

ClimAgri 2.0: Programa de Simulación de Fenología de Cultivos con Fines Educativos

Ing.Agr.MSc. Gustavo Giambastiani

Jefe de Trabajos Prácticos - Dpto. de Producción Vegetal – Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Córdoba
e-mail: ggiamba@agro.uncor.edu

Resumen

ClimAgri es un programa de computación que simula la fenología de cultivos de cereales y oleaginosas en diferentes localidades de Argentina, utilizando para esto la información ingresada por el usuario tal como localidad, cultivo, ciclo o grupo, y fecha de siembra. La información resultante consiste en la fecha probable de ocurrencia de los principales estados fenológicos, la duración de las diferentes etapas, la duración del ciclo completo, las condiciones ambientales imperantes y el nivel de recursos medioambientales disponibles en cada una de las etapas y durante el ciclo del cultivo. De esta manera la utilidad del programa es que permite observar que fechas resultan más adecuadas para maximizar la productividad del cultivo. Se contempla su utilización como actividad complementaria en el desarrollo del taller de seguimiento de cultivos que forma parte del cursado de la materia Cereales y Oleaginosas.

Palabras clave: modelos de simulación, fenología de cultivos.

Introducción

Los modelos de cultivo han sido usados como herramientas de investigación que permiten la integración del conocimiento del funcionamiento de los cultivos, en el análisis de experimentos a campo y en la evaluación del impacto en la selección de características particulares de las plantas. También ha sido probada su utilidad como herramienta de enseñanza en agronomía y fisiología de plantas para mostrar como estas reaccionan a los factores ambientales y a las prácticas culturales (Wery et al., 2000).

En los sistemas naturales, caracterizados por su alta complejidad, la cuantificación de interacciones que incluyen el efecto de gran número de parámetros, es posible solamente mediante el uso de computadoras. Los estudiantes pueden observar como esas interacciones provocan resultados diferentes a los esperados a partir de simples relaciones entre variables. (Jovanovic et al., 2000 a)

Según Graves et al.(2002) la utilización de modelos de simulación de cultivos como herramienta educacional presenta beneficios y limitaciones para los estudiantes. Entre los beneficios puntualiza los siguientes:

- 1) reducción en el tiempo requerido para la experimentación y observación
- 2) mayor control sobre las variables del ambiente físico
- 3) provisión de un ambiente seguro de aprendizaje
- 4) oportunidad de realizar experimentos indeseables
- 5) transferencia del conocimiento y la experiencia de expertos
- 6) elucidación de complejas descripciones matemáticas de la relación planta-ambiente
- 7) síntesis de conocimientos fragmentados
- 8) integración de temáticas diferentes pero asociadas
- 9) promoción del conocimiento heurístico
- 10) facilitación de la educación a distancia
- 11) mayor control del aprendizaje por parte del estudiante

Como limitaciones señala:

- 1) menos experiencia a campo y laboratorio
- 2) separación del objeto de estudio
- 3) desarrollo de la creencia de que el modelo es la realidad
- 4) frustración y aburrimiento
- 5) experimentación y observación fuera del rango del modelo

Los modelos de simulación deben presentar ciertas características para ser útiles como herramienta educacional (Graves et al.,2002):

- 1) transparencia
- 2) velocidad de ejecución
- 3) valores por defecto de los parámetros
- 4) sistema de ayuda que permita acceder a:
 - a) la base científicas del modelo,
 - b) los instrumentos y técnicas de medición,
 - c) la forma de derivación de los valores parametrizados,
 - d) la explicación de fórmulas matemáticas.
- 4) utilización de símbolos y unidades apropiadas
- 5) adecuada documentación y verificación por tercera parte

Jovanovic et al.(2000 b) señalan que la utilización de un modelo computacional simple que describa una porción del sistema fue más efectiva como herramienta de enseñanza que un modelo mecanicista complejo. Por esto, proponen la utilización de varios módulos que describan los diferentes componentes del sistema a lo largo del curso, para luego al final, presentar un modelo integrador.

