana en donde había aparecido una fuerte infestación de una gramínea que identificaron como *L. oryzoides* (Figura 1). Recorriendo la zona por ellos indicada, esa misma campaña localizamos otras 3 parcelas de arroz próximas con presencia de esta especie.

El objetivo de este trabajo ha sido realizar durante el año 2014 un seguimiento de las parcelas de arroz en donde se localizó *L. oryzoides* en el año 2013, así como detectar su presencia y posible expansión en otros campos de arroz de la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

A finales del mes de abril de 2014, antes de la inundación de los arrozales para realizar la siembra de arroz, se visitaron las parcelas en donde se había localizado a *L. oryzoides* en el año 2013, recorriendo los márgenes e interior de las mismas con el fin de localizar posibles brotaciones de *L. oryzoides.* También se inspeccionaron las parcelas adyacentes. De las parcelas inspeccionadas se tomaron muestras de suelo, con el fin de detectar semilla o propágulos de *Leersia* en el suelo, siguiendo el mismo

procedimiento realizado previamente para otras malas hierbas en el arrozal (Osca, Estellés & Lidón, 2011). Durante los meses de junio a septiembre, además de visitar regularmente las parcelas anteriormente indicadas, también se prospectaron, por indicación de los técnicos de Sanitat Vegetal, parcelas en las que se habían visto plantas de *Leersia*. Además, se inspeccionaron los campos próximos a los puntos en donde se localizaron nuevos focos y se realizaron recorridos sistemáticos por la zona, con el fin de localizar la presencia de la mala hierba. En las parcelas en donde se encontraron plantas, se tomaron las coordenadas y se registró el grado de infestación mediante una escala de 5 puntos: 1 planta aislada; 2 varias plantas (<1% superficie); 3 infestación media (1-5%); 4 infestación severa (5-25%) y 5 infestación muy severa (>25%) tal y como se había hecho en trabajos previos en la zona con *Leptochloa* sp.

Con los datos obtenidos se elaboraron mapas con la distribución de *L. oryzoides* en la zona utilizando para ello el programa Google Earth.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el año 2013 se habían localizado 4 parcelas con presencia de *L. oryzoides* en dos localizaciones próximas en el término de Sollana, que distaban 700 m entre ellos (Figuras 1 y 2 zonas A y B). De las muestras de suelo tomadas en estas parcelas, así como de parcelas adyacentes, no se consiguió identificar ni hacer geminar ninguna semilla en laboratorio. En el año 2014 alrededor de estos dos focos aparecieron plantas de *Leersia* en otras parcelas (Figura 1A), pasando de 4 a 11 las parcelas infestadas entre las zonas A y B.

En el año 2014 se localizaron otras 3 zonas, distantes de los focos iniciales, con parcelas infestadas (C, D y E en Figura 2), con niveles de infestación en la mayor parte de los casos de medios a severos (3-4) (Tabla 1) y que en conjunto suponen 12 parcelas más infestadas con *L. oryzoides*. Por tanto, en la campaña arrocera de 2014 se localizaron un total de 23 parcelas de arroz con presencia de *L. oryzoides*. Es de destacar el foco localizado en las proximidades de Sueca (Figura 2 D), tanto por el número de parcelas infestadas, como por el nivel de infestación de las mismas, lo que pude hacer pensar que las plantas ya estuvieran presentes en campañas anteriores pero que hubiesen pasado inadvertidas hasta el momento. *L. oryzoides* puede confundirse fácilmente antes del espigado con *Echinochloa* sp., pues su aspecto general es similar y hay que fijarse en detalles como presencia de pilosidad en nudos, lígula y tacto (aspereza de la planta) para diferenciarlas.

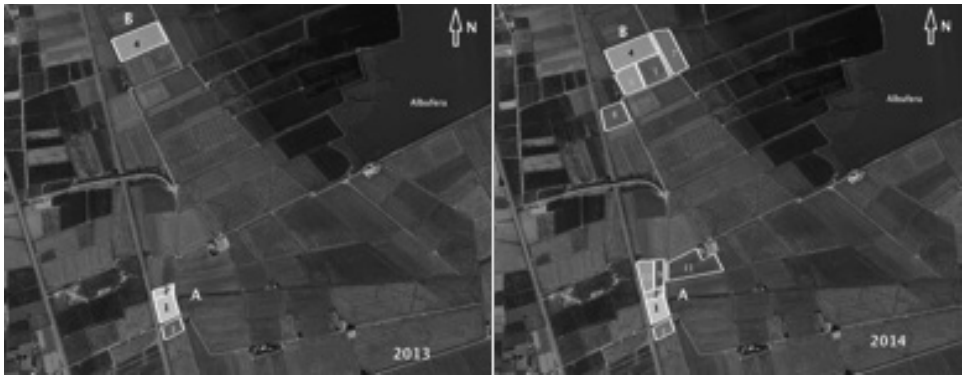

Figura 4. Zonas y parcelas en las que se detectó *Leersia oryzoides* en 2013 y parcelas infestadas en 2014 en la zona arrocera de Valencia. La primera parcela en la que se localizó fue la 1 de la zona A.

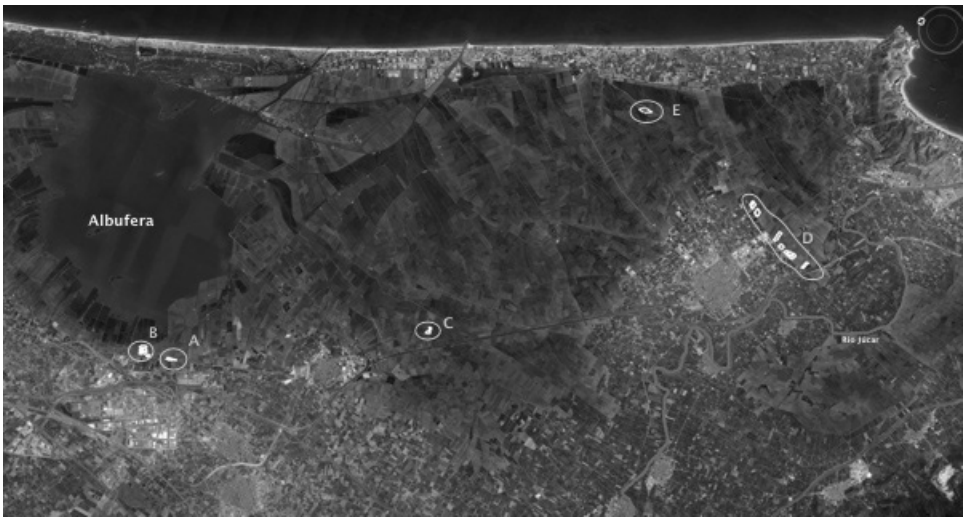

Figura 5. Zonas del arrozal valenciano en las que se han localizado parcelas con presencia de *Leersia oryzoides* en 2014.

En lo referente a las medidas de control en las parcelas en las que apareció *L. oryzoides*, se ha visto que en dos de las parcelas en donde estaba presente en 2013, se sembró en el año 2014 una variedad de arroz Clearfield® y se trató con imazamox, obteniéndose al final de la campaña un buen control de *Leersia.* Este buen control no tuvo lugar en el resto de parcelas, salvo en una con un nivel de infestación bajo, en la que realizó a finales de julio tratamiento dirigido con glifosato, estando al final de la campaña la parcela sin *Leersia* (al menos sin plantas visibles en superficie). En una parcela, con un nivel de infestación grave, se destruyó totalmente el cultivo con tratamiento con glifosato, con el fin de frenar

el problema. A finales de agosto, principios de septiembre, con *Leersia* espigada, en algunas parcelas se realizaron tratamientos mediante banda impregnada con glifosato, con el fin de parar el problema, aunque en estas parcelas el daño ocasionado por la mala hierba ya estaba hecho.

Una vez cosechado el arroz se procedió a la quema de la paja y rastrojo de algunas de las parcelas en las que apareció *L. oryzoides* (previa autorización extraordinaria).

Tabla 1. Nivel de infestación de *Leersia oryzoides* a finales del mes de julio de 2014 en parcelas en las que se había detectado en 2013 y 2014.

Tratamientos	
Nivel[1]	**Nº parcelas**
1	0[2]
2	2
3	3
4	4
5	0

[1]1:1 planta; 2: leve; 3: media; 4: grave; 5: muy grave.

[2]Tratada con imazamox.

Otro hecho a destacar es el ciclo de *L. oryzoides* en la zona, que es algo más largo que el de la mayor parte de variedades de arroz sembradas. De hecho, cuando se inicia la recolección del arroz, los granos de *L. oryzoides* no han completado su llenado. Quizás sea esta la razón de que no hayamos conseguido germinar en laboratorio *L. oryzoides a* partir de semillas recolectadas ni de las muestras de suelo de los campos infestados. Este hecho hace pensar que el banco de semillas parece no incrementarse rápidamente, lo que sería favorable para una posible erradicación.

En lo referente al origen de estos focos de infestación, la presencia de *L. oryzoides* en campos próximos en la campaña arrocera de 2013, puede hacer pensar que quizás hubo una introducción inicial, posiblemente con la semilla utilizada para la siembra que pudo estar contaminada. Tras esta introducción inicial pudo haber tenido lugar dispersión de la mala hierba con la maquinaria utilizada en las distintas operaciones de cultivo y cosechado del mismo entre los años 2013 y 2014. Este hecho está avalado por la extensión de la infestación a parcelas colindantes a las inicialmente infestadas. También es posible que hayan pasado propágulos de unas parcelas a las colindantes mediante el agua de riego que circula de unas parcelas a otras.

Otra posible causa de infestación y dispersión podría ser, aunque no está hasta el momento comprobada, que *Leersia* llegase a partir de una fuente inicial, a través de los canales que llevan agua desde el río Júcar a los arrozales y que con el agua haya entrado en los campos. Así podría

concluirse si se observa la distribución de las parcelas infestadas, ubicadas la mayor parte de ellas en las zonas más próximas a las cabeceras de entrada de agua desde el río. En el foco de Sueca, además, se observa como los campos infestados se distribuyen a lo largo del canal de riego, lo que avala lo anteriormente indicado del posible papel del agua, además de la maquinaria, en la expansión de la infestación.

Como conclusión, se observa que ha habido un aumento preocupante de campos de arroz con infestación por *Leersia oryzoides* en la zona arrocera de Valencia, que en algún caso ha obligado a destruir el cultivo en el año 2014. Se han obtenido resultados satisfactorios de control utilizando imazamox con variedades Clearfield® y si los niveles de infestación son bajos, con tratamientos localizados con glifosato. Por último, el origen y mecanismos de dispersión en la zona, todavía no están confirmados.

AGRADECIMIENTOS

A José Bolinches y Francisco Cuenca, técnicos del Servicio de Sanitat Vegetal de la Generalitat Valenciana, por la ayuda en la localización de parcelas.

BIBLIOGRAFÍA

BOLINCHES JV, CUENCA V & DALMAU V (2014) *Leersia oryzoides* (L.) Swartz: nueva adventicia presente en los arrozales valencianos. *Phytoma España* 258**,** 54-58.

CARRETERO JL (1989) La vegetación emergente de los arrozales europeos. *Anales de Biología* 15, 135-141.

CARRETERO JL (2004) Flora arvense española. Las malas hierbas de los cultivos españoles. Ed. Phytoma-España.

OSCA JM, ESTELLES JA & LIDON A (2011) Estudio del banco de semillas de *Leptochloa fusca ssp.uninervia* y *L.f.ssp.fascicularis* en arrozales de Valencia. En: *Congreso Nacional de Malherbología 2011. Plantas Invasoras, resistencia a herbicidas y detección de malas hierbas.* (ed ULL) (22-24 Noviembre, San Cristóbal de La Laguna, España). 251-254.

OSLER R (1980) Il nanismo del riso: attuali conoscenze sul ciclo di inezione del virus, con particolare attenzione alle piante *Oryza sativa* e *Leersia oryzoides* e all'afide *Rhopalosiphum padi*. *Il Riso* 29, 227-231.

ROYO F (2006) Flora i vegetació de les planes i serres litorals compreses entre el riu Ebro i la serra d'Irta. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona.

EFECTO DE LA INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA EN LA DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL DE LAS ESPECIES ARVENSES DEL BANCO DE SEMILLAS EN CULTIVOS CEREALISTAS

Pallavicini Y.[1]*, Hernández-Plaza E.[1], Bastida F.[2], Izquierdo J.[3], Pujadas-Salvá A.[4], González-Andújar J.L.[1]

[1]*Dept. de Protección de cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Av. Menéndez Pidal s/n. Campus Alameda del Obispo, Apdo. 4084,14080 Córdoba, España.*
[2]*Dept. de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva, Carretera de Palos de la frontera s/n., Apdo. 21071 La Rábida, Palos de la Frontera, Huelva, España.*
[3]*Dept. Enginyeria Agroalimentària i Biotecnología, Universidad Politécnica de Cataluña, Esteve Terradas, 8. 08860 Castelldefels, Barcelona, España.*
[4]*Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Apdo. 3092, 14071 Córdoba.*

**yesipalla@ias.csic.es*

Resumen: Es sabido que la intensificación agrícola a nivel local y de paisaje ha llevado a una pérdida de diversidad de la flora arvense. Pero existe poca información acerca de cómo la intensificación afecta a la diversidad funcional del banco de semillas. El objetivo de este trabajo fue relacionar la riqueza y la diversidad funcional de las especies arvenses del banco de semillas con respecto a la distancia al margen del cultivo, el ancho de los márgenes, el tamaño del campo y el porcentaje de tierra arable. La riqueza fue mayor en borde del cultivo que en el centro del mismo resaltando su valor para la conservación de la diversidad. Los valores de diversidad funcional cercanos a cero sugieren que la diversidad funcional fue baja. Además no respondió a ninguna variable de intensificación sugiriendo una convergencia hacia caracteres funcionales adaptados a la agricultura convencional.

Palabras clave: Biodiversidad, germinación, emergencia.

Summary: ***Effects of agricultural intensification on weed taxonomic and functional diversity of the seed bank in cereal fields.*** It is widely known the detrimental effect of agricultural intensification

at local and at landscape level on the diversity of the emerged arable weed flora. However, there is little information about the effect on intensification of on the functional diversity of the seed bank. The aim of this study was to relate richness and functional diversity of arable weeds from the seed bank with respect to the distance to its field margin, margin width, field size and arable land cover. Richness was higher at the edge of the field than in the field centre; highlighting the importance of field borders for diversity conservation. The values of functional diversity close to zero suggest a low functional diversity. Besides, it was not related to any intensification variable, suggesting a convergence towards functional traits adapted to conventional agriculture.

Keywords: Biodiversity, germination, emergence.

INTRODUCCIÓN

La creciente intensificación de la agricultura en las últimas décadas, ha llevado a la homogeneización del paisaje y a la pérdida de diversidad de especies arvenses (Baessler & Clotz, 2006). Sin embargo, esta pérdida no es homogénea en todo el cultivo, siendo más atenuada en los bordes del mismo que en el centro debido a que sufre un menor impacto de las prácticas agrícolas y por la contribución de semillas de los márgenes del cultivo (José-María & Sans, 2011). Esto se ha observado mayormente en la flora emergida, pero existen pocos estudios enfocados al banco de semillas que, sin embargo, constituye una fuente esencial para la conservación de la diversidad florística en los agro-ecosistemas.

La intensificación agrícola también puede causar la pérdida de la diversidad funcional, que está estrechamente relacionada con el funcionamiento de los ecosistemas (Díaz & Cabido, 2001). Esto sucede porque la intensificación actúa como un filtro, excluyendo aquellas especies con caracteres funcionales poco adaptados a la intensificación. Este proceso selectivo tiene como consecuencia una homogeneización de los valores de los caracteres funcionales de las especies dentro de una comunidad y, por ende, una pérdida de diversidad funcional.

Existen diversos estudios sobre el efecto de la intensificación agrícola sobre la diversidad taxonómica y funcional de la flora emergida, pero son muy escasos los estudios que la relacionan con la diversidad del banco de semillas. Por ello, el objetivo de este trabajo es relacionar la riqueza de especies arvenses y la diversidad funcional del banco de semillas con respecto a la distancia del margen de cultivo, el ancho de los márgenes, el tamaño del campo y el porcentaje de tierra arable.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante las primaveras de 2010 y 2011 se seleccionaron 22 campos de cereal de secano bajo agricultura convencional a lo largo del Valle del Guadalquivir. En un radio de 1km alrededor de cada uno de los campos seleccionados se midieron con SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas) diferentes variables indicativas de la intensificación agrícola (Tabla 1a).

El banco de semillas fue muestreado en cada uno de los campos durante el mes de octubre (después de la cosecha), tomando en cada uno un total de 54 muestras de suelo de 4 cm de diámetro y 15 cm de profundidad utilizando un barreno metálico construido para tal fin. Las muestras se repartieron en dos grupos dentro del campo de cultivo ubicados respecto a su distancia al margen del mismo (margen es la franja de vegetación espontánea y no cultivada entre el cultivo y un camino); 27 muestras en el borde del cultivo (primeros 5 metros dentro del cultivo adyacentes al margen del mismo) y 27 en el centro del cultivo (> 25m alejada del margen). Las muestras se colocaron en bandejas que se dispusieron en un invernadero a temperatura ambiente, procediéndose a la identificación de las plántulas emergidas durante 9 meses; cesándose el experimento cuando dejaron de emerger plántulas durante un período de dos semanas. Para cada una de las especies identificadas se procedió a establecer cuatro caracteres funcionales (Tabla 1b). Para cada zona muestreada (borde y centro), se cuantificó la riqueza de especies y la diversidad funcional. Esta última, fue calculada utilizando el índice de Rao, que combina los valores de los cuatro caracteres funcionales y mide el grado de disimilitud de dichos valores entre pares de especies tomadas azar (Rao, 1982); valores cercanos a 1 indican una alta diversidad funcional.

La relación entre la riqueza y diversidad funcional de las especies arvenses y las variables de intensificación (Tabla 1a) fue analizada utilizando modelos lineales mixtos. Como factores fijos se consideraron las variables de intensificación y su interacción con su ubicación en el campo; cada campo de cultivo fue considerado como efecto aleatorio. Se crearon modelos con todas las combinaciones posibles de las variables de intensificación incluyendo el modelo nulo (sin ninguna variable) y la selección de los modelos mas parsimoniosos fueron establecidos con el criterio de Información de Akaike (AIC; Burnham & Anderson, 2002).

Tabla 1. a) Características de las variables de intensificación medidas en los 22 campos de cereal. b) Características de los valores de los caracteres funcionales de las especies consideradas.

a. **Variables de intensificación**				
	Unidad/Categoría	**Media (± d. s.)**	Min.	Max.
Tierra arable	%	63,3 (±35,5)	5	100
Tamaño del campo	has	24,7 (±34,3)	0,64	135
Ancho del margen	m	1,5 (±1,4)	0,3	5,8
Ubicación en el campo:	borde y centro			
b. **Caracteres funcionales**				
Altura de planta	m	0,6 (±0,4)	0,12	2
Mes de inicio de la floración	mes	3,5 (±1,9)	1	12
Peso de semillas	mg	1,8 (±3,8)	0,02	19,94
Formas de vida de Raunkaier	terófitos=58, hemicriptófitos=6, geófitos=2			

Los valores de los caracteres funcionales se extrajeron de la base de datos TRY (Kattge et al., 2011) y de Blanca et al. (2009). d.s. =desviación estándar, min=valor mínimo, max= valor máximo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se encontraron 134 especies con una media (±desviación estándar) de 18 (±6,6) especies en el borde del cultivo y de 14(±8,8) en el centro del cultivo. Las especies más frecuentes en el borde fueron *Conyza bonariensis* (L.) Cronq (63,6%), *Heliotropium europaeum* L. (63,6%) y *Amaranthus blitoides* S. Watson (54,5%) y en el centro fueron*, C. bonariensis* (81,8%), *A. blitoides* (68,1%) y *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. (59%). La riqueza de especies solo fue afectada por la ubicación en el campo. El banco de semillas presentó mayor riqueza en el borde del campo que en el centro (variable presente en el modelo con menor AICc). Estos resultados coinciden con un estudio similar realizado en Cataluña (José-María & Sans, 2011). Sin embargo difiere de lo que ocurre con la flora emergida, ya que un estudio previo en estos mismos campos se observó que no hubo diferencia en la riqueza de especies de la flora emergida entre el borde y centro (Pallavicini et al., 2013). Esto sugiere que el banco de semillas actúa como una "memoria histórica" del efecto de la intensidad de las prácticas agrícolas. Estos resultados realzan el valor potencial del borde de los campos como reservorio de diversidad. Es mas, en el banco de semillas se encontraron especies tales como *Amaranthus albus* L., *Lythrum borysthenicum* (Schrank) Litv o *Veronica catenata* Pennell entre otras que no fueron encontradas en la flora establecida.

La diversidad funcional fue bastante baja siendo de 0,008 (0,004) en el borde y de 0,01 (0,008) dentro del cultivo y no se relacionó con ninguna de las variables de intensificación (el modelo nulo estuvo presente entre los modelos con menor AICc). Los bajos valores de diversidad funcional indican que las especies presentes en el banco de semillas son funcionalmente muy similares. Posiblemente como consecuencia de décadas de intensificación agrícola que han seleccionado especies arvenses con una combinación de caracteres funcionales adaptados al manejo agronómico. En nuestro caso esos caracteres fueron (Tabla 1b): especies terófitas que están adaptadas a las perturbaciones (McIntyre et al., 1995); especies de semillas livianas que tienden a ser muy prolíficas (Westoby et al., 2002) y especies que florecen en primavera que escapan de los herbicidas de post-emergencia y fructifican antes de la cosecha del cereal.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados pusieron de manifiesto que existe una mayor riqueza de especies en el borde de los cultivos que dentro del campo de cereal. La diversidad funcional fue en general muy baja y no se relacionó con ninguna variable de intensificación, sugiriendo que aunque haya una gran riqueza de especies, éstas son funcionalmente muy similares y están bien adaptadas a la agricultura convencional. El banco de semillas tiene potencial de incrementar la riqueza de especies en la flora emergida, pero no de incrementar la diversidad funcional, al menos para los caracteres funcionales estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los fondos FEDER y el plan Nacional de Investigación (I+D) del Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto AGL2012-33736) y por una beca predoctoral FPI otorgada a Y.P. por el Ministerio de Economía y Competitividad (BES-2010-032527). Gracias a los propietarios de las fincas por su permiso para realizar el muestreo en sus fincas y a los integrantes del grupo de Agroecología de Malas Hierbas por su ayuda en los muestreos y por la fructífera discusión acerca del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

BAESSLER C & KLOTZ S (2006) Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 115**,** 43-50.

BLANCA G, CABEZUDO B, CUETO M, FERNÁNDEZ LÓPEZ C & MORALES TORRES C (eds.). (2009) Flora Vascular de Andalucía Oriental, 4 vols. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.

BURNHAM KP & ANDERSON DR (2002) *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. New York Springer-Verlag.

DÍAZ S & CABIDO M (2001) Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16, 646-655.

JOSÉ-MARÍA L & SANS FX (2011) Weed seedbanks in arable fields: effects of management practices and surrounding landscape. *Weed Research* 51, 631-640.

KATTGE J, DÍAZ S, LAVOREL S, PRENTICE IC, LEADLEY P, BÖNISCH G et al. (2011) TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology* 17, 2905-2935.

MCINTYRE S, LAVOREL S & TREMONT RM (1995) Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology* 83, 31-44.

PALLAVICINI Y, HERNÁNDEZ-PLAZA E, BASTIDA F, PUJADAS A, IZQUIERDO J & GONZÁLEZ-ANDUJAR JL (2013) Comparación de la riqueza y la composición de especies arvenses entre los diferentes hábitats de los cultivos cerealistas. En Proceedings 2013 XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, (5-7 Noviembre, Valencia, España).195-198.

RAO CR (1982) Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach. *Theoretical Population Biology* 21, 24-43.

WESTOBY M, FALSTER DS, MOLES AT, VESK PA & WRIGHT IJ (2002) Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33, 125-159.

PRESENCIA DE TEOSINTE (*ZEA* SPP.) COMO MALA HIERBA EN LOS REGADÍOS DEL VALLE DEL EBRO

Pardo G.[1]*, Fuertes S.[2], Fernández-Cavada S.[2], Betrán E.[2], Cirujeda A.[1], Marí A.I.[1], Aibar J.[3], Zaragoza C.[1], Perdiguer A.[4], Llenes J.M.[5], Montull J.M.[6], Taberner A.[5,6]

[1]*Unidad de Sanidad Vegetal, CITA, Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza.*

[2]*Centro de Sanidad y Certificación Vegetal (CSCV), Av. Montañana 930, 50059 Zaragoza.*

[3]*EPS, Universidad de Zaragoza, Ctra. de Cuarte km 67, 22071 Huesca.*

[4]*Servicio Provincial de Huesca, DGA.*

[5]*Servei de Sanitat Vegetal, Generalitat de Catalunya.*

[6]*Universitat de Lleida.*

**gpardos@aragon.es*

Resumen: El teosinte (*Zea mays* spp.) ha aparecido como mala hierba en campos de maíz de Aragón y, en menor medida, en Cataluña, causando importantes mermas de cosecha debido a su difícil control en cultivo. Por ello, el Gobierno de Aragón ha establecido una serie de medidas fitosanitarias cautelares, de obligado cumplimiento por parte de los agricultores afectados, enfocadas a lograr la erradicación de esta mala hierba. Paralelamente a estas medidas legales, se están realizando prospecciones con el fin de detectar nuevos focos y se está concienciando a técnicos y a agricultores de la zona sobre el potencial peligro de esta mala hierba. Finalmente, se están desarrollando ensayos de invernadero y de campo con la finalidad de conocer aspectos de la biología del teosinte que contribuyan a su control.

Palabras clave: Plantas invasoras, alóctona, exótica, *Zea mays* ssp. *mexicana*, *Zea mays* ssp. *parviglumis*.

Summary: ***Presence of teosinte (Zea spp.) as weed in the Ebro valley (Spain) in irrigated fields.*** Teosinte (*Zea mays* spp.) has appeared as weed in corn fields of Aragón and Catalonia (Spain), causing important yield losses because of its control complexity. Hence, Government of Aragón has established some compulsory phytosanitary measures for farmers aimed to achieve the eradication of this weed. In addition

to these legal measures, periodical surveys are conducted in order to detect new infestations, and improving in awareness of technicians and farmers in the area about the potential danger of this weed. Finally, several field and greenhouse experiments are being developed in order to learn about aspects of the biology of teosinte to improve its control.

Keywords: Invasive plants, allochthonous, exotic, *Zea mays* ssp. *mexicana*, *Zea mays* ssp. *parviglumis*.

INTRODUCCIÓN

El teosinte (*Zea mays* spp.) es una especie invasora recientemente aparecida como mala hierba en algunos campos de maíz de Aragón, infestando unas 500 ha y en menor medida en Cataluña, con unas 18 ha afectadas. Los servicios de Sanidad Vegetal de ambas Comunidades Autónomas tuvieron conocimiento de su presencia a finales del verano de 2014, si bien técnicos de cooperativas y agricultores señalan que las primeras infestaciones habrían tenido lugar algunos años antes. Esta especie implica un peligro para la producción del maíz por su alta competencia, rápida dispersión y difícil control en este cultivo. Se sabe de su presencia puntual en la zona centro-oeste de Francia desde 1990 (Arvalis, 2013) en otras partes del mundo como Estados Unidos, Brasil, Egipto, Filipinas (EMonocot, 2014) y está naturalizada en Australia donde es considerada como un problema menor (Groves et al., 2008). Por ahora se desconoce el modo por el cual ha sido introducida en estas zonas del Valle del Ebro.

ORIGEN, DESCRIPCIÓN Y DAÑOS

Toda evidencia arqueológica y biológica señala que el teosinte tiene su centro de origen y diversidad en México siendo el ancestro silvestre del maíz (*Zea mays* L.). Las variedades actuales de maíz proceden de éste, mejoradas genéticamente después de miles de años de selección. Actualmente, estudios moleculares ponen de relieve que el maíz está más estrechamente relacionado con una subespecie concreta de teosinte: *Z. mays* spp. *parviglumis* (Doebley, 1990), pero hay otras muchas especies, subespecies de teosinte que completan más de 60 razas, todas del género *Zea*. Los teosintes o maíces silvestres tuvieron y tienen una función importante en la generación de esta diversidad de razas de maíz en México. Actualmente, se cultiva como forrajera en muchas zonas del país, pero también puede comportarse como mala hierba en campos de maíz en otras zonas, como el Valle del Toluca, donde puede causar pérdidas de rendimiento del 60% (Balbuena et al., 2011). En Aragón, en las zonas más afectadas de Los Monegros (Huesca), los agricultores han llegado a labrar el cultivo

poco tiempo después de sembrarlo, debido a la elevada infestación y a la dificultad de su control con el maíz ya establecido, Figura 1A.

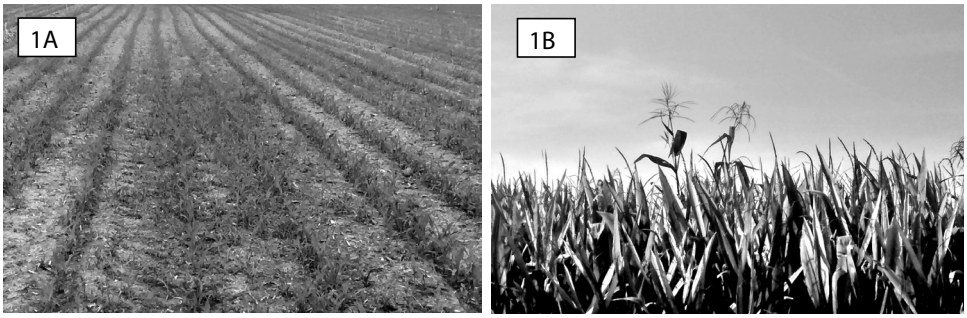

Figura 1A. Rodal de teosinte entre maíz. 1B. Teosinte sobrepasando en altura al maíz.

