



**VALIDACION DE SISTEMAS DE SOPORTE A LA DECISION PARA EL CONTROL INTEGRADO DE LA AVENA LOCA (*Avena sterilis* spp *ludoviciana*) Y VALLICO (*Lolium rigidum* L.) EN CEREALES**

J. L. González-Andújar<sup>1\*</sup>, C. Fernandez-Quintanilla<sup>2</sup>, R. Calvo<sup>3</sup>, C. de Lucas<sup>4</sup>, R. Gonzalez-Ponce<sup>2</sup>, J. Izquierdo<sup>5</sup>, J. M. Lezaun<sup>6</sup>, F. Perea<sup>7</sup>, M. J. Sanchez<sup>4</sup>, I. Solis<sup>7</sup> y J. M. Urbano<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC, Alameda del Obispo, Córdoba, [andujar@cica.es](mailto:andujar@cica.es).

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). Madrid. <sup>3</sup>Servicio de Biometría, INIA, Madrid.

<sup>4</sup>Dpto. Cereales, IMIA, Alcalá de Henares. <sup>5</sup>EUET Agrícola de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña. <sup>6</sup>ITGA, Villava, Navarra. <sup>7</sup>EUTI Agrícolas, Universidad de Sevilla.

**RESUMEN**

Los Sistemas de Soporte a la Decisión (SSD) pueden ser de gran utilidad en la agricultura, propiciando la transferencia de tecnología. Dentro de este contexto han sido desarrollados dos SSD como sistemas de ayuda para el control integrado de la avena loca (*Avena sterilis* spp. *ludoviciana*) y el vallico (*Lolium rigidum*) en cereales. Ambos sistemas están integrados por un modelo bioeconómico, junto con una base de datos, que contiene medidas de control. Los sistemas producen una tabla de recomendaciones, ordenada en base a criterios económicos. Ambos sistemas han sido desarrollados en dos versiones: una para PC que trabajan bajo entorno Windows 98 y XP, requiere 16 Mb de memoria RAM y 40 Mb de espacio en el disco duro, y otra para su uso en Internet. Ambos SSD están actualmente siguiendo un proceso de validación en condiciones de campo, siendo los primeros resultados muy positivos, especialmente en relación a la reducción de la cantidades de herbicidas aplicadas.

Palabras clave: sistemas de soporte a la decision, SSD, avena loca, vallico, cereales.

**VALIDATION OF DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR THE INTEGRATED CONTROL OF WINTER WILD OAT (*Avena sterilis* spp *ludoviciana*) AND RYEGRASS (*Lolium rigidum* L.) IN CEREALS**

**SUMMARY**

Decision Support Systems (DSS) can be of great help in agriculture by facilitating technology transfer. In this context, two DSS have been developed as support systems for winter wild oat (*Avena sterilis* spp. *ludoviciana*) and ryegrass (*Lolium rigidum*) control in cereals. Both systems integrate a bioeconomic model with a data base. The DSS output is a table of recommendations, sorted by economic criteria. Both DSS systems have been developed in two versions: one is a PC version that operates under Windows 98 and XP, requires 16 Mb RAM and 40 Mb of hard disk, and the second is a web-based system. Both DSS are currently being validated under field conditions. Preliminary results have shown good behaviour of both systems, especially in the reduction of the amounts of herbicide applied.

Key words: decision support systems, DSS, winter wild oat, ryegrass, cereals.

## INTRODUCCION

Un Sistema de Soporte a la Decisión (SSD) se define como un sistema informático que, mediante la utilización de conocimiento experto, modelos de simulación y bases de datos (solos o combinados), sirve de apoyo a la toma de decisiones, brindando recomendaciones y/o opciones de manejo (Tuya & Díaz, 1998). La finalidad principal de los SSD es mejorar la calidad, rapidez y efectividad de las decisiones tomadas por parte de los usuarios de dichas herramientas (Sterling, 2003).

Los SSD han sido utilizados en Malherbología desde principio de los años 90, principalmente para la identificación de plantas, selección de escenarios de control y selección de herbicidas (González-Andújar, 2003; Pannell, 2000). Sin embargo la validación en condiciones de campo de tales modelos es una asignatura pendiente (Buhler et al., 1997), lo que limita su operatividad. En este trabajo presentamos los primeros resultados de la validación en condiciones de campo de dos SSD desarrollados para el control integrado de la avena loca (*Avena sterilis* spp. *ludoviciana*) y el vallico (*Lolium rigidum*) en cereales.

## EL SISTEMA

Los dos SSD desarrollados están basados en modelos bioeconómicos que integran un submodelo de dinámica de poblaciones, un submodelo de competencia con el cultivo y un submodelo económico (GONZÁLEZ-ANDÚJAR y FERNÁNDEZ-QUINTANILLA 1989, 1993, 2004; IZQUIERDO et al. 2003). Los modelos bioeconómicos han sido extendidos con la adición de una base de datos que integra diferentes medidas de control y que puede ser modificada por el usuario para conseguir una actualización permanente de las mismas. Los SSD de avena loca y vallico consideran actualmente un total de 36 y 37 medidas de control respectivamente de ámbito químico y/o cultural.

Ambos sistemas han sido desarrollados: en Visual Basic en la versión para computadoras personales (PC) y en PHP en la versión para Internet. Los Sistemas dan una relación de recomendaciones de control, ordenadas según criterios económicos (Figs. 1 y 2), utilizando como variable inicial la infestación existente de plántulas.

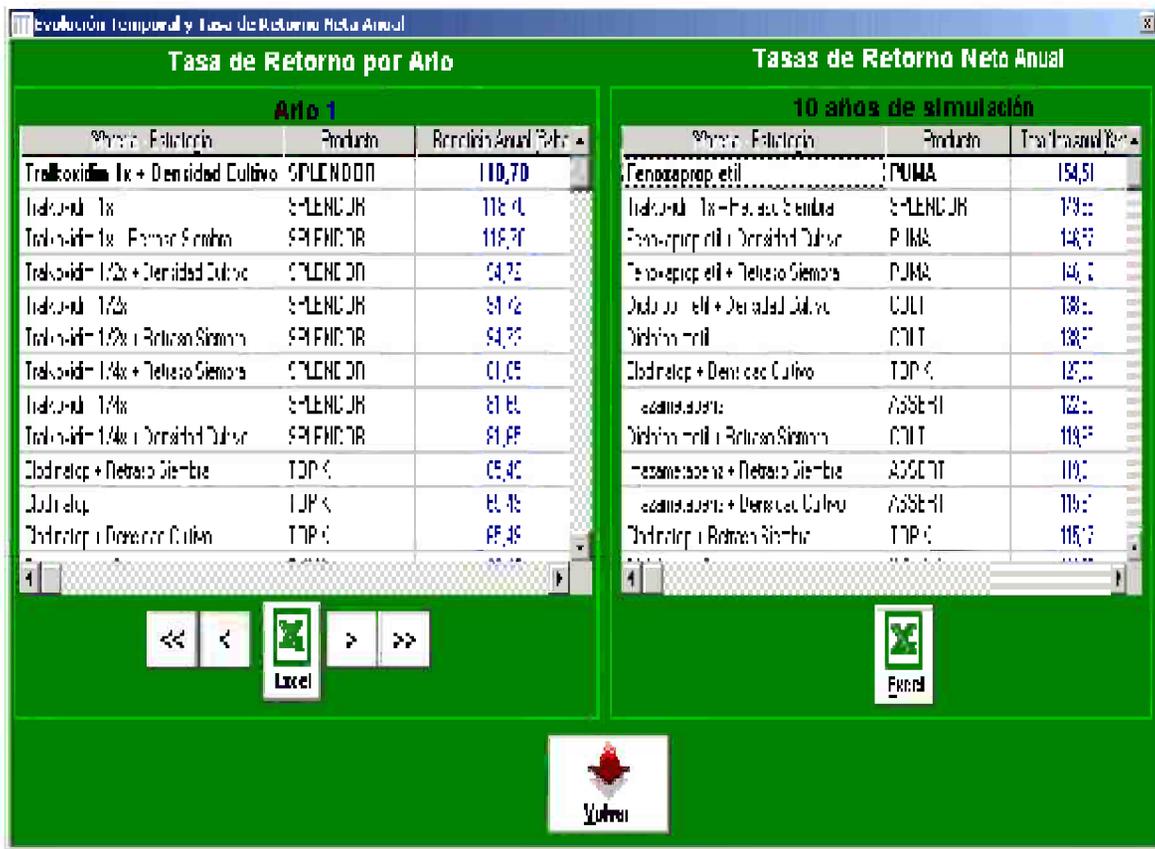


Figura 1. Portada mostrando el resultado de una consulta en PC para la avena loca.



Figura 2. Portada de recomendaciones de la versión de Internet para el vallico.

## VALIDACION

### Avena loca

Se han establecido una serie de experimentos para la validación del sistema en Navarra, Andalucía y Madrid. Los resultados presentados en este trabajo corresponden a los obtenidos en el año 2004 en Madrid (Finca de El Encín). El diseño del experimento se realizó en bloque al azar con cuatro repeticiones, siendo el tamaño de la parcela elemental de 18 m<sup>2</sup> (3x 6 m). Los tratamientos utilizados han sido diferentes dosis del herbicida tralkoxidim: sin herbicida, 50% de la dosis recomendada, la dosis recomendada por el SSD en base a una decisión a largo plazo (10 años) y 100% de la dosis. El cultivo ha sido trigo de invierno vr. *Gazul* a dosis de 140 kg/ha. Se tomaron datos de panículas (6 marcos de 0,25m<sup>2</sup>/parcela) y rendimiento (superficie cosechada 9m<sup>2</sup> /parcela )

### Vallico

En el caso del vallico se establecieron una serie de experimentos para la validación del sistema en Navarra, Andalucía, Cataluña y Castilla-La Mancha.

Los resultados presentados en este trabajo corresponden a los obtenidos en el año 2004 en Navarra. El diseño del experimento se realizó en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las dimensiones de la parcela elemental fueron 20 m<sup>2</sup> (2 x 10 m), con pasillos de separación entre parcelas de 1 m de ancho y pasillo de separación entre bloques de 2 m de ancho. Los tratamientos utilizados han sido diferentes dosis del herbicida diclofop metil: sin herbicida, 50% de la dosis recomendada, la dosis recomendada por el SSD en base a una decisión a corto plazo (1 año) y 100% de la dosis. El cultivo ha sido cebada vr. *Hispanic* a dosis de 160 kg/ha. Se tomaron datos de rendimiento

El tratamiento estadístico de los datos consistió en un análisis ANOVA. La prueba de separación de medias se realizó mediante el test de Duncan (Steel & Torrie, 1980) para p = 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Avena loca

Los resultados muestran que la única diferencia obtenida, tanto en panículas como en rendimiento, se debe al tratamiento sin herbicida (Tabla 1). El uso del SSD no ha supuesto una ventaja estadísticamente significativa del rendimiento y/o la reducción del número de panículas con respecto a las otras dos estrategias de aplicación de herbicida; sin embargo, si ha supuesto una reducción de la dosis de aplicación, ya que el valor medio de aplicación ha sido un 40% de la dosis recomendada, lo que supone un ahorro económico con respecto a las otras estrategias, así como un considerable beneficio medioambiental como consecuencia en la reducción en la aplicación de herbicidas.

**Tabla 1. Valores medios de Panículas y Rendimientos. En cada caso, los valores medios**

**acompañados por una misma letra no son significativamente diferentes. SSD = recomendación del sistema de soporte a la decisión.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Panículas m<sup>-2</sup></b>	<b>Rendimiento kg ha<sup>-1</sup></b>
sin herbicida	340,76 <sup>a</sup>	1271,98 <sup>a</sup>
100% dosis	18,07 <sup>b</sup>	2218,73 <sup>b</sup>
50% dosis	67,08 <sup>b</sup>	1782,98 <sup>b</sup>
SSD	47,91 <sup>b</sup>	2218,92 <sup>b</sup>

### **Vallico**

Los resultados muestran que en el número de panículas la única diferencia obtenida se debe al tratamiento sin herbicida (Tabla 2). En cuanto al rendimiento, el SSD muestra unos rendimientos superiores a los otros tratamientos; sin embargo, sólo presenta diferencia estadísticamente significativa con relación al tratamiento sin herbicida (Tabla 1). Igual que con el SSD de avena loca, el sistema representó una sensible reducción de la dosis de herbicida aplicada.

**Tabla 2. Valores medios de Panículas y Rendimientos. En cada caso, los valores medios acompañados por una misma letra no son significativamente diferentes. SSD = recomendación del sistema de soporte a la decisión.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Panículas m<sup>-2</sup></b>	<b>Rendimiento kg ha<sup>-1</sup></b>
sin herbicida	267 <sup>a</sup>	4516 <sup>a</sup>
100% dosis	2 <sup>b</sup>	4543 <sup>ab</sup>
50% dosis	6 <sup>b</sup>	4782 <sup>ab</sup>
SSD	29 <sup>b</sup>	4895 <sup>b</sup>

En estos resultados preliminares ambos sistemas han mostrado su fiabilidad y robustez para su uso como herramienta de decisión, ya que su comportamiento ha sido como se esperaba. Ambos sistemas han supuesto una mejora en el rendimiento y en la reducción de panículas con respecto al testigo. No han supuesto una mejora estadísticamente significativa con respecto a las otras dos estrategias consideradas, pero si una mayor flexibilidad a la hora de tomar decisiones, lo que ha permitido un ahorro de la dosis de herbicida aplicado, que ha llegado, en el caso de la avena loca, a suponer un ahorro medio del 60% de la dosis recomendada, mostrando una superioridad con relación a las otras estrategias.

Si bien los resultados obtenidos son muy positivos en este estudio preliminar, todavía tenemos que analizar nuevos resultados para llegar a conclusiones más definitivas.

Sin duda la aceptación por parte de agricultores y técnicos de este tipo de sistemas informáticos pasa por la validación de los mismos en condiciones de campo que, como han señalado Buhler et al. (1997), es la asignatura pendiente de la mayoría de los SSD desarrollados en malherbología.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, a través del proyecto del Plan Nacional AGL2002-3801.

## REFERENCIAS

- Buhler, D.D., R.P. King, S.M. Switon, J.L. Gunsolus & F. Forcella. 1997. Field evaluation of a bioeconomical model for weed management in soybean. *Weed Science*, 45:158-165.
- Gonzalez-Andujar, J.L. (2003). Los Sistemas de Soporte a la Decisión en protección de cultivos: Su utilización en Malherbología. *Phytoma España*, 146,37-40.
- Gonzalez-Andujar, J.L. & C. Fernández-Quintanilla. 1989. Simulation of a Bioeconomical model for *Avena sterilis* growing in winter wheat. *Proc. of the 3rd European Simulation Congress*: 239-240.
- Gonzalez-Andujar, J.L. & C. Fernández-Quintanilla. 1993. Strategies for the control of *Avena sterilis* in winter wheat production systems in central Spain. *Crop Protection*, 12(8):617-623.
- Gonzalez-Andujar, J.L. & C. Fernández-Quintanilla. 2004. Modeling the population dynamics of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) under various weed management systems. *Crop Protection*, 23:723-729.
- Izquierdo, J., J. Recasens, C. Fernández-Quintanilla & G. Gill. 2003. The effects of crop and weed densities on the interactions between barley and *Lolium rigidum* in several Mediterranean locations. *Agronomie*, 23:529-536.
- Pannell, D. (2000). Decision support for integrated weed management. Proc. Third International Weed Science Congreso, Manuscript 148, 11p., CD-ROM International Weed Science Society, Oxford, MS, EE.UU.
- Steel, R. G. & J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co., New York, 481 pp.
- Sterling, J. E. (2003). Aplicación e impacto de los sistemas de soporte a la toma de decisiones. [http://www.netmedia.info/netmedia/articulos.php?id\\_sec=32&id\\_art=4477](http://www.netmedia.info/netmedia/articulos.php?id_sec=32&id_art=4477)
- Tuya, J. & A. Díaz. 1998. Los SSD: Arquitectura y aplicaciones empresariales. ETS Ingenieros Industriales e Informáticos, Universidad de Oviedo.