El software asociado al modelo debe reunir ciertas características (Graves et al.,2002):

- 1) simple, claro, intuitivo
- 2) presentación estandarizada
- 3) presentación gráfica y tabular de los resultados
- 4) chequeo de errores y de rango de las variables de entrada
- 5) capacidad de pausar la simulación
- 6) posibilidad de observar el estado de los componentes del modelo
- 7) capacidad de exportar gráficos y tablas

Una de las herramientas de manejo que utilizan los ingenieros agrónomos para maximizar el rendimiento del cultivo es la selección de la fecha de siembra. Es parte del conjunto de tecnologías llamadas “de insumo cero” es decir sin costo para el productor pero de alto impacto en la productividad.

Una adecuada fecha de siembra es aquella que permite la coincidencia de las etapas más críticas de definición del rendimiento con la mayor oferta de recursos medioambientales de la localidad o región. Estos factores afectan tanto al crecimiento como el desarrollo del cultivo.

La fecha de siembra al determinar las condiciones del ambiente que inciden sobre el cultivo modifica su desarrollo, es decir, la fecha de ocurrencia de los estados fenológicos, la duración de las etapas y por ende la duración del ciclo del cultivo. La disponibilidad de recursos medioambientales (radiación, precipitaciones, temperatura) durante el ciclo del cultivo incide sobre el crecimiento y el rendimiento.

En general se transmite al alumno la información de las fechas óptimas de siembra de los diferentes cultivos con un criterio válido para la región y no se recurre a metodologías de análisis que puedan ser utilizadas en otras regiones con diferentes características climáticas. Las metodologías disponibles exigen una gran cantidad de tiempo aún recurriendo a la utilización de planillas de cálculo. Se planteó como hipótesis que un programa de computación puede ser parte de una estrategia de enseñanza-aprendizaje que permita analizar situaciones complejas, como la interacción cultivo-ambiente, de manera eficiente.

Desarrollo y características del programa

El software ClimAgri es un recurso didáctico que permite observar como se modifica la fenología del cultivo y las condiciones del ambiente y disponibilidad de recursos ante modificaciones en la fecha de siembra de cultivos como soja, maní, sorgo, maíz y girasol.

Para su desarrollo se utilizó la plataforma Java 2 Standard Edition v 1.4 y el ide Netbeans 3.6. Esta publicado en Internet bajo la forma de applet embebido en la dirección web: <http://agro.uncor.edu/~ceryol> .

También se distribuye mediante cd con un archivo ejecutable que funciona bajo el sistema operativo Windows. Se testeó en Windows 98, XP y 2000.

El programa consta de cuatro ventanas: Inicio, Selección de Fechas de Siembra, Ayuda y Acerca de ClimAgri 2.0.

La primer y última ventana son meramente informativas. En “Inicio” se introduce al programa y en “Acerca ...” se dan los datos del autor del programa.

La ventana “Ayuda” despliega un texto explicativo sobre el significado de las referencias mostrados en el grafico de la ventana “Selección de Fechas de Siembra”, sobre los modelos fenológicos utilizados para caracterizar el desarrollo de los cultivos, la bibliografía seleccionada, y otra información que sea útil para la interpretación y uso del programa.

La ventana principal es “Selección de Fecha de Siembra” (Figura 1) que consta de tres paneles: un panel izquierdo en el cual el usuario debe ingresar datos: localidad, cultivo, ciclo o grupo, duración del barbecho, y la fecha de siembra. Un panel derecho con los resultados presentados de manera gráfica, y un panel inferior con resultados expresados en una tabla.

Las opciones en cuanto a localidades son siete: Balcarce (Buenos Aires), Río IV (Córdoba), Marcos Juárez (Córdoba), Manfredi (Córdoba), Villa de María del Río Seco (Córdoba), Reconquista (Santa Fe) y Presidencia Roque Saenz Peña (Chaco). De esta manera quedan representadas las zonas sur, centro y norte del área de producción de granos de Argentina. Los datos climáticos de las diferentes localidades son promedios históricos de 30 o más años.