Algunas de estas especies, subespecies y razas de teosinte son perennes (p.e. *Zea perennis* o *Z. diploperennis*) siendo el resto, como el caso que nos ocupa, anuales. Muchos de estos teosintes anuales pertenecen a la misma especie del maíz, *Zea mays* ssp. *mexicana* o *Zea mays* ssp. *parviglumis*. Estos teosintes pueden alcanzar de 2 a 4 metros de altura, sobrepasando ampliamente la altura del maíz, Figura 1B. Presentan tallos más rígidos y quebradizos que las variedades actuales de maíz. Las hojas son más estrechas y largas que las del maíz, y la lígula es membranosa. La inflorescencia masculina (penacho), en panícula terminal, es de tamaño medio, con numerosas ramificaciones secundarias y terciarias, Figura 2A. El teosinte puede ahijar y ramificarse, generando varias mazorcas en cada hijuelo o rama. Las mazorcas producidas por el teosinte son de menor tamaño, con una sola fila de granos que son muy dehiscentes, desprendiéndose la mayoría de semillas antes de la cosecha o durante la misma (Chavez et al., 2012). Las semillas son cariópsides con endospermo duro en la madurez y pericarpio de color pardo oscuro o negruzco.

El teosinte representa una seria competencia para el maíz por varios motivos: puede producir 3,3 veces más semilla que una planta de maíz (Balbuena et al., 2011), permaneciendo viable en el suelo durante varios años. Además, puede cruzarse o hibridarse con el maíz, siendo estos híbridos fértiles (Loaisiga et al., 2012), por lo que en muchos campos puede observarse un conjunto muy heterogéneo de plantas no deseadas de teosinte y ejemplares hibridados, Figura 2B. Se ha observado que en infestaciones iniciales sólo se encuentran individuos de teosinte pero, transcurridos unos años de infestación coexisten diferentes tipos de híbridos, mezclados con individuos aparentemente no cruzados, como se ha observado también en las infestaciones de Aragón (Pardo et al., 2014).

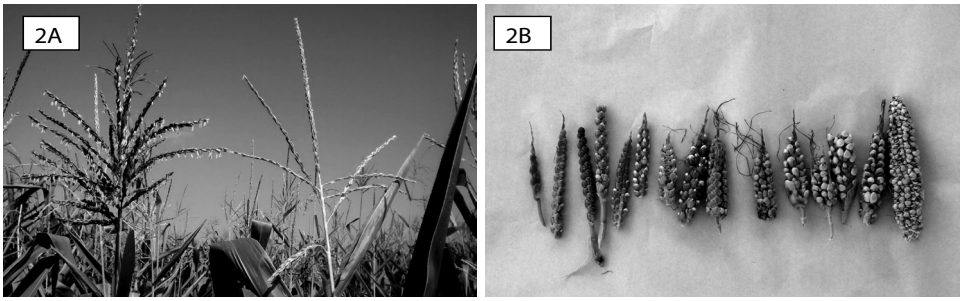

Figura 2A. Penachos de teosinte, izq. y maíz, dcha. 2B. Mazorcas de teosinte con diferente grado de hibridación: menos (izq.) y más hibridadas y parecidas a maíz (dcha.).

MÉTODOS DE CONTROL

Los métodos preventivos son los más importantes en zonas no infestadas. Es vital evitar la entrada de semillas de teosinte, utilizando siempre semilla de maíz certificada. También se debe mantener la maquinaria limpia. En el caso de Aragón se piensa que actualmente los aperos de labranza, empacadoras y sobre todo cosechadoras son la principal fuente de dispersión del teosinte. El ganado también puede jugar un papel relevante en este sentido, por lo que se debe evitar pastar las parcelas infestadas. Finalmente se debe evitar mover la paja y los restos de cosecha de las parcelas infestadas ni destinarlos para pienso o cama en las explotaciones ganaderas. En el caso de infestaciones iniciales se debe eliminar el teosinte, antes de que genere semillas manualmente, mecánicamente o con herbicidas, aunque se destruya también el cultivo. Además, se debe vigilar la presencia del teosinte en ribazos, márgenes, linderos, estructuras de riego, barbechos y eliminarlo siempre que se detecte.

En cuanto a los métodos culturales, la falsa siembra y el retraso en la fecha de siembra, pueden ayudar en el caso de infestaciones incipientes. No obstante, la germinación del teosinte es escalonada, por lo que hay que ser conscientes de que sólo conseguiremos eliminar una fracción de las semillas que se encuentran en el suelo. En el caso de infestaciones muy severas puede considerarse no implantar ningún cultivo para poder realizar sucesivos laboreos y riegos durante todo el verano y así conseguir reducir el banco de semillas.

En cuanto a los métodos mecánicos, el teosinte que se encuentre ya emergido entre las líneas del maíz puede ser controlado hasta que el cultivo tenga alrededor de 6 hojas con cultivador, adaptando las rejas a la distancia entrelíneas.

Finalmente hay que decir que no existe un herbicida selectivo que distinga entre maíz y teosinte, ya que los procesos fisiológicos son muy parecidos entre ambas especies. Por tanto, el método más efectivo para manejar infestaciones severas de teosinte es la rotación. Consideramos que en otros cultivos de verano como alfalfa, girasol, judías o soja el teosinte se podrá controlar con las siegas o con herbicidas antigramíneas autorizados en los respectivos cultivos reduciendo las poblaciones de forma eficaz.

ACTUACIONES ENFOCADAS A LA ERRADICACIÓN DEL TEOSINTE

Debido al potencial infestante y competidor de esta especie, los Servicios de Sanidad Vegetal de Aragón y Cataluña están trabajando conjuntamente para tratar de contener la infestación y posteriormente, erradicarla. Las primeras actuaciones llevadas a cabo fueron la celebración de reuniones a todos los niveles administrativos y profesionales del sector. En relación a estos últimos, se han mantenido encuentros con personal de Oficinas Comarcales de Agricultura, técnicos de diferentes ATRIAs (Asociación para los Tratamientos Integrados en Agricultura) y cooperativas para dar a conocer el problema y establecer unas primeras pautas de manejo preventivas y de control. Al mismo tiempo, el CSCV (Centro de Sanidad y Certificación Vegetal) dio difusión del problema en su Boletín Fitosanitario, en su página web y elaboró una Hoja Informativa específica del teosinte (Pardo et al., 2014). Además, desde un primer momento también se realizaron encuestas y prospecciones para conocer aproximadamente el área afectada, el grado de afección y posibles vías de introducción y dispersión de la infestación.

Con posterioridad, la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón estableció una serie de medidas fitosanitarias cautelares, de obligado cumplimiento por parte de los agricultores afectados. Entre estas medidas se encuentran, para aquellas parcelas que muestran una afección alta de teosinte, la prohibición de sembrar maíz o sorgo durante tres años y la práctica del pastoreo, así como la obligación de vigilar los campos o de limpiar las cosechadoras y empacadoras tras realizar los trabajos de recolección en las parcelas afectadas, además de eliminar cualquier planta de teosinte que vaya apareciendo.

Al objeto de verificar el cumplimiento de estas medidas, hacer el seguimiento de la evolución de la infestación, identificar posibles nuevos focos y estudiar el papel de las cosechadoras y empacadoras en la dispersión de las semillas, se está continuando con las prospecciones de campo iniciadas en 2014 y se están ampliando a parcelas con peligro

potencial de infestación en las principales zonas productoras de maíz en Aragón. Aparte de las zonas detectadas en los municipios de Candasnos, Peñalba, Torralba de Aragón (HU) y Bujaraloz y Ejea de los Caballeros (Z) en 2014, en 2015 se ha detectado una nueva zona en Vencillón (HU) con lo que en Aragón hay 56 parcelas afectadas, que suponen unas 500 ha. En Cataluña hay 13 parcelas afectadas que suman unas 18 ha infestadas.

Aparte de las medidas legales, investigadores del CITA (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria) y técnicos del CSCV están llevando a cabo diferentes ensayos en invernadero y en campo con la finalidad de conocer aspectos de la biología del teosinte. Los principales objetivos son conocer: el tiempo de persistencia viable de las semillas en el suelo (ensayo implantado con una previsión de 5 años), qué acciones facilitan o inhiben su germinación (laboreo, riego, presencia de determinados cultivos, etc.); cuál es la profundidad óptima de emergencia, etc. En los próximos años está previsto estudiar también el papel del ganado vacuno y ovino en la dispersión (o depredación) de las semillas de teosinte mediante el análisis de viabilidad de las semillas después de su ingesta.

Algunos resultados preliminares de estos experimentos muestran que las semillas de teosinte necesitan ser enterradas para germinar, ya que no se produce germinación de las semillas dejadas en superficie mientras que emergen más del 90% de las semillas situadas a 2 cm de profundidad en sustrato. En profundidades superiores desciende paulatinamente el porcentaje de emergencia hasta detenerse a los 16 cm de profundidad de enterrado (datos en elaboración). Balbuena et al. (2009) en México señalan que la germinación del teosinte se ve acrecentada si se siembra conjuntamente con maíz, y no con otros cultivos como frijol o habas. Sin embargo, de momento estos hechos no se corroboran en nuestro ensayo preliminar, donde no se detecta un efecto del cultivo sobre la emergencia de teosinte sembrado con maíz, guisante, girasol o solo.

Los ensayos también tendrán como objetivo conocer qué especies cultivadas pueden ser las más interesantes para ser incluidas en una rotación con el objetivo de facilitar el control y la erradicación de teosinte: alfalfa, girasol, judías, soja, etc., bien por las labores intrínsecas asociadas que estimulen su emergencia y control (laboreos, siegas, etc.) o por tener autorizados herbicidas antigramíneas que controlen esta mala hierba en cultivo, cletodim, fluazifop-p-butil, quizalofop-p-etil, propizamida, imazamox, etc.

Por otra parte, se está trabajando en la identificación molecular a través del ADN de las plantas de las zonas afectadas de Aragón y de

Cataluña para conocer la especie concreta de teosinte que se trata, en colaboración con otros centros de investigación internacionales. Las dos subespecies que se consideran son *Zea mays* ssp. *mexicana* y ssp. *parviglumis*.

Para finalizar queremos señalar que resulta imprescindible la colaboración de todas las partes implicadas incluyendo administración, investigadores, técnicos de empresas, asociaciones de agricultores, para divulgar la problemática, así como para comunicar posibles nuevos focos o para adoptar las medidas preventivas y de control para llevar a buen término una posible erradicación de esta nueva mala hierba.

AGRADECIMIENTOS

La mayoría de estos ensayos están siendo financiados con el proyecto emergente de INIA E-RTA2014-00011-C02-01. Agradecemos la colaboración de los agricultores afectados, especialmente a José Luis Torrecilla.

BIBLIOGRAFÍA

ARVALIS (2013) Téosinte: une adventice qui demande une vigilance toute particulière. 13/14 Service Communication Marketing Arvalis (Institut du vegetal).

BALBUENA A, GONZÁLEZ A, PÉREZ DJ et al. (2009) Germinación y emergencia del teocintle con otras especies cultivables. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. *XXX Congreso de la ASOMECIMA*, Culiacán, Sinaloa, México, del 19 al 23 de octubre de 2009.

BALBUENA A, ROSALES E, VALENCIA JC et al. (2011). Competencia entre maíz y teocintle: efecto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola* 38(1), 5-12.

CHAVEZ NB, FLORES JJ, MARTIN J et al. (2012) Maize x teosinte hybrid cobs do not prevent crop gene introgression. *Economic Botany* 66, 132-137.

DOEBLEY J (1990) Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35, 143-150.

EMONOCOT (2014) An online resource for monocot plants. Disponible: http://emonocot.org/taxon/urn:kew.org:wcs:taxon:450400;jsessionid=FCBC209F81665987E31BB7D7A5A12B5B.kppapp01 (último acceso día 25 de septiembre 2014).

GROVES RH, HIOSKING JR, BATIANOFF GN et al. (2008) Weed categories for natural and agricultural ecosystem management. *Bureau of Rural Sciences*. Australian Government Department of Agriculture, Fisheries and Forestry.

LOAISIGA CH, ROCHA O, BRANTESTAM AK et al. (2012) Genetic diversity and gene flow in six accessions of Meso-America teosintes. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59, 95-111.

PARDO G, CIRUJEDA A, AIBAR J et al. (2014) El Teosinte (*Zea mays*, spp.). *Informaciones T*écnicas, 4/2014, Centro de Sanidad y Certificación Vegetal, Gobierno de Aragón, Zaragoza.

INFLUENCIA DEL NITRÓGENO EN LA GERMINACIÓN DE LAS MALAS HIERBAS

Pino J., Recena R., Delgado A., Urbano J.M.*

Dpto. de C. Agroforestales, Universidad de Sevilla, ETSIA, Ctra. de Utrera km 1, 41013 Sevilla. España.

**urbano@us.es*

Resumen: Se presentan los resultados de dos experimentos realizados en condiciones controladas, en los que se ha estudiado el efecto de 7 dosis de nitrógeno en 42 especies arvenses. Los resultados obtenidos demuestran que la fertilización nitrogenada tiene potencial dentro de un programa de manejo integrado, ya que la adición de N aumentó la emergencia en *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Echinochloa*, *Rumex* y *Chrysanthemum*, mientras que la redujo en *Abutilon*, *Digitaria*, *Lolium* y *Plantago*. Además, aumentó la vulnerabilidad en *Centaurea* porque retrasó y concentró la germinación.

Palabras clave: Fertilización, germinación.

Summary: ***Influence of nitrogen on weed seed germination.*** Two experiments were developed under controlled conditions to study the influence of 7 nitrogen doses in the germination of 42 weed species. Results show that wise nitrogen fertilization can be used in an integrated weed management program. Added N increased the germination in *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Echinochloa*, *Rumex* and *Chrysanthemum*, and it decreased germination in *Abutilon*, *Digitaria*, *Lolium* and *Plantago*. Also, vulnerability of *Centaurea* was increased as added N delayed and concentrated the germination.

Keywords: Fertilization, germination.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las medidas alternativas a los herbicidas, el capítulo de la fertilización se ha explorado muy poco hasta el momento. Como regla general, el nitrógeno es el elemento nutritivo más limitante en la mayoría de los cultivos y el que se suele aportar en mayor medida a los cultivos (Blackshaw et al., 2003; Camara et al., 2003; Blackshaw & Brandt,

2008). Algunos autores sugieren que el manejo de la fertilización nitrogenada puede ser una herramienta de interés en el manejo de arvenses nitrófilas (Moreau et al., 2014).

El objetivo de este trabajo es conocer la influencia de distintas dosis de nitrógeno en la emergencia de determinadas especies de malas hierbas frecuentes de los agrosistemas del mediterráneo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se realizaron dos experimentos, ambos con diseño completamente al azar. El primero (E1) contó con 42 especies/biotipos vegetales, 5 dosis de nitrógeno y 2 repeticiones. La unidad experimental fue una placa petri de 5,5 cm de diámetro, con 8 ml de agar diluido y con 20 semillas. El experimento E1 se repitió dos veces, lo cual supone un total de 420 placas.

Los datos del primer experimento sirvieron para seleccionar especies y aumentar el rango de dosis, por lo que el experimento E2 se realizó con 8 tipos de fertilización, 26 especies/biotipos y 2 repeticiones. Dicho experimento se repitió en tres ocasiones, por lo que el número de placas fue de 1.248.

Tratamiento y medio de cultivo

El fertilizante empleado fue KNO_3. Las dosis de N de los tratamientos utilizados en el primer ensayo fueron 0, 10, 50, 100 y 200 mg L^{-1}. Para observar el efecto independiente del N, todos los tratamientos se equilibraron con KCl, de manera que el K no constituyera un factor diferencial entre los distintos tratamientos (dosis de N; Tabla 1). En el experimento E2 se incluyeron tres nuevos tratamientos, dos de ellos con dosis de N superiores (250 y 300 mg L^{-1}) y un nuevo testigo sin equilibrar, con el objetivo de asegurar la hipótesis de que el K y el Cl no tenían influencia sobre los resultados.

El medio de cultivo utilizado fue agar, a razón de 1,2 gramos por litro de agua. A dicho medio se le añadieron las dosis correspondientes de KNO_3 y KCl para cada tratamiento.

Tabla 1. Concentraciones de fertilizante por tratamiento.

Tratamiento	N (mg L^{-1})	KNO_3 (mg L^{-1})	KCl (mg L^{-1})	Experimento
1	0	0	0	E2
2	0	0	1594	E1 + E2
3	10	72	1541	E1 + E2
4	50	361	1328	E1 + E2
5	100	722	1061	E1 + E2
6	200	1444	530	E1 + E2
7	250	1805	263	E2
8	300	2166	236	E2

MATERIAL VEGETAL

El material vegetal utilizado procedió del banco de semillas de malas hierbas de la ETSIA. Todas las semillas de cada repetición tenían la misma procedencia. De las especies incluidas en este estudio, tres se repitieron usando distintos biotipos: *Conyza bonariensis*, *C. canadensis* y *Chenopodium album*. El cultivar de trigo duro utilizado fue "Amilcar" y el de sorgo fue "PE84G62".

Condiciones ambientales

Los ensayos se realizaron en cámara con condiciones controladas, con fotoperiodo de 14/10h (día/noche) y temperatura de 25ºC/20ºC. Sin embargo las placas fueron tapadas con una bolsa de plástico negro para simular condiciones de enterrado.

Recogida de datos y análisis estadístico

Cada 24 horas se realizó un conteo destructivo durante 11 días tras la siembra.

Siguiendo las recomendaciones de Ritz (2010) y Onofri et al. (2014) se realizaron regresiones no lineales del modelo log-logístico. Con este modelo se ha representado la emergencia acumulada (en %) en función del tiempo. Para ello se ha utilizado el software R (R Core Team, 2014), con los paquetes ggplot2 (Wickham, 2009) y drc (Ritz & Streibig, 2005). Este último paquete permite obtener y comparar los tres parámetros de la curva: "d" (porcentaje final de emergencia), "b" (pendiente de la curva) y "e" (periodo de tiempo necesario para alcanzar la germinación media). En todas las especies se compararon las curvas de mayor dosis de N con la curva de regresión de la dosis cero de N.

Tabla 2. Especies incluidas en el ensayo. Se descartaron catorce especies que no llegaron al 5% de germinación, las cuales no se han incluido en esta tabla.

Especies	EPPO	Familia	Ensayos
Amaranthus albus	amaal	Amaranthaceae	E1
Amaranthus blitoides	amabl	Amaranthaceae	E1
Amaranthus retroflexus	amare	Amaranthaceae	E1 + E2
Centaurea diluta	cendl	Asteraceae	E1 + E2
Chrysanthemum coronarium	chyco	Asteraceae	E1 + E2
Conyza bonariensis (1)	eribo	Asteraceae	E1 + E2
Conyza bonariensis (2)	eribo	Asteraceae	E1 + E2
Conyza canadensis (3)	erica	Asteraceae	E1 + E2
Conyza canadensis (4)	erica	Asteraceae	E1 + E2
Conyza sumatrensis	erisu	Asteraceae	E1 + E2
Diplotaxis virgata	dipvg	Brasicaceae	E1 + E2
Sinapis arvensis	sinar	Brasicaceae	E1 + E2
Chenopodium album (5)	cheal	Chenopodiaceae	E1
Chenopodium album (6)	cheal	Chenopodiaceae	E1
Chenopodium murale	chemu	Chenopodiaceae	E1 + E2
Melilotus indicus	meuin	Fabaceae	E1 + E2
Avena sterilis	avest	Gramineae	E1 + E2
Digitaria sanguinalis	digsa	Gramineae	E1 + E2
Echinochloa crus-galli	echcg	Gramineae	E1 + E2
Lolium rigidum	lolri	Gramineae	E1 + E2
Phalaris minor	phami	Gramineae	E1
Setaria viridis	setvi	Gramineae	E1 + E2
Abutilon theophrasti	abuth	Malvaceae	E1 + E2
Plantago coronopus	placo	Plantaginaceae	E1 + E2
Plantago lanceolada	plala	Plantaginaceae	E1 + E2
Rumex crispus	rumcr	Polygonaceae	E1 + E2
Trigo duro	trzdu	Gramineae	E1 + E2
Sorgo	sorvu	Gramineae	E1 + E2

(1) y (3) son sensibles a glifosato, mientras que (2) y (4) son resistentes (Urbano et al., 2007; Martínez & Urbano, 2007); (5) corresponde a un biotipo local y (6) a uno danés (Schutte et al., 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, no se detectaron diferencias asociadas a la adición de KCl. Esto garantiza por una parte, que las diferencias entre los distintos tratamientos se deben a la adición de N, y por otra parte, que la fertilización potásica tiene escasa influencia en la germinación de malas hierbas.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las especies en las que se detectó influencia del nitrógeno en la germinación. De los tres parámetros analizados se puede observar que la adición de nitrógeno no influyó en el parámetro "e" lo cual quiere decir que en ningún caso produjo un

retraso de la emergencia. Tampoco afectó al parámetro "b", con la excepción de *Amaranthus retroflexus*, lo cual indica que tampoco se vio afectada la velocidad de la germinación. En el caso de *A. retroflexus*, la adición de 300 ppm de N incrementó un 3,8% la germinación final y aumentó ligeramente la pendiente de la curva, lo cual indica que la germinación estuvo más concentrada en el tiempo. Sin embargo ambos efectos fueron leves y únicamente fueron significativos para $p \leq 0,1$.

Las mayores diferencias se detectaron en la germinación acumulada final, de modo que la adición de nitrógeno aumentó la germinación en 6 especies: los tres *Amaranthus*, *Chenopodium album*, *Echinochloa*, y *Conyza canadensis*. En el caso de *Amaranthus*, *Chenopodium* y *Echinochloa* (metabolismo C4), la respuesta positiva causada por el nitrógeno es congruente con el tipo de agrosistema en el que suelen ser competitivas estas especies: cultivos de verano, en regadío, con elevados niveles de inputs como son el maíz, el algodón y el sorgo. Si estos resultados se confirmasen en condiciones de campo, se trataría de una prueba del potencial que tendría el uso del abonado nitrogenado en un manejo integrado de arvenses, ya que una reducción del abonado o un retraso del mismo reducirían la emergencia de las malas hierbas. La adición de N también aumentó la germinación de *Conyza canadensis*, pero es probable que este incremento tenga menos utilidad práctica, ya que solo se detectó en uno de los 5 biotipos del género *Conyza*, y precisamente en el único que no era de origen local, ya que se trataba de un testigo americano sensible a glifosato.

Además de los incrementos mencionados, merece la pena señalar que el N afectó negativamente a la germinación en *Abutilon* y *Digitaria*, lo cual no coincide con lo esperado, ya que ambas arvenses suelen establecerse en los mismos cultivos de verano y riego ya mencionados.

Tabla 3. Comparaciones de los parámetros de las curvas log-logísticas correspondientes a distintas dosis de N del modelo GERM100 = f (tiempo), donde GERM100 es el porcentaje de germinación y tiempo es el número de días. Resultados de especies de emergencia primaveral. Significación: ***p<0,001; **p<0,01; *p<0,5; ^p<0,1; NS= No significativo.

Especies	EPPO	N	b	e	d
Abutilon theophrasti	abuth	300	NS	NS	-7,808*
Amaranthus albus	amaal	200	NS	NS	5,553*
Amaranthus blitoides	amabl	200	NS	NS	32,757**
Amaranthus retroflexus	amare	300	-1,837^	NS	3,877^
Chenopodium album	cheal	200	NS	NS	13,973***
Digitaria sanguinalis	digsa	300	NS	NS	-9,882***
Echinochloa crus-galli	echcg	300	NS	NS	10,895^
Conyza canadensis	erica	300	NS	NS	12,014*
Sorgo	sorvu	300	NS	NS	-7,072***

N= Dosis de nitrógeno (mg L^{-1}) comparada con el testigo (0 mg L^{-1}).

De igual forma, en la Tabla 4 se incluyen las diferencias significativas de los parámetros de las curvas correspondientes a las especies de emergencia otoñal, y se puede observar que los efectos de la adición de N dependieron de la especie. El análisis del parámetro "d" permite ver que el N aumentó la germinación en *Chrysanthemum* y en *Rumex*, mientras que la redujo en *Lolium* y en *Plantago*. Adicionalmente merece la pena comentar el caso de *Centaurea diluta*, una mala hierba relativamente reciente, pero muy nociva en el cultivo del trigo. En *Centaurea*, la adición de N no afectó a la emergencia final, pero sí a la evolución de la misma, ya que retrasó (parámetro "e") y concentró (parámetro "b") la emergencia. Si los datos de *Centaurea* se confirmasen en campo, tendrían una aplicación práctica porque un abonado nitrogenado aumentaría la vulnerabilidad de la mala hierba a los métodos de control (químicos o no químicos).

Tabla 4. Comparaciones de los parámetros de las curvas log-logísticas correspondientes a distintas dosis de N del modelo GERM100 = f (tiempo), donde GERM100 es el porcentaje de germinación y tiempo es el número de días. Resultados de especies de emergencia otoñal.

Especies	EPPO	N	b	e	d
Centaurea diluta	cendl	300	-2,277*	2,441***	NS
Chrysanthemum coronarium	chyco	200	NS	NS	4,844*
Lolium rigidum	lolri	250	NS	NS	-10,250**
Lolium rigidum	lolri	300	NS	0,489*	NS
Melilotus indicus	meuin	300	NS	1,218**	NS
Plantago coronopus	placo	300	NS	NS	-12,554*
Rumex crispus	rumcr	300	NS	NS	36,200*
Trigo	trzdu	200	NS	NS	-14,976***

NS= No significativo; N= Dosis de nitrógeno (mg L^{-1}) comparada con el testigo (0 mg L^{-1}).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que la fertilización nitrogenada tiene potencial dentro de un programa de manejo integrado, ya que la adición de N aumentó la emergencia en *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Echinochloa*, *Rumex* y *Chrysanthemum*, mientras que la redujo en *Abutilon*, *Digitaria*, *Lolium* y *Plantago*. Además, aumentó la vulnerabilidad en *Centaurea* porque retrasó y concentró la emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

BLACKSHAW RE, RANDALL N, BRANDT RN, JANZEN HH, ENTZ T, GRANT CA & DERKSEN A (2003) Differential response of weed species to added nitrogen. *Weed Science* 51, 532-539.

BLACKSHAW RE & BRANDT RN (2008) Nitrogen fertilizer rate effects on weed competitiveness is species dependent. *Weed Science* 56, 743-747.

CAMARA KM, PAYNE WA & RASMUSSEN PE (2003) Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. *Agronomy Journal* 95, 828-835.

MARTÍNEZ A & URBANO JM (2007) Nivel de resistencia a glifosato en poblaciones de *Conyza canadensis* de Andalucía. Actas de la Sociedad Española de Malherbología, pp.349-353.

MOREAU D, BUSSET H, MATEJICEK A & MUNIER-JOLAIN N (2014) The ecophysiological determinants of nitrophily in annual weed species. *Weed Research* 54, 335-346.

ONOFRI A, MESGARAN MB, NEVE P & COUSENS RD (2014) Experimental design and parameter estimation for threshold models in seed germination. *Weed Research* 54**,** 425-435.

R CORE TEAM (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

RITZ C & STREIBIG JC (2005) Bioassay Analysis using R. *Journal of Statistical Software* 12(5). Available at: www.bioassay.dk.

RITZ C (2010) Toward a unified approach to dose-response modeling in ecotoxicology. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29, 220-229.

SCHUTTE BJ et al. (2014) An investigation to enhance understanding of the stimulation of weed seedling emergence by soil disturbance. *Weed Research*, 54, 1-12.

URBANO JM et al. (2007) Glyphosate-resistant Hairy Fleabane (*Conyza bonariensis*) in Spain. *Weed Technology* 21, 396-401.

WICKHAM H (2009) ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer. New York.

ANÁLISIS DE LAS PREFERENCIAS ECOLÓGICAS DE LA VEGETACIÓN ESPONTÁNEA. CASO DE ESTUDIO APLICADO A LOS CEREALES DE INVIERNO

Ramôa S.[1]*, Oliveira-E-Silva P.[1], Vasconcelos T.[2], Fortes P.[2], Portugal J.[1]

[1]*Departamento de Biociências, Escola Superior Agrária de Beja, Rua Pedro Soares, Apartado 6158, 7800-908 Beja, Portugal.*

[2]*Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, Apartado 354, 1349-017 Lisboa, Portugal.*

**sramoa@ipbeja.pt*

Resumen: Se efectuaron 100 muestreos florísticos en parcelas de trigo, avena, cebada, caracterizándose algunas variables como el pH, textura del suelo, contenido en fósforo y potasio, precipitación, tipos de suelos y cultivos. Se realizó un análisis de frecuencias y abundancia de las especies. El método estadístico usado para las preferencias ecológicas fue el Método de los Perfiles Ecológicos e Información Mutua complementado con la aplicación del Método de Análisis Canónico de Correspondencias. Según el Método de los Perfiles Ecológicos e Información Mutua, la distribución de la vegetación estudiada está estrechamente relacionada con la textura y pH. Los resultados de la aplicación del criterio de información Akaike y función ANOVA confirman los mismos factores como discriminantes en la distribución de la vegetación.

Palabras clave: Análisis de frecuencias, abundancia de las especies, método de los Perfiles Ecológicos e Información Mutua, método de Análisis Canónico de Correspondencias, peso Akaike, test ANOVA.

Summary: ***Analysis of the ecological preferences of spontaneous vegetation. Case study applied to winter cereals***. It was conducted 100 floristic surveys in fields of wheat, oat, barley together with the measurement of some variables, such as pH, soil texture, phosphorus and potassium content, precipitation, soil types and type of crops. An analysis of frequency and abundance of species was performed. The statistical method used for ecological preferences was the Ecological profiles and Mutual Information methodology complemented with the Canonical Correspondence Analysis methodology. According the Method of Ecological profiles and Mutual Information, the distribution of species is closely related to texture and pH. The application of Akaike information

criterion and ANOVA function confirm the same factors as discriminating the distribution of vegetation.

Keywords: Frequency analysis, species abundance, Ecological Profiles and Mutual Information Method, Canonical Correspondence Analysis, Akaike weight, ANOVA test.

INTRODUCCIÓN

El control químico de las malas hierbas es el método de control más utilizado, pero en los últimos tiempos ha habido una tendencia creciente del control integrado con otros métodos que son más aceptables en una agricultura moderna y sostenible, donde el conocimiento exhaustivo de la vegetación espontánea y su ecología resultan muy importantes. El presente trabajo presenta una metodología de análisis de las preferencias ecológicas de la vegetación espontánea mediante el método de Perfiles Ecológicos e Información Mutua (Gounot, 1958; Godron, 1965), y tiene como objetivo examinar la relación entre las especies con los factores ambientales, suministrando información sobre el valor del indicador de las especies para dichos factores que diferencian su distribución –factores activos (Devineau & Fournier, 2007). Esta metodología permite, también, hacer grupos de especies con las mismas preferencias –grupo de especies indicadoras de cada factor considerado activo– que constituyen los llamados grupos ecológicos. Una ventaja importante de este método es proporcionar información sobre la calidad del muestreo (Vasconcelos, 1984) y permitir el estudio para cada especie, factor a factor. Según Fariñas et al. (2008), el método de los perfiles ecológicos suministra información próxima a los resultados de un análisis multivariado siendo, inclusive, más preciso, ya que indica directamente la respuesta ecológica de las especies. Este autor considera que esta metodología es simple y poderosa, aunque los resultados obtenidos carecen de significado estadístico. Así, un análisis con un enfoque multifactorial es necesario (Devineau & Fournier, 2007; Vergel, 2009) cuando se pretende obtener informaciones complementarias y, con este propósito, se utilizó en este trabajo el método de Análisis Canónico de Correspondencia, un método inferencial y paramétrico que permite hacer la construcción automática de modelos. Esta forma de obtener un mejor modelo se basa en la teoría de la Información y es un modo heurístico para buscar un modelo con equilibrio entre el ajuste y la complejidad del mismo y que desincentiva el sobreajuste. La construcción automática de modelos genera un conjunto de modelos candidatos y los clasifica de acuerdo con el criterio de información de Akaike, uno de los métodos más populares. Este se basa en la estimativa de la pérdida de información del conjunto de modelos candidatos en relación al mejor modelo. El modelo que minimiza la distancia Kulback-Leibler (menor AIC) es

aquél que corresponde al modelo con menor pérdida de información (Wagenmakers & Farrell, 2004; Provete et al., 2011). El objetivo de este trabajo es mostrar la aplicación de estos métodos utilizando los resultados obtenidos en un estudio en cereales de invierno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se hicieron 100 muestreos en cultivos arvenses de secano (trigo, avena y cebada) y el método de muestreo fue la "vuelta al campo" propuesto por Maillet (1981). El análisis de la composición florística se basó en cálculos de frecuencia relativa (FR) y abundancia media (AM). La abundancia media de especies se calculó a partir de los coeficientes de abundancia propuestos por Barralis (1975, 1976), muy adecuados en estudios de los agroecosistemas y usados por Vasconcelos (1984), Vasconcelos et al. (1999 a,b), Fernandes (2003), Caetano (2006), Pacheco (2009), Fried et al. (2012) y Lavrador et al. (2013). La abundancia media de especies se calcula según la siguiente formula donde n_i: número de muestreos en el que se atribuye a una especie un determinado coeficiente de abundancia i:

$$AM = \frac{n_1 \times 0.5 + n_2 \times 1.5 + n_3 \times 11.5 + n_4 \times 35.5 + n_5 \times 75.5}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5} \quad (1)$$

La relación FR/AM ha permitido distinguir los diferentes grados de infestación de las especies según Michez & Guillerm (1984). El método estadístico utilizado en este trabajo ha sido el método de los Perfiles Ecológicos e Información Mutua complementado con el análisis multivariado. Las clases de factores consideradas han sido: $pH_{(H2O)}$: (1) 4,6-5,5 (ácido), (2) 5,6-6,5 (ligeramente ácido), (3) 6,6-7,5 (neutro), (4) 7,6-8,5 (ligeramente alcalino); P_2O_5 asimilable (mg/kg): (1) ≤ 25 (muy bajo), (2) 26-50 (bajo), (3) 51-100 (medio), (4) 101-200 (alto); K_2O asimilable (mg/kg): (1) 26-50 (bajo), (2) 51-100 (medio), (3) 101-200 (alto), (4) > 200 (muy alto); Textura: (1) arenoso-franca, franco-arenosa, franca, (2) limosa, franco-limosa, franco-arcillo-arenosa, (3) franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa, (4) arcillo-limosa, arcillosa; Suelos: (1) Luvisoles, (2) Vertisoles, (3) Cambisoles, (4) Leptosoles; precipitación (mm): (1) 524, (2) 547, (3) 580, (4) 618, (5) 639, (6) 657, (7) 676; Cultivos: (1) trigo, (2) avena, (3) cebada.

Así, se estableció los diferentes tipos de perfiles (perfil de conjunto, perfiles de frecuencias absolutas, perfiles de frecuencias relativas, y perfiles de frecuencias corregidas), de acuerdo con Vasconcelos (1984), Sá (1989), Fernandes (1994), Vela (1998), Caetano (2006), Fariñas et al. (2008) y Vergel (2009). Se calculó la entropía–especie [$\hat{H}(E)$] y se evaluó

la calidad de los factores ecológicos analizados [Q (L)] de los muestreos a partir de los valores obtenidos en la entropía-factor [$\hat{H}(L)$] y entropía-factor máxima [$\hat{H}(L)_{max}$]. Se consideraron activos los factores con IM(L,E) ≥ 0,05 bits y Q(L) ≥ 0,9 de acuerdo con Santos (1992) y Fernandes (1994).

Entre las técnicas multivariadas disponibles, se ha seleccionado la ordenación, una vez que su propósito es reducir la dimensionalidad de los datos para facilitar la interpretación de los resultados cuando existen demasiadas variables implicadas (Schaefer, 2014). Dentro del método de ordenación se ha utilizado el Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) desarrollado por Ter Braak (1987) que es una técnica de análisis de gradiente directo una vez que relaciona la variación en el seno de las comunidades (composición y abundancia) con la variación ambiental (ordenación constreñida). A partir de la ordenación de las especies constreñidas a todas las variables independientes, se utilizó la función *step* que, por selección automática mediante el método *stepwise*, generó los modelos candidatos y los clasificó según el criterio de información de Akaike (AIC). Mediante los valores del peso Akaike obtenidos para cada modelo, se alcanzó, así, el modelo más sencillo y sólido que representa el mejor equilibrio entre el comportamiento de las especies frente las variables ambientales seleccionadas. Este parámetro indica la probabilidad de elegir el mejor modelo y cuanto mayor sea su valor, mayor será también esta probabilidad (Wagenmakers & Farrell, 2004). Con el test ANOVA se examinó la significación estadística del modelo obtenido, considerando un número de permutaciones de 1.000, y de los factores analizados.

El tratamiento de los datos se llevó a cabo mediante la utilización de la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2007 y del programa informático libre - *R* (R Development Core Team, 2011), que utiliza los paquetes *Biodiversity*, *Mass* y *Vegan* (Oksanen et al., 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los 100 muestreos en cultivos arvenses de secano se identificaron 229 taxones que se distribuyeron en 40 familias. Las familias que presentaron mayor expresión, Asteraceae, Poaceae y Fabaceae, han representado cerca de 52% del total de los taxones presentes en el área de estudio. Estas familias también presentaron mayor expresión en otros trabajos realizados en olivares de regadío localizados en el Alentejo (Pacheco, 2009), al igual que en la región de Trás-os Montes (al nordeste de Portugal), con el cultivo de trigo de secano (Aguiar, 1992), y en el centro de Portugal en la región de Beira Alta, en cultivos perennes como el viñedo (Monteiro et al., 2012). Las familias con menor expresión representaron 27% del total de los taxones presentes.

La Tabla 1 presenta los valores de frecuencia relativa y abundancia media de las especies con FR > 50%. Esta Tabla pone de manifiesto que existen 7 especies presentes en más de la mitad del inventario de las parcelas muestreadas (FR > 50%) y que son: *Polygonum aviculare*, *Anagallis arvensis, Convolvulus arvensis*, *Phalaris minor*, *Avena sterilis*, *Lolium rigidum* y *Raphanus raphanistrum*.

Tabla 1. Frecuencias relativas (FR) y abundancias medias (AM), de las especies.

Especies	AM	FR (%)
***Polygonum aviculare* L.**	2,5	65
***Anagallis arvensis* L.**	3,0	63
***Convolvulus arvensis* L.**	1,6	63
***Phalaris minor* Retz**	3,4	61
***Avena sterilis* L.**	1,7	56
***Lolium rigidum* Gaudin**	5,8	53
***Raphanus raphanistrum* L. ssp. *microcarpus* (Lange) Cout.**	1,9	52

Con una frecuencia entre [50%; 25%] se registran 13 especies: *Anacyclus radiatus*, *Misopates orontium*, *Sonchus oleraceus*, *Papaver rhoeas*, *Silene gallica*, *Chrysanthemum segetum*, *Spergularia purpurea*, *Foeniculum vulgare*, *Bromus diandrus*, *Phalaris paradoxa*, *Plantago afra*, *Vulpia geniculata* y *Chamaemelum mixtum*. Las especies frecuentes son escasas y, por otra parte, las especies consideradas raras y poco frecuentes (FR ≤ 10%) son muy numerosas (170 especies). Las especies *Lolium rigidum*, *Avena sterilis* y *Convolvulus arvensis* también fueron identificadas como frecuentes y de abundancia elevada por Sá (1989) en cultivos de trigo en la región de Alto Alentejo (Portugal). Cirujeda et al. (2011), identificaron a *Lolium rigidum* y *Avena sterilis* como especies más abundantes. La *Avena sterilis,* fue también considerada por Charrua (1980) como una de las malas hierbas más importantes en el cultivo del trigo en la región alentejana. *Anagallis arvensis* y *Lolium rigidum* fueron 2 de las 3 especies más frecuentes encontradas por Pallavicini et al. (2013) en diferentes hábitats del cultivo de cereales en Andalucía (España).

Según Michez & Guillerm (1984), el grado de infestación de las especies ha sido el siguiente: solamente 1 especie mostró un grado de infestación catalogado como muy alto, *Lolium rigidum*; 8 de ellas mostraron un grado de infestación alto, *Raphanus raphanistrum*, *Oxalis pes-caprae*, *Lolium temulentum*, *Ranunculus trilobus*, *Galium aparine*, *Phalaris minor*, *Anagallis arvensis* y *Polygonum aviculare*; y 18 especies un grado de infestación medio, *Capsella rubella*, *Scandix pecten-veneris*, *Campanula erinus*, *Galium verrucosum*, *Heliotropium europaeum*, *Lolium multiflorum*, *Rapistrum rugosum*, *Agrostis pourretii*, *Plantago afra*,

Chamaemelum mixtum, *Phalaris paradoxa*, *Vulpia geniculata*, *Chrysanthemum segetum*, *Anacyclus radiatus*, *Sonchus oleraceus*, *Papaver rhoeas*, *Avena sterilis* y *Convolvulus arvensis*. En Portugal también se identificó *Lolium rigidum* con grado de infestación elevado en olivares en Baixo Alentejo (Pacheco, 2009) y en viñedos en región del Dão (Monteiro et al., 2012). También, muy recientemente, en la región alentejana se han registrado casos de resistencia de *Lolium rigidum* (Calha et al., 2014).

La calidad del muestreo [Q(L)] para los factores textura y pH ha sido ≥ 0,9 siendo, por tanto, considerados como factores muy bien muestreados. Por el contrario, el resto de los factores ofrecieron valores inferiores a 0,9, aunque fósforo, potasio y precipitación adquieren valores de calidad muy próximos a este valor. La Figura 1 muestra la relación entre la Información Mutua (IM) media de las especies con frecuencia relativa ≥ 25% y la calidad del muestreo.

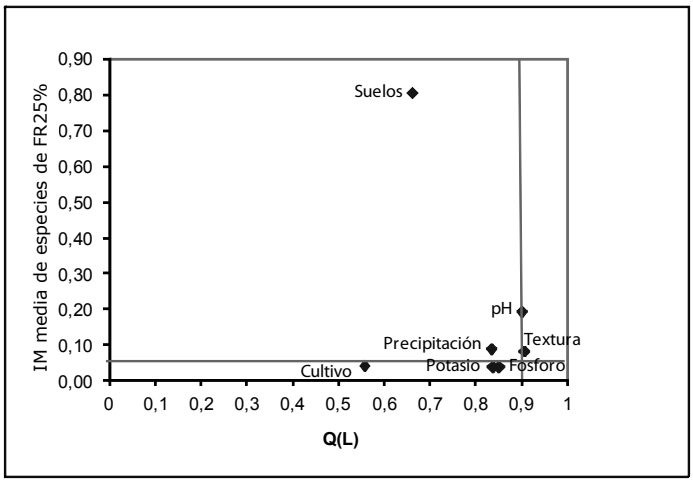

Figura 1. Relación entre la Información Mutua media y la calidad del muestreo.

Es fácilmente observable que los valores, simultáneos, más altos de Información Mutua (IM ≥ 0,05) y de calidad del muestreo (Q(L) ≥ 0,9), los registran los factores textura y pH. Estos 2 factores se encuentran en la parte más a la derecha del gráfico que delimita los factores que deben tenerse en cuenta, y como tal, se consideran factores capaces de mayor actividad en la distribución ecológica de las especies –factores activos. La precipitación presenta una buena relación con las especies (IM ≥ 0,05) pero la calidad del muestreo ha sido por debajo de 0,9, aunque muy próxima.

Para complementar la información obtenida, así como para la construcción y comparación del modelo más ajustado, y evaluar su significación estadística se aplicó el método de análisis canónico de correspondencias (CCA). La Tabla 2 muestra los resultados de la aplicación de la función *step*, criterio de información Akaike, función ANOVA a los datos de las especies y las diferentes variables ambientales.

Tabla 2. Modelos candidatos basados en el criterio de información Akaike.

Modelo	k_i	AIC	ΔAIC_i	W_i	F
pH	1	462,65	3,53	0,08	**
T+pH	2	459,38	0,26	0,43	**
R+T+pH	3	459,12	0	0,49	**

T: textura; R: precipitación; criterio de información Akaike (AIC_i), diferencia de Akaike (ΔAIC_i), peso Akaike (W_i), número de parámetros del modelo (k_i); nivel de significación: ** 0,01.

De entre los factores analizados, se han verificado como factores que representan el balance entre el buen ajuste y la complejidad del modelo (mayores valores de peso Akaike) la precipitación, textura y pH. El modelo elegido fue significativo a un nivel de 1% y la precipitación fue el factor que, a través de este análisis estadístico, demostró ser relevante en la modelación de las especies aunque no se ha identificado como un factor activo en el método anterior, dado su nivel de exigencia en el control de calidad de muestreo de difícil control cuando se utiliza muestras aleatorias. Los restantes factores (textura y pH), fueron coincidentes en ambas metodologías aplicadas. Estos resultados confirman lo reportado por Fariñas et al. (2008) qué consideraron al método de Perfiles Ecológicos e Información Mutua como muy bueno y adecuado en análisis de este tipo.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIAR CFG (1992) *Estudos herbológicos no trigo em Trás-os-Montes numa óptica de Protecção Integrada*. Diss. Mestrado em Protecção Integrada. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica. Lisboa, 183 p.

ATLAS DO AMBIENTE DIGITAL. Disponible gratuito en: http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/index.html (acceso en 10/2011).

BARRALIS G (1975) Résultats dùne unquête sur la repartition et la densité des mauvaise herbes en France. *8ème Conference du COLUMA* 4, 1042-1058.

BARRALIS G (1976) Méthode d´étude des groupements adventices des cultures annuelles à la Côte d`Or. *Vème Colloque Int. Ecol. Biol. Mauvaise Herbes* 1, 59-68.

CAETANO MF (2006) *Flora das vinhas da região demarcada do Dão*. Relatório de trabalho de fim de curso de Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica. Lisboa, 49 p.

CALHA I, PORTUGAL J & MENDES S (2014) *Resistência do Lolium rigidum ao Pinoxaden em searas de trigo no Alentejo.* Reunião de Grupo de Resistências aos herbicidas da Sociedade de Malherbologia. Comunicação Oral, janeiro de 2014, Madrid.

CHARRUA MMG (1980) Sobre infestantes de trigo em Portugal. *I Congresso Português de Fitiatria e de Farmacologia. III Simpósio Nacional de Herbologia* 3, 23-29.

CIRUJEDA A, AIBAR J & ZARAGOZA C (2011) Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agronomy for Sustainable Development* 31, 675-688.

DEVINEAU JL & FOURNIER A (2007) Integrating environmental and sociological approaches to assess the ecology and diversity of herbaceous species in a Sudan-type savanna (Bondoukuy, western Burkina Faso). *Flora* 202, 350-370.

FARIÑAS MR, LÁZARO N & MONASTERIO M (2008) Ecología comparada de *Hypericum laricifolium* Juss. Y *H. juniperinum* Kunth en el valle Fluvioglacial del Páramo de Mucubají. Mérida, Venezuela. Sociedad Venezolana de Ecología. *Ecotrópicos* 21(2), 75-88.

FERNANDES JM (2003) *Ecologia da Flora espontânea e competição da Erva-moira* (*Solanum nigrum L.) na cultura do tomate para indústria.* Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica. Lisboa, 225 p.

FERNANDES JM (1994) *Estudos de competição da erva-moira na cultura do tomate para indústria numa perspectiva de Protecção Integrada*. Diss. Mestrado em Protecção Integrada. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica. Lisboa, 137 p.

FRIED G, KAZAKOU E & GABA S (2012) Trajectories of weed communities explained by traits associated with species'response to management practices. *Agriculture, Ecosystem & Environment* 158, 147-155.

GODRON M (1965) *Les principaux types de profils écologique*. C.N.R.S.-C.E.P.E. Montpellier, 8 p.

GOUNOT M (1958) Contribution a l`étude des groupements végétaux messícoles et rudéraux de la Tunisie. *Annual Service Botanique et Agronomic de Tunisie* 31, 1-288.

LAVRADOR F, MONTEIRO A & SOUSA BASTOS M (2013) Gestión de la vegetación en los ferrocarriles Portugueses – estudio de un caso. *Actas de XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbologia,* Valência. 319-323.

MAILLET J (1981) *Evolution de la flora adventice dans le Montpellierais sous la pression des techniques culturales*. Thése Doctorat Ing. Ecologie, U.S.T.L. Montpellier, 200 p.

MICHEZ JM & GUILLERM J (1984) Signalement écologique et degré d`-infestation des adventices des cultures d`été en Lauragais. *7ème Coll. Int. Ecol. Biol*. *Mauvaises Herbes* 1, 155-162.

MONTEIRO A, CAETANO F, VASCONCELOS T & LOPES CM (2012) Vineyard weed community dynamics in the Dão winegrowing region. *Ciência Técnica e Vitivinícola* 27(2), 73-82.

OKSANEN J, BLANCHET FG, KINDT R et al. (2013) vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-6. http://CRAN.R-project.org/package=vegan.

PACHECO AI (2009) *Vegetação espontânea de olivais intensivos no Baixo Alentejo.* Diss. Mestrado em Engenharia Agronómica – Hortofruticultura e Viticultura. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica. Lisboa, 81 p.

PALLAVICINI Y, BASTIDA F, PUJADAS A, IZQUIERDO J & GONZÁLEZ-ANDÚJAR JL (2013) Comparación de la riqueza y la composición de especies arvenses entre los diferentes hábitats de los cultivos cerealistas. *Actas XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbologia*, Valência, 195-198.

PROVETE DB, SILVA FR & SOUZA TG (2011) *Estatística aplicada à ecologia usando o R*. Programa de pós-graduação em Biologia Animal. Universidade Estadual Paulista, S. José do Rio Preto, 122 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundationfor Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/.

SÁ MGF (1989) *Ecologia da flora das searas de trigo do Alto Atentejo*. Dissertação Mestrado em Produção Vegetal. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 125 p.

SANTOS LMP (1992) *Ecologia da flora da Serra de Montejunto*. Trabalho fim de curso de Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica. Lisboa, 184 p.

SCHAEFER J (2014) Multivariate applications in ecology. Disponible en: http://ichthyology.usm.edu/courses/multivariate/schedule.php (acceso en: 1/03/2014).

TER BRAAK CJF (1987) The analysis of vegetation-environment relationships by canonic correspondence analysis. Vegetatio 69**,** 69-77.

VASCONCELOS MTC (1984) *Estudos bio-ecológicos das infestantes na cultura do tomateiro.* Diss. Mestrado em Produção Vegetal. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica. Lisboa, 122 p.

VASCONCELOS T, MOREIRA I & PORTUGAL J (1999a) Flora infestante na cultura do tomate para indústria no Baixo Alentejo. *Actas de Horticulturae* 3, 308-311.

VASCONCELOS T, TAVARES M & GASPAR N (1999b) Aquatic plants in the rice fields of the Tagus valley, Portugal. *Hydrobiología* 415, 59-65.

VELA MJ (1998) *El viñedo del Campo de Borja con su flora infestante*. Centro d'estudios Borjanos. Institución Fernando El Católico. Borja, 126 p.

VERGEL AFO (2009) *Heterogeneidad de la vegetación en un paisaje de origen glacial en el Páramo de las cruces, sierra de la Culata, Mérida, Venezuela*. Postgrado en Ecología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, 127 p.

WAGENMAKERS E & FARRELL S (2004) AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic Bulletin & Review* 11(1), 192-196.

LA FUENTE DE NITRÓGENO COMO HERRAMIENTA AUXILIAR EN EL MANEJO DE LAS MALAS HIERBAS

Rubio-Asensio J.S.*, Bardisi E., Fernández-García N., Soto A., Olmos E.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CSIC, Espinardo, 30100 Murcia, España.

**jsrubio@cebas.csic.es*

Resumen: Los resultados de producción de biomasa, tanto de parte aérea como de raíz, nos muestran las distintas preferencias por una u otra fuente [(nitrato (NO_3^-) o amonio(NH_4^+)] de nitrógeno (N), así como la influencia de la fuente de N en la respuesta a la dosis (2 mM vs. 0,2 mM) en la zona radicular: *Amaranthus viridis* y *Chenopodium album* prefieren el NO_3^- y no responden a la dosis de NH_4^+, *Conyza bonaeriensis* y *Solanum nigrum* también prefieren el NO_3^- pero responden a la dosis de NH_4^+, mientras que *Sonchus oleraceus* prefiere el NH_4^+ y no responde a la dosis de NO_3^-. Igualmente, la fuente de N, y no sólo la dosis de N, tiene una gran repercusión en la relación carbono/nitrógeno (C/N) tanto de la parte aérea como de la raíz. El conjunto de los resultados sugiere que el manejo de la fuente de N en los sistemas agrícolas podría ayudar al manejo de las malas hierbas y con ello a su control, en pro de hacer una mejor optimización de los recursos.

Palabras clave: Biomasa, fertilización, manejo del hábitat.

Summary: ***The nitrogen source as a tool for weeds management.*** The results of biomass production both in terms of shoot and root, show distinct plants preferences for the nitrogen source; *Amaranthus viridis* and *Chenopodium album* prefers NO_3^- and does not respond to the dose of NH_4^+, *Conyza bonaeriensis* and *Solanum nigrum* also prefers NO_3^- but respond to the dose of NH_4^+, and finally *Sonchus oleraceus* prefers NH_4^+ over NO_3^- and does not respond to the dose of NO_3^-. Here, we also show that the source of N has a major role in plant N and C concentration. Overall, these results indicate that N fertilization (source and dose) may be a tool for the management of weeds in agricultural system where the farmer has control over the source of N applied.

Keywords: Biomass, fertilization, environment management.

INTRODUCCIÓN

Conocer la influencia de la fertilización nitrogenada en la producción de biomasa y el balance de N y C de las malas hierbas debería ayudar al manejo de éstas y por tanto a su control. La concentración de N en el suelo es un factor determinante de la presencia y ecología de malas hierbas, así como de la competencia con los cultivos por este recurso (Blackshaw et al., 2003; Andreasen et al., 2006) (Figura 1). Se conoce bien la preferencia y la respuesta de las malas hierbas por los niveles altos de N que suelen tener los suelos cultivados (Harbur & Owen, 2004; Lindquist et al., 2010; Lindsey et al., 2013b). Sin embargo, no hay estudios que diferencien la respuesta de las malas hierbas a las dos principales fuentes de N que se utilizan en los sistemas agrícolas, nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), y por tanto puedan distinguir las preferencias por una u otra fuente de N entre las distintas especies. Puesto que diferentes especies de plantas tienen distinta preferencia por NO_3^- y NH_4^+ (Britto & Kronzucker, 2013), la fertilización nitrogenada nos podría facilitar el manejo de las malas hierbas y así su control. El objetivo de este trabajo es saber y distinguir el efecto de la fuente y dosis de N en la producción de biomasa y las concentraciones de N y C en la parte aérea y raíz, en cinco especies de malas hierbas.

Figura 1. Ejemplos de competencia por recursos entre las malas hierbas y los cultivos. 1a) Campo de limoneros jóvenes con presencia de *Ch. album*; 1b) Cultivo de brócoli con presencia de *Ch. album*; 1c) Cultivo de tomate en invernadero con presencia de *A. viridis*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron cinco especies de malas hierbas que representan a tres familias; i) *Solanaceae*; *Solanum nigrum*, ii) *Asteraceae*; *Sonchus oleraceus* y *Conyza bonaeriensis*, y iii) *Amaranthaceae*; *Chenopodium album* y *Amaranthus viridis*. Las semillas fueron recolectadas en una finca de cítricos en Alhama de Murcia y guardadas a 4ºC.

Condiciones de crecimiento y tratamientos

Las semillas se germinaron en pequeñas cajas de plástico (250 cm^3), opaco la mitad inferior y transparente la mitad superior, rellenas de arena lavada hasta una altura de 1,5 cm. La arena se humedeció con agua bidestilada que contenía una concentración de 100 µM de KNO_3, y tras dejar las semillas en la superficie, las cajas se cubrieron con papel de aluminio. Tras 4-6 días, dependiendo de la especie de planta, se quitó el papel de aluminio y se dejaron por 10 días más en la caja hasta que los cotiledones estaban bien desarrollados. En ese momento, aproximadamente 15 días tras la siembra, las plántulas se trasladaron a diferentes barreños (de 15 L de capacidad) que contenían una solución nutritiva Hoagland modificada. Las plantas germinaron y crecieron en una cámara de crecimiento en condiciones de temperatura (día 25ºC/noche 18ºC), humedad (día 60%/noche 80%), y luz (15 horas de fotoperiodo con una radiación PAR de 400 µmol m^{-2} s^{-1}) controladas. Los tratamientos consistían en la combinación de dos fuentes de nitrógeno (NO_3^- y NH_4^+) con dos niveles de nitrógeno (2 mM y 0,2 mM). Las plantas se mantuvieron en los tratamientos hasta que iniciaron la fase de floración; 34, 48, 94, 41, 42 días tras la siembra en *A. viridis, Ch. album, C. bonaeriensis, S. nigrum* y *S. oleraceus*, respectivamente.

Medidas y determinaciones

Al final del periodo experimental las plantas fueron cosechadas, separando la parte aérea (hojas y tallos) y la raíz. La raíz fue lavada con agua a 4ºC para eliminar la solución nutritiva. Ambas partes de la planta fueron puestas en una estufa durante 2-3 días y pesadas. A continuación el material vegetal fue pulverizado y analizado para N y C total. El análisis estadístico (IBM SPSS v. 22) se basó en el análisis de varianza factorial para distinguir el efecto de la fuente y dosis de N y si hubo interacción entre ambos factores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de producción de biomasa, tanto de parte aérea como de raíz, y biomasa total, nos muestran la enorme diversidad que hay en cuanto a las preferencias por una u otra fuente de nitrógeno y la dependencia de estas preferencias de la dosis de N en la zona radicular (Figura 2A, Tabla 1). *A. viridis, Ch. album*, *C. bonaeriensis* y *S. nigrum* prefieren el NO_3^-, mientras que *S. oleraceus* prefiere el NH_4^+. Entre las que prefieren el NO_3^-, podemos hacer dos grupos, el primero compuesto por la familia *Amaranthaceae,* que con NH_4^+ reducen drásticamente la biomasa y no responden a la dosis de esta forma de N, y el segundo grupo compuesto por *C. bonaeriensis* y *S. nigrum* que aunque prefieren el

NO_3^- toleran el NH_4^+ y responden al incremento de la dosis de este. Interesantemente, *S. oleraceus* incrementó considerablemente la producción de biomasa con 2 mM de NH_4^+ con respecto a los demás tratamientos, y no respondió al incremento de NO_3^- en la solución nutritiva. En general tanto la parte aérea como la raíz siguen la misma tendencia, observándose los mayores contrastes en la producción de biomasa aérea. De hecho, la influencia de la dosis de N en la producción de biomasa aérea en las cinco especies dependió de la fuente de N empleada (Tabla 1). En cuanto a la distribución de biomasa entre la parte aérea y la raíz, el mayor efecto lo tuvo la dosis de N (Figura 2A, Tabla 1). Como norma general, con dosis altas de nitrógeno hay mayor distribución de biomasa a la parte aérea, y con dosis bajas hay mayor distribución de biomasa hacia la raíz. La excepción a esta norma fue en las plantas de *S. oleraceus* donde la distribución de biomasa no respondió ni a la forma ni a la dosis de N en la zona radicular.

La concentración de N total en la PA disminuyó al disminuir la concentración de N en la zona radicular, independientemente de la forma de N (Figura 2B, Tabla 2). Especialmente con 2 mM de N, la concentración de N total en la PA fue mayor al usar NH_4^+ que usando NO_3^-. La concentración de N total en la raíz siguió la misma tendencia que en la PA. En cuanto a la concentración de C total lo más notable fue la mayor concentración encontrada en las plantas con dosis alta de NH_4^+. La relación C/N fue mayor cuando la dosis de N en la zona radicular es baja. Excepto en *S. oleraceus* la proporción C/N fue mayor cuando se empleó NO_3^- en lugar de NH_4^+ como fuente de N.

El uso de NO_3^- u NH_4^+ por la planta tiene un contrastado impacto tanto en el metabolismo del nitrógeno como en el del carbono en la planta (Bloom, 2015; Rubio-Asensio et al., 2015). Los resultados de este trabajo evidencian este hecho, y muestran que la fuente de N que usa la planta puede determinar en gran medida su adaptación al medio y por tanto su grado de competitividad con otras especies (Britto & Kronzucker, 2013). Es bien conocido que el nivel de N en el suelo es un factor determinante de la competición entre las malas hierbas y el cultivo, y que saber la respuesta de los cultivos y las malas hierbas a las dosis de N en el suelo nos puede servir para optimizar la dosis de fertilización y así incrementar la ventaja competitiva del cultivo (Harbur & Owen, 2004; Lindquist et al., 2010; Wortman et al., 2011; Lindsey et al., 2013b). Sin embargo, no hay datos de preferencias por NO_3^- vs. NH_4^+, entre las malas hierbas. A nuestro juicio este es el primer trabajo que pone de relieve el papel que la fuente de N, y no sólo la dosis de N, tiene en la producción de biomasa y su distribución entre la parte aérea y la raíz, así como en el balance de N y C. Por ejemplo, la liberación de N de los desechos de malas hierbas está correlacionado con la relación C/N en los tejidos de estas (Lindsey

et al., 2013a). Valores bajos de C/N (< 19) se relacionan con desechos que liberarán N al suelo y contribuirán al crecimiento de la vegetación, mientras que valores altos de C/N (> 19) inicialmente inmovilizaran el N, y este podría no estar disponible para la vegetación. En este sentido, y como vemos en la Figura 2B, no solo la dosis de N, sino también la fuente de N en el suelo, influiría en la capacidad de esas plantas para liberar a largo plazo nitrógeno al suelo.

