

## AGRIDEMA: UN ESFUERZO EUROPEO PARA LA INTRODUCCIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN EN LA TOMA DE DECISIONES AGRÍCOLAS. OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA.

U. Suástegui

Investigador, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL), Ctra. Burgos km 119, 47071 Valladolid; UtsSuaAn@itacyl.es

**RESUMEN.** Se presentan los detalles de la Acción de Apoyo Específico “Introducción de herramientas para la toma de decisiones agrícolas bajo las condiciones del cambio climático, vinculando a los productores de las herramientas con sus usuarios” (AGRIDEMA), financiado por la Unión Europea en su Sexto Programa Marco. AGRIDEMA está coordinado por el ITACYL desde Castilla y León y cuenta con la participación de la Universidad Agrícola de Viena (Austria) y del Instituto de Meteorología de Bulgaria. El objetivo central de AGRIDEMA es promover una red, conectando a los productores europeos de herramientas de simulación con sus usuarios potenciales. Son sólo los potenciales usuarios de estas herramientas, localizados fundamentalmente en Servicios de Investigación Agraria, los que están en condiciones reales de emplearlas para apoyar decisiones locales efectivas. Especial atención recibirán en AGRIDEMA el impacto de eventos extremos, como sequías e inundaciones, debido al significativo riesgo que representan para la agricultura. AGRIDEMA incluye contactos entre “proveedores” y “usuarios” de herramientas de simulación; así como Cursos sobre estas herramientas a realizarse a fines de 2005. También se contemplan estudios o aplicaciones pilotos en distintas regiones de Europa, con énfasis en países del Mediterráneo y de Europa del Este. AGRIDEMA terminará en 2007 con un Taller internacional, a celebrarse en Valladolid. En dicho Taller será lanzada la Red Europea de Aplicaciones de Herramientas de Simulación, dirigida a facilitar el acceso de los potenciales usuarios a los modelos disponibles. Posiblemente, una de las mayores utilidades de las herramientas de simulación de clima y cultivo es el apoyo a diseños efectivos de manejo del agua de riego. En ese sentido, la presente exposición termina invitando a los especialistas vinculados al movimiento del agua en el suelo a participar en las actividades de AGRIDEMA.

**ABSTRACT.** The details of the Specific Support Action entitled “Introducing tools for agricultural decision-making under climate change conditions by connecting users and tool-providers” (AGRIDEMA), funded by the European Union in its Sixth Framework Program, are presented.

AGRIDEMA is being coordinated by ITACYL, from Castilla y León, and comprises partners from the Agricultural University of Vienna (Austria) and the Bulgarian Institute of Meteorology. The AGRIDEMA central goal is to promote a network, connecting the European producers of simulating tools with their potential users. Only the potential users of such simulating tools, located mainly in Agricultural Research Services, are able to apply those tools to support effective local decisions. AGRIDEMA will focus on the impacts of extreme events, such as droughts and flooding, due to the significant risk that those extreme events mean for agricultural production. AGRIDEMA involves contacts between “providers” of the simulating tools and their “users”, as well as Courses on such simulating tools to be held at the end of 2005. Pilot applications or assessments to be carried out in different regions of Europe, particularly in Mediterranean and Eastern-European countries, are included in AGRIDEMA also. AGRIDEMA will finish in 2007, with an International Workshop to be held in Valladolid. The European-Network for Simulating-Tool Applications will be launched in the Valladolid Workshop. The Network will be aimed to facilitate the potential users’ access to the available tools. Probably, one of the main applications of simulating-tool is to support effective irrigation water-management designs. In that sense, this presentation finishes inviting to the specialists on soil-water movement to attend the AGRIDEMA activities.

---

### 1. Introducción

Existen evidencias de que el aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y de otros gases emitidos por la actividad humana ha alterado significativamente la capacidad de absorción de radiación de la atmósfera, lo cual provocará probablemente un calentamiento global, que a su vez ocasionaría cambios en el clima de todo el planeta (IPCC, 2000).