En cuanto a cultivos, el usuario puede optar entre maíz, soja, girasol, maní y sorgo que son los principales cereales y oleaginosos estivales cultivados en el país.

Cuando el usuario selecciona un cultivo se despliegan las opciones de ciclo o grupo. Tanto para maíz como para sorgo, girasol y maní, las opciones de ciclo son dos: corto y largo. En cambio para soja, las opciones son los grupos de madurez II, III, IV, V, VI, VII y VIII.

También esta la opción de establecer un largo del período de barbecho, es decir, el tiempo que el lote estará sin cultivo implantado.

Una vez establecida todas estas opciones queda por establecer la principal que es la fecha de siembra. Para esto el usuario dispone de un “slider” que permite optar por cualquier día del año expresado en base al calendario gregoriano y juliano.

Atendiendo a las recomendaciones de diseño, el programa se inicia con opciones por defecto: localidad: Manfredi, cultivo: soja, grupo: II, longitud de barbecho: 30 días, fecha de siembra: 27/10.

En el panel derecho superior se presentan los resultados de manera gráfica. El eje x representa los meses del año de enero a diciembre, el eje y primario la temperatura máxima media mensual, la temperatura mínima media mensual, la radiación global media mensual, y el eje y secundario, las precipitaciones medias mensuales. En el sentido del eje x se encuentra demarcadas el período con heladas en diferentes niveles: fecha media de primera y ultima helada, y fecha hasta la cual hay un 5% o menos de probabilidad de ocurrencia de una helada temprana, y fecha a partir de la cual hay una probabilidad de ocurrencia de heladas tardías igual o menor al 5%.

El ciclo del cultivo y sus principales estados desarrollo está graficado con una barra verde cuyo origen representa la fecha de siembra y con una longitud variable dependiendo de la duración total del ciclo, que a su vez es función de la temperatura y/o el fotoperíodo imperante. Sobre esta barra que representa el ciclo del cultivo están marcados los estados fenológicos más importantes.

En el panel inferior se presenta una tabla con resultados numéricos de: duración de las etapas del ciclo del cultivo, las condiciones ambientales y nivel de recursos disponibles en cada una de las etapas del cultivo. Las etapas varían con el cultivo, en el caso de maíz, por ejemplo, estas son: barbecho previo, siembra-emergencia, emergencia-floración, floración-madurez, y período crítico. Las variables cuantificadas en cada etapa son las siguientes: temperatura máxima media, temperatura mínima media, temperatura media, radiación global acumulada, precipitación acumulada.

Los modelos fenológicos utilizados dependen del cultivo y de la información disponible. Para el caso de soja y girasol se utilizaron modelos publicados en revista internacionales, en tanto que para maní, maíz y sorgo, es el resultado de integrar información proveniente de revistas de referato con datos obtenidos de experimentación local.

Si bien, los modelos utilizados están validados, para todos los cultivos se analizaron los valores predichos por el modelo versus los observados en ensayos en las localidades referidas por el programa y con diferentes fechas de siembra. En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos con el cultivo de soja en las localidades de Balcarce y Manfredi. Tal como puede apreciarse el ajuste obtenido fue bastante bueno a pesar de que los valores simulados por el modelo están en base a datos medios (30 años) en tanto que los observados son el resultado de las condiciones ambientales puntuales de ese año.

La modalidad de cursado de la materia contempla la realización de un taller de seguimiento de cultivos que consiste en diez encuentros a campo cada 14 días en los cuales se discuten distintas temáticas entre las que se encuentran: desarrollo de cultivos y fecha de siembra.

Se pretende que este programa sea utilizado por los alumnos como una actividad complementaria a desarrollar fuera del horario del taller, en sus casas, o utilizando la infraestructura de la universidad. Estas tareas consistirán en consignas que deberán responder y para la cual tendrán como una de las alternativas la posibilidad de utilizar este programa.

Bibliografía

Anil R. Graves, Tim Hess, Robin B. Matthews, William Stephens, and Tabitha Middleton. 2002. Crop Simulation Models as Tools in Computer Laboