

## Pérdidas de trigo ocasionadas por avena en Andalucía

Cristina Alcántara y M<sup>a</sup> Milagros Saavedra (Centro Alameda del Obispo. IFAPA. Junta de Andalucía, Córdoba, España).

Judit Barroso (Instituto de Ciencias Agrarias. CSIC. Madrid, España).

El género *Avena* L., de la familia gramíneas está formado por un amplio número de especies. Unas se utilizan para alimentación animal y humana, en cambio otras se consideran malas hierbas y están presentes en pastos y zonas ruderales o en los cultivos, compitiendo con ellos y ocasionando pérdidas importantes de cosecha. En España destacan por su incidencia sobre los cultivos de cereales dos especies consideradas malas hierbas: *Avena fatua* L. y *Avena sterilis* L. (CARRETERO, 2004) y se conocen vulgarmente con el nombre genérico de avena loca o ballueca. Estas dos especies son similares, son robustas, pueden sobrepasar 1.5 m y suelen tener varios tallos. Cada tallo termina en una inflorescencia en panícula, compuesta de espiguillas que contienen normalmente más de una semilla.

### Las avenas como malas hierbas

#### Ecología y distribución de las especies de avena en España

Las especies se diferencian por sus panículas y espiguillas. *A. fatua* tiene una panícula piramidal, mientras que *A. sterilis* la tiene más irregular y con ramas más bien laterales. Las espiguillas de *A. fatua* contienen 2-3 semillas, todas ellas con aristas, y se separan individualmente cuando están maduras, dispersándose una a una. Las espiguillas de *A. sterilis* tienen entre 2 y 5 semillas, sólo dos de ellas con aristas, y sólo una de ellas, la inferior, se separa en la madurez. Dentro de la especie *A. sterilis* se diferencian dos subespecies: *A. sterilis* spp. *ludoviciana* (Durieu) Gillet and Magne y *A. sterilis* spp. *sterilis* (sinónimo de *Avena macrocarpa* Moench). La subespecie *ludoviciana* tiene espiguillas más pequeñas (2 flores, lema inferior 16-26 mm, aristas 28-55 mm) que la subespecie *sterilis* (2-3 (-5) flores, lema inferior 26-32 mm, arista 55-90 mm). La subespecie *sterilis* presenta mayor desarrollo que *A. fatua* o *A. sterilis* spp. *ludoviciana* lo que se justifica en parte porque vegeta en zonas de suelos fértiles y profundos con elevada capacidad productiva y muestra una distribución geográfica y características ecológicas diferentes a los otros taxones:

- *Avena fatua* se encuentra en regiones templadas



Figura 1. Zona en la que se localizaron las fincas y parcelas muestreadas.

del mundo y en España se distribuye por la zona septentrional, más húmeda y fría, y en el sur por las comarcas más frescas y de mayor pluviometría.

- *Avena sterilis* está más adaptada al clima mediterráneo, pero hay diferencias entre las dos subespecies. La subespecie *ludoviciana* se extiende por la mayor parte de España, pero es más abundante en el norte, donde los inviernos son más fríos, y rara en las comarcas occidentales de Andalucía (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA

*et al.*, 1997), en cambio la subespecie *sterilis* es más termófila y se encuentra en la zona meridional y oriental y en algún otro punto de España, siendo prácticamente la única avena que encontramos en las campiñas cerealistas de Andalucía occidental (SAAVEDRA *et al.*, 1989), mientras que coexisten ambas en Andalucía oriental.

#### Ciclo vegetativo y reproductivo de *Avena sterilis*

Las avenas son terófitos (plantas que pasan el

periodo desfavorable, el verano, en forma de semilla) y por tanto anuales. Emergen a partir de las primeras lluvias de otoño, desciende la emergencia durante el periodo frío, y más tarde suelen tener otro pico de emergencia en primavera. Las plantas que nacen antes de la siembra del cereal se eliminan mediante labores o herbicidas. Las plantas emergidas en otoño después de la siembra presentan en general bajas tasas de mortalidad, en cambio la mortalidad de las emergencias primaverales suele ser muy elevada, debido a la competencia con el cultivo y las condiciones climáticas más desfavorables.