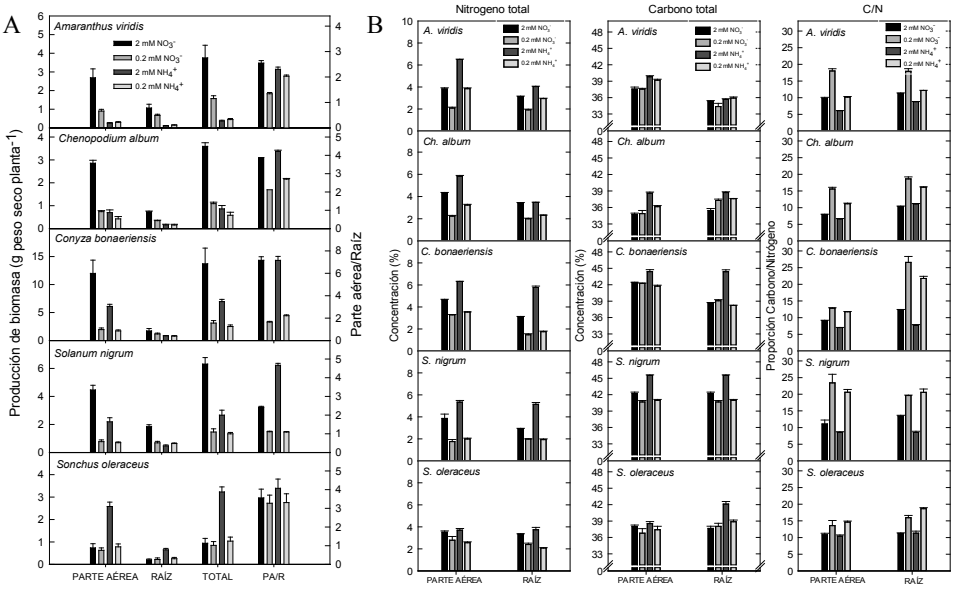

Figura 2. A) Producción de biomasa (g peso fresco por planta) de parte aérea, raíces y total, y la proporción parte aérea/raíz (PA/R) en cinco especies de malas hierbas en respuesta a la fuente (NO_3^- vs. NH_4^+) y dosis (2 mM vs. 0,2 mM) de nitrógeno en la solución nutritiva. B) Concentración de N total, C total y relación C/N en la parte aérea y raíz en cinco especies de malas hierbas en respuesta a la fuente (NO_3^- vs. NH_4^+) y dosis (2 mM vs. 0,2 mM) de nitrógeno en la solución nutritiva. Las barras representan las medias ± el error estándar (n=5-6). Los resultados del análisis de varianza donde distinguimos el efecto de la fuente y dosis de N, y su interacción se encuentra en la Tabla 1 y 2 para las Figuras 2A y 2B, respectivamente.

Estos y futuros resultados pueden servir para optimizar la fertilización nitrogenada y ayudar al manejo y control de las malas hierbas. Añadimos que saber la fuente predominante de N en el suelo, debería ser una práctica que ayude al manejo del sistema agrícola.

Tabla 1. Resultados del ANOVA que examina el efecto de la fuente y dosis de N y su interacción en la producción de biomasa de parte aérea (PA), raíz, total y la distribución de biomasa entre PA y raíz (PA/R) en cinco especies de malas hierbas.

Especie	Factor	PA	Raíz	Total	PA/R
A. viridis	Fuente de N	***	***	***	*
	Dosis de N	**	n.s.	*	***
	F x D	**	n.s.	*	***
Ch. album	Fuente de N	***	***	***	***
	Dosis de N	***	***	***	***
	F x D	***	***	***	n.s.
C. bonaeriensis	Fuente de N	*	*	*	n.s.
	Dosis de N	***	n.s.	***	***
	F x D	*	n.s.	n.s.	n.s.
S. nigrum	Fuente de N	***	***	***	***
	Dosis de N	***	***	***	***
	F x D	***	***	***	***
S. oleraceus	Fuente de N	***	**	***	n.s.
	Dosis de N	***	**	***	n.s.
	F x D	***	**	***	n.s.

Los símbolos indican diferencias significativas; ***P < 0,001; **P < 0,01; *P < 0,05; n.s., indica que no hay diferencias significativas.

Tabla 2. Resultados del ANOVA que examina el efecto de la fuente y dosis de N y su interacción en la concentración de N total, C total y relación C/N en la parte aérea (PA) y raíz (R) en cinco especies de malas hierbas.

Especie	Factor	N total		C total		C/N	
		PA	R	PA	R	PA	R
A. viridis	Fuente de N	***	***	***	*	***	***
	Dosis de N	***	***	n.s.	n.s.	***	***
	F x D	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	**
Ch. album	Fuente de N	***	**	***	***	***	*
	Dosis de N	***	***	**	n.s.	***	***
	F x D	n.s.	n.s.	**	***	*	**
C. bonaeriensis	Fuente de N	**	***	*	***	***	**
	Dosis de N	***	***	**	***	***	***
	F x D	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.
S. nigrum	Fuente de N	*	***	**	**	n.s.	*
	Dosis de N	***	***	***	**	**	***
	F x D	n.s.	**	**	**	n.s.	**
S. oleraceus	Fuente de N	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	*
	Dosis de N	**	***	n.s.	*	**	***
	F x D	n.s.	*	n.s.	**	n.s.	*

Los símbolos indican diferencias significativas; ***P < 0,001; **P < 0,01; *P < 0,05; ns, indica que no hay diferencias significativas.

BIBLIOGRAFÍA

ANDREASEN C, LITZ AS & STREIBIG JC (2006) Growth response of six weed species and spring barley (*Hordeum vulgare*) to increasing levels of nitrogen and phosphorus. *Weed Research* 46, 503-512.

BLACKSHAW RE, BRANDT RN, JANZEN HH, ENTZ T, GRANT CA & DERKSEN DA (2003) Differential response of weed species to added nitrogen. *Weed Science* 51, 532-539.

BLOOM AJ (2015) The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. *Current Opinion in Plant Biology* 25, 10-16.

BRITTO DT & KRONZUCKER HJ (2013) Ecological significance and complexity of N-source preference in plants. *Annals of Botany* 112, 957-963.

HARBUR MM & OWEN MDK (2004) Light and growth rate effects on crop and weed responses to nitrogen. *Weed Science* 52, 578-583.

LINDQUIST JL, EVANS SP, SHAPIRO CA & KNEZEVLC SZ (2010) Effect of nitrogen addition and weed interference on soil nitrogen and corn nitrogen nutrition. *Weed Technology* 24, 50-58.

LINDSEY LE, STEINKE K, WARNCKE DD & Everman WJ (2013a) Nitrogen release from weed residue. *Weed Science* 61, 334-340.

LINDSEY LE, WARNCKE DD, STEINKE K & EVERMAN WJ (2013b) Fertilizer and population affects nitrogen assimilation of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and redroot pigweed (Amaranthus retroflexus). *Weed Science* 61, 131-135.

RUBIO-ASENSIO JS, RACHMILEVITCH S & BLOOM AJ (2015) Responses of arabidopsis and wheat to rising CO_2 depend on nitrogen source and nighttime CO_2 levels. *Plant Physiology* 168, 156-163.

WORTMAN SE, DAVIS AS, SCHUTTE BJ & LINDQUIST JL (2011) Integrating management of soil nitrogen and weeds. *Weed Science* 59, 162-170.

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE *ECHINOCHLOA* SPP. EN ARROZALES DE EXTREMADURA MEDIANTE CITOMETRÍA DE FLUJO

Salguero J.[1], Romano Y.[2], Álvarez-Barrientos A.[3], Torralbo P.[3], Alarcón M.V[2], Amaro-Blanco I.[2], Osuna M.D.[2]*

[1]*Departamento de Fisiología Vegetal, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Avda. de Adolfo Suárez s/n, 06007 Badajoz, España.*

[2]*Departamento de Hortofruticultura, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Ctra. AV km 372, 06187 Guadajira, España.*

[3]*Servicio de Técnicas Aplicadas a las Biociencias, Universidad de Extremadura, Avda. de Elvas s/n, 06071 Badajoz, España.*

**mariadolores.osuna@gobex.es*

Resumen: El género *Echinochloa* incluye las especies de malas hierbas del arroz más importantes a nivel mundial. La complejidad taxonómica de este género, que comprende 40-50 especies, ha sido tema principal en diferentes trabajos de investigación. La confusión taxonómica es muy frecuente en el género, por lo que se han utilizado diferentes claves taxonómicas y varios enfoques moleculares para identificar las diferentes especies. Por otra parte, se ha demostrado que diversas especies de *Echinochloa* muestran desigual sensibilidad a diferentes herbicidas. Por lo tanto, la identificación temprana del género *Echinochloa* proporciona una herramienta útil a la hora de aplicar los herbicidas más eficaces a las dosis más adecuadas. En este trabajo se muestra que los géneros de *Echinochloa* tienen diferente contenido en ADN y que la citometría de flujo es capaz de discriminar entre las especies más comunes de *Echinochloa* en Extremadura.

Palabras clave: Taxonómica, técnicas moleculares, ADN.

Summary: ***Identification of species of Echinochloa spp. in Extremadura rice paddies by flow cytometry*.** The genus *Echinochloa* includes the most important weeds in rice worldwide. Taxonomic complexity of this genus, comprising 40-50 species, has been a major topic in several research projects. The taxonomic confusion is common in the genus, so different taxonomic keys and several molecular approaches have been used to identify different species. Moreover, it has been shown

that various species of *Echinochloa* show unequal sensitivity to different herbicides. Therefore, early identification of *Echinochloa* species provides a useful tool in implementing the most effective herbicide and the most appropriate dose. This paper shows that *Echinochloa* species have different DNA content and that flow cytometry is able to discriminate among the most common species of *Echinochloa* in Extremadura.

Keywords: Taxonomy, molecular techniques, DNA.

INTRODUCCIÓN

El arroz es el cereal grano más ampliamente consumido por una gran parte de la población humana. El método tradicional para el cultivo es la inundación durante, o después, del asentamiento de la plántula, práctica agronómica que requiere un alto esfuerzo en el control de malas hierbas y plagas. El cultivo de arroz se ha incrementado en Extremadura durante los últimos 10 años y actualmente cerca de 30.000 ha son ocupadas por arroz.

En el género de *Echinochloa* se incluyen las especies de malas hierbas más importantes en arroz en todo el mundo (Danquah et al., 2002). Además, la rápida germinación y crecimiento unido a la abundante producción de semillas aseguran su éxito (Barrett, 1983). Estudios morfológicos y genéticos revelan la complejidad taxonómica de este género (López-Martínez et al., 1999, Ruiz-Santaella et al., 2006). Hay algunas discrepancias en cuanto al número de especies que constituyen *Echinochloa*. El género comprende entre 20 y 60 especies, tanto las especies nativas como las cultivadas, y están ampliamente extendidas en las regiones tropicales y templadas. Las especies de *Echinochloa* muestran diferente sensibilidad a varios herbicidas utilizados para su control (Vidotto et al., 2007), incluso dentro de la misma especie (Osuna et al., 2011) Además, se ha descrito el desarrollo de resistencias a herbicidas comúnmente aplicados para el control de *Echinochloa* en arroz (Fisher et al., 2000). La alta variabilidad de los caracteres morfológicos y la respuesta a los herbicidas han sido analizadas en diferentes estudios incluyendo morfológicos, enzimáticos y, recientemente, moleculares, con el fin de conseguir una clasificación taxonómica precisa. En las especies de *Echinochloa*, aunque muestran alto grado de autogamia, la tasa de polinización cruzada es suficiente para asegurar el intercambio de genes. En la Península Ibérica la clasificación taxonómica fue establecida por Carretero (1981), que propuso 5 taxones: *E. crus-galli* (L) Beauv.; *E. colonum* (L) Link.; *E. hispidula* (Retz) Nees ex Royle; *E. oryzoides* (Ard) Fritsch.; y *E. oryzicola* (Vasing.) Vasing.

En resumen, los diferentes géneros de *Echinochloa* muestran diferente sensibilidad a varios herbicidas pero la correcta identificación del género en los estadios tempranos del desarrollo de la planta es muy difícil o imposible. Sin embargo, los mejores resultados se han obtenido cuando el herbicida se aplica en los estadios tempranos de desarrollo. En consecuencia, la identificación temprana permitiría una aplicación más eficaz del herbicida. La citometría de flujo es un método comúnmente utilizado para estimar el tamaño del genoma, en unidades relativas o absolutas, que se han aplicado con éxito a los estudios taxonómicos de un gran numero de especies de plantas (Dolezel & Bartos, 2005) Desde la introducción de esta técnica para estudios en plantas, la estimación de niveles de ploidía y la determinación del tamaño del genoma nuclear que han sido dos de las aplicaciones más frecuentes (Bennett & Leitch, 2005). El método ha sido una buena alternativa a los métodos tradicionales, debido principalmente a su rapidez y viabilidad. (Dolezel & Bartos, 2005) El objetivo de este trabajo fue clasificar las poblaciones más importantes de *Echinochloa* en Extremadura de acuerdo con la taxonomía de Carretero (1981) y determinar el tamaño de su genoma para optimizar un método de identificación rápida del género a partir del tamaño de su genoma en las fases precoces del desarrollo de la planta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización de las poblaciones de *Echinochloa*

Semillas de 48 accesiones pertenecientes al género *Echinochloa* fueron recolectadas en campos de arroz de Extremadura. Las coordenadas de cada punto de muestreo se tomaron con un dispositivo GPS.

Clasificación morfológica de las accesiones

La identificación de los taxones se llevó a cabo principalmente de acuerdo a la taxonomía de Carretero (1981), pero también se han incluido nuevas características que no se habían usado antes. Se evaluaron similitudes morfológicas entre accesiones usando el programa NTSYS-pc 2.02 (Exeter Software, 47 Route 25A, Suite 2, Setauket, NY 11733-2870 USA).

Tamaño del genoma

Para la determinación del tamaño del genoma se seleccionaron aproximadamente 2 cm cuadrados de hoja fresca de plántulas con un tamaño de 3-4 hojas. La estimación de la citometría de flujo del contenido de ADN nuclear se realizó de la siguiente manera: El tejido de *Pisum sativum* y *Echinochloa* se prepararon de manera conjunta. *Pisum sativum* se eligió como estándar interno debido a su similitud en contenido de

ADN nuclear (Doležel et al., 2005) respecto de *Echinochloa*. La hoja fue troceada con un bisturí durante 30-60 s en un vidrio de reloj con aproximadamente 20 ml de tampón de extracción (Tris-HCL 0,2M, $MgCl_2$-$6H_2O$ 4mM, EDTA-Na_2-$2H_2O$ 2mM, NaCl 86mM, Metabissulfite 10mM, 1% PVP 10, 1% (v/v) Tritón X-100 pH 7,5). El extracto resultante se filtró (filtro de 30 µm de poro) y centrifugó a 1500 rpm durante 5 s. A continuación, se le añadió 1 ml de tampón de tinción (50 µL de RNAsa 20mg/mL, 50 µL de Propidium Iodine 0,05% y 900 µL de PBS). Las muestras se incubaron a 37 ºC en oscuridad durante 30 minutos. El análisis de la citometría de flujo se realizó en un citómetro de flujo FC500 (BeckmanCoulter, Hialeah, FL, EE.UU.) sobre, al menos, 10000 núcleos por muestra. El contenido de ADN nuclear de *Echinochloa* se estimó utilizando como referencia el contenido de *Pisum sativum* (Doležel et al., 2005).

Análisis estadístico del tamaño del genoma

La determinación del tamaño del genoma se realizó en plantas que previamente habían sido identificadas como pertenecientes al género de *Echinochloa,* provenientes de distintas accesiones. Los datos representan la desviación media estándar de al menos 10 plantas por especie de *Echinochloa*. La comparación entre medias se realizó mediante ANOVA seguida de un test de Tukey $P<0,05$, usando SPSS v15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización morfológica de *Echinochloa* spp. en Extremadura y los principales caracteres utilizados en ella se muestran en la Tabla 1. Los caracteres de la tabla son de estadios tardíos, no pudiéndose establecer caracteres diferenciadores en estadios tempranos.

En cuanto a los estudios de citometría de flujo, los resultados presentados en la Tabla 2 muestran claramente diferencias significativas en los contenidos de ADN entre las varias especies. Se observa que dos especies, *E. oryzicola* y *E. oryzoides,* tienen aproximadamente dos tercios de la cantidad de las otras, *E. crus-galli* y *E. hispidula*. Los resultados encontrados en la bibliografía sugieren que las especies de *Echinochloa* se pueden separar en dos grupos que incluyen las especies hexaploides y tetraploides. Por lo tanto, basándonos en nuestra estimación del contenido de ADN, *E. hispidula* y *E. crus-galli* serían especies hexaploides mientras que *E. oryzicola* y *E. oryzoides* serían tetraploides. Aunque *E. oryzicola* y *E. oryzoides* pueden ser consideradas tetraploides, se han observado pequeñas diferencias en el tamaño de su genoma. El contenido de ADN de *E. oryzoides* (2,67 pg) fue mayor que el de *E. oryzicola* (2,46 pg). De la misma forma, *E. hispidula* (3,74 pg) tuvo un contenido en ADN ligeramente superior al de *E. crus-galli* (3,49).

Tabla 1. Caracteres morfológicos utilizados en la caracterización taxonómica de las especies de *Echinochloa* en Extremadura.

Características	*E. crus-galli*	*E. hispidula*	*E. oryzicola*	*E. oryzoides*
Longitud espiga	2,8-3,3 mm	3,3-3,7 mm	4-4,5 mm	4,3-4,7 mm
Aristas	Hasta 6 mm	Hasta 3 mm	Hasta 6 mm	Hasta 10 mm
Color basal del tallo	Rojo	Rojo	Verde o verde con tonalidad rojiza	Verde o rojo
Color collar	Rojo	Rojo o verde	Verde	Verde
Máxima altura	≥ 200 cm	150-180 cm	100-150 cm	120-150 cm
Situación tallo/hojas	Postrado	Vertical o semivertical	Vertical o semivertical	Semivertical o semipostrado
Pubescencia vaina	Ausencia	Ausencia	Ausencia o presencia	Ausencia
Panícula	Vertical o semivertical	Semivertical o semipendular	Semivertical o semipendular	Semipendular o pendular
Ramas panícula	Abiertas o semiabiertas	Abiertas o semiabiertas	Semiabiertas	Semicerradas
Limbo hoja	Abierto	Curvado	Semicurvado	Curvado
Floración	La más temprana (55-65 días*)	Temprana (75-95 días*)	La más tardía (85-105 días*)	Tardía (>140*)
Adquisición tono rojo tallo	20 días*	30-45 días*	70-80 días*	70-75 días*

*Desde la germinación de la semilla.

Tabla 2. Tamaño del genoma en las diferentes especies de Echinochloa. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las distintas especies en el análisis por ANOVA y test de Tukey P<0,05.

Especie	Tamaño del genoma (pg DNA)
E. hispidula	3,74±0,08 a
E. crus-galli	3,49±0,16 b
E. oryzoides	2,67±0,13 c
E. oryzicola	2,46±0,04 d

Enfoques citogenéticos y moleculares se han usado en estudios taxonómicos en el género *Echinochloa*. Los datos citogenéticos han proporcionado información sobre el número de cromosoma y la ploidía de las especies chinas de *Echinochloa* (Juihuan & Tingbi, 1993).

Sin embargo, nuestros resultados no coinciden con los encontrados en la bibliografía. Estudios citológicos de las especies chinas de *Echinochloa* han mostrado que *E. oryzoides* y *E. crus-galli* son hexaploides, presentando 54 cromosomas (2n=6x=54), mientras que *E. hispidula* es tetrahaploide con 36 cromosomas (2n=4x=36) (Juihuan & Tingbi, 1993) siendo en ambos casos x=9. Por el contrario, nuestros resultados sugieren que *E. hispidula* debería ser hexaploide y *E. oryzoides* tetraploide.

CONCLUSIONES

En este trabajo ha quedado demostrado la dificultad de usar caracteres morfológicos para distinguir las especies de *Echinochloa* spp. encontradas en Extremadura. Técnicas a nivel de ADN o, como en el trabajo presentado aquí, a nivel de citometría de flujo son claves para una correcta identificación temprana de las especies.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto AGL2011-27714 (MINECO) y el Grupo de Investigación GR10130 del Gobierno de Extremadura.

BIBLIOGRAFÍA

BARRETT SCH (1983) Crop mimicry in weeds. *Economic Botany* 37, 255-282.

BENNET MD & LEITCH IJ (2005) Plant genome size research: a field in focus. *Annual of Botany* 95, 1-6.

CARRETERO JL (1981) El género *Echinochloa* Beauv, en el suroeste de Europa. *Anales Jardin Botánico Madrid* 38(l), 91-108.

DANQUAH EY, JOHNSON DE, RICHES C, ARNOLD GM & KARP A (2002) Genetic diversity in *Echinochloa* spp. collected from different geographic origins and within rice fields in Côte d'Ivoire. *Weed Research* 42, 394-405.

DOLEZEL J, SGORBATI S & LUCRETTI S (1992) Comparison of three DNA fluorochromes for flow cytometric estimation of nuclear DNA content in plants. *Physiologia Plantarum* 85, 625-631

DOLEZEL J & BARTOS J (2005) Plant DNA flow cytometry and estimation of nuclear genome size. *Annual of Botany* 95, 99-110.

FISHER AJ, ATEH CM, BAYER DE & HILL JE (2000) Herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. *Weed Science* 48, 225-230.

JUIHUAN F & TINGBI Z (1993) Cytological study on Chinese species in the genus *Echinochola*. *Journal of Wuhan Botanical Research* 11, 293-299.

LOPEZ-MARTINEZ N, PUJADAS A, FINCH RP & DE PRADO R (1999) Molecular markers indicate intraspecific variation in the control of *Echinochloa* spp. with quinclorac. *Weed Science* 47, 310-315.

OSUNA MD, OKADA M, AHMAD R, FISCHER AJ & JASIENIUK M (2011) Genetic diversity and spread of thiobencarb resistant early watergrass (*Echinochloa oryzoides*) in California. *Weed Science* 59(2), 195-201.

RUIZ-SANTAELLA JP, BASTIDA F, FRANCO AR & DE PRADO R (2006) Morphological and molecular characterization of different *Echinochlo*a spp. and *Oryza sativa* populations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 1166-1172.

VIDOTTO F, TESIO F, TABACCHI M & FERRERO A (2007) Herbicide sensitivity of *Echinochloa* spp. accessions in Italian rice fields. *Crop Protection* 26(3), 285-293.

EFECTO DE LA RODADA DEL TRACTOR SOBRE LA DENSIDAD Y COMPOSICIÓN DE MALAS HIERBAS EN UN CULTIVO DE MAÍZ

San-Martín C.*, Campos D., Martín J.M., Andújar D., Fernández-Quintanilla C., Dorado J.

Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC), Serrano 115B, 28006 Madrid, España.

**carolina.smh@ica.csic.es*

Resumen: El objetivo de este estudio fue analizar si la compactación producida por la rodada del tractor durante las operaciones de siembra influye en la composición y densidad de malas hierbas en cultivo de maíz. Para ello se llevó a cabo el conteo e identificación de las especies presentes en 160 unidades muestrales localizadas en la interlínea de cultivo, de las cuales la mitad estaba afectada por la rodada del tractor y la otra mitad no. El contraste de medias entre los datos con rodada y sin rodada para la riqueza de especies, densidad total y densidad por especies se realizó mediante el test de Mann-Whitney. Los resultados han puesto de manifiesto que las especies principales, a excepción de *Cyperus rotundus*, fueron significativamente más abundantes en las interlíneas con rodada. En relación a la comunidad arvense, ésta fue igualmente más diversa y abundante en las interlíneas con rodada.

Palabras clave: Maquinaria, compactación, abundancia, riqueza.

Summary: ***Effect of wheel track on the density and composition of weeds in a maize crop.*** The aim of this study was to analyze whether the compaction caused by the tractor during sowing operations affects the composition and density of the weed flora in maize crops. For that, 160 sample units were taken in the crop interline, where half of them were affected by the tractor tread and the other half not. In each sampling unit we carried out the count and identification of weed species. The Mann-Whitney test was performed to contrast differences in species richness, total and individual species densities between tractor-tread and not tractor-tread data. The results revealed that the main species, except for *Cyperus rotundus* were significantly more abundant in the interline with tractor tread. In relation to the weed community, it was also more diverse and abundant in the interline with tractor tread.

Keywords: Machinery, compaction, weed abundance, richness.

INTRODUCCIÓN

La distribución de las malas hierbas en los cultivos no es aleatoria, sino que generalmente se disponen de forma agregada (Cardina et al., 1997; Heijting et al., 2007). Existen varios factores que influyen en la composición y distribución de las malas hierbas en los cultivos. Uno de estos factores es la compactación del suelo, que está provocada por los aperos utilizados y las ruedas de la maquinaria agrícola durante la preparación del lecho de siembra (Soane et al., 1982). Esta compactación puede influir en la germinación de las semillas al modificar las condiciones de humedad en el suelo (Brown et al., 1996). Cuanto mayor es el contacto entre los agregados del suelo y las semillas mejor es el transporte de agua hacia las últimas (Benech-Arnold & Sanchez, 2004). Jurik y Zhang (1999) afirmaron que las condiciones de humedad tras un proceso de compactación dependerán de la humedad inicial, el tipo de suelo, el grado de compactación y el clima. Por otro lado, la compactación también puede influir en los niveles de oxígeno del suelo, de tal forma que si se produce una sobrecompactación se puede inhibir la germinación y/o emergencia al crear un entorno anóxico (Dexter, 1988). La compactación también influirá en la densidad aparente y temperatura del suelo, además de crear fuerzas mecánicas que pueden impedir la germinación.

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de la compactación producida por la rodada del tractor durante las operaciones de siembra del maíz sobre la densidad y composición de malas hierbas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha llevado a cabo en un campo de maíz en la finca experimental del CSIC "La Poveda" (Arganda del Rey, Madrid) en mayo de 2013, dentro de una parcela de 2 ha. El sitio se caracteriza por una precipitación anual en torno a 400 mm. La textura del suelo es franco-arenosa (39% arena, 47% limo, 14% arcilla), con 1,4% de materia orgánica y pH 8,1. En el momento del muestreo, el maíz se encontraba en el estadio de 4-5 hojas verdaderas.

Los muestreos de malas hierbas se realizaron en marcos de 66 cm ×33 cm, en los que se identificaron y contaron los individuos de cada especie. Se utilizaron un total de 160 unidades de muestreo, distribuidas en la interlínea de cultivo, de tal forma que la mitad de las unidades muestrales estaban localizadas en la interlínea afectada por la rodada del tractor y la otra mitad no. La separación mínima entre unidades muestrales era de 3 m, aproximadamente.

Se analizaron distintas variables: riqueza de especies, densidad total y densidad por especies (número de individuos m^{-2}). En cada variable, se comprobó la distribución de los datos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. El contraste de medias entre los datos "Rodada" y "Sin rodada" se realizó con el test no paramétrico de Mann-Whitney, utilizando el valor de probabilidad $p<0,05$ para establecer las diferencias de significación. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS versión 22.0 (SPSS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las principales especies encontradas fueron: *Amaranthus blitoides* S. Wats., *Chenopodium album* L., *Cyperus rotundus* L., *Datura ferox* L. y *Polygonum aviculare* L. También se observaron individuos de otras especies (*Chenopodium vulvaria* L., *Convolvulus arvensis* L., *Fumaria parviflora* Lam., *Glycyrrhiza glabra* L., *Portulaca oleracea* L., *Salsola kali* L., *Setaria* spp., *Solanum nigrum* L., *Sonchus asper* [L.] Hill y *Xanthium strumarium* L.), pero de forma poco frecuente (presentes en menos del 15% del total de los puntos de muestreo), por lo que no se han considerado en los análisis (Tabla 1). En cuanto a la distribución de los datos, tal y como puede observarse en la Tabla 1, ninguna de las variables analizadas se ajustó a una distribución normal según el test de Kolmogorov-Smirnov.

Los resultados han puesto de manifiesto valores medios más bajos en las interlíneas "Sin rodada" respecto a las líneas donde había "Rodada" (Tabla 1). Según el test de Mann-Whitney, estas diferencias han resultado significativas en todas las especies salvo en *C. rotundus* (Tabla 2). Del mismo modo, la densidad total de malas hierbas y la riqueza de especies resultaron significativamente superiores en las interlíneas con "Rodada" (92 plantas m^{-2} y 4 especies, respectivamente) respecto a aquellas "Sin rodada" (35 plantas m^{-2} y 3 especies, respectivamente). En la Figura 1 se representan de forma gráfica los datos medios de estas dos variables, confirmando los valores más bajos en las calles "Sin rodada"; este mismo patrón fue encontrado en los datos densidad de cada una de las especies individualmente (Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos (media, mediana, desviación estándar y asimetría) de las variables densidad (plantas m^{-2}) y riqueza (número de especies m^{-2}). También se indican los valores del test de Kolmogorov-Smirnov con su nivel de significación para cada especie y variable analizada. Se especifican los valores para "Rodada" (R) y "Sin Rodada" (SR).

	Media		Mediana		Desviación estándar		Asimetría		Kolmogorov-Smirnov		*p*-valor	
	SR	R	SR	R	SR	R	SR	R	SR	R	SR	R
A. blitoides	1,80	10,66	0,0	5,0	4,74	20,93	3,01	4,10	0,47	0,31	0,00*	0,00*
C. album	16,91	55,33	14,0	50,0	14,77	30,49	0,80	0,25	0,15	0,11	0,00*	0,03*
C. rotundus	6,61	9,16	5,0	5,0	9,68	15,00	1,83	3,12	0,29	0,27	0,00*	0,00*
D. ferox	2,54	4,88	0,0	5,0	3,40	5,11	1,56	1,32	0,35	0,22	0,00*	0,00*
P. aviculare	3,71	6,56	0,0	5,0	5,51	7,73	1,99	1,30	0,30	0,23	0,00*	0,00*
Densidad	34,70	91,75	29,0	87,0	23,38	47,17	0,81	1,69	0,11	0,14	0,02*	0,00*
Riqueza	2,75	3,91	3	4	1,27	1,26	0,14	0,45	0,16	0,15	0,00*	0,00*

Los valores significativos se indicaron con un asterisco (*). El nombre de cada especie indica la densidad de cada especie y densidad a la densidad total.

En trabajos anteriores (Longchamps et al., 2012; Tardif-Paradis et al., 2015) se han citado resultados similares a los obtenidos en nuestro estudio, con mayor cobertura de malas hierbas en las zonas con perturbación por compactación. En este sentido, Jurik y Zhang (1999) observaron un incremento del 30% en el número de plántulas de *C. album* en zonas con "Rodada" del tractor en un cultivo de soja. La causa puede estar en que una ligera compactación provoca en las capas superficiales un aumento de la humedad y de la temperatura (Boyd & Van Acker, 2004). Consecuentemente, se pone en contacto mayor cantidad de moléculas de agua sobre la superficie de las semillas, lo que puede favorecer la germinación de las malas hierbas al facilitar la absorción de agua.

Tabla 2. Estadísticos del test de Mann-Whitney y el p-valor correspondiente para cada variable.

	Mann-Whitney	Z-valor	*p*-valor
A. blitoides	1934,5	-5,028	0,000*
C. album	845,5	-8,053	0,000*
C. rotundus	2963,0	-0,856	0,392
D. ferox	2346,5	-3,163	0,002*
P. aviculare	2527,5	-2,461	0,014*
Densidad total	667,5	-8,646	0,000*
Riqueza	1701,5	-5,236	0,000*

Los valores significativos se indican con un asterisco (*).

El hecho de que la densidad de *C. rotundus* no se haya visto afectada significativamente por la rodada del tractor puede estar relacionado con

su mecanismo de reproducción más frecuente. Generalmente *C. rotundus* se reproduce vegetativamente por rizomas tuberosos. Aunque los tubérculos también dependen de la humedad y temperatura del suelo, estos no presentan los mismos niveles de exigencia que las semillas para poder germinar debido a las sustancias de reserva que contienen. Por tanto, que no existan diferencias significativas para C. *rotundus* en las zonas con "Rodada" y "Sin Rodada" puede deberse a que esta especie no se ve tan influida por las variables externas del suelo como lo pueden estar otras especies cuya reproducción se realiza principalmente a través de semillas.

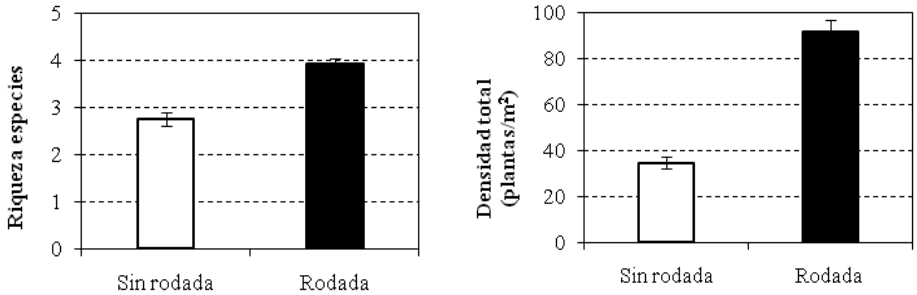

Figura 1. Izquierda) Media de la riqueza de especies, y derecha) densidad total (plantas m^{-2}) de malas hierbas dependiendo de la presencia o no de rodada de tractor.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, la compactación causada por la rodada del tractor durante la siembra del maíz puede provocar en esta zona un aumento en la densidad de varias especies arvenses problemáticas para el cultivo. Por tanto este aspecto ha de tenerse en cuenta a la hora de realizar un manejo apropiado de la flora arvense.

AGRADECIMIENTOS

Carolina San Martín agradece al Ministerio de Economía y Competitividad el apoyo mediante una beca FPI (Expediente Nº BES-2012-055222).

BIBLIOGRAFÍA

BENECH-ARNOLD DRL & SANCHEZ RA, Eds (2004) *Handbook of Seed Physiology. Application to Agriculture.* 480 p. The Haworth Press, Binghamton, NY, USA.

BOYD N & VAN ACKER R (2004) Seed and microsite limitations to emergence of four annual weed species. *Weed Science* 52, 571-577.

BROWN AD, DEXTER AR, CHAMEN WCT & SPOOR G (1996) Effect of soil macroporosity and aggregate size on seed-soil contact. *Soil and Tillage Research* 38, 203-216.

CARDINA J, JOHNSON GA & SPARROW DH (1997) The nature and consequence of weed spatial distribution. *Weed Science* 45, 364-373.

DEXTER A (1988) Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research* 11, 199-238.

HEIJTING S, VAN DER WERF W, KRUIJER W & STEIN A (2007) Testing the spatial significance of weed patterns in arable land using Mead's test. *Weed Research* 47, 396-405.

JURIK TW & ZHANG S (1999) Tractor wheel traffic effects on weed emergence in central Iowa. *Weed Technology* 13, 741-746.

LONGCHAMPS L, PANNETON B, SIMARD MJ & LEROUX GD (2012) Could weed sensing in corn interrows result in efficient weed control? *Weed Technology* 26, 649-656.

SOANE BD, DICKSON JW & CAMPBELL DJ (1982) Compaction by agricultural vehicles - a review. 3. Incidence and control of compaction in crop production. *Soil and Tillage Research* 2, 3-36.

SPSS® 22.0 User's Guide (2013) IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY.

TARDIF-PARADIS C, SIMARD MJ, LEROUX GD, PANNETON B, NURSE RE & VANASSE A (2015) Effect of planter and tractor wheels on row and inter-row weed populations. *Crop Protection* 71, 66-71.

MALAS HIERBAS ACOMPAÑANTES DE UN CULTIVO ENERGÉTICO DE CHOPO BAJO DIFERENTES ESTRATEGIAS DE MANEJO

San-Martín C.*, Martín J.M., Campos D., Andújar D., Fernández-Quintanilla C., Dorado J.

Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC), Serrano 115B, 28006 Madrid, España.

**carolina.smh@ica.csic.es*

Resumen: Se han evaluado los efectos de distintas estrategias de manejo sobre las poblaciones de malas hierbas y la productividad (i.e. biomasa) de un cultivo energético de chopo en la zona centro de España. Para ello, se han realizado dos estudios: 1) análisis durante el primer año de cultivo, el más sensible a la competencia con arvenses, repetido tres veces; y 2) valoración al cabo de los tres años de duración del turno de corte. Los resultados han puesto de manifiesto una evolución de la flora arvense con el tiempo, encontrando cambios significativos según la estrategia de manejo. Al finalizar el turno de tres años, las estrategias más productivas fueron la cubierta vegetal sembrada con *Lolium multiflorum* y la basada en herbicidas, coincidiendo con una menor competencia de malas hierbas respecto a la estrategia estándar basada en labores.

Palabras clave: Cultivos energéticos, estrategias de gestión de malas hierbas, producción de biomasa de chopo.

Summary: ***Accompanying weeds of a poplar energy crop under different management strategies.*** We have evaluated the effects of different management strategies on weed populations and productivity (i.e. biomass) of a poplar energy crop in central Spain. To do this, two studies have been performed: 1) analysis performed during the first year of production, the most sensitive to competition with weeds, repeated three times; and 2) an assessment after the three-year harvest cycle. The results have revealed a weed flora evolution over time, finding significant changes as a function of management strategies. At the end of the three-year harvest cycle, the most productive strategies were cover crop sown with *Lolium multiflorum* and that based on herbicides, coinciding with less competition with weeds compared to the standard strategy based on tillage.

Keywords: Energy crops, weed management strategies, poplar biomass production.

INTRODUCCIÓN

En el anterior Congreso de la Sociedad Española de Malherbología celebrado en Valencia 2013, se publicaron los resultados preliminares correspondientes a un estudio que analizaba los efectos de diferentes sistemas de manejo sobre las malas hierbas en un cultivo energético de chopo (*Populus* spp.) durante su primer período vegetativo (San Martín et al., 2013). Ahora presentamos los resultados de tres años de investigación, ampliando los publicados anteriormente desde dos puntos de vista. Por un lado, disponemos de datos más robustos sobre las malas hierbas presentes en el primer año del cultivo de chopo (el más crítico), por haber repetido el experimento tres veces. Por otro lado, se ha estudiado la evolución de la flora arvense en el tiempo y la productividad del cultivo al cabo de tres años, pudiendo comprobar de este modo los efectos de las estrategias de manejo a largo plazo.

La necesidad de obtener energía a partir de fuentes alternativas a los combustibles fósiles ha impulsado la utilización de muchas tierras de cultivo del área mediterránea para la producción de biomasa a partir de especies arbóreas. En este sentido, los sistemas de cultivo de chopo en rotaciones cortas y con alta densidad de planta han demostrado un balance energético positivo con alta eficiencia energética en los países del sur de Europa (Nassi O Di Nasso et al., 2010). Además, las energías renovables tienen un papel muy importante en el modelo actual de desarrollo planteado en la Unión Europea, el cual propone estimular la economía en un contexto general de cambio climático (Tallis et al., 2013). Sin embargo, es preciso mejorar las técnicas de cultivo para optimizar la producción sostenible de biomasa, especialmente el manejo de las malas hierbas, las cuales constituyen uno de los principales problemas durante el primer ciclo del cultivo, cuando la competencia con la flora arvense es máxima (Buhler et al., 1998). El principal inconveniente es la escasa disponibilidad de herbicidas autorizados en cultivo de chopo, empleándose de forma habitual una sola materia activa, el oxifluorfen aplicado en preemergencia (Sixto et al., 2007), a lo que habría que añadir que la efectividad del herbicida no alcanza el 100% de los individuos, situación particularmente frecuente en malas hierbas de difícil control.

A pesar de que las malas hierbas son uno de los principales obstáculos en sistemas de producción de chopo como cultivo energético, apenas existen datos sobre la composición florística y abundancia de malas hierbas en estos cultivos. Tampoco existen referencias sobre la incidencia y evolución de las poblaciones de malas hierbas en cultivos de chopo bajo diferentes estrategias de gestión. Consecuentemente, este trabajo se planteó como objetivos: i) evaluar la composición y abundancia de malas hierbas presentes en cultivos de chopo en turno corto manejado

con distintas estrategias de gestión; y ii) valorar la repercusión de las malas hierbas sobre la productividad del cultivo en las diferentes estrategias de gestión.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos se han llevado a cabo en la finca "La Poveda" (Arganda del Rey, Madrid), en parcelas con cultivo energético de chopo de alta densidad, según lo explicado en San Martín et al. (2013). Este artículo recoge los resultados de dos experimentos con el mismo diseño experimental (es decir, incluye las mismas estrategias de manejo de malas hierbas), pero con diferente finalidad. El primero estaba dirigido a analizar la densidad y composición de malas hierbas durante el primer año del cultivo, el más crítico por ser los plantones de chopo especialmente sensibles a la competencia con arvenses, en tanto que el segundo pretendía estudiar la evolución de la comunidad de malas hierbas hasta el turno de corte (tercer año) y su relación con la productividad del cultivo.

El primer experimento (exp. 1) se ha repetido en tres parcelas diferentes de 5.000 m^2, donde se implantó el chopo en abril de 2012, 2013 y 2014. El diseño experimental era de bloques al azar con cuatro repeticiones, el cual incluía las siguientes estrategias de manejo: *i*) referencia estándar con laboreo (oxifluorfen [preplantación] + laboreo en postemergencia [tras muestreo de junio]): *ii*) basado en herbicidas (oxifluorfen [preplantación] + glifosato en postemergencia [tras muestreo de junio]); y *iii*) basado en cubierta vegetal (*Lolium multiflorum* Lam.). La evaluación de las malas hierbas (densidad de cada especie y biomasa total) se llevó a cabo en junio, utilizando en cada parcela 10 marcos de 1/5 m^2 tanto en la calle como en la línea de cultivo.

El segundo experimento (exp. 2) se ha llevado a cabo en la misma parcela iniciada en abril de 2012, la cual se ha mantenido hasta final de 2014, coincidiendo con el final del turno de corte, momento en que se ha tomado el dato de productividad del chopo mediante un muestreo destructivo (peso de 40 árboles en cada tratamiento dentro de cada bloque). La productividad del chopo en los años intermedios (2012 y 2013) se estimó con un muestreo no destructivo de 40 árboles en cada tratamiento dentro de cada bloque, utilizando el procedimiento explicado en San Martín et al. (2013). La evaluación de las malas hierbas se realizó en tres fechas: marzo, junio y octubre, siguiendo la metodología explicada anteriormente. El análisis de los datos (malas hierbas y chopo) se realizó con un Modelo Lineal General mixto, utilizando como factor fijo la estrategia de manejo y como factores aleatorios la posición (calle o línea de cultivo) y los bloques. El contraste de medias se realizó con el test de Bonferroni.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados han puesto de manifiesto efectos significativos de los sistemas de manejo sobre las malas hierbas. La estrategia que ha producido mayores diferencias en la composición de la comunidad arvense durante el primer año del cultivo en alguno de los tres experimentos realizados ha sido la cubierta vegetal, favoreciendo la presencia de especies como *Chenopodium album* L., *Lolium rigidum* Gaudin y *Polygonum aviculare* L. (Tabla 1). Por otro lado, se ha observado como las poblaciones de *Amaranthus* spp., *Cyperus rotundus* L., *Datura ferox* L. y *Solanum nigrum* L. tendieron a disminuir con la cubierta vegetal.

Tabla 1. Densidad media (nº plantas m^{-2}) de malas hierbas observadas en el primer año de cultivo de chopo (muestreo de junio) en el exp. 1 repetido en distintas parcelas y años.

	Repetición	Labores (estándar)	Herbicidas	Cubierta vegetal
***Amaranthus* spp.**	2012	0,69 a	0,99 a	0,88 a
	2013	0,61 a	0,56 a	0,03 b
	2014	0,56 a	0,16 b	0,10 b
Chenopodium album	2012	0,30 b	0,38 b	1,75 a
	2013	0,28 a	0,31 a	0,40 a
	2014	3,78 a	4,34 a	5,85 a
Cyperus rotundus	2012	0,88 a	0,80 a	0,46 a
	2013	0,64 a	0,11 b	0,11 b
	2014	2,06 a	1,60 a	0,10 b
Datura ferox	2012	7,10 a	7,79 a	6,50 a
	2013	1,25 b	2,18 a	0,56 b
	2014	5,03 a	0,28 b	0,19 b
Lolium rigidum	2012	0,14 ab	0,08 b	0,29 a
	2013	0,00 b	0,01 b	0,46 a
	2014	0,06 b	0,13 b	2,84 a
Polygonum aviculare	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,03 b	0,05 b	1,26 a
	2014	0,09 b	0,13 ab	0,29 a
Solanum nigrum	2012	0,21 a	0,19 a	0,24 a
	2013	0,33 a	0,23 a	0,00 b
	2014	1,05 a	0,20 b	0,09 b
Densidad media	2012	9,40 a	10,35 a	10,38 a
	2013	3,85 a	4,00 a	4,90 a
	2014	14,49 a	8,44 b	13,93 a

Estrategias en cada réplica (misma fila) con distinta letra son significativamente diferentes ($P<0,05$).

Tabla 2. Evolución de la densidad media (nº plántulas m-2) de malas hierbas durante los tres años que duró el primer turno de cultivo de chopo correspondientes al exp. 2 (en cada año, datos medios de las tres fechas de muestreo: marzo, junio y octubre).

	Año	Labores (estándar)	Herbicidas	Cubierta vegetal
***Amaranthus* spp.**	2012	0,44 a	0,53 a	0,63 a
	2013	0,92 b	3,49 a	1,01 b
	2014	0,00 b	0,03 a	0,00 b
Calendula arvensis	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2014	7,35 a	0,14 b	0,03 b
Chenopodium album	2012	0,16 b	0,21 b	1,27 a
	2013	0,58 b	3,88 a	1,29 b
	2014	1,21 a	2,66 a	2,11 a
Conyza spp.	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,04 a	0,02 a	0,07 a
	2014	5,32 a	1,02 b	0,03 b
Datura ferox	2012	3,81 a	4,01 a	3,38 a
	2013	1,56 a	0,14 b	0,41 b
	2014	0,01 a	0,02 a	0,00 a
Fumaria officinalis	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,41 a	0,22 b	0,37 ab
	2014	0,21 a	0,16 a	0,03 a
Lolium rigidum	2012	0,56 a	0,08 b	0,19 b
	2013	3,62 b	5,36 a	3,60 b
	2014	0,26 a	0,30 a	0,02 b
Salsola kali	2012	0,01 a	0,01 a	0,02 a
	2013	0,02 b	0,18 a	0,04 b
	2014	0,02 b	0,10 a	0,06 ab
Sonchus spp.	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,65 a	0,11 c	0,34 b
	2014	0,13 a	0,06 b	0,13 a
Densidad media	2012	5,52 a	5,37 a	5,39 a
	2013	8,11b	12,63 a	12,02 a
	2014	9,16 a	4,86 b	3,16 b

Estrategias en cada año (misma fila) con distinta letra son significativamente diferentes (P<0,05).

Por otro lado, las especies arvenses asociadas a cada estrategia de manejo variaron en el tiempo (Tabla 2). En el transcurso de los tres años que duró el turno del chopo, las especies que incrementaron su densidad

en la estrategia basada en laboreo fueron: *Calendula arvensis* L., *Conyza* spp. y *D. ferox*. Mientras que en la estrategia basada en herbicidas dominaron las especies *Amaranthus* spp. y *Salsola kali* L. Los resultados también han puesto de manifiesto cómo determinadas especies disminuyen su densidad dependiendo de la estrategia de manejo. Por ejemplo, las densidades de *C. album* con laboreo, *Fumaria officinalis* L. y *Sonchus* spp. con herbicidas, y *L. rigidum* con cubierta vegetal se redujeron en el transcurso de los tres años. Por otro lado, la localización de las malas hierbas dentro del cultivo sufrió una variación en el tiempo, ya que durante el primer año, con el chopo sin desarrollar toda su altura, las malas hierbas se localizaban fundamentalmente en la línea de cultivo. En el tercer año, en cambio, la competencia con árboles bien desarrollados desplazó a la mayoría de especies hacia el centro de la calle (datos no mostrados).

A pesar de no encontrar diferencias significativas durante el primer año de cultivo en los datos de biomasa total de malas hierbas en función de la estrategia de manejo (exp. 2), se observó una menor biomasa de chopo en las parcelas con cubierta vegetal, posiblemente ocasionada por la competencia del cultivo con la propia cubierta vegetal (Tabla 3). Sin embargo, los datos del primer año no se confirmaron al final del turno de tres años. Por un lado, la estrategia de cubierta vegetal invirtió la tendencia observada durante el primer año, resultando en chopos más vigorosos al finalizar el turno de corte (año 2014), lo que a su vez estuvo acompañado de valores significativamente inferiores de biomasa de malas hierbas respecto a la estrategia estándar. De forma similar, la estrategia basada en herbicidas resultó más productiva que la estrategia estándar, en este caso coincidiendo con una competencia ligeramente inferior de malas hierbas (Tabla 3).

Tabla 3. Producción de biomasa seca de las malas hierbas (muestreos de junio) y del chopo (muestreos de otoño), durante los tres años que duró el turno del chopo (exp. 2).

Estrategia	Biomasa malas hierbas (T ha^{-1})			Biomasa chopo (T ha^{-1})		
	2012	2013	2014	2012*	2013*	2014
Laboreo (estándar)	0,48 a	0,88 a	0,56 a	1,04 b	5,30 b	11,91 b
Herbicidas	0,33 a	0,71 a	0,44 ab	1,17 a	6,20 a	13,35 a
Cubierta vegetal	0,70 a	0,93 a	0,18 b	0,84 c	6,07 a	13,65 a

Estrategias en cada año (misma columna) con distinta letra son significativamente diferentes (P<0,05). * Datos estimados en el muestreo no destructivo.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, las estrategias de manejo basadas en herbicidas y cubierta con *Lolium multiflorum* reducen la densidad y biomasa de malas hierbas, y aumentan la producción de chopo respecto a la estrategia estándar basada en laboreo al final del turno de tres años. Por otro lado, la composición de la flora arvense fue diferente según la estrategia de manejo y sufrió variaciones a medida que avanzaba el ciclo de cultivo de chopo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la CICyT (proyecto AGL2011-25243). Carolina San Martín agradece al MINECO el apoyo mediante una beca F.P.I. (Exp. Nº BES-2012-055222).

BIBLIOGRAFÍA

BUHLER DD, NETZER DA, RIEMMENSCHNEIDER DE & HARTZLER RG (1998) Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. *Biomass and Bioenergy* 14, 385-394.

NASSI O DI NASSO N, GUIDI W, RAGAGLINI G, TOZZINI C & BONARI E (2010) Biomass production and energy balance of a 12-year-old short-rotation coppice poplar stand under different cutting cycles. *Global Change Biology Bioenergy* 2, 89-97.

SAN MARTÍN C, MARTÍN JM, CAMPOS D, ANDÚJAR D, FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C & DORADO J (2013) Evaluación de distintas estrategias de manejo de malas hierbas en un cultivo energético de chopo. En: *Proceedings XIV Congreso de la SEMh* (Ed. by Osca JM, Gómez de Barreda D, Castell V & Pascual N) (5-7 Noviembre, Valencia, España). 19-23, Editorial Universidat Politècnica de València, Valencia, España.

SIXTO H, HERNÁNDEZ MJ, BARRIO M, CARRASCO J & CAÑELLAS I (2007) Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 16, 277-294.

TALLIS MJ, CASELLA E, HENSHALL PA et al. (2013) Development and evaluation of ForestGrowth-SRC a process-based model for short rotation coppice yield and spatial supply reveals poplar uses water more efficiently than willow. *Global Change Biology Bioenergy* 5, 53-66.

ESTUDIO DE LA COMPETENCIA CAUSADA POR LAS MALAS HIERBAS EN TRES ESPECIES DE *BRASSICA* CON DISTINTO RÉGIMEN HÍDRICO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Zambrana E.[1], De-Andrés E.F.[1], Tenorio J.L.[1], Santín-Montanyá M.I.[2]*

[1]Departamento de Medio Ambiente, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid, España.

[2]Departamento de Protección Vegetal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid, España.

**isantin@inia.es*

Resumen: Durante los años 2012 y 2013, se llevó a cabo un experimento en el centro de la Península cuyo objetivo fue el estudio de la flora arvense en 3 especies de *Brassica* (*B. carinata*, *B. juncea* y *B. nigra*). Las malas hierbas se evaluaron con 2 niveles de riego, con y sin aporte de agua, y con tres dosis de fertilización diferentes: 0, 75 y 150 kg N ha^{-1}. El establecimiento del cultivo de las tres especies de *Brassica* varió en función del año. Las escasas lluvias de 2012 redujeron la densidad y biomasa de la flora arvense en comparación con el año 2013 en el que la pluviometría fue mayor. Los resultados sugieren que la especie *B. nigra* no estaba bien adaptada a nuestras condiciones climáticas continentales, mostrando un rendimiento más bajo que el resto de los cultivares. Por otro lado, la infestación de malas hierbas fue menor en todas las parcelas donde se cultivaba *B. carinata*.

Palabras clave: Sequía**,** fertilización, flora, riego, rendimiento.

Summary: ***The competitive ability of weed communities in selected crucifer oilseed crops under different water and nitrogen fertilization regimes.*** A field study was undertaken to examine the interaction and relationships between weeds and three *Brassica* species (*B. carinata*, *B. juncea* and *B. nigra*) grown in 2012 and 2013. We evaluated the weed density, fresh and dry biomass of weeds with 2 water regimes: with and without irrigation, and three different doses of fertilization: 0, 75 and 150 kg N ha^{-1}. Crop establishment of *Brassica* species varied significantly each year. Lower rainfall in 2012 led to lower density, fresh and dry biomass of weeds compared to 2013. The results confirmed that *B. nigra* was not well adapted to our continental climatic conditions, and

thus the yield was lower than the other cultivars. The lowest weed infestation occurred in plots where *B. carinata* was grown in all cases.

Keywords: Drought, fertilisation, flora, irrigation, yield.

INTRODUCCIÓN

La competencia entre especies vegetales se produce cuando la disponibilidad de recursos no se adapta a las demandas de estas especies. Se produce por ejemplo cuando las malas hierbas y cultivos viven juntos en el mismo lugar y, al mismo tiempo, tratando de obtener los recursos del entorno.

La mayoría de los cultivos de semilla oleaginosa se consideran "cultivos menores" y han recibido menos esfuerzos de investigación en numerosos aspectos, incluyendo el agronómico, en el desarrollo de estrategias en el control de la flora arvense y en la determinación de posibles beneficios medioambientales. Los cultivos oleaginosos son la fuente principal para la producción de biodiesel. Cultivares fuertemente competitivos y el manejo de la fertilización son estrategias utilizadas para obtener un adecuado manejo de la flora arvense. Sin embargo, actualmente, hay pocos datos en cuanto a la competencia entre dichos cultivos y la comunidad de malas hierbas, en los climas semiáridos.

Por ello, se desarrolló un experimento durante los años 2012 y 2013 con 3 especies *Brassica carinata* A. Braun, *Brassica juncea* L. y *Brassica nigra* L. cuyos objetivos de estudio fueron:

1) Ver la adaptación de estas especies al clima semiárido.

2) Estudiar la respuesta de estas variedades a distintas dosis de fertilización y con dos niveles de riego, con y sin aporte de agua, durante el ciclo de cultivo.

3) Evaluar habilidad que tienen estas especies para competir con la flora arvense.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en la finca "La Canaleja", perteneciente al INIA, situada en Alcalá de Henares, Madrid (40º·32´N y 3º·20´O; 600 m). El ensayo se localiza en una zona de pendiente casi nula y de bajo riesgo de erosión. El suelo está situado sobre una terraza fluvial, en la vega del río Henares, es un alfisol (FAO), caracterizado como Haploxeralf calciortídico, de textura franca-gruesa sobre una esquelética arenosa (INIA,

1977). El suelo presenta un 5% de carbonato total, 1% de limo y un pH de alrededor de 7,8 hasta los 60 cm.

En el inicio del experimento, el contenido de materia orgánica era de 7g kg^{-1}. La precipitación media de los últimos 20 años ha sido de 386 mm, el 50% de las precipitaciones ocurrió entre los meses de febrero y junio. El ensayo se desarrolló en un suelo sembrado con trigo (*Triticum aestivum* L.) en los años precedentes. Se estudiaron 3 especies *B. carinata*, *B. juncea* y *B. nigra*. Los 3 cultivos se sembraron a principios de marzo en subparcelas de 1 × 15 m^2, con una distancia entre plantas de 17 cm. La densidad de siembra fue de 400 semillas m^{-2} y se repitió en 2012 y 2013.

El diseño del experimento consistió en dos bloques aleatoriamente dispuestos en un diseño en split-plot, con el riego como factor principal (con y sin aporte de agua) y la fertilización como el factor secundario (3 dosis de fertilización: 0, 75 y 150 kg N ha^{-1}).

Cada año de estudio, se tomaron datos de biomasa fresca y seca de malas hierbas, en cada sub-parcela, cuando el 50% de las especies cultivadas estaba en floración. También se determinó, en el momento de cosecha, el rendimiento en semilla en los 3 cultivares de *Brassica* y los componentes de rendimiento: número de plantas por m^2, número de silicuas por planta, número de silicuas por m^2, peso de 1000 semillas y peso de la paja en gramos por m^2. Todos los datos se refirieron a la unidad de área (1 m^2).

Los resultados obtenidos los dos años del estudio se analizaron mediante un análisis de varianza de la biomasa fresca y seca de las malas hierbas, para los niveles de riego y fertilización. Las medias se compararon con el test de Tukey ($P< 0,05$). El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete informático SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cultivo la precipitación y la temperatura variaron mucho. En 2012 la precipitación fue de 77,4 mm desde marzo a junio y la temperatura en mayo fue muy elevada. En 2013, la precipitación fue más adecuada para el crecimiento de los cultivos, recogiéndose entre marzo y junio 158 mm, el doble que en el año anterior.

El establecimiento de las distintas especies de *Brassica* varió cada año del estudio. En 2012, los componentes de rendimiento de las 3 especies de *Brassica* se vieron afectados por las condiciones de sequía. El rendimiento en las parcelas donde no hubo riego comparado con las parcelas

en las que sí hubo aporte de agua durante el ciclo, disminuyeron en un 70% para *B. carinata*, 65% para *B. nigra* y 60% para *B. juncea* (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios seguidos por diferentes letras indican una diferencia significativa (P<0,05) acorde al test de Tukey. R (con riego), NR sin aporte de agua.

2012	Rendimiento (g/m²)		Nº plantas/m²		Nº silicuas /planta		Nº silicuas/m²	
	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR
B. carinata	127,6 a	38,6 b	112,5 a	82,1 b	67,5 a	38,9 b	7470 a	2925 b
B. juncea	83,1 a	36,1 b	242,9 a	184,6 b	45,9 a	34,8 b	11370 a	5729 b
B. nigra	83,4 a	30,3 b	149,2 a	117,5 b	89,2 a	54,8 b	12639 a	6166 b
2013	**Rendimiento (g/m²)**		**Nº plantas/m²**		**Nº silicuas /planta**		**Nº silicuas/m²**	
	R	**NR**	**R**	**NR**	**R**	**NR**	**R**	**NR**
B. carinata	126,3 a	57,4 b	124,2 a	106,7 b	51,7 a	35,3 b	6134 a	3550 b
B. juncea	144,2 a	69,0 b	156,3 a	126,3 b	48,7 a	33,0 b	7843 a	4046 b
B. nigra	92,5 a	42,9 b	89,2 a	96,3 b	164,6 a	75,2 b	14047 a	7197 b

En 2013, aunque la pluviometría anual fue adecuada para el crecimiento de estos cultivos, tanto el rendimiento como los componentes de rendimiento se vieron también afectados por el riego, de modo que, la falta de riego redujo el número de plantas y silicuas en todas las especies estudiadas (Johnston et al., 2002). El rendimiento de las tres especies comparado con las parcelas donde hubo riego se redujo el 31% para *B. carinata*, 36% para *B. nigra* y 44% para *B. juncea* (Tabla 1).

El año tuvo también efectos significativos sobre la comunidad de malas hierbas. En general, la sequía causó en el año seco (2012) en comparación con el año húmedo (2013), la reducción de la densidad de las malas hierbas, así como del peso fresco y seco de la flora (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios seguidos por diferentes letras indican una diferencia significativa (P<0,05) acorde al test de Tukey. R (con riego), NR sin aporte de agua.