Para las predicciones del clima futuro de la Tierra se han desarrollado complejos Modelos Generales de Circulación

de la Atmósfera (MGCA), capaces de simular los intercambios de masa y energía entre la atmósfera y la tierra para determinados escenarios de emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases. Olesen y Bindi (2002) estudiaron el impacto del cambio climático para la agricultura europea, basándose en las predicciones de MGCA. Según su análisis, los países europeos de la cuenca del Mediterráneo serán los más afectados, ya que sufrirán una reducción significativa del agua disponible, debido a la disminución de las precipitaciones. La escasez de agua, unida al aumento de la transpiración de los cultivos asociada al incremento de la temperatura, significará un reto a la agricultura de regadío en los países del Mediterráneo. No obstante, el aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico podría aumentar la eficiencia del uso del agua (Guereña et al. 2001; Villalobos y Fereres, 2004) lo cual provocaría el efecto contrario.

Por otra parte, independientemente de los efectos a largo plazo, el cambio climático está originando un aumento en la frecuencia de eventos extremos y una mayor variabilidad climática (IPCC, 2000). Los eventos extremos pueden ocasionar graves perjuicios a la agricultura europea y es un importante tema de estudio para la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2003). Las altas temperaturas del verano de 2003 es un ejemplo reciente de tales eventos extremos, lo cual trajo numerosas pérdidas agrícolas, particularmente en Francia (Seguin et al. 2004).

En los últimos años se han desarrollado herramientas muy útiles para evaluar el impacto climático en la agricultura. En primer lugar deben citarse los MGCA, pero estos modelos ofrecen estimaciones de temperaturas, precipitaciones y otras variables meteorológicas futuras para un área demasiado grande. Guereña et al. (2001) demostraron la poca utilidad de los MGCA para aplicaciones prácticas agrícolas en España, debido a los notables cambios topográficos que se observan en la Península para distancias relativamente pequeñas. Por eso se debe reducir la escala de los escenarios climáticos ofrecidos por los MGCA.

Hay varias técnicas para la reducción de escala. Entre estas técnicas se encuentran los llamados generadores climáticos (Wilby y Wigley, 2001), los cuales ofrecen valores diarios de las variables meteorológicas, estadísticamente equivalentes a las series históricas del lugar, pero alteradas de acuerdo a los pronósticos del cambio climático predicho por el MGCA (Semenov y Jamieson, 2001). Los generadores climáticos se pueden emplear también para obtener realizaciones diarias de las variables meteorológicas de un lugar, según pronósticos estacionales que tienen en cuenta agentes de variabilidad climática como El Niño – Oscilación Sur (ENSO), la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y otras. Los generadores climáticos generalmente reproducen de una manera correcta las medias mensuales de las variables meteorológicas, pero subestiman significativamente su variabilidad (Mavromatis y Jones, 1998; Semenov y Jamieson, 2001; Wilby y Wigley, 2001). Existen varios generadores climáticos, pero según Wilby y Wigley (2001), el norteamericano WGEN (Richardson, 1984) y el inglés LARS-WG (Semenov y Barrow, 2002) son los más comúnmente empleados. Además de los generadores

climáticos, Wilby y Wigley (2001) citan otras herramientas disponibles para reducir la escala de los escenarios climáticos ofrecidos por los MGCA. Entre estas herramientas están las regresiones y otros métodos empíricos, así como los Modelos Climáticos Regionales.

Existen también los llamados pronósticos estacionales, los cuales permiten predecir con bastante exactitud y con al menos seis meses de anticipación los eventos extremos. Los pronósticos estacionales se basan en el previsible comportamiento de fenómenos climáticos a escala global como El Niño – Oscilación Sur o la Oscilación del Atlántico Norte, entre otros. Estos pronósticos pueden ser utilizados para estimar los efectos de los eventos extremos (Cane y Arking, 2000; Wilby et al. 2004). Por ejemplo, las altas temperaturas del verano de 2003 habían sido pronosticadas, por lo que sus efectos podrían haber sido menores si los agricultores y tomadores de decisión hubieran contado con una predicción de sus efectos y hubieran actuado consecuentemente.

Por otra parte, en los últimos 20 años han aparecido numerosos modelos de simulación, capaces de estimar el uso del agua y el crecimiento de los cultivos bajo cualquier condición climática y de manejo agrícola. El uso de estos modelos, combinado con escenarios climáticos de un MGCA, reducidos convenientemente de escala, resulta una vía eficaz para estimar las consecuencias del cambio climático en la Agricultura y tomar las decisiones correspondientes (Hoogenboom, 2000). Aunque existen numerosos modelos disponibles, los llamados “mecanicistas” son los más recomendados para estudios de impacto climático (Eatherall, 1997) ya que las simulaciones se basan en leyes físicas del sistema suelo-agua-planta-atmósfera, las cuales en principio son válidas para cualquier condición climática.

Según Tubiello y Ewert (2002), se han publicado más de 40 estudios de impacto climático en la agricultura empleando modelos de simulación. Estos autores concluyen que, en general, los modelos han ofrecido resultados bastante exactos, al compararlos con datos reales y señalan que entre los modelos más utilizados y convenientemente validados están los norteamericanos de DSSAT (Jones et al. 2003) y los desarrollados en la Universidad de Wageningen, Holanda (Van Ittersum et al. 2003).

Son precisamente estos modelos los aplicados en estudios de impacto climático realizados en España (Iglesias et al. 2000; Guereña et al. 2001; Utset y Martínez-Cob, 2003). En el país existe además numerosa experiencia en la aplicación y validación de modelos de cultivo (Fereres et al. 1993; Aguera et al. 1997; Cavero et al. 2000; Fernández et al. 2002; Moreno et al. 2003; entre otros).

Lamentablemente hasta ahora las herramientas de simulación generalmente han sido desarrolladas y validadas en centros de investigación básica y en Universidades y han sido pobremente aplicadas para la toma de decisiones prácticas. Según Hansen (2002), para lograr que las herramientas resulten útiles deben unirse especialistas en las herramientas y especialistas agrícolas, tales como los que se encuentran en los Servicios de Investigación Agraria. Precisamente, entre los pocos ejemplos de aplicaciones exitosas de las herramientas de simulación

para tomar decisiones que han permitido mitigar los efectos del clima se encuentran los “métodos participativos” desarrollados en Australia (Hammer et al. 2001; Meinke et al. 2001). El efecto de El Niño – Oscilación Sur es notable y conocido en ese país. El empleo de pronósticos ENSO, unido a las herramientas de simulación arriba citadas, han permitido a los agricultores australianos decidir el área a dedicar a los diferentes cultivos, las fechas de siembra óptimas y otras opciones de manejo que, de no haber contado con las recomendaciones emanadas de las simulaciones, podrían haberle significado pérdidas considerables.

La Unión Europea, a través de su Sexto Programa Marco (6° PM), ha establecido la investigación referente al Desarrollo Sostenible, Cambio Planetario y Ecosistemas como el sexto de los siete campos prioritarios de investigación en Europa. El objetivo del 6° PM es contribuir a crear el Espacio Europeo de la Investigación, mejorando la integración y la coordinación de la investigación en Europa, hasta ahora muy fragmentada. En particular, el objetivo del 6° Campo priorizado es el fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica necesaria para que Europa pueda poner en práctica un modelo de desarrollo sostenible a corto y mediano plazo, integrando sus dimensiones sociales, económicas y medioambientales; contribuyendo al esfuerzo internacional para atenuar las tendencias negativas del cambio planetario.

En ese sentido, AGRIDEMA, una Acción de Apoyo Específico recientemente aprobada, se dirige a facilitar la introducción de las herramientas de simulación anteriormente citadas como apoyo para la toma de decisiones agrícolas, particularmente aquellas relacionadas con el manejo del agua. Esta presentación tiene como objeto exponer los detalles de AGRIDEMA y especialmente invitar a la Comunidad científica española en la esfera del Riego y el Drenaje a participar en AGRIDEMA.

## 2. Descripción de AGRIDEMA

AGRIDEMA fue concebida con los siguientes objetivos específicos:

- A. Identificar los científicos europeos que han desarrollado, mejorado y validado herramientas de simulación como GCM, pronósticos estacionales, técnicas de disminución de escala regionales y modelos de simulación del impacto climático en los cultivos; invitándolos a participar en las tareas de AGRIDEMA para implementar sus herramientas y metodología.
- B. Identificar e invitar a las actividades de AGRIDEMA a usuarios potenciales de las herramientas de simulación europeas. Los “usuarios” deben estar relacionados con la toma de decisiones agrícolas y los estudios de impacto climático y deben provenir de Europa Central y del Este, así como de los países del Mediterráneo. Ellos aprenderán y se familiarizarán con las técnicas facilitadas y sus experiencias durante la

aplicación de estas técnicas será suministrada como “retroalimentación” a los productores de las mismas.

- C. Conducir cursos cortos, donde los productores de modelos presentarán las particularidades de las herramientas a los potenciales usuarios, invitados de Europa Central y del Este, así como de los países del área Mediterránea.
- D. Desarrollar estudios piloto, a partir de la colaboración entre “productores” y “usuarios” de las herramientas de simulación, bajo la supervisión del consorcio de AGRIDEMA.
- E. Diseminar los resultados de AGRIDEMA y construir un consorcio más amplio, que incluya tanto a productores como usuarios de las herramientas de simulación (por ejemplo, expertos de centros regionales de investigación agrícola, consejeros agrarios y asociaciones de agricultores).

De acuerdo a esos objetivos se diseñaron un conjunto de 8 tareas o “Work Packages” (WP) los cuales se representan en la Fig. 1. Así mismo, se concibieron un total de 12 informes a entregar a la Comisión Europea, de los cuales 4 serán del dominio público y se refieren básicamente al “Estado del Arte” de las herramientas de simulación y su aplicación potencial.

Las primeras tareas se dirigen a conformar los participantes de AGRIDEMA, tanto por parte de los “Proveedores” de modelos de simulación climáticos y de crecimiento de cultivos, como los potenciales “usuarios” de estos modelos, localizados fundamentalmente en los países de la cuenca del Mediterráneo y en Europa del Este. Los usuarios asistirán a Cursos sobre las herramientas de simulación, impartidos por los proveedores. Los cursos se celebrarán en Viena a finales de 2005. Una vez finalizados los cursos se seleccionarán entre los asistentes un grupo de “Estudios piloto”, en los que los “usuarios” harán aplicaciones concretas de los modelos de simulación proporcionados.

Como país mediterráneo, los investigadores agrícolas de España pueden considerarse dentro de los “potenciales usuarios” de AGRIDEMA. Aunque España posee sólo el 18% del área agrícola de la Unión Europea (UE), el sector bajo riego constituye alrededor del 30% del total de la Unión, por lo cual es el país con mayor peso específico del riego dentro del espacio europeo común. Se prevé que el cambio climático ocasionará en los países de la cuenca del Mediterráneo un incremento de las necesidades hídricas de las plantas y menor disponibilidad de agua. Por tanto, en caso de cumplirse las predicciones, España será sin dudas uno de los países más afectados dentro de la UE, ya que el riego será probablemente más necesario y más caro.

Las situaciones son diversas y las soluciones a tomar, en caso de un aumento significativo de las necesidades hídricas de los cultivos y menor disponibilidad de agua, también serán diversas. Las herramientas de simulación del clima y crecimiento del cultivo pueden ser muy eficaces como apoyo a la toma de decisiones en estos casos. Sin embargo, estas herramientas no han sido aplicadas aún de una manera significativa en España. Esto se debe en parte a que los investigadores de los Servicios Agrarios e

instituciones similares por lo general desconocen o no tienen acceso a las herramientas de simulación arriba citadas. AGRIDEMA, por lo tanto podría ser una vía para la introducción de estas herramientas en la toma de decisiones en cuanto al manejo más eficiente del uso del agua en España.

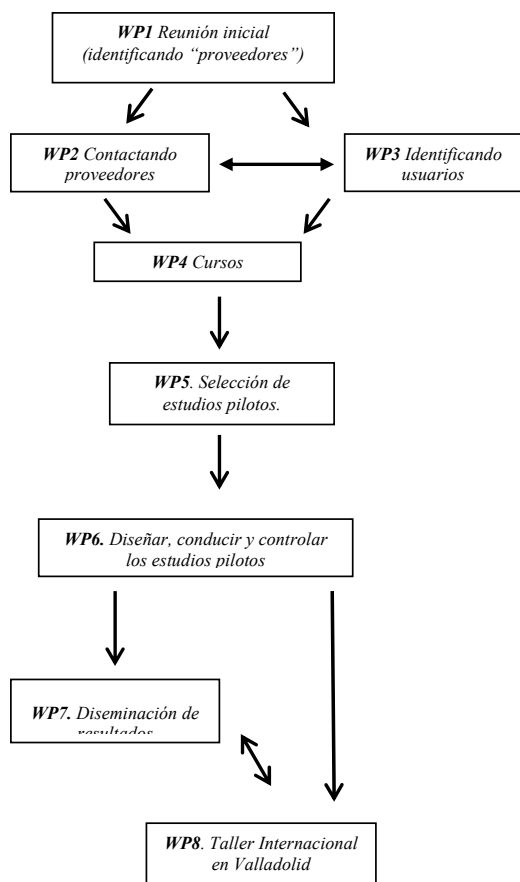


Fig. 1. Tareas o Work Packages de AGRIDEMA.

La tarea 7 (WP 7) de AGRIDEMA, "Diseminación de los Resultados", incluye presentaciones en Congresos, Publicaciones, acceso a medios de información, etc. También se contempla crear una página Web, en el servidor del ITACYL, mediante la cual los "usuarios" de las herramientas de simulación en distintos puntos de Europa puedan ponerse en contacto con los "proveedores" de dichas herramientas. Por otra parte, durante el Taller Internacional, a celebrarse en Valladolid en Mayo-Junio de 2007 (WP 8), se lanzará una "Red Europea de Aplicación de Modelos de Simulación", dirigida a facilitar la aplicación de estos modelos en la toma de decisiones agrícolas en circunstancias locales y específicas.

### 3. Estado actual de AGRIDEMA

De acuerdo al cronograma de tareas actualmente nos encontramos contactando con los "Proveedores" de las herramientas de simulación y con los potenciales "usuarios", para conformar los participantes en el proyecto.

Se ha confirmado la participación en AGRIDEMA de los "Proveedores" de las herramientas de simulación mostrados en la Tabla 1:

Tabla 1. Proveedores de herramientas de simulación.

A. Modelos climáticos	
Modelo	Institución
REGCM3	ICTP, Italia
LARS-WG	Estación Experimental de Rothamsted, Reino Unido
Met&Roll	Academia de Ciencias, República Checa
DEMETER	Centro Europeo para la Predicción Meteorológica, Reino Unido

B. Modelos de simulación del crecimiento de cultivos

Modelo	Institución
SWAP	Universidad Agrícola de Wageningen, Países Bajos
WOFOST	Universidad Agrícola de Wageningen, Países Bajos
ROIMPEL	Fundación del Cambio Global, Rumania
CROPSYS	Instituto de Investigación de Cultivos Industriales T (ISCI), Italia
DSSAT	Universidad de Florida, EEUU
DESSIS	Universidad Agrícola de Viena
SIRIUS	Estación Experimental de Rothamsted, Reino Unido
CROPWAT	FAO

En cuanto a los usuarios, ya han sido contactados centros de investigación agrarias de varios países del Mediterráneo, Europa central y Europa del Este. La convocatoria a potenciales "usuarios" de las herramientas de simulación, que participarían en AGRIDEMA, cerró en septiembre de 2005. No obstante, los miembros del consorcio gustosamente analizaremos cualquier solicitud de participación proveniente de la audiencia de esta comunicación.

### 4. Conclusiones

AGRIDEMA es una oportunidad para los investigadores relacionados con el diseño y manejo de los sistemas de Riego y Drenaje en aprender y aplicar modelos de simulación climáticos y de cultivos. El empleo de estas herramientas puede ayudar de manera significativa en el apoyo a la toma de decisiones respecto al manejo de agua agrícola.

### Referencias

- Aguera, F., Villalobos, F.J. y F. Orgaz. 1997. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes differing in early vigour using a simulation model. *European J. Agron.* 7: 109-118 pp.
- Cane, M.A. y P.A. Arking. Current capabilities in long-term weather forecasting for agricultural purposes. En Sivakumar, M.V.K. (Ed.) *Climate Prediction and Agriculture, Proceedings of the START/WMO International Workshop*. Ginebra, Suiza, 27-29 septiembre 1999, Washington D.C. EE.UU., International START Secretariat. 13-38 pp.
- Cavero, J., Farre, I., Debaeke, P. y J.M. Faci. 2000. Simulation of maize yield under water stress with the EPICphase and CROPWAT models. *Agron. J.* 92: 679-690 pp.
- Eatherall, A. 1997. Modelling climate impacts on ecosystems using linked models and a GIS. *Climatic Change* 35: 17-34 pp.
- European Environment Agency (EEA). 2003. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe.