Las plantas que nacen a la vez que el cultivo alcanzan los mayores desarrollos y producen más semilla que las tardías. A mayor densidad de avena el desarrollo individual de cada planta es menor. Las densidades de siembra de cereal elevadas también afectan, reduciendo el desarrollo y fecundidad de las plantas.

En relación al ciclo reproductivo, los trabajos realizados muestran que los parámetros demográficos de las dos subespecies (spp. *ludoviciana* y spp. *sterilis*) también fueron diferentes (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA *et al.*, 1987; PALMA *et al.*, 1990).

### Capacidad competitiva de las avenas y su control

La avena ocasiona pérdidas de cosecha muy importantes en todo el mundo y por ello ha sido ampliamente estudiada. La mayor parte de los trabajos se han centrado sobre *A. fatua* y *A. sterilis* spp. *ludoviciana* que son más frecuentes y abundantes a nivel mundial. En España también se han realizado estudios, pero la mayoría centrados fundamentalmente sobre *A. sterilis* spp. *ludoviciana* (TORNER *et al.*, 1985 y 1991; Ruíz *et al.*, 2008). En el caso de la subespecie *sterilis* estos estudios en condiciones de campo son escasos (MADEIRA *et al.*, 1984; SAAVEDRA *et al.*, 1990; GONZÁLEZ-PONCE, 1988; GONZÁLEZ-PONCE y SANTÍN, 2001), probablemente porque su distribución está más restringida a zonas cálidas. Sin embargo, en un estudio más amplio en condiciones de campo esta subespecie ha resultado altamente competitiva (BARROSO *et al.*, 2011).

Para controlarla y evitar las pérdidas de cosecha por avena en los cereales se han desarrollado diversos herbicidas específicos con alto grado de eficacia. No obstante, debido a los bajos precios de los cereales anteriores a 2007 el nivel de utilización de los mismos descendió considerablemente. Varios autores pusieron de manifiesto la escasa rentabilidad de las aplicaciones

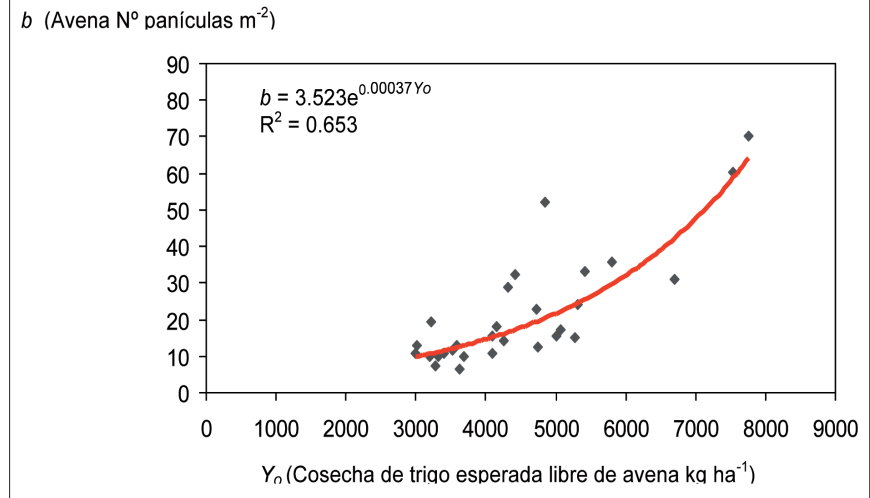


Figura 2. Relación entre el rendimiento de trigo esperado libre de avena  $Y_o$  y la pérdida en  $\text{kg ha}^{-1}$  ocasionada por cada panícula por  $\text{m}^2$  de densidad de avena  $b$ .

herbicidas y aconsejaban recurrir en la medida de lo posible a prácticas culturales, como el retraso en la siembra, o elegir variedades y especies más competitivas, por ejemplo sustituir el trigo por la cebada (TORNER *et al.*, 1985). Sin embargo, la nueva subida de los precios del grano y de los costes, así como la valoración de la calidad, hace que nos replanteemos de nuevo las estrategias de control de avena.

En este trabajo pretendemos dar a conocer a los agricultores y técnicos del sector la alta competitividad de *Avena sterilis* spp. *sterilis* mostrada en condiciones de campo y los umbrales de rentabilidad de los tratamientos herbicidas a medio y largo plazo a distintos niveles de precio de venta del trigo y de coste de aplicación del tratamiento.

### Competencia entre *Avena sterilis* spp. *Sterilis* en trigo en Andalucía

Los objetivos del estudio fueron: a) cuantificar las pérdidas de cosecha ocasionadas por la avena en el trigo, a través de un modelo sencillo que pudiera ser utilizado por el agricultor fácilmente y que fuera aplicable de forma genérica para las condiciones de cultivo en Andalucía occidental y b) determinar el umbral de rentabilidad de los tratamientos herbicidas contra avena en Andalucía.

### Material y Métodos

A lo largo de 3 años se muestrearon en las provincias de Cádiz, Sevilla, Córdoba y Jaén 19 fincas de agricultores (Figura 1) de trigo blando

(*Triticum aestivum*), ocupando superficies entre 2 y 5 ha, y dentro de ellas se seleccionaron parcelas, de aproximadamente 200 a 1.000  $\text{m}^2$ , elegidas cuidadosamente, que estuvieran en buenas condiciones agronómicas y homogéneas, excluyendo en todo caso vaguadas y zonas elevadas. El primer año se eligieron 6 parcelas por finca, el segundo entre 2 y 5, y el tercero solo una parcela. En las parcelas la avena estaba distribuida en rodales con diferentes densidades de mala hierba, incluyendo rodales sin ninguna avena.

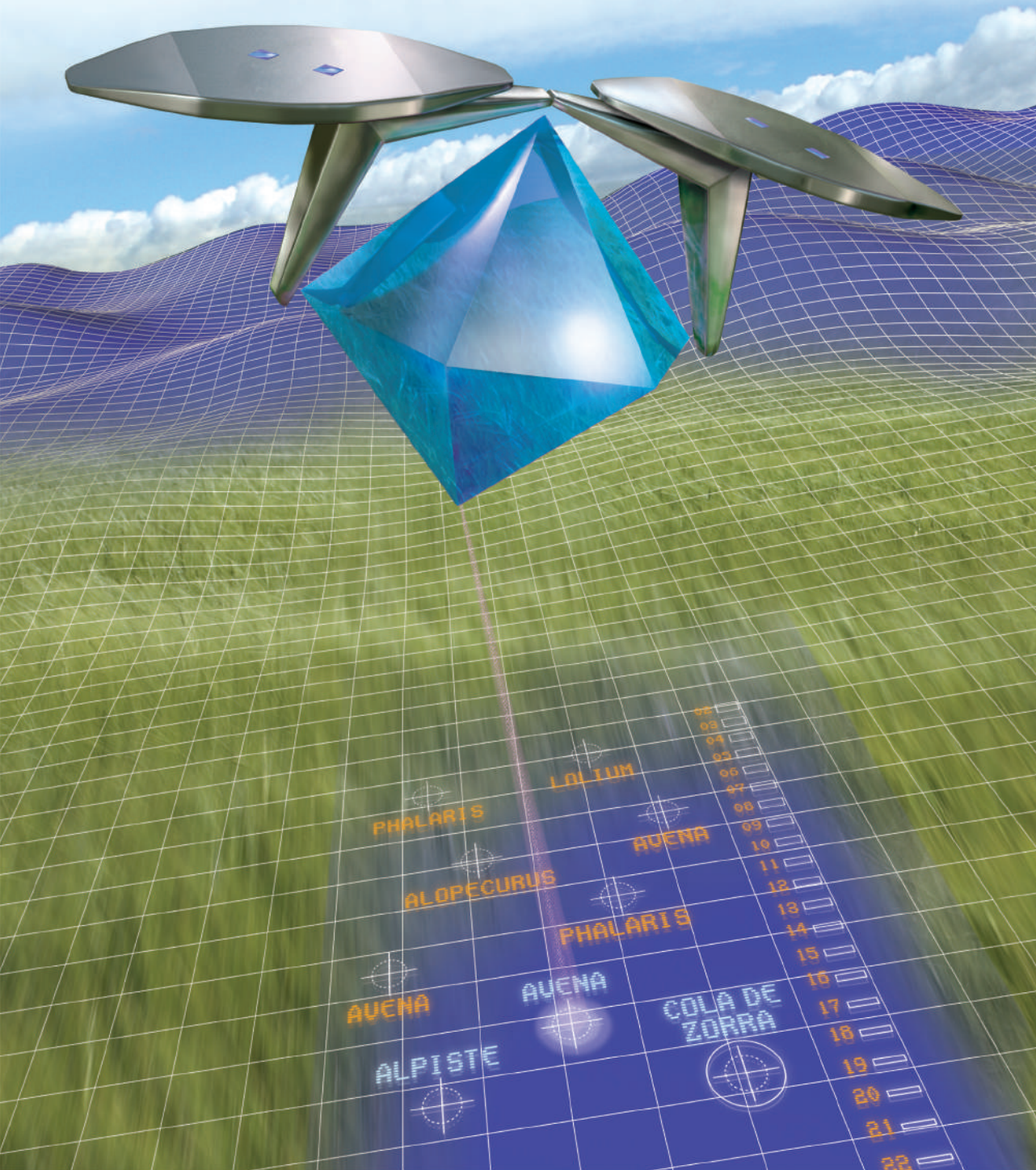
Los dos primeros años en cada parcela se tomaron 20 muestras de 1  $\text{m}^2$  con diferentes densidades de avena, de forma que se obtuvieran 4 muestras sin avena, y el resto con diferentes densidades, desde baja (1-5 panículas/ $\text{m}^2$ ) a muy elevada (superior a 50 panículas/ $\text{m}^2$ ). El tercer año, a la vista de la gran competencia que ejercía la avena se optó por 20 muestras pareadas con 0 avena y con muy baja densidad de avena respectivamente.

En todas las muestras se determinó el peso de grano de trigo y para avena el número de panículas y número de espiguillas/panícula. Además, en 3 localidades de los dos primeros años se determinó en un total de 17 parcelas el número de plantas de avena y el número de espigas de trigo.

### a) Pérdidas de cosecha ocasionadas por *Avena sterilis* en Andalucía

Para cada parcela se establecieron a través de regresiones tanto las relaciones lineales como relaciones no lineales entre los diferentes

# La tecnología más esperada



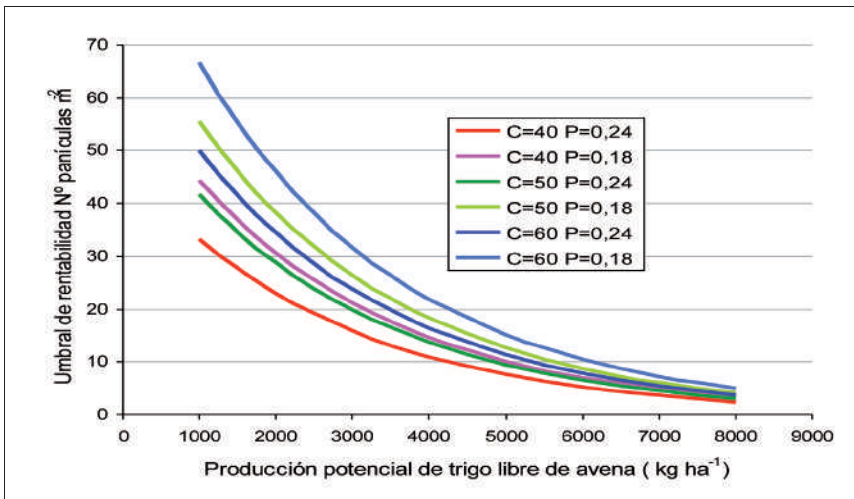
 **Traxos**<sup>®</sup>

 **Axial**<sup>®</sup>

**syngenta**

El nuevo herbicida eficaz, seguro, flexible...  
en definitiva, fácil.

**Traxos** para trigo, **Axial** para trigo blando y cebada.



**Figura 3. Umbral económico UE de rentabilidad, expresada en densidad de panículas de avena por m<sup>2</sup>, de un tratamiento avenicida a tres niveles de coste (C) de 40, 50 y 60 € m<sup>2</sup> para diferentes niveles de productividad esperada de trigo libre de avena en kg ha<sup>-1</sup> a dos niveles diferentes de precio de venta del trigo (P) de 0.18 y 0.24 € kg<sup>-1</sup>.**

parámetros demográficos y se realizaron ajustes a modelos empíricos lineal, exponencial e hiperbólico. Aunque los tres modelos tuvieron un buen ajuste, se eligió el lineal ( $Y = Y_0 - bX$ ) por ser simple, fácil de interpretar y explicar suficientemente el fenómeno de la competencia, siendo:

- $Y$  es el rendimiento de trigo obtenido en presencia de avena, en kg ha<sup>-1</sup>
- $Y_0$  es el rendimiento de trigo libre de avena, en kg ha<sup>-1</sup>
- $X$  es la densidad de avena en nº de panículas m<sup>-2</sup>
- $b$  es el rendimiento perdido (kg ha<sup>-1</sup>) por cada panícula de avena m<sup>-2</sup>

Con los coeficientes  $b$  obtenidos con el modelo lineal en cada parcela se estableció una relación con la variable  $Y_0$  que se ajustó a una ecuación exponencial, estableciéndose una relación global única para el conjunto de las parcelas muestreadas.

### b) Umbral de rentabilidad de los tratamientos herbicidas contra avena en Andalucía

El umbral económico a corto plazo se determinó mediante la ecuación genérica.

$$UE = C / (b \times Pr \times K)$$

UE se expresa como nº de panículas m<sup>2</sup> que justificarían económicamente una intervención

con herbicida, donde  $C$  es el coste del control de la avena (€ ha<sup>-1</sup>), y  $b$  la pérdida de cosecha por panícula definido previamente en la ecuación lineal,  $Pr$  es el precio del trigo y  $K$  es el coeficiente de eficacia del tratamiento de control expresado en tanto por 1.

Se simuló el umbral para dos precios de trigo de 0.18 y 0.24 € kg<sup>-1</sup> y tres niveles de coste del tratamiento herbicida de 40, 50 y 60 € ha<sup>-1</sup>, estableciéndose una eficacia de control  $K = 0.98$  (98%).

### Resultados

Las ecuaciones de regresión lineales, del tipo  $Y = Y_0 - bX$ , proporcionaron resultados adecuados para explicar de forma simple la competencia entre el trigo y la avena en cada parcela muestreada. El número de panículas de avena fue la variable evaluada que proporcionó mejores ajustes con coeficientes de correlación mayores que los obtenidos para la variable número de plantas.

Los coeficientes de pérdida de cosecha ( $b$ ) resultaron ser muy diferentes en las distintas parcelas, pero también lo fueron las cosechas obtenidas en ausencia de avena ( $Y_0$ ). Sin embargo se observó que ambos estaban relacionados, tal y como se muestra en la Figura 2, y que esta relación puede ser expresada de forma matemática sencilla mediante la ecuación  $Y = 3.523e^{0.00037X}$ , con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.653$ .

El empleo de esta ecuación con carácter predictivo es limitado, pues se establece en base

al número de panículas, cuando el agricultor difícilmente puede obtener este dato durante el desarrollo del cultivo y por tanto no puede determinar con exactitud cuándo debe hacer un tratamiento herbicida. Sin embargo, el número de panículas puede en cierta forma predecirse también, pues las plantas con mayores posibilidades de desarrollo (emergencias tempranas, densidades de avena y trigo bajas, condiciones ambientales favorables) tendrán mayor número de panículas por planta, mientras que las emergidas más tarde ahijan menos y el número de panículas es menor. Los resultados medios para las tres fincas evaluadas proporcionaron respectivamente 1.36, 2.79 y 6.70 panículas por planta, valores muy diferentes entre sí. En cambio el nº medio de espiguillas por panícula resultó mucho más homogéneo, con un valor medio de las fincas de 20.83(±1.70) y un rango de 8.37 a 31.64.

Los umbrales económicos de rentabilidad establecidos a partir de esta ecuación, para dos niveles de precios de trigo y tres niveles de coste del tratamiento herbicida (Figura 3) mostraron que para rendimientos de trigo superiores a los 5.000 o 6.000 kg, aunque las densidades de avena sean muy bajas, compensa realizar un buen control. Si las cosechas esperadas son más bajas es necesario valorar la conveniencia del tratamiento a corto plazo. No obstante, al valorar también a medio-largo plazo las nuevas infestaciones que se producirían por no hacer un buen control, estos resultados cambiarían totalmente, ya que una panícula puede producir en torno a 20 espiguillas, con 2 o 3 semillas cada una en la mayoría de los casos, haciendo un total de 40 a 60 semillas por panícula, por lo que esos valores se reducirían considerablemente y justificarían un tratamiento a partir de densidades muy bajas de avena. En este caso, el umbral a largo plazo se reduciría enormemente y justificaría tratar una vez que se detectara presencia de avena a partir de los 2.000 o 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de cosecha esperada.