	2012			2013		
	Nº indiv./m²	PF (g/m²)	PS (g/m²)	Nº indiv./m²	PF (g/m²)	PS (g/m²)
Nivel de riego						
R	63,9 a	189,39 a	40,3 a	180,5 a	419,8 a	74,5 b
NR	36,7 b	138,0 a	31,4 a	245,0 a	563,2 a	121,7 a
Dosis de fertilización						
N-0	65,0 a	213,1 a	51,0 a	225,8 a	493,3 a	99,0 ab
N-75	47,5 ab	116,9 b	24,1 b	159,2 a	315,2 a	63,2 b
N-150	38,3 b	156,5 ab	32,5 b	253,3 a	666,0 a	132,2 a
Especie						
B. carinata	39,2 b	99,6 b	23,3 b	206.,6 a	326,2 b	71,6 b
B. juncea	46,6 ab	110,9 b	25,5 b	180,83 a	353,1 b	68,9 b
B. nigra	65,0 a	276,0 a	58,9 a	250,8 a	795,3 a	153,8 a

En 2012, se observó en las parcelas sin riego (NR) una densidad de malas hierbas significativamente inferior que las parcelas con riego (R). Los resultados obtenidos de la comparación de riego el siguiente año (2013) no fueron significativos a excepción del peso seco de las malas hierbas. En 2013, la elevada precipitación de marzo favoreció la germinación de las especies, y todos los parámetros medidos en la comunidad de malas hierbas fueron superiores a las condiciones de sequía de 2012 (Krupinsky et al., 2006).

En 2012, el aumento de las tasas de fertilización de nitrógeno redujo los parámetros medidos en la flora arvense. Parcelas sin fertilización (N-0) mostraron un mayor número de malas hierbas, y mayor peso fresco y seco en comparación con las parcelas fertilizadas (N-75 y N-150). Parece que en condiciones de sequía, aumenta la capacidad competitiva de algunas malas hierbas y su prevalencia entre los cultivos en crecimiento. Esto podría ser atribuible a la presencia de malas hierbas favorecidas por las condiciones de enraizamiento, y, como consecuencia, las especies de malas hierbas son mejores extractores de agua en el suelo que los cultivos de semillas oleaginosas. Debido a su crecimiento inicial lento, el cultivo de semillas oleaginosas se expone a una rápida infestación por malas hierbas.

En 2013, parcelas sin fertilización (N-0) y fertilización reducida (N-75) presentaban menor peso seco de malas hierbas que las parcelas con mayor fertilización (N-150). Las condiciones de humedad facilitaron el crecimiento de los cultivos, y en consecuencia, la reducción de la capacidad competitiva de la comunidad de malas hierbas.

En condiciones de sequía, todos los parámetros fueron significativamente mayores en *B. nigra* que en el resto de especies. Sin embargo, *B. carinata* fue la especie que mejor competía con la comunidad de malas hierbas.

Estos resultados sugieren que la especie *B. nigra* no está bien adaptada a nuestras condiciones climáticas continentales, debido a su crecimiento más lento, mostrando un rendimiento más bajo que el resto de los cultivares. En todos los casos, la infestación de malas hierbas más baja se produjo en las parcelas donde se cultivaba *B. carinata*.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados apoyan la idea de que la competitividad de las diferentes especies de *Brassica* con la comunidad de malas hierbas varía dependiendo de las condiciones climáticas y la fertilización nitrogenada. El lento crecimiento de ciertas especies cultivadas podría favorecer la propagación de la vegetación arvense y hacer su gestión más difícil.

Se necesitarán medidas de manejo adaptadas a cada situación en el futuro para evitar una mayor propagación de malas hierbas en los cultivos de semillas oleaginosas. Teniendo esto en mente, nuestros resultados ponen de relieve la importancia de seleccionar las especies de semillas oleaginosas adecuadas en cada entorno. En este sentido, los agricultores deben tener acceso a la información que les permita una adecuada elección de la tecnología más rentable para sus circunstancias particulares.

AGRADECIMIENTOS

Este experimento se ha podido realizar gracias a los fondos FEDER recibidos, Plan E (BIOLUBS, CC0-068). Los autores queremos agradecer a José Silveria Blanco, Francisco Javier Ruiz y a Juan Manuel Anchuelo su esfuerzo y dedicación en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS (INIA) (1977) El Encín, suelo y clima. Ministerio de Agricultura. Madrid.

JOHNSTON AM, TANAKA DL, MILLER PR, BRANDT SA, NIELSEN DC, LAFOND GP & RIVELAND NR (2002) Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great Plains. *Agronomy Journal* 94, 231-240.

KRUPINSKY JM, TANAKA DL, MERRILL SD, LIEBIG MA & HANSON JD (2006) Crop sequence effects of 10 crops in the northern Great Plains. *Agricultural Systems* 88, 227-254.

XV CONGRESO DE MALHERBOLOGIA

SEMH 2015

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica

FORMACIÓN Y TRANSFERENCIA

ELABORACIÓN DE UN "MALHERBARIO" COMO INSUMO DE GENERACIÓN DE COMPETENCIAS PARA LA ASIGNATURA DE "CONTROL DE MALEZAS"

Abril-Porras V.H.*

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, Hacienda El Prado, Sangolquí, Ecuador.

**vhabril@espe.edu.ec*

Resumen: La falta de insumos para desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Control de malezas, así como el contar con un solo texto guía desactualizado y ciertas restricciones para salidas de campo, motivaron la elaboración de material didáctico de apoyo con materia prima del sector. El proceso innovador se generó con la participación de los estudiantes para la construcción de un herbario propio, al cual se le denominó "malherbario". Este sirvió para la consolidación de los contenidos y de la información teórica recibida en clase, a través del desarrollo de los tres saberes, y en especial del saber hacer. La acción educativa permitió la generación de competencias específicas que permiten al estudiante ser capaz de producir una respuesta propia que no había sido previamente memorizada.

Palabras clave: Educación, formación y transferencia.

Summary: ***Making a "malherbario" as an input for the development of competencies for the "Weed control" course***. Lack of inputs to carry out the teaching-learning process in the Weed control course as well as having a single outdated guidebook and certain restrictions for field trips led to the creation of teaching support material using raw material of the surrounding areas. The innovative process was fostered with the participation of students for making their own herbarium, called "malherbario". This served to strengthen the contents and the theoretical information received in class, through the development of three types of knowledge, in particular the know-how. The educational action allowed the development of specific competencies that enable students to be capable of producing their own response that had not been previously memorized.

Keywords: Education, training and transfer.

INTRODUCCIÓN

El *syllabus* de la asignatura "Control de malezas" (Flores, 2012) que se imparte en el cuarto semestre de la carrera de ingeniería agropecuaria IASA I, ex– Instituto Agropecuario Superior Andino, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, antigua Escuela Politécnica del Ejército, de la modalidad presencial, indica las competencias genérica y específica del área de conocimiento agrícola de esta carrera perteneciente al Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Además añade el elemento de competencia de la asignatura, su descripción, contenidos, la contribución de la asignatura a la formación profesional y el resultado final del aprendizaje esperado; todo esto, de forma muy detallada, pero no plantea mecanismos de logro.

Para la inicialización de este trabajo y como punto de partida se planteó una interrogante que oriente y dé pautas de cómo llegar a cubrir lo estipulado en el *syllabus* solo con ayuda de bibliografía, pocas o ninguna salidas de campo, y una carencia total de material de apoyo.

Para el cumplimiento de esto, se planteó un solo objetivo general: desarrollar insumos propios con material vegetal del sector para el afianzamiento de los conocimientos necesarios en la asignatura de Control de malezas, a través de la elaboración de un "malherbario" que estimule la generación de competencias requeridas en el campo profesional agropecuario.

Conceptualización

El diccionario de la lengua española no tiene registrada la palabra "malherbario", sino únicamente "herbario", definiéndola de diferentes maneras. Uno de los conceptos relacionado con la botánica, que literalmente dice "Colección de plantas secas" (RAE, 2012) es el que permite tener el punto de partida para la generación del término compuesto nuevo.

De las múltiples búsquedas realizadas en la web e Internet, solamente se encontró dos coincidencias para el término "malherbario", así: en un foro de identificación de especies vegetales (InfoJardín, 2010), y en un artículo arquitectónico (Sánchez Gómez, 2012); pero en ninguno se lo define de manera alguna.

También fueron consultadas siete bases de datos, 14 bases de datos de libre acceso, cinco *e-books*, y el repositorio digital disponible para la comunidad universitaria, a través de la página web de la Biblioteca Alejandro Segovia Gallegos. No se encontró ninguna coincidencia relacionada con el término "malherbario". Lo que da a entender que el estado de esta temática actualmente y la utilización del vocablo en cuestión es casi nulo.

Con estos antecedentes, se propone el término "malherbario" para definir al muestrario de plantas secas, clasificadas taxonómicamente y con información relevante, usado como material de apoyo para el estudio de la asignatura de malezas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología elaborada por el autor (Abril, 2011) toma como referencia sus propias experiencias desarrolladas anteriormente en otra institución de educación superior ecuatoriana para generar competencias ambientales en estudiantes de pregrado, modalidad semipresencial. La metodología fue adaptada a las nuevas necesidades, pregrado en modalidad presencial, y requerimientos del nuevo contexto educativo por resultados de aprendizaje.

El mecanismo de participación como estrategia metodológica y pedagógica en la generación de conocimiento fue desarrollado por el docente conjuntamente con sus educandos en las horas clase (4 horas semanales) durante un periodo académico (semestre septiembre 2014–enero 2015). Se realizó por separado, pero simultáneamente en dos cursos con un total de 25 estudiantes.

Cada alumno seleccionó cinco plantas, consideradas como malezas a su elección y teniendo en cuenta el listado base presentado en el documento "Malezas. Rol, Ecología, Fisiología, Morfología y Taxonomía – Especies importantes en Ecuador" (Ordeñana, 1992).

El listado de malezas se fue elaborando de forma gradual a medida que cada estudiante determinaba con qué material vegetal trabajaría, de tal manera que no se repitan. Para lo cual se diseñó una plantilla de registro de malezas (ver Tabla 1), que era entregada y archivada en una carpeta diseñada para el efecto. Cada estudiante verificaba con anticipación este archivo a fin de evitar duplicidad en las malezas con las cuales trabajaría.

Tabla 1. Plantilla de registro de malezas.

Nº	ESTUDIANTE, FECHA Y FIRMA	MALEZA Nombre vulgar	MALEZA Nombre científico
		a.	a.
		b.	b.
		c.	c.
		d.	d.
		e.	e.

Cada paralelo por separado desarrolló el modelo de "malherbario" a ser usado, primeramente con lluvia de ideas y posteriormente unificando criterios y llegando a acuerdos democráticos, de tal manera que la propuesta fue de los estudiantes y no del profesor. Las dos propuestas fueron unificadas en un solo criterio grupal participativo, a fin de tener un documento idóneo que permita desenvolverse bajo los mismos parámetros, tanto de forma como de fondo, de manera homogénea.

Los materiales utilizados para la elaboración de un "malherbario" fueron: una carpeta de cartulina de color beige, papel bond para las impresiones de texto, plantas del lugar seleccionadas y disecadas, perfiles plásticos, grapas, vinchas, cámara fotográfica, rotuladores, textos guía, consulta en Internet.

El "malherbario" tiene una particularidad única, y es que fue desarrollado en forma de álbum y no con el carácter clásico de herbario. Consta de cuatro caras: 1) portada, 2) texto informativo, 3) planta representativa, y 4) contraportada. Un ejemplo del trabajo terminal se presenta en la Figura 1 a continuación:

La cara uno, portada, tiene como elementos: logotipos universitario y de carrera; denominación completa de la universidad, departamento, carrera, asignatura; nombres y apellidos del estudiante; nivel al que pertenece; nombres y apellidos del profesor; y una fotografía digital de autoría propia de la planta en su hábitat natural antes de ser arrancada.

La cara dos tiene información detallada de la planta: nombre vulgar y científico de la maleza; taxonomía detallada con división, subdivisión, clase, orden, familia, tribu; fitogeografía con origen, distribución y clasificación por hábitat; fisiología para identificar los caracteres resaltantes, clima, ciclo, propagación y especialidad; morfología detallada de raíz, tallo, hojas, flor, fruto y semilla; efectos perjudiciales o grado nocivo; otros usos (de tenerlos); cultivos a los que ataca; tipos de control; y, bibliografía.

La cara tres en base a Vera (2014) incluye la planta completa preparada conteniendo: haz de la hoja, flor y/o fruto visible, envés de hoja, margen, ficha de "malherbario" y sobre. La ficha presenta información de: nombre científico -género, especie-; nombre común - nombre vulgar; nombres y apellidos del colector (estudiante); fecha de colecta (dd/mm/año); lugar de colecta detallando la provincia, cantón, parroquia y sector.

La cara cuatro, contraportada, se presenta vacía.

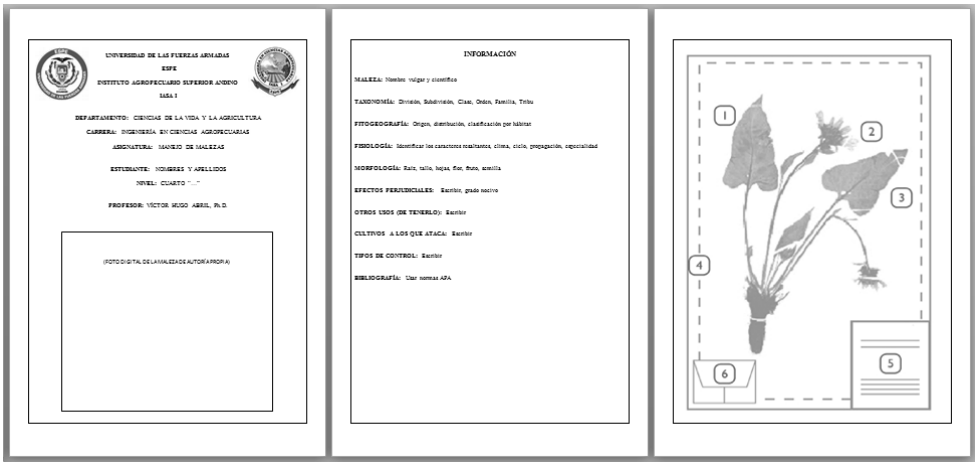

Figura 1. Esquema de "malherbario" con tres caras informativas.

La evaluación de los trabajos realizados se realizó entre estudiantes sobre la presentación oral, productos desarrollados –"malherbario" y evidencias magnéticas del proceso realizado-. El docente no intervino en ninguna deliberación, tan solo como mediador del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudiantes de manera inconsciente fueron aprendiendo los nombres, tanto vulgar como científico, de las plantas seleccionadas para realizar el "malherbario", al comparar las que traían apuntadas con las ya existentes en el archivo de los primeros estudiantes que habían presentado con anterioridad, de tal manera que para los últimos estudiantes la tarea fue más difícil. En el paralelo "A" se identificaron 60 malezas y en el "B" 65.

A pesar de tener un formato estandarizado para la elaboración del "malherbario", los estudiantes lo variaron en pequeños detalles enfatizando su aporte o marca personal. Las variaciones se dieron en plastificaciones totales de la planta y texto, márgenes de colores y detalles artísticos, que no deterioraban el contenido del trabajo realizado.

CONCLUSIONES

Es necesario aclarar que las malezas en términos generales son llamadas también como malas hierbas, dando a entender y con prejuicio, que no son buenas. Esta concepción es errónea, de ahí que al impartir la asignatura se aclara que en la naturaleza no hay plantas buenas o malas, sino que cada una de ellas cumple un rol importante dentro de los ecosistemas y de los ciclos biogeoquímicos.

Los "malherbarios" elaborados fueron entregados a la biblioteca de la carrera, y en la actualidad sirven de material de consulta, tanto de docentes como de estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Especiales agradecimientos a los profesionales David Andrade Aguirre, asesor editorial por la corrección de estilo y a la profesora Mónica Tamayo, licenciada en lingüística de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Ecuador) quien realizó la traducción técnica del resumen del presente documento.

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL PORRAS VH (2011) Desarrollo de la competencia ambiental en los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica. *Espiral-Revista de Docencia e Investigación* 1(1), 67-69.

FLORES J (2012) *Syllabus de la asignatura Control de malezas*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador.

INFOJARDÍN (2010) Foros generales - Identificar especies vegetales - malherbario (malas hierbas). Disponible: http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=194117 (18/05/2015).

ORDEÑANA O (1992) *Malezas. Rol, Ecología, Fisiología, Morfología y Taxonomía – Especies importantes en Ecuador* (I Edición). Gráficas Impacto S.A., Guayaquil, Ecuador.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2012) Diccionario de la lengua española. Disponible: http://lema.rae.es/drae/?val=herbario (18/05/2015).

SÁNCHEZ GÓMEZ J (2012) Actualizaciones críticas en los intercambios de naturaleza y ciudad: estrategias de mínima energía. Laboratorio de Territorios en Transformación LAB-TT. Universidad de Granada. Disponible: http://lab-tt.net/actualizaciones-criticas-en-los-intercambios-de-naturaleza-y-ciudad-estrategias-de-minima-energia/ (18/05/2015).

VERA X (2014) El herbario y su importancia. Técnica de montaje. Disponible: http://medioambiente.bligoo.ec/el-herbario-y-su-importancia (20/12/2014).

APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PRE-INSPECCIÓN DE EQUIPOS DE TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

Martínez J.[1], Pérez-Ruiz M.[1]*, Agüera J.[3], Urbano J.M.[2]

[1]*Dpto. Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos, Universidad de Sevilla, Ctra. Sevilla-Utrera km 1, 41013 Sevilla, martinezj@us.es, *manuelperez@us.es*

[2]*Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, Ctra. Sevilla-Utrera km 1, 41013 Sevilla, urbano@us.es*

[3]*Dpto. de Ingeniería Rural, Universidad de Córdoba, Campus Rabanales, 14014 Córdoba, jaguera@uco.es.*

Resumen: Por todos es conocido que el presente y futuro de las aplicaciones de productos agroquímicos pasa por una buena regulación, calibración y mantenimiento de los equipos que se utilizan. Tanto Europa como los países miembros y sus comunidades autónomas, en el caso de España, a través de sus instituciones (Universidades, Consejerías, etc.), están trabajando concienzudamente en el protocolo de inspección. Es de prever que en muchos equipos la primera inspección será desfavorable, y además supondrá un coste económico alto para el propietario, independientemente de que el equipo pase la inspección de forma favorable o no. Este hecho hace que el agricultor no conciba este control con la "percepción beneficiosa" que pueda tener la administración. Por todo ello, el Laboratorio de Agricultura de Precisión de la Universidad de Sevilla ha decidido centrarse en el término "pre-inspección" y desarrollar una aplicación gratuita de autocontrol para dispositivos móviles que permita al propietario o su técnico agrícola conocer el estado de su equipo de aplicación antes de acudir a una inspección "oficial" y de esta forma solventar los posibles problemas detectados. En los primeros equipos que han formado parte de este estudio se ha conseguido, por una parte poner en conocimiento y mostrar los elementos y aspectos a controlar y por otra, generar de forma gratuita y fácil un informe donde se indica los elementos y aspectos a solventar antes de ir a una inspección. Esta aplicación de pre-inspección ha sido una herramienta muy valorada por los usuarios como mantenimiento preventivo.

Palabras clave: Maquinaria agrícola, App, Android, pulverizador hidráulico, medio ambiente.

Summary: ***Development and preliminary results of a mobile application to perform pre-inspection of sprayer equipment***. It is

widely acknowledged that the present and future practice of pesticide applications requires good regulation, calibration and maintenance of the equipment used. European countries and their regional governments, in the case of Spain, through its institutions (Universities, Councils, etc.), are working conscientiously towards inspection protocol. It is expected that many sprayers will not pass the first inspection, and there will be a significant cost to the owner, whether the equipment passes the inspection or not. This fact makes this inspection protocol is not conceived with the "beneficial perception" as the administration may have. Therefore, the Precision Agriculture Laboratory at University of Sevilla has decided to focus on the term "pre-inspection" and develop a free mobile application for self-assessment that allows the owner or agricultural technician check the status of the sprayer before inspection. This would address the possible problem identified. For the first sprayers considered in this study there have been several achievements: firstly informing about and showing those elements and aspects of the sprayer which need to be controlled and secondly, generating simply and without cost a report describing those elements and aspects which must be resolved before going for an inspection. This approach to pre-inspection has proved to be highly very valued by users as a tool for preventive maintenance.

Keywords: Agricultural machinery, App, Android, hydraulic sprayer, environment.

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Según la SPISE (Standardised Procedure for the Inspection of Sprayer-2012), en Europa, existen más de 1,2 millones de pulverizadores hidráulicos y 1 millón de pulverizadores hidroneumáticos. En España tenemos unas 100.000 unidades de pulverizadores hidráulicos y aproximadamente el doble, 200.000 unidades de pulverizadores hidroneumáticos, según la SPISE (Wehmann, 2012). El número y el funcionamiento correcto de estos equipos provocan un alto interés por gobiernos, consumidores, y agricultores, cada vez más conscientes de la necesidad de velar por aquellos aspectos como la seguridad alimentaria y en la calidad de las materias que compran.

Es el Real Decreto 1702/2011 del 18 de noviembre (BOE nº 296 de 9 de diciembre), de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios el que traspone el artículo 8 y el Anexo II de la Directiva 2009/128/CE, el cual se establece un marco de actuación comunitario para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. En este Real Decreto, se señala que serán las distintas Comunidades Autónomas quienes establecerán un programa de inspecciones obligatorias,

para que todos los equipos de aplicación se inspeccionen en una estación de Inspección Técnica de Equipos de Aplicación de Productos Fitosanitarios (ITEAF), antes del 26 de noviembre de 2016.

En varias Comunidades Autónomas ya se han regulado las inspecciones periódicas, concretamente Navarra, Murcia, Cataluña, Madrid, Aragón, La Rioja, País Vasco y Valencia, pero son muchas las que aún están intentando encontrar el camino de hacerlo. En algunas comunidades como Andalucía e Islas Baleares, aunque existe alguna regulación, realmente aún no se han puesto en marchas las ITEAF (Marzo de 2015).

La Universidad de Sevilla con objeto de conocer el estado real de los equipos de aplicación de fitosanitarios ha desarrollado una investigación en el entorno de los propietarios de varias explotaciones agrícolas de la zona Sur de Andalucía. Esto ha permitido establecer la hipótesis de que una gran mayoría de los equipos que se encuentran trabajando en el campo no cumplirían con los requisitos necesarios para obtener un informe de inspección favorable. Esto puede deberse a dos causas principales, como son: i) que por la antigüedad de dichos equipos y sus características de construcción no sea posible cumplir con estos estándares propuestos o; ii) que en equipos más modernos, por desconocimiento de qué elementos van a ser inspeccionados y en qué estado deberían encontrarse por parte del propietario, el informe de la inspección sea desfavorable. Esta segunda situación, conlleva un gasto de tiempo y dinero para el agricultor que podría evitarse con un mayor conocimiento de qué requerimientos deberá cumplir su equipo de tratamiento (Caro-Bellido & Pérez-Ruiz, 2015).

La Universidad de Zaragoza ha desarrollado el programa PRITEAF (Jiménez et al., 2013) y el Ministerio de Agricultura ha editado un Manual para formar sobre todo a los directores y técnicos de las unidades ITEAF. Sin embargo no existen herramientas sencillas, que los autores a día de hoy conozcan, para que el propio agricultor o su técnico agrícola pueda conocer el estado de su máquina antes de acudir a una inspección "oficial". Por ello este equipo de trabajo ha buscado relacionar la inspección de equipos fitosanitarios con el uso de las herramientas móviles, para el desarrollo de una aplicación móvil centrada no en la inspección como tal, sino en la posibilidad de que el agricultor o técnicos usuarios de ésta realicen de forma gratuita un chequeo previo de aquellas partes que se vayan a inspeccionar y de esta manera sepan qué se les va a revisar y en qué estado deberá de encontrarse en una revisión "oficial". Bajo este concepto de "pre-inspección" la aplicación desarrollada busca facilitar al agricultor la tarea de revisar los puntos del equipo que el MAGRAMA establece.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este apartado se detallan por separado el proceso de desarrollo de la aplicación móvil y posteriormente la primera fase de testeo de la misma por parte de usuarios.

Sistema Operativo Android

Las plataformas más importantes en función del volumen de mercado son actualmente Android de Google, iOS de Apple, Windows Phone de Microsoft y BlackBerry 10. De acuerdo con datos recientes (IDC's Worldwide Quartely Mobile Phone Tracker, 2015), tanto Android como iOS abarcan el 94% de todo el mercado mundial de móviles, siendo por tanto las dos principales plataformas para las que interesa desarrollar las aplicaciones y de este porcentaje, un amplio porcentaje (el 81%) de los smartphones trabaja bajo el sistema de Google.

Dado que se considera prioritario que la aplicación sea útil, sencilla y utilizada, el hecho de que Android sea el sistema más utilizado unido a que se trata de un sistema de código abierto y libre, hizo que fuese el Sistema Operativo (SO) elegido para el desarrollo de esta aplicación para pre-inspección.

Diseño y desarrollo

Se desarrolló la App utilizando el lenguaje Java, un lenguaje de programación orientado a objetos, y se decidió que debido a la fragmentación de versiones de Android que existen en los muchos dispositivos en el mercado, la aplicación debería funcionar en terminales que posean una versión del sistema operativo posterior al Android 4.0, ya que se trata según estadísticas proporcionadas por Google, de una versión que en el momento de realizar este trabajo, se encuentra instalada en alrededor del 90% de dispositivos. Para el desarrollo del código Java en Android se ha utilizado el kit de desarrollo de software Android Studio.

El grupo de trabajo ha intentado diseñar y desarrollar la aplicación teniendo en mente al usuario final, realizando una aplicación con estructura sencilla de preguntas organizadas en dos bloques de elementos: elementos a revisar sin accionar la máquina y elementos a revisar con la máquina en marcha (Figura 1).

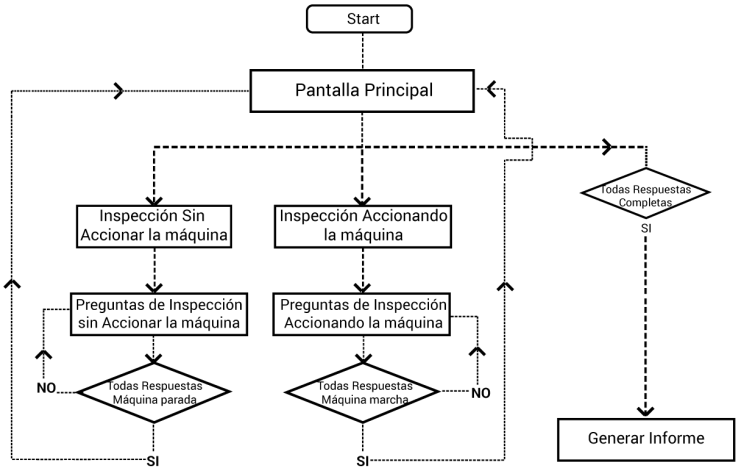

Figura 1. Estructura de funcionamiento de la aplicación.

Cada pantalla de pregunta muestra la cuestión que se realiza al usuario y le permite elegir entre los estados que da el propio manual: sin defecto, leve o grave. Para ayudar al usuario a conocer qué considera el MAGRAMA como defecto grave, leve o sin él, se incluyen 3 figuras de colores a modo de "semáforo" en las que haciendo "click" se despliega un cuadro de diálogo explicativo.

Una vez completadas todas las preguntas, la aplicación genera un Informe en el que muestra al usuario las respuestas a las preguntas realizadas y le informa sobre si la revisión es favorable o no según los criterios del MAGRAMA.

Evaluación de utilización de la aplicación

Poner a disposición de los técnicos y agricultores una herramienta que permita conocer los puntos vulnerables de la maquinaria de aplicación ante una inspección técnica oficial es algo esencial. Para una primera evaluación se ha seleccionado un grupo de 25 usuarios potenciales, realizando una encuesta para evaluar la usabilidad de la aplicación para móvil.

En estas pruebas además del correcto funcionamiento de la aplicación, se evaluaron las impresiones de los usuarios respecto al diseño de la misma, la facilidad de uso y la utilidad que estos usuarios ven en una aplicación de este tipo con la posibilidad de que el agricultor/propietario o responsable de la explotación sea consciente de qué y cómo se va a evaluar su equipo de aplicación de agroquímicos. Además se les preguntaba

su opinión acerca del carácter gratuito de esta herramienta así como aspectos a mejorar de la misma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez concluida la fase de desarrollo para la primera versión de la aplicación móvil, se ha conseguido crear una herramienta funcional con una interfaz de usuario sencilla, adecuada para que se pueda utilizar por los técnicos y agricultores en sus lugares de trabajo, que contiene la información del manual para la inspección de estas máquinas editado por el MAGRAMA, sin necesidad de estar conectado a Internet y reduciendo el número de dispositivos y materiales necesarios a un smartphone.

Se trata de una herramienta visualmente atractiva, con botones y textos en tamaño grande, con las preguntas agrupadas por elementos a inspeccionar y con una pantalla de Informe que le da al usuario un veredicto inmediato (Figura 2).

De las 48 preguntas requeridas para pre-inspeccionar el equipo, 42 de ellas, un 87,5 %, pueden ser contestadas a partir de una simple inspección visual, sólo 6, un 12,5%, necesitan de instrumentación especializada para llevar a cabo medidas y poder contestar las preguntas con plena seguridad (ej. caudales y presiones en boquillas). Considerando una probabilidad homogénea de no conformidad para todos los puntos inspeccionados, se deduce que un resultado favorable de la pre-inspección deja una incertidumbre del 12,5% de obtener la total conformidad en la inspección oficial, pero en cambio, el resultado desfavorable de la pre-inspección nos asegura el 100% de probabilidad de no conformidad. Es este último caso al que va dirigido especialmente esta herramienta ya que previene de un resultado negativo antes de llegar la máquina a la inspección oficial, lo que permite solucionar a tiempo el problema que presente.

Tabla 1. Probabilidad de obtener una inspección favorable utilizando la aplicación desarrollada.

		Utilizando PreInspeccionApp	
		Pre-Inspección Favorable	Pre-Inspección Desfavorable
ITEAF oficial	Inspección Favorable	87,50%	0%
	Inspección Desfavorable	12,50%	100%

Captura de la pantalla principal y las 3 vías para interactuar.

Diferentes grupos de elementos a inspeccionar Sin Accionar la máquina.

Preguntas. Los iconos de colores muestran el criterio del manual del MAGRAMA.

Pantalla del Informe generado, en este caso, la inspección será favorable.

Figura 2. Capturas de las diferentes pantallas de la aplicación.

En lo que respecta a los resultados obtenidos en la encuesta realizada al grupo de usuarios potenciales, estos reflejan unanimidad en cuestiones importantes relativas a las inspecciones como la necesidad de un mayor conocimiento por parte de los agricultores y técnicos de la normativa. Además existe un gran porcentaje de encuestados que opinan que la aplicación sería una buena herramienta gratuita de fidelización de clientes (Figura 3), preferiblemente de carácter gratuito.

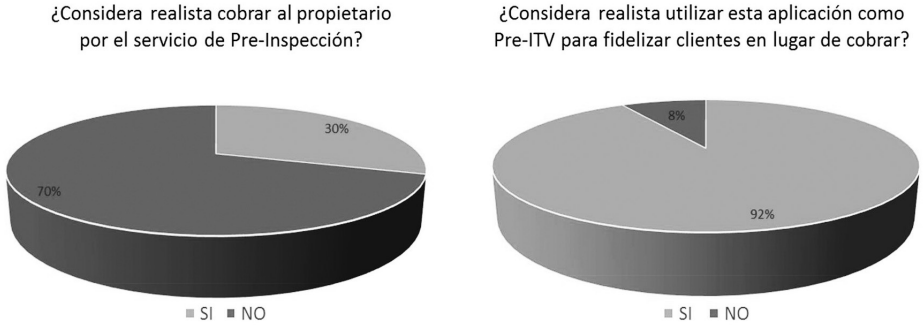

Figura 3. Resultados extraídos de la encuesta respecto al servicio de pre-inspección.

Las preguntas relativas al diseño, la utilidad y la aparición de los elementos de la aplicación obtienen también un 100% de valoraciones positivas (Figura 4), y remarcan que un amplio porcentaje cree que al utilizar la aplicación el resultado en la inspección oficial sería favorable.

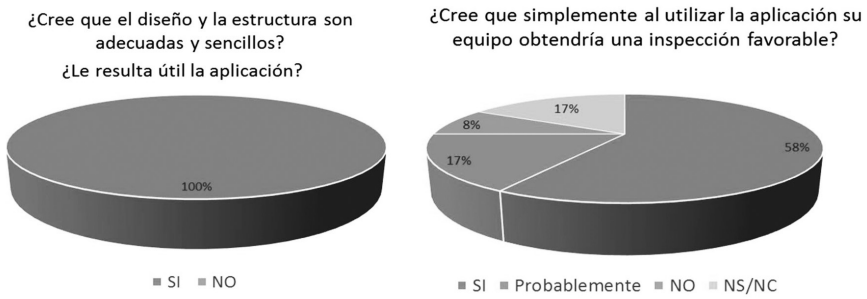

Figura 4. Resultados extraídos de la encuesta respecto a la utilidad de Pre-inspecciónApp.

CONCLUSIONES

De los primeros resultados obtenidos tras el diseño, desarrollo y las primeras pruebas con usuarios potenciales de la Pre-inspecciónApp, se puede concluir que la aplicación cubre un espacio que hasta el momento no había sido abordado por las administraciones y que con un buen uso de la aplicación es de gran ayuda para conseguir que muchas de las máquinas de tratamiento que tienen que ser inspeccionada de forma obligatoria en los próximos años lo hagan de forma satisfactoria. Así mismo esta aplicación también puede ayudar a acelerar el conocimiento en materia de elementos a inspeccionar en el sector agrícola y que el 26 de noviembre de 2016 existan un mayor número de máquinas inspeccionadas.

Como se ha expuesto en los resultados, la probabilidad de obtener una inspección favorable utilizando previamente la aplicación es significativamente alta, pudiendo ser este porcentaje aún mayor si se dispone de las herramientas necesarias para realizar las mediciones en campo, que corresponden al último apartado de preguntas dentro de la aplicación.

De la encuesta realizada a diferentes personas relacionadas, se ha obtenido un *feedback* respecto a las primeras impresiones del diseño, sencillez y usabilidad, siendo la primera acogida muy buena, valorándola positivamente y teniendo en cuenta sus opiniones para posteriores mejoras en otras versiones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro de las actuaciones y con la financiación de la Cátedra ADAMA de la Universidad de Sevilla.

BIBLIOGRAFÍA

CARO-BELLIDO D & PÉREZ-RUIZ M (2015) Trabajo Final de Máster "Inspección y mejora de equipos de aplicación de fitosanitarios: Pulverizadores hidráulicos". Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla.

IDc's WORLDWIDE QUARTERLY MOBILE PHONE TRACKER (2015) Android and iOS squeeze the competition, swelling to 96.3% of the smartphone operating system market for both 4Q14 and CY14.

JIMÉNEZ A, GARCÍA FJ, VIDAL M & BONÉ A (2013) Desarrollo de una aplicación informática para la realización de las inspecciones de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid, 26-29 agosto 2013.

REAL DECRETO 1702/2011, de 18 de noviembre, de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios (BOE 09.12.2011).

WEHMANN HJ (2012) Actual survey on the actions of the countries in Europe to implement the inspection system of sprayers concerning the Directive 2009/128/EC. Fourth European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers-SPISE 4. Lana (South Tyrol), March 27-29.

MALAS HIERBAS PREOCUPANTES EN ESPAÑA

Ortiz R.[1], Contreras J.M.[2], Ruiz A.[3], Sanz M.A.[4], Romero M.[5], Gordillo M.[6], Taberner A.[7], Urbano J.M.[8]*

[1]*Oro Agri B.V., Ulises nº 6, Mairena Aljarafe, 41927 Sevilla, España.*

[2]*BASF Española S.L., 41710 Utrera (Sevilla), España.*

[3]*Syngenta España S.A., Ctra. de la Esclusa n 11 bajo, local 9, 41011 Sevilla, España.*

[4]*Bayer CropScience S.L., Ctra. Brenes a Tocina km 2,4, 41310 Brenes (Sevilla), España.*

[5]*Dow Agrosciences, Isla Cartuja, Ed. Sevilla-Expo, 41092, Sevilla, España.*

[6]*Adama Agriculture España S.A, Méndez Álvaro 20, 5º, Madrid, 28045 España.*

[7]*Generalitat de Catalunya, Av. Rovira Roure 191, 25198 Lleida, España.*

[8]*Dpto. C. Agroforestales, Univ. de Sevilla, Ctra. de Utrera km 1, 41013 Sevilla, España.*

**urbano@us.es*

Resumen*:* Se presentan los resultados de una encuesta realizada durante el periodo de junio a octubre de 2014, y en la que participaron 315 técnicos de campo de toda España. Los datos están disponibles en Internet y su análisis permite concluir que a) las malas hierbas preocupan tanto como las plagas y enfermedades; b) respecto a los métodos de control, el control químico con herbicidas es el más usado y el considerado más eficaz; c) se aprecia una elevada eficacia en transferencia de conocimiento por parte de las empresas de fitosanitarios; d) se han detectado las malas hierbas más preocupantes en una serie de cultivos, incluyendo el motivo de la preocupación. En cultivos leñosos, destaca *Conyza* por su dificultad de control, en arroz destacan *Echinochloa* y *Cyperus*; en algodón y maíz preocupan *Abutilon*, *Chenopodium*, *Cyperus*, *Echinochloa* y *Sorghum*; en cultivos extensivos de secano, la preocupación no está tan concentrada en pocas especies, destacando malas hierbas gramíneas en trigo y cebada junto con *Centaurea*, que es considerada preocupante adicionalmente en el cultivo del girasol. Finalmente, se seleccionan arvenses de preocupación creciente, entre las que destacan *Abutilon*, *Centaurea*, *Chenopodium* y *Sorghum*.

Palabras clave: Encuesta.

Summary: ***Most worrysome weeds in Spain.*** Since June to October 2014, 315 Spanish field advisors participated in a survey. Data is available on internet and results show that a) weeds are as worrying as other pests and diseases; b) chemical control is the most used weed control method and is considered to be the most efficient one; c) knowledge transfer in weed management is largely dependant on herbicide industry; d) most worrying weeds have been identified for several crops, as well as the reasons why they are considered worrysome. In permanent crops, *Conyza* is refered to be by far the worst weed, mainly because it is difficult to control; in rice, the worst weeds are *Echinochloa* and *Cyperus*; in corn and cotton Abutilon, *Chenopodium*, *Cyperus*, *Echinochloa* and *Sorghum*; in annual dryland crops weed problems are less focused, being the most worrying weeds annual grasses in wheat and barley, besides *Centaurea*, which is also considered to be a problem in sunflower. Finally, there are weeds of increasing threat like *Abutilon*, *Centaurea*, *Chenopodium* and *Sorghum*.

Keywords: Survey.

INTRODUCCIÓN

Esta encuesta surge como respuesta al debate surgido en el ámbito de la I Edición del Máster de Sanidad Vegetal de la Universidad de Sevilla, en torno a la frase "las malas hierbas no son un problema porque tienen solución".

No se han encontrado encuestas realizadas en España que abarquen el territorio nacional y que permitan conocer la percepción de los técnicos de campo acerca de los principales problemas de malas hierbas.

A nivel de plagas, el IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) realizó un estudio a nivel nacional para analizar los principales problemas de control de plagas, basándose en la respuesta de 150 personas (Ortiz, 2007). En el campo de la malherbología, en Australia, un estudio basado en 165 encuestas postales permitió identificar las cinco peores malas hierbas en el cultivo de cereales (Borger et al., 2012).

Los objetivos de la encuesta han sido: a) conocer el grado de preocupación por las malas hierbas en comparación con otros problemas de sanidad vegetal; b) conocer el nivel de satisfacción con los métodos actuales de control de malas hierbas; c) conocer el grado de uso de los principales métodos de control de arvenses; d) conocer la eficacia en transferencia de conocimiento científico por parte de entidades públicas

y privadas; y e) conocer cuáles son las hierbas más preocupantes y los motivos de tal preocupación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el período de marzo a junio de 2014 se elaboró un modelo de encuesta utilizando el sistema de formularios de Google Drive. El formulario fue difundido desde junio y cerrado a ser respondido el día 2 de octubre de 2014 cuando contaba con la respuesta proporcionada por 315 técnicos de toda España. El 47% de las respuestas procede de Andalucía, lo cual podría condicionar en parte los resultados, aunque hay 7 comunidades autónomas con más del 5%.

Tanto la estructura de las preguntas de la encuesta, como las bases de datos generadas a partir de las respuestas se pueden consultar libremente en Internet (Tabla 1).

Tabla 1. Direcciones de Internet donde se puede acceder a las preguntas y repuestas de la encuesta realizada.

Contenido	Dirección de Internet
Preguntas de la encuesta (pdf)	https://goo.gl/wh0P63
Respuestas al objetivo a)	https://goo.gl/HjqDsx
Respuestas al objetivo b)	https://goo.gl/PEXwhb
Respuestas al objetivo c)	https://goo.gl/8DxwYB
Respuestas al objetivo d)	https://goo.gl/16hzNZ
Respuestas al objetivo e)	https://goo.gl/NjisI9

Debe de quedar claro que en la encuesta se pregunta sobre las malas hierbas que más preocupan, las cuales no tienen por qué coincidir con las especies más extendidas y que, además, al preguntarse por la que más preocupa, no significa que sea la única preocupante para un mismo técnico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ante las preguntas acerca del nivel de preocupación sobre los problemas relacionados con la sanidad vegetal, 223 de los 315 técnicos (el 71%) respondió que estaba "preocupado" o "muy preocupado" por los problemas de malas hierbas. El nivel de preocupación fue similar al obtenido por los problemas de plagas (68%) o enfermedades (75%).

En cuanto al grado de satisfacción con los métodos de control de malas hierbas que son empleados en la actualidad, se puede considerar que casi la mitad (el 47%) de los técnicos están satisfechos o muy

satisfechos con la eficacia, y algo más (el 50%) con la rentabilidad de los mismos. Además, el 42% dice confiar en que las empresas de fitosanitarios encontrarán soluciones a los nuevos problemas de malas hierbas que aparezcan en el futuro.

Respecto de la eficacia, coste y frecuencia de los distintos métodos de control de malas hierbas, los resultados reflejan que el control químico es el método más usado y el valorado como más eficaz, aunque es considerado caro. Entre las alternativas al control químico, el control mecánico (laboreo, o desbrozado) es el más conocido y usado.

En la encuesta se pregunta sobre la transferencia de información y de los resultados se deduce que las empresas de fitosanitarios son las más eficientes en realizar esta tarea mientras que los organismos públicos de enseñanza e investigación y las asociaciones relacionadas con la malherbología son poco consultadas en caso de problemas de malas hierbas.

Finalmente, ante la pregunta de cuál es la mala hierba que más le preocupa, los resultados obtenidos permiten conocer las malas hierbas más preocupantes, a nivel de género y desglosadas por cultivo (Tablas 2 y 3), así como los motivos de tal preocupación (Tabla 4).

Tabla 2. Grado[(a)] de preocupación de malas hierbas en cultivos leñosos (%).

	Cítricos	Frutal hueso	Olivar
Conyza	73,2	60,3	70,2
Cynodon	2,8	4,8	1,3
Cyperus	4,2	4,8	0,0
Lolium	4,2	3,2	6,0
Malva	0,0	14,3	7,9
Suma	84,5	87,3	85,4
Nº respuestas	**71**	**63**	**151**

[(a)] En la última línea se indica el número de respuestas obtenidas por cultivo a la pregunta "¿cuál es la mala hierba que más le preocupa?". Las cifras con 1 decimal son porcentajes respecto del número de respuestas. Solo se incluyen los datos de las malas hierbas consideradas más importantes. La línea de "Suma" es la suma de los porcentajes de las malas hierbas seleccionadas.

El análisis conjunto de las Tablas 2, 3 y 4 permite deducir que las especies del género *Conyza* son las principales preocupaciones para la mayoría de técnicos de cultivos leñosos (60-73%) y que el principal motivo de preocupación es la dificultad de su control. Merece la pena señalar que 5 géneros de arvenses aglutinan más del 84% de las respuestas.

En el caso de cultivos herbáceos, se incluyen sistemas agrícolas muy diferentes. Por un lado está el cultivo del arroz, que suele ir asociado a condiciones de encharcamiento y monocultivo, y en este caso las malas hierbas más preocupantes son las especies del género *Echinochloa*

(varias) y *Cyperus* (*C. difformis*). Respecto de los motivos de preocupación, la dificultad de control es el principal en el caso de *Cyperus*, mientras que en *Echinochloa* los motivos son más diversos.

Tabla 3. Grado[(a)] de preocupación de malas hierbas en cultivos herbáceos (%).

	Algodón	Maíz	Arroz	Cebada	Girasol	Trigo
Abutilon	7,5	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Avena	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	15,0
Bromus	0,0	0,0	0,0	46,6	0,0	20,0
Centaurea	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0
Chenopodium	2,5	16,1	0,0	0,0	20,0	0,0
Cyperus	42,5	17,7	22,2[(b)]	0,0	0,0	0,0
Echinochloa	12,5	3,2	60,0	0,0	0,0	0,0
Lolium	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	15,7
Phalaris	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	19,3
Sorghum	2,5	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma	67,5	75,8	82,2	93,2	45,7	90,0
Nº respuestas	**40**	**62**	**45**	**73**	**35**	**140**

[(a)] En la última línea se indica el número de respuestas obtenidas por cultivo a la pregunta "¿cuál es la mala hierba que más le preocupa?". Las cifras con 1 decimal son porcentajes respecto del número de respuestas. Solo se incluyen los datos de las malas hierbas consideradas más importantes. La línea de "Suma" es la suma de los porcentajes de las malas hierbas seleccionadas.

[(b)] En el cultivo del arroz se refiere a *C. difformis* y en el resto a *C. rotundus.*

El cultivo del algodón y maíz se pueden considerar relativamente similares (anuales, de verano, en riego), y las malas hierbas que más preocupan son *Cyperus* (*C. rotundus*), *Echinochloa* y *Abutilon* en el algodón (principalmente por su dificultad de control), mientras que en el maíz las arvenses más preocupantes son, además de las mencionadas, *Chenopodium* y *Sorghum halepense*.

Finalmente, en cultivos extensivos de secano se aprecian diferencias entre el trigo, la cebada y el girasol. En el trigo, las malas hierbas más preocupantes son *Avena*, *Bromus*, *Centaurea*, *Lolium* y *Phalaris*, mientras que en la cebada se consideran preocupantes *Avena, Bromus* y *Lolium*. El trigo es uno de los pocos casos en los que se aprecia diferencias por zonas geográficas, con *Phalaris* dominando en Andalucía y *Lolium* en el centro y norte. En el girasol hubo menos respuestas (solo 35) y los datos indican que las malas hierbas más preocupantes son *Centaurea*, *Chenopodium* y *Phalaris*.

El análisis de los motivos por los cuales preocupan las malas hierbas seleccionadas (Tabla 4) merece una reflexión. El principal motivo de preocupación es la dificultad de control, muy por encima de la capacidad de reducir el rendimiento (competencia), lo cual es compatible con la falta

de información acerca del impacto que las malas hierbas tienen en el rendimiento de los cultivos en nuestras condiciones. También hay una llamada de atención sobre malas hierbas emergentes o de importancia creciente: *Abutilon*, *Centaurea*, *Chenopodium* y *Sorghum*.

Los resultados presentados no son definitivos. Pueden y deben ser complementados con futuras encuestas. En todo caso pueden servir para encontrar puntos de interés común entre los técnicos de campo y aquellos que trabajan (desde el sector público o privado) para ofrecer soluciones a los problemas de malas hierbas.

Tabla 4. Motivos por los cuales las malas hierbas son percibidas como preocupantes (%)[(a)].

	Alto coste de su control	Dificultad de control	Muy competitiva	Problema creciente	Todo lo anterior	Nº de respuestas
Abutilon	0,0	27,8	5,6	38,9	27,8	**18**
Avena	19,5	24,4	7,3	9,8	39,0	**41**
Bromus	6,3	34,4	3,1	9,4	46,9	**64**
Centaurea	0,0	54,3	0,0	22,9	22,9	**35**
Chenopodium	9,1	33,3	24,2	30,3	0,0	**33**
Conyza	5,2	48,3	0,4	9,1	36,5	**230**
Cynodon	22,2	27,8	11,1	11,1	27,8	**18**
Cyperus	0,0	51,8	3,5	3,5	41,2	**85**
Echinochloa	8,6	28,6	5,7	14,3	42,9	**35**
Lolium	0,0	48,1	1,9	11,1	35,2	**54**
Malva	6,9	51,7	0,0	17,2	24,1	**29**
Phalaris	35,5	12,9	6,5	9,7	35,5	**31**
Sorghum	5,9	29,4	11,8	29,4	23,5	**17**

[(a)] Las cifras con 1 decimal son porcentajes respecto del número de respuestas.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos permite concluir que a) las malas hierbas preocupan tanto como las plagas y enfermedades; b) respecto a los métodos de control, el control químico con herbicidas es el más usado y el considerado más eficaz; c) se aprecia una elevada eficacia en transferencia de conocimiento por parte de las empresas de fitosanitarios; d) se han detectado las malas hierbas más preocupantes en una serie de cultivos, incluyendo el motivo de la preocupación: en cultivos leñosos, destaca *Conyza* por su dificultad de control, en arroz destacan *Echinochloa* y *Cyperus*; en algodón y maíz preocupan *Abutilon*, *Chenopodium*, *Cyperus*, *Echinochloa* y *Sorghum*; en cultivos extensivos de secano, la preocupación no está tan concentrada en pocas especies, destacando malas hierbas gramíneas en trigo y cebada junto con *Centaurea*, que es

considerada preocupante adicionalmente en el cultivo del girasol. Finalmente, se seleccionan arvenses de preocupación creciente, entre las que destacan *Abutilon*, *Centaurea*, *Chenopodium* y *Sorghum*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración de cada uno de los 315 técnicos que se tomaron la molestia de rellenar esta tediosa encuesta.

BIBLIOGRAFÍA

BORGER CPD et al. (2012) Linking field and farmer surveys to determine the most important changes to weed incidence. *Weed Research* 52, 564-574.

ORTIZ DJ (2007) Principales dificultades en el control de plagas: resultados de las encuestas realizadas por IRAC España (Insecticide Resistance Action Committee), 2006. *Phytoma* 192, 70-73.

LA INVESTIGACIÓN EN MALHERBOLOGÍA EN ESPAÑA ALCANZA SUS MAYORES COTAS DE CALIDAD CIENTÍFICA

Recasens J.[1]*, Fernández-Quintanilla C.[2]

[1]*ETSEA, Agrotecnio, Universitat de Lleida, Avda Rovira Roure 191, 25198 Lleida.*

[2]*Instituto Ciencias Agrarias, CSIC, Serrano 115b, 28006 Madrid.*

**jrecasens*@hbj.udl.cat

Resumen: A partir de datos obtenidos de diferentes fuentes se ha podido constatar que en nuestro país existen más grupos de investigación de malherbología (unos 20) que en cualquier otro país europeo y que la producción científica actual atesora unos índices de calidad jamás obtenidos. Los investigadores españoles han publicado en los últimos seis años más de 200 artículos científicos en revistas de impacto y 34 de ellos en Weed Research, cifra superada solo por EEUU (39). En los últimos 25 años, cerca del 10% de los artículos publicados en esta revista son de origen español, uno de los mayores porcentajes comparado con otras revistas de sanidad vegetal (entomología, fitopatología, virología). Otros indicadores como el número de proyectos de investigación, tesis doctorales defendidas y congresos y cursos internacionales organizados ratifican esos niveles de calidad.

Palabras clave: Malas hierbas, sanidad vegetal, artículos científicos, impacto, posición europea.

Summary: ***Weed Science in Spain reaches the highest level of scientific quality.*** Based on data obtained from different sources we have reached the conclusion that Weed Science in Spain is currently in a very satisfactory position, with 20 research groups (more than in any other European country) and with an abundant scientific production of high quality. During the last six years Spanish weed scientists have published more than 200 scientific papers in high impact journals. Thirty four papers were published in the Weed Research journal; only US scientists published a higher number of papers in this journal. During the last 25 years almost 10% of the papers published in Weed Research were from Spanish authors. This ratio was higher than those observed in journals of other crop protection disciplines (entomology, phytopathology, virology).

Other indices, such as the number of research projects, the number of PhD Thesis or the number of organized international meetings, support this high quality level.

Keywords: Weed Science, crop protection, scientific papers, impact, European position.

INTRODUCCIÓN

Con motivo de un estudio encargado por parte de la European Weed Research Society (EWRS), se llevó a cabo una recopilación sobre la actividad investigadora en malherbología en España que se publicó en el Newsletter 129 de dicha sociedad científica europea (Recasens, 2015). En el presente trabajo se trata de dejar constancia no sólo del amplio número de grupos de investigación que actualmente trabajan en el campo de la malherbología en nuestro país, sino también de la gran calidad que ha alcanzado esta ciencia en España. Para ello se utilizan los indicadores que suelen usarse para medir la productividad científica. También se ha tenido en cuenta la información aportada por J. Marshall (comunicación personal) como editor de la revista Weed Research. Asimismo, se ha utilizado la información obtenida en la elaboración de un capítulo del Libro Blanco de la Sanidad Vegetal en España (Melgarejo et al., en prensa). Dicha información ha permitido comparar la producción científica en malherbología con la de otras disciplinas de sanidad vegetal.

GRUPOS DE MALHERBOLOGÍA EN ESPAÑA

En España podemos reconocer cerca de 20 grupos de investigación en malherbología (Tabla 1) pertenecientes en su mayoría a organismos públicos de investigación (universidades, CSIC, INIA y centros de investigación pertenecientes a comunidades autónomas). Estos investigadores, junto con aquellos otros profesionales de empresas privadas (fabricantes de fitosanitarios, empresas de servicios y distribución, cooperativas agrícolas) así como agentes de extensión, ATRIAs, ADV y de servicios de sanidad vegetal, están agrupados en la Sociedad Española de Malherbología (SEMh). Esta sociedad consta de unos 200 socios, cifra menor a la de las otras dos sociedades hermanas, la Sociedad Española de Entomología Aplicada (SEEA), con unos 260 socios, y la Sociedad Española de Fitopatología (SEF), con más de 600 socios. Es de destacar que mientras que en la SEMh escasamente 60 de sus socios son investigadores en las otras dos sociedades la mayoría de sus socios se dedican a esta actividad.

Tabla 1. Sede de los principales grupos de investigación en malherbología de España.

ICA-CSIC. Madrid	Univ. Politècnica València
IAS-CSIC. Córdoba	CICYTEX Extremadura
Universitat Lleida - SSV- UPC	Universidade de Vigo
CITA. Zaragoza-Univ. de Zaragoza	Univ. Huelva-Univ. Córdoba
El Encín-IMIDRA. Madrid	Universitat Barcelona
Univ. Politècnica Catalunya. Barcelona	INIA. Madrid
Universidad de Sevilla	INTIA. Navarra
IFAPA. Córdoba	AIMCRA Valladolid
Universidad Pública Navarra	CAR-CSIC. Arganda
IAS-CSIC. Córdoba - Univ. Huelva	

Nota: Existen investigadores en diferentes universidades (Univ. Politécnica Madrid, Castilla-La Mancha-Albacete, Jaén, Valladolid-Palencia, León, Santiago Compostela-Lugo, La Laguna…) y otros centros de investigación que aportan también estudios en el campo de la malherbología.

POSICIÓN RESPECTO A OTROS PAÍSES EUROPEOS

A pesar del menor número de investigadores que en otras disciplinas de sanidad vegetal, la investigación en malherbología en España ha alcanzado un posicionamiento europeo que es digno destacar. Esta producción científica puede analizarse con mayor detalle tomando como referencia la revista europea Weed Research. En los últimos seis años (2009-2014), el número de artículos publicados en esta revista por parte de autores españoles es de 34 (Tabla 2), cifra sólo superada por Estados Unidos con 39. Esta producción científica va a su vez paralela a los índices de calidad que ha ido alcanzado esta revista. En los últimos 18 años, el índice de impacto ha pasado de 0,755 (en 1997) a 2,045 (en 2012), el más alto jamás obtenido, y en los últimos seis años -donde la participación española ha sido más notable-, este índice ha estado prácticamente por encima de 2,000. El índice del año 2013 fue de 2,015 (Marshall, 2015) si bien en 2014 ha decaído a 1,687.

Si se consideran otras revistas de malherbología y también aquéllas de ámbitos científicos afines como ecología vegetal, agronomía, agricultura de precisión, suelos, alelopatía, fisiología vegetal, biología molecular, etc., el número total de artículos publicados por parte de malherbólogos españoles en los últimos seis años es superior a los 200.

Tabla 2. Origen geográfico de los artículos publicados en Weed Research entre 2009 y 2014.

EEUU	39	Japón	9	Líbano	2
España	**34**	Nueva Zelanda	9	Eslovenia	1
Australia	31	Israel	7	Portugal	1
Alemania	27	R. Checa	7	Irlanda	1
Holanda	26	Brasil	6	Grecia	1
Francia	24	Suiza	5	Turquía	1
Gran Bretaña	20	Hungría	5	México	1
Dinamarca	20	Sudáfrica	5	Filipinas	1
China	18	Finlandia	4	Camerún	1
Suecia	14	Corea	4	Tanzania	1
Bélgica	13	Austria	3	Bután	1
Italia	12	Noruega	3	Zambia	1
Canadá	12	Irán	3	Taiwán	1
Argentina	11	Polonia	2		

LA MALHERBOLOGÍA RESPECTO OTRAS DISCIPLINAS DE SANIDAD VEGETAL EN ESPAÑA

En los últimos 25 años se han publicado en revistas científicas especializadas más de 96.000 artículos de sanidad vegetal, de los que alrededor de un 3% tienen al menos un autor español (Tabla 3). Si se toma la revista Weed Research, la de mayor impacto de nuestra especialidad, el número total de artículos de autores españoles durante este periodo es de 135, lo que supone un 9,8% del total. Este porcentaje de participación española sólo es superado por Journal of Virology con un 10%. Si bien es verdad que el número de revistas de entomología agrícola y de patología vegetal es mayor que el de revistas dedicadas a la malherbología y que también lo es el número absoluto de artículos publicados, debe tenerse en cuenta el mayor número de investigadores en esas disciplinas.

Los valores mostrados en la Tabla 3 son aún más favorables para los malherbólogos españoles si nos fijamos en los últimos nueve años (2005-2014). En este periodo los malherbólogos españoles publicaron 79 artículos en Weed Research, cifra que representa un 12,7% del total, cerca de tres veces el promedio de participación española en el conjunto de revistas dedicadas a la sanidad vegetal (4,8%). Finalmente, atendiendo al número de citas por artículo (C/A) en estos últimos nueve años, vemos que el impacto de estos trabajos con autoría española (9,7 citas por artículo) fue similar al del resto de artículos en esa revista (9,5) y superior al impacto de gran parte de los trabajos en otras revistas de esta temática. De las 28 revistas, ese impacto es superado sólo por el de 13 revistas dedicadas a la sanidad vegetal. Cabe añadir que, a nivel

mundial, el número de investigadores en malherbología es inferior también al de las otras especialidades, por lo que la recurrencia de citas de un artículo no tiene igual recorrido en una disciplina u otra.

Tabla 3. Índice de impacto y número de artículos de diferentes revistas dedicadas a la sanidad vegetal y participación española en cada una de ellas (Melgarejo et al., en prensa).