- Environmental Issue Report N° 35. EEA, Copenhagen, Dinamarca, 48 pp.
- Fereres, E., Orgaz, F. y F.J. Villalobos. 1993. Water use efficiency in sustainable agricultural systems. En: D.R. Buxton, R. Shibles, R.A. Forsberg, B.L. Blad, K.H. Asay, G.M. Paulsen y R.F. Wilson. International Crop Science I. Crop Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, EE.UU. 83-89 pp.
- Fernández, J.E., Slawinski, C., Moreno, F., Walczak, R.T. y M. Vancloster. 2002. Simulating the fate of water in a soil-crop system of a semi-arid Mediterranean area with the WAVE 2.1 and the EURO-ACCESS-II models. *Agric. Water Manage.* 56: 113-129 pp.
- Guereña, A., Ruiz-Ramos, M., Díaz-Ambrona, C.H., Conde, J.R. y M.I. Mínguez. 2001. Assessment of climate change and agriculture in Spain using climate models. *Agron. J.* 93: 237-249 pp.
- Hammer, G.L., Hansen, J.W., Philips, J.G., Mjeldel, J.W., Hill, H., Love, A. y A. Potgieter. 2001. Advances in application of climate prediction in agriculture. *Agricultural Systems.* 70: 515-553 pp.
- Hansen, J.W. 2002. Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. *Agricultural Systems.* 74: 309-330 pp.
- Hoogenboom, G. 2000. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. *Agric. For. Meteorol.* 103: 137-157 pp.
- Iglesias, A., Rosenzweig, C. y D. Pereira. 2000. Agricultural impacts of climate change in Spain: developing tools for a spatial analysis. *Global Environmental Change.* 10: 69-80 pp.
- IPCC. 2000. Impacts, Adaptations and mitigation of climate change: Scientific-Technical analysis. Cambridge University Press., 879 pp.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., C.H. Porter, K.J. Boote, Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J. y J.T. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.* 18: 235-265 pp.
- Mavromatis, T. y Jones, P.D. 1998. Comparison of climate scenario construction methodologies for impact assessment studies. *Agric. For. Meteorol.* 91: 51-67 pp.
- Meinke, H., Baethgen, W.E., Carberry, P.S., Donatelli, M., Hammer, G.L., Selvaraju, R. y C.O. Stockle. 2001. Increasing profits and reducing risks in crop production using participatory systems simulation approaches. *Agricultural Systems.* 70: 493-513 pp.
- Moreno, F., Murer, E.J., Stenitzer, E., Fernández, J.E. y I.F. Girón. 2003. Simulation of the impact of subsoil compaction on soil water balance and crop yield of irrigated maize on a loamy sand soil in SW Spain. *Soil Till. Res.* 73: 31-41 pp.
- Olesen, J.E. y B. Bindi. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European J. Agron.* 16: 239-262 pp.
- Richardson, C. y D. Wright. 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. USDA-ARS ARS-8.80 pp.
- Seguin, B., Baculat, B., Baret, F., Brisson, N., Huard, F. y F. Ruget. An overview of the consequences of the 2003 summer for agriculture in France. In Jacobsen, S.E., Jensen C. R. & J.R. Porter (Eds) *Proceedings of VIII Congress of the European Society of Agronomy.* KVL, Copenhagen, Dinamarca, 355-356 pp.
- Semenov, M.A. y P.D. Jamieson. 2001. Using weather generators in crop modelling. En Sivakumar, M.V.K. (Ed.) *Climate Prediction and Agriculture, Proceedings of the START/WMO International Workshop.* Ginebra, Suiza, 27-29 septiembre 1999, Washington D.C. EE.UU., International START Secretariat. 119-142 pp.
- Semenov, M.A. E.M. Barrow. 2002. LARS-WG. A stochastic weather generator for use in climate impact studies. User Manual. Rothamsted Research, Hertfordshire, 27 pp.
- Tubiello, F.N. y F. Ewert. 2002. Simulating the effects of elevated CO2 on crops: approaches and applications for climate change. *European J. Agron.* 16: 1-18 pp.
- Utset, A. y A. Martínez-Cob. 2003. Estimación del posible efecto del cambio climático en el balance hídrico del maíz cultivado en una llanura Mediterránea. En: Alvarez-Benedí, J. y Marinero, P. (eds). *Estudio de la zona no saturada del suelo.* Vol. VI, Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, Valladolid, España, 305-312 pp.
- Van Ittersum, M.K., Leffelaar, P.A., van Keulen, H., Kropff, M.J., Bastiaans, L. y J. Goudriaan. 2003. On approaches and applications of the Wageningen crop models. *Eur. J. Agron.* 18: 201-234 pp.
- Villalobos, F.J. y E. Fereres. 2004. Climate change effects on crop water requirements in Southern Spain. II. Contrasting meteorological and agronomic viewpoints. In Jacobsen, S.E., Jensen C. R. & J.R. Porter (Eds) *Proceedings of VIII Congress of the European Society of Agronomy.* KVL, Copenhagen, Dinamarca, 349-350 pp.
- Wilby, R.L. y T.M.L. Wigley. Down-scaling general circulation issues in climate prediction. En Sivakumar, M.V.K. (Ed.) *Climate Prediction and Agriculture, Proceedings of the START/WMO International Workshop.* Ginebra, Suiza, 27-29 septiembre 1999, Washington D.C. EE.UU., International START Secretariat. 39-68 pp.
- Wilby, R.L., Wedgbrow, C.S. y H.R. Fox. 2004. Seasonal predictability of the summer hydrometeorology of the River Thames, UK. *Journal of Hydrology* 295: 1-16 pp.