### Conclusiones

*Avena sterilis* spp. *sterilis*, mala hierba infestante de los cultivos extensivos en el suroeste de España, es una de las especies que ocasionan más pérdidas de cosecha en el trigo. Su control está justificado económicamente a corto plazo sobre todo cuando las producciones potenciales son superiores a 5.000 o 6.000 kg/ha aunque la densidad de plantas sea muy baja, entre 1 y 5 plantas por metro cuadrado. A medio y largo

plazo es importante controlar los rodales y evitar la dispersión de semilla, tal y como lo han venido haciendo los agricultores andaluces para mantener las poblaciones en niveles de densidad baja.

**Agradecimientos:** Al programa JAEDoc del CSIC y al Fondo Social Europeo por los respectivos contratos a Judit Barroso y a Cristina Alcántara.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARROSO J., ALCÁNTARA C., SAAVEDRA M.** 2011. *Competition between Avena sterilis ssp. sterilis and wheat in south western Spain*. Spanish Journal of Agricultural Research, 2011. 9(3), 862-872.
- CARRETERO J.L.**, 2004. *Flora arvense española*. Ed. PHYTOMA-España, Valencia, Spain, pp.477-480.
- FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C., NAVARRETE L., TORNER C., ANDÚJAR J.L.** 1987. *influence of herbicide treatments on population dynamics of avena sterilis ssp. ludoviciana (Durieu) Nyman in winter wheat crops*. Weed Research, 27, 375-383.
- FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C., NAVARRETE L., TORNER C., SÁNCHEZ DEL ARCO M.J.** 1997. *Avena sterilis L. en cultivos de cereales*. In: Biología de las malas hierbas de España (Sans F.X., Fernández-Quintanilla C., eds.), Phytoma, Valencia, Spain, pp. 77-89.
- GONZÁLEZ-PONCE R.** 1988. *Competition between Avena sterilis ssp. macrocarpa Mo. and cultivars of wheat*. Weed Res 28, 303-307.
- GONZÁLEZ-PONCE R., SANTÍN I. 2001. *Competitive ability of wheat cultivars with wild oats depending on nitrogen fertilization*. Agronomie 21(2), 119-125.
- MADEIRA J., DORDIO M.F., MIRA R.S., LOPES C.** 1984. *Population levels and concurrence of wild oats (Avena sterilis ssp. sterilis) in wheat field in Portugal*. Proc. EWRS 3rd Symposium on weed problems in the Mediterranean area. Lisbon, Portugal, APRIL 3-5. PP. 461-468.
- PALMA V., SAAVEDRA M., GARCÍA-TORRES L.** 1990. *Dinámica de poblaciones de Avena sterilis ssp. sterilis L. en trigo (Triticum aestivum L.)*. Proceedings of the 1990 Spanish Weed Society Conference. Madrid, Spain, Dec. 11-12. pp. 285-289.
- RUIZ D., BARROSO J., HERNAIZ P., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C.** 2008. *The competitive interactions between winter barley and Avena sterilis are site-specific*. Weed Research, 48, 38-47.
- SAAVEDRA M., CUEVAS J., MESA-GARCÍA J., GARCÍA-TORRES L.** 1989. *Grassy Weeds in winter cereals in southern Spain*. Crop Prot 8, 181-187.
- SAAVEDRA M., JIMÉNEZ-HIDALGO M.J., GARCÍA-TORRES L.** 1990. *Wild oats (Avena sterilis ssp. sterilis) and wheat (Triticum aestivum L.) competition in southern Spain: a methodological approach*. Proceedings EWRS Symposium 1990 Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki, Finland, June 4-6. pp. 231-238.
- TORNER C., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C., NAVARRETE L., SÁNCHEZ DEL ARCO M.J.** 1985. *Tolerancia y capacidad competitiva de diferentes variedades de trigo y cebada en presencia de Avena sterilis L. ssp. ludoviciana (Durie) Nyman*. Información Técnica Económica Agraria 59, 65-71.
- TORNER C., GONZÁLEZ-ANDÚJAR J.L., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C.** 1991. *Wild oat (Avena sterilis L.) competition with winter barley: plant density effects*. Weed Res 31, 301-307.