Revistas	Índice impacto	1990-2014			2005-2014			
		Mundo	España	Ratio	Mundo		España	
		A	A	(%)	A	C/A	A	C/A
Applied and Environmental Microbiology		2.261	121	5,4	1.152	22,9	68	17,3
Archives of Virology	2,03	810	41	5,1	433	8,2	26	10,6
Biocontrol	2,215	999	61	6,1	708	9,9	55	11,6
Biological Control	2,244	3.021	128	4,2	1.782	11,5	103	11,6
Biocontrol Science and Technology	0,88	1.711	62	3,6	975	5,2	38	7,6
Crop Protection	1,633	3.619	146	4	2.063	7,4	107	7,8
Entomologia Experimentalis et Applicata	1,669	3.484	74	2,1	1.317	8,0	553	18,6
Environmental Entomology	1,314	8.617	83	1	1.927	8,5	55	9,5
European Journal of Plant Pathology	1,839	2.713	248	9,1	1.661	8,4	153	8,9
Forest Pathology	1,67	677	40	5,9	502	6,3	33	5,0
Journal of Applied Entomology	1,56	1.160	49	4,2	938	6,4	41	8,2
Journal of Applied Microbiology		659	55	8,3	449	14,1	32	12,7
Journal of Economic Entomology	1,6	6.840	124	1,8	2.812	7,7	84	8,3
Journal of General Virology	3,127	772	70	9,1	266	16,4	36	15,6
Journal of Pesticide Science	2,174	1.662	8	0,5	685	3,7	7	10,3
Journal of Phytopathology	1,122	1.457	59	4	1.215	4,9	49	6,0
Journal of Virology	5,076	749	75	10	340	25,8	48	24,3
Molecular Plant Microbe Interactions	4,307	3.225	197	6,1	1.432	22,5	113	23,5
Nematology		1.382	96	6,9	856	5,9	68	5,1
Pesticide Biochemistry and Physiology	2,111	1.991	48	2,4	982	9,6	13	8,0
Pesticide Science	1,892	1.456	31	2,1	0	0,0	0	0,0
Pest Management Science	2,594	2.681	137	5,1	1.879	11,4	101	12,0
Plant Disease	2,795	10.238	382	3,7	5.304	4,9	253	5,5
Plant Pathology	2,729	5.385	199	3,7	1.766	7,3	116	6,8
Physiological Entomology	1,417	1.261	26	2,1	494	6,9	11	11,1
Phytopathology	3,028	23.039	240	1	16.820	2,6	177	10,4
Weed Research	2,045	1.379	135	9,8	622	9,5	79	9,7
Weed Science	1,759	2.794	50	1,8	1.017	8,7	25	8,2
Total		**96.042**	**2.985**	**3.1**	**50.397**		**2.444**	

A: número de artículos; C/A: número de citas por artículo).

OTROS INDICADORES DE CALIDAD

A los datos anteriores pueden añadirse otros indicadores también relativos a la calidad de la producción científica de los grupos de malherbología españoles. Por ejemplo, el número de tesis doctorales defendidas en el ámbito de la malherbología en los últimos cuatro años supera la veintena. Esta actividad constituye el mejor reflejo científico de los cerca de 35 proyectos de investigación de ámbito nacional y los 15 europeos llevados a cabo por grupos de malherbología de nuestro país (Recasens, 2015).

Esta calidad científica ha ido acompañada también por una intensa participación en diferentes eventos científicos sobre malherbología a nivel europeo y mundial. La presencia española viene siendo muy activa en los siguientes grupos de trabajo de la EWRS: "Germination and early growth", "Site-specific weed management", "Weeds and biodiversity", "Herbicide resistance", "Invasive plants", "Physical and cultural weed control", "Weed management systems in vegetables" y "Weed Management in arid and semiarid climates". A su vez, un total de once congresos, simposios y workshops internacionales se han desarrollado en España en los últimos 6 años (Tabla 4).

Tabla 4. Congresos, simposios y cursos internacionales celebrados en España en el ámbito de la malherbología en los últimos años.

· Workshop by the EWRS WG: Weeds and biodiversity. Lleida 2009.
· Workshop by the EWRS WG: Physical and cultural weed control. Zaragoza. 2009.
· Workshop by the EWRSWG: Weed management in arid and semiarid climate. Huesca 2011.
· 2nd Technical International Meeting of the RHEA Project. Córdoba 2011.
· Intern. Course on "Weed management in a modern agriculture". CIHEAM (IAMZ). Zaragoza 2012.
· 9th European Congress on Precision Agriculture. Lleida. July 2013.
· Workshop: "Weeds... or maybe not so bad?", XIII Week of the Science. Madrid 2013.
· 2nd Intern. Conf. on Robotics and Equipment for Agriculture and Forestry - RHEA. Madrid 2014.
· International Workshop «Weeds and Invasive Plants». Andinallanos. Benasque, Huesca 2014.
· Intern. Symposium "Organic Agriculture". University of Vigo, ISOFAR and EWRS. Vigo 2014.
· 7th World Congress on Allelopathy, International Allelopathy Society. Vigo, July-August 2014.

CONCLUSIONES

Sin lugar a dudas, la investigación en el campo de la malherbología en España ha alcanzado, de forma reciente, sus mayores cotas de calidad. La alta producción científica, el índice de impacto de las publicaciones y la alta participación en proyectos europeos elevan esta calidad a unos

niveles superiores a los de la mayoría de los países europeos. A pesar del menor número de investigadores en malherbología existentes a nivel mundial (en comparación con los de las otras disciplinas de la sanidad vegetal) y, por consiguiente, del menor número de citas de sus trabajos, el índice de impacto de los trabajos españoles en malherbología se sitúa en un nivel equivalente al de nuestros colegas en dichas disciplinas. Desgraciadamente, este brillante panorama no va acompañado por un escenario esperanzador en cuanto al posible recambio generacional de la mayoría de estos grupos. Sería deseable un cambio significativo en la política científica de nuestro país con el fin de fortalecer y consolidar la calidad de nuestra investigación y crear auténticas expectativas de futuro para aquellos jóvenes investigadores que atesoran una formación académica y una calidad científica hasta ahora no alcanzada. Sus aportaciones en el campo de la malherbología han permitido obtener los actuales niveles de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

MARSHALL EJP (2015) Report to the editorial board of Weed Research for 2014. *EWRS Newsletter* 130, 6-10.

MELGAREJO P, FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C & LÓPEZ-MOYA JJ (en prensa) I+D+i en las disciplinas de la Sanidad Vegetal. En: *Libro blanco de la Sanidad Vegetal en España* (eds. LÓPEZ M & JIMÉNEZ DÍAZ R).

RECASENS J (2015) Weed Science in Spain. EWRS *Newsletter* 129, 7-12.

VARIEDADES DE GIRASOL TOLERANTES AL IMAZAMOX: UN EJEMPLO DE MANEJO NO SOSTENIBLE DE MALAS HIERBAS

ROSA F.J., URBANO J.M.*

Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, ETSIA, Ctra. de Utrera km 1, 41013 Sevilla, España

**urbano@us.es*

Resumen: Se presentan los resultados del trabajo que se ha realizado en 2015 en 20 fincas de la provincia de Sevilla y Córdoba sobre parcelas de girasol tolerante al herbicida imazamox (tecnología Clearfield). En cada finca se evaluaron 4 parcelas (1 m^2) en las que no se aplicó imazamox, más otras 16 (4 parcelas adyacentes por parcela sin tratar) que sí fueron tratadas, por lo tanto en cada finca se estudiaron 20 parcelas de 1 m^2. En cada una de las 400 parcelas elementales se tomaron datos de densidad y cobertura por especie de mala hierba, a los 20 y 40 días de la aplicación de imazamox. Después de la segunda medida se pesó la biomasa fresca de la infestación. Los resultados obtenidos permiten concluir que: a) El uso de la tecnología Clearfield no estaba agronómicamente justificado, como mínimo, en el 55% de las fincas estudiadas; b) Es esperable que la utilización masiva de la tecnología Clearfield favorezca el aumento de las infestaciones causadas por *Centaurea*, *Chenopodium* y *Heliotropium*; c) La tecnología Clearfield, como parte de un programa de manejo integrado de malas hierbas, puede ser una excelente herramienta para el control de *Orobanche* y para disminuir el banco de semillas de *Phalaris*; d) Adicionalmente, imazamox consiguió elevadas eficacias frente a *Amaranthus*, *Anagallis*, *Ridolfia* y *Sinapis*.

Palabras clave: Cultivos tolerantes a herbicidas, tecnología Clearfield, eficacia.

Summary ***Imazamox-tolerant sunflower cultivars: an example of non-sustainable weed management.*** Field experiments were stablished in 20 sunflower farms in the provinces of Sevilla and Cordoba, in 2015. All farms used imazamox tolerant cultivars (Clearfield technology). For each farm, 4 plots (1 m^2) were settled where imazamox was not applied, and for each one, 4 adjacent plots (same size, treated with imazamox) were scored. In each of the 400 plots, weed density and coverage was scored at 20 and 40 days after application of imazamox. After the second measurement weed fresh biomass was weighed. The results

allow to conclude that: a) The use of the Clearfield technology was not agronomically justified in 55% of studied farms; b) It is expected that the massive use of the Clearfield technology promotes increased infestations caused by *Centaurea*, *Chenopodium* and *Heliotropium*; c) Clearfield technology, as part of a program of integrated weed management, can be an excellent tool for the control of *Orobanche* and for seed bank drainage of *Phalaris*; d) Furthermore, imazamox's efficacy was high against *Amaranthus*, *Anagallis*, *Ridolfia* and *Sinapis*.

Keywords: Herbicide tolerant crops, Clearfield technology, efficacy.

INTRODUCCIÓN

En Andalucía tradicionalmente se cultiva girasol en rotación con trigo en condiciones de secano. Esta rotación presenta muchas ventajas desde el punto de vista agronómico, incluido el manejo de las malas hierbas. Por ejemplo, un adecuado control de arvenses en el cultivo del girasol evita muchos problemas en el cultivo del trigo, particularmente en el caso de especies con poca latencia en la semilla. También tiene ventajas desde el punto de vista de prevención de resistencias, ya que la rotación de cultivos obliga a rotar herbicidas. Esto justifica que haya tardado casi 30 años en aparecer resistencias a sulfonilureas, periodo muy superior al habitual en sistemas de monocultivo del cereal.

Sin embargo los recientes cambios legislativos están afectando negativamente a la sostenibilidad del manejo de las malas hierbas. Los más relevantes son: a) la consideración del trigo y girasol como cultivos exentos de asesoramiento técnico en materia de fitosanitarios, b) la prohibición de comercialización de herbicidas selectivos como es el caso de la trifluralina y c) pérdida de registro del único herbicida de post emergencia para el control de dicotiledóneas anuales en el cultivo de girasol convencional, el aclonifen.

En este escenario surgen variedades de girasol tolerantes a herbicidas ALS, como el imazamox (denominada tecnología Clearfield). Estas variedades, usadas de forma racional, pueden ser una excelente herramienta para resolver problemas importantes de malas hierbas, incluido el problema del jopo (*Orobanche cumana*).

El imazamox es un herbicida de amplio espectro, perteneciente al grupo "B" (inhibidores de la Aceto Lactato Sintetasa, o ALS). Los del grupo B son ampliamente utilizados, y su principal inconveniente es la elevada propensión a la aparición de biotipos de malas hierbas resistentes (Tranel & Wright, 2002; Heap, 2015).

Los objetivos del trabajo han sido: a) conocer si la tecnología Clearfield se está usando de forma justificada; b) identificar posibles especies con capacidad de ocasionar inversiones de flora de modo que su control será más complicado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña de 2015 se han realizado ensayos de campo en 20 parcelas agrícolas de los términos municipales de las provincias de Sevilla (Cañada Rosal, Écija, La Luisiana, La Puebla de Cazalla, Mairena del Alcor y Morón de la Frontera) y Córdoba (Fuente Palmera). Todas las fincas eran de secano y habían sido sembradas de girasol con cultivares resistentes a imazamox, 12 de ellas con el cultivar 8H288CLDM, que es susceptible a jopo y comercializado por Dow Seeds, y las 8 fincas restantes fueron sembradas con el cultivar P64LC108, que incorpora resistencia genética al jopo (raza F) y que es comercializado por Pioneer Hi-Bred Agro Servicios Spain S.L. (Tabla 3).

En todas las fincas se ha utilizado el mismo diseño experimental, consistente en el marcado de 4 parcelas de 2 x 2 m que fueron cubiertas con un plástico, previo al tratamiento con imazamox, de modo que la parcela central de 1 m^2 es considerada parcela sin tratar. Cada una de las 4 parcelas sin tratar estuvo rodeada de otras 4 parcelas de igual tamaño, que sí fueron tratadas, y que fueron colocadas a 3 metros de distancia en el sentido de la siembra y perpendicular, identificadas como Norte, Sur, Este y Oeste. Por lo tanto, cada finca contó con 20 parcelas de 1 m^2, 4 de ellas sin herbicida más otras 16 parcelas con herbicida.

La dosis aplicada de producto en todas las fincas ha sido de 1 L/ha de Pulsar (imazamox 4% [SL] P/V) más 0,5 L/ha de Dash (Metil Oleato/Metil Palmitato 34,8%).

Los datos tomados han sido: a) densidad de malas hierbas por m^2; b) % de cobertura de malas hierbas. Los datos fueron tomados de forma independiente para cada especie de mala hierba. Las mediciones se realizaron a los 20 y 40 días de la aplicación herbicida. Después de la segunda medida se pesó la biomasa fresca del conjunto de la infestación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados de densidad y cobertura de las principales especies encontradas en las parcelas no tratadas (representadas por sus códigos, EPPO (2015)) y se puede apreciar que *Amaranthus* (amabl) y *Chenopodium* (cheal) son las especies que aparecen en el mayor número de fincas. Sin embargo, también destacan *Phalaris*

(phami) y *Picris* (picec) que aparecen en 9 de las 20 fincas estudiadas, a pesar de ser malas hierbas de emergencia generalmente otoñal. Además de las mencionadas también destacan *Heliotropium* (heoeu) y *Orobanche* (orace), ya que aunque aparecen en un menor número de fincas, su presencia es detectada en la mayoría de los puntos.

Tabla 1. Eficacia del imazamox sobre las malas hierbas más frecuentes (especies con presencia en 3 puntos o más).

EPPO[a]	Fincas[b]	Puntos[b]	Densidad[c]		Cobertura[c]		Eficacia[d]	
			Sin IMA	Con IMA	Sin IMA	Con IMA	Densidad	Cobertura
amabl	13	31	18,45	6,68	11,72	3,69	63,8	68,5
angar	3	3	8,67	0,65	3,43	0,21	92,5	93,9
cendl	3	6	7,33	5,15	16,50	12,00	29,7	27,3
cheal	12	30	9,20	6,02	7,69	4,13	34,6	46,3
chyco	2	4	5,00	2,00	4,88	2,38	60,0	51,2
conar	7	14	6,07	1,68	8,07	1,44	72,3	82,2
cryri	4	7	2,57	0,34	1,74	0,43	86,8	75,3
crzti	7	20	23,15	6,97	6,14	1,40	69,9	77,2
heoeu	8	19	18,11	7,44	6,12	3,17	58,9	48,2
onrac	3	4	3,00	0,90	10,50	0,98	70,0	90,7
orace	8	21	5,43	0,00	1,69	0,00	100,0	100,0
phami	9	19	22,18	4,08	17,11	1,73	81,6	89,9
picec	9	16	5,88	2,57	3,29	0,96	56,3	70,8
polav	5	12	6,50	2,17	7,88	2,98	66,6	62,2
scyma	1	3	10,00	5,81	12,33	3,91	41,9	68,3
sinss	8	18	6,89	1,89	9,92	1,12	72,6	88,7

[a] Las especies de malas hierbas se denominan por su código EPPO (2015).
[b] Número de fincas o puntos en los que se detectó presencia de la especie arvense en las parcelas no tratadas.
[c] Densidad (en nº de plantas/m2) o Cobertura (en % de superficie). Se indican los valores medios de los puntos con presencia. "Sin IMA" se refiere a las parcelas no tratadas, "Con IMA" a las tratadas con imazamox.
[d] Eficacia calculada como reducción de la densidad o de la cobertura respecto del testigo sin imazamox (en %).

Los datos de densidad indican que en ausencia de imazamox las malas hierbas que más proliferaron fueron *Amaranthus, Chrozophora* (crzti), *Heliotropium* y *Phalaris*. También se puede apreciar que valores elevados de densidad no siempre implican elevadas coberturas, lo cual puede ser debido al tipo de arquitectura de la planta o a otros factores. En todo caso llama la atención los valores elevados de cobertura detectados en *Centaurea* (cendl) y en *Orobanche* (orace).

La comparación de los datos de densidad y cobertura con y sin imazamox permiten obtener unos valores objetivos de eficacia, los cuales indican eficacias particularmente elevadas del herbicida sobre *Orobanche* y *Phalaris*, aunque también se mostró eficaz frente a *Amaranthus*, *Anagallis* (angar), *Ridolfia* (cryri) y *Sinapis* (sinss). Pero también avisan de la falta de eficacia sobre otras especies como *Centaurea*, *Chenopodium* y *Heliotropium.*

Una posible interpretación de estos datos es que el imazamox puede ser una buena herramienta para el control de malas hierbas muy preocupantes como son *Orobanche* y *Phalaris*. En el primer caso el imazamox es la única opción cuando el jopo supera la resistencia genética, y en el caso de *Phalaris* puede ser una opción interesante porque, debido a la escasa latencia de su semilla, se evita tener elevadas infestaciones en el otoño siguiente, que suele coincidir con las nascencias del cereal de invierno.

Pero tampoco se debe menospreciar el aviso de las bajas eficacias. Los datos indican que es esperable un aumento de las densidades de *Centaurea*, *Chenopodium* y *Heliotropium* en un escenario de utilización masiva de variedades resistentes al imazamox y la consiguiente aplicación del herbicida. Se trataría de un caso de inversión de flora (unas especies son reemplazadas por otras) lo cual es un problema añadido al cierto riesgo de resistencias asociado a este herbicida por tratarse de una materia activa del grupo B.

En la Tabla 2 se presentan las densidades medias para cada especie y finca. En la primera columna se puede observar que la suma de las densidades es muy variable según la finca, y permite encontrar 4 fincas (AVFI, EMIL, LUCE y VISA) con densidades inferiores a 20 plantas por metro cuadrado, lo cual se puede interpretar como empleo de la tecnología para resolver un problema que no existía. La finca AVCE también tiene baja densidad, pero presenta jopo.

El análisis conjunto de las Tablas 1 y 2, particularmente haciendo referencia a las especies en las que se han detectado un bajo nivel de eficacia, permite deducir que en algún caso se podría estar aplicando el herbicida de forma injustificada, ya que la flora presente es relativamente tolerante. Este sería el caso de las fincas LAPI y MODE cuyas malas hierbas dominantes son probablemente más vulnerables al control mecánico.

Tabla 2. Densidades de malas hierbas en las parcelas no tratadas con imazamox. Valores medios (plantas/m²) por finca y especie arvense.

FINCA	SUMA	amabl	crzti	phami	heoeu	cheal	sinss	orass	picec	conar	polav	cendl
AVCE	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	2,5	1,0	0,2	0,5	0,0
AVFI	10,0	1,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
AVM1	29,3	0,0	9,0	0,0	0,0	8,0	0,5	2,8	0,5	0,0	0,0	1,5
AVM2	31,9	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	17,0	0,0	0,0	9,0
BALT	15,2	1,0	1,0	0,2	0,0	0,0	12,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
CA40	22,1	21,6	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CAR1	27,8	7,5	0,0	10,6	0,0	1,5	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0
CAR2	71,5	69,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
EMIL	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GEMA	107,3	0,0	22,8	83,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0
JMCH	58,0	16,5	0,0	0,0	28,5	0,5	3,5	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0
JUCA	43,2	10,2	0,0	0,0	4,0	7,0	8,0	5,5	0,0	4,5	0,0	0,0
JUFA	25,6	4,6	0,0	0,0	2,8	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LAPI	29,7	0,0	0,0	0,5	9,0	9,2	1,8	0,2	0,0	0,0	7,8	0,0
LUCE	10,5	0,5	9,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
MAEN	81,7	0,5	71,0	8,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
MODE	20,0	1,0	0,0	0,0	0,5	14,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,0	0,0
PAAG	37,0	0,0	0,0	0,5	18,0	0,0	3,5	0,0	0,0	2,0	4,5	0,0
TYFA	40,0	3,5	0,0	0,0	22,0	4,0	1,0	5,5	0,0	4,0	0,0	0,0
VISA	17,0	0,0	0,0	1,0	0,0	3,5	0,0	0,0	2,0	0,0	4,8	0,0

En la Tabla 3 se presentan resultados de eficacia calculada como reducción de la biomasa fresca debida al tratamiento con imazamox. Adicionalmente se incluye información de la resistencia genética al jopo del cultivar de girasol utilizado en cada finca (columna CV). Con todos estos datos se realiza una propuesta de manejo del problema de malas hierbas para cada caso, incluyendo el uso de resistencia a jopo (VR9), a imazamox (IMA) o métodos no químicos (MEC). Además de las 6 fincas mencionadas anteriormente, se propone prescindir del imazamox en las siguientes fincas: AVCE porque el problema de jopo se podría solucionar con resistencia genética; AVM1, AVM2, JUCA, TYFA porque la resistencia a jopo, complementada con control mecánico puede ser suficiente.

Tabla 3. Resultados de eficacia basada en la biomasa fresca de las malas hierbas, junto con información de la resistencia a jopo en la variedad sembrada y propuesta de manejo.

FINCA	Biomasa arvense (g/m²)		Eficacia [a]	Biomasa [b] (g/planta)	CV [c]	Propuesta [d] de manejo		
	NO IMA	IMA				VR	IMA	MEC
AVCE	77,0	5,4	93,0	10,3	S	SI	NO	NO
AVFI	26,0	9,6	63,1	2,6	S	NO	NO	NO
AVM1	571,5	50,4	91,2	19,5	S	SI	NO	SI
AVM2	222,5	259,6	-16,7	7,0	S	SI	NO	SI
BALT	22,5	0,2	99,1	1,5	R		SI	NO
CA40	19,5	0,4	97,9	0,9	R		SI	NO
CAR1	526,5	6,9	98,7	18,9	S	NO	SI	NO
CAR2	398,5	71,7	82,0	5,6	S	NO	SI	SI
EMIL	3,0	0,9	70,0	0,5	R		NO	NO
GEMA	167,0	9,8	94,1	1,6	S	NO	SI	NO
JMCH	278,0	4,3	98,5	4,8	S	NO	SI	NO
JUCA	311,5	78,4	74,8	7,2	S	SI	NO	SI
JUFA	218,8	41,8	80,9	8,5	R		SI	SI
LAPI	250,8	110,8	55,8	8,4	S	NO	NO	SI
LUCE	8,2	0,2	97,6	0,8	R		NO	NO
MAEN	155,0	3,7	97,6	1,9	R		SI	NO
MODE	385,0	380,5	1,2	19,3	S	NO	NO	SI
PAAG	472,0	73,8	84,4	12,8	R		SI	SI
TYFA	129,5	24,8	80,8	3,2	S	SI	NO	SI
VISA	25,5	0,2	99,2	1,5	R		NO	NO

[a] Eficacia calculada como reducción de la biomasa respecto del testigo sin imazamox (en %).
[b] Biomasa fresca de las parcelas no tratadas dividido por el número de plantas (valor de SUMA en Tabla 2).
[c] Cultivar de girasol sembrado en cada finca. "S": susceptible a jopo; "R": resistente a jopo (raza F).
[d] Propuesta (subjetiva) realizada por los autores, en base a los resultados obtenidos. "VR": utilizar cultivar de girasol resistente a jopo; "IMA": utilizar tecnología Clearfield (Imazamox); "MEC": utilizar control mecánico de malas hierbas, concretamente laboreo entre líneas de cultivo.

En definitiva, los resultados obtenidos demuestran que, como mínimo, en el 55% de los casos estudiados la aplicación de la tecnología Clearfield no estaba agronómicamente justificada.

Este estudio no pretende juzgar actuaciones pasadas, sino concienciar acerca de la necesidad de un asesoramiento técnico, riguroso e imparcial, en cultivos extensivos como el girasol. Este asesoramiento permitiría reducir costes al agricultor, reducir el impacto ambiental del control de malas hierbas y preservar la eficacia de la tecnología Clearfield, que puede ser muy necesaria a medio y largo plazo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que: 1.- El uso de la tecnología Clearfield no estaba agronómicamente justificado, como mínimo en el 55% de las fincas estudiadas; 2.- Es esperable que la utilización masiva de la tecnología Clearfield favorezca el aumento de las infestaciones causadas por *Centaurea*, *Chenopodium* y *Heliotropium*; 3.- La tecnología Clearfield, como parte de un programa de manejo integrado de malas hierbas, puede ser una excelente herramienta para el control de *Orobanche* y para drenar el banco de semillas de *Phalaris;* 4.- Adicionalmente, imazamox consiguió elevadas eficacias frente a *Amaranthus, Anagallis, Ridolfia* y *Sinapis.*

Y la conclusión final es que la ausencia de asesoramiento técnico en el control de malas hierbas supone un elevado coste económico y ambiental para todos (agricultor, empresas de fitosanitarios y sociedad en general).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no ha contado con ningún tipo de financiación, ni pública ni privada, y no habría sido posible sin la colaboración de los agricultores que han ofrecido sus fincas para realizar los ensayos, por lo cual los autores les están sinceramente agradecidos.

BIBLIOGRAFÍA

EPPO (2015) EPPO Global Database (available online). https://gd.eppo.int

HEAP I (2015) International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponible: http//www.weedscience.org (último acceso 25/05/2015).

TRANEL P J & WRIGHT TR (2002) Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? *Weed Science* 50, 700-712.

ÍNDICE DE AUTORES

Abril-Porras V.H.: 481
Agüera J.: 223, 241, 487
Aibar J.: 99, 303, 311, 317, 383, 417
Alarcón M.V.: 451
Alarcón R.: 259, 389
Alcántara C.: 35, 59
Alonso-Prados J.L.: 171
Álvarez-Barrientos A.: 451
Álvarez-Saborido A.: 67
Amaral A.: 121
Amaro-Blanco I.: 451
Andújar D.: 201, 459, 465
Badenes-Pérez F.R.: 267
Barbir J.: 267
Bardisi E.: 443
Bastida F.: 297, 325, 411
Bengoechea J.M.: 201
Betrán E.: 417
Boejer O.M.: 127
Bolumar J.: 339
Borra I.: 209
Brenes R.: 273
Caballero-Novella J.J.: 217
Calha I.M.: 121, 185, 283
Campos D.: 267, 397, 459, 465
Carrasco M.: 291
Castellanos-Frías E.: 297
Castilla A.: 59
Chueca M.C.: 107, 113, 375

Cirujeda A.: 99, 303, 311, 317, 383, 417
Cobos G.: 375
Consola S.: 135
Contreras J.M.: 497
Costa J.: 93
Cubero-Torrado N.H.: 171
De-Luca V.: 339
De-Andrés E.F.: 473
Delgado A.: 273, 291, 425
De-Prado R.: 121
Domínguez-Borrero M.D.: 325
Dorado J.: 201, 241, 267, 397, 459, 465
Durán-Álvaro J.M.: 345
Edo-Tena E.: 143, 333
Escorial M.C.: 107, 113, 375
Fernández-Cavada S.: 417
Fernández-Escalada M.: 191
Fernández-García N.: 443
Fernández-Quintanilla C.: 201, 241, 267, 397, 459, 465, 505
Figueiredo E.: 283
Florido M.C.: 79, 85, 163
Fortes P.: 433
Fuertes S.: 417
Galán-Jiménez M.C.: 79
García-De-León D.: 297
García-Regal L.: 325
García-Ruiz E.: 375
Garrido M.: 223
Gesch R.W.: 333
Gil-Monreal M.: 191
Giné-Bordonaba J.: 143

Gomes L.: 283
Gómez-De-Barreda D.: 339
Gómez-Pantoja M.E.: 85
González-Andújar J.L.: 93, 297, 317, 325, 411
González-De-Santos P.: 241
González-Díaz L.: 93
González-Fernández M.I.: 345
González-Núñez M.: 375
González-Redondo P.: 353, 359
González-Verdejo C.I.: 35
Gordillo M.: 497
Guerrero L.: 353, 359
Gutiérrez P.A.: 233
Hernández E.: 259
Hernández-Plaza E.: 411
Hernanz J.L.: 259, 389
Hervás-Martínez C.: 233
Izquierdo F.: 367
Izquierdo J.: 411
Langa R.: 99
León M.: 99, 303
Llenes J.M.: 29, 417
López D.: 367
López-Fernández E.: 85
López-Granados F.: 209, 217, 191, 241, 249
López-Martínez N.: 21
López-Navarro P.: 353, 359
López-Sariego M.C.: 21
Loureiro I.: 107, 113, 375
Marí A.I.: 99, 303, 311, 317, 383, 417
Martín J.M.: 267, 397, 459, 465

Martínez J.: 223, 487
Martins S.: 121
Mas M.T.: 51
Mateus C.: 283
Menéndez J.: 149
Montull J.M.: 29, 127, 157, 417
Morillo E.: 79, 85, 163
Murillo S.: 303, 311, 383
Navarrete L.: 259, 389
Núñez S.: 397
Oliveira-e-Silva P.: 433
Olmos E.: 443
Ortiz R.: 497
Osca J.M.: 405
Osuna M.D.: 135, 451
Pallavicini Y.: 317, 411
Pardo G.: 99, 303, 311, 317, 383, 417
Pascual S.: 375
Pedraza V.: 35, 59
Peña J.M.: 209, 217, 233, 241, 249
Perdiguer A.: 417
Perea F.: 35, 59
Pérez-Ortiz M.: 233
Pérez-Ruiz M.: 223, 241, 487
Pericas R.: 135
Pino J.: 425
Portugal J.: 121, 433
Prats C.: 367
Pujadas-Salvá A.: 411
Rallo E.: 339
Ramôa S.: 121, 433

Recasens J.: 177, 317, 505
Recena R.: 273, 291, 425
Rey-Caballero J.: 143, 149, 157, 177
Ribeiro A.: 201, 241
Romano Y.: 451
Romero M.: 497
Rosa F.J.: 513
Royo-Esnal A.: 177, 333
Royuela M.: 191
Rubio-Asensio J.S.: 443
Rubio-Bellido M.: 163
Ruda L.: 163
Ruiz A.: 497
Rydahl P.: 127
Saavedra M.: 35, 59
Salas M.: 149, 177
Salguero J.: 451
Sánchez A.: 259
Sánchez M.J.: 259, 389
Sánchez-Girón V.: 259, 389
Sánchez-Ramos I.: 375
Sandín-España P.: 171
San-Martín C.: 201, 397, 459, 465
Santín-Montanyá M.I.: 43, 171, 375, 473
Sanz M.A.: 497
Segui J.V.: 405
Serrano-Caballos A.: 345
Serrano-Pérez A.: 249
Sevilla-Morán B.: 171
Slaughter D.C.: 223
Soenderskov M.: 127

Solé-Senan X.O.: 317
Soto A.: 443
Taberner A.: 29, 127, 135, 157, 417, 497
Tenorio J.L.: 43, 473
Torra J.: 143, 149, 157, 177
Torralbo P.: 451
Torres-Sánchez J.: 209, 217, 233, 249
Triviño M.: 185
Undabeytia T.: 79, 85
Urbano J.M.: 21, 135, 273, 291, 353, 359, 425, 487, 497, 513
Vasconcelos T.: 433
Verdú A.M.: 51
Villarroya-Ferruz M.: 171
Villaverde J.: 163
Zabalza A.: 191
Zambrana E.: 43, 473
Zaragoza C.: 417
Zulet A.: 191
Zulet-González A.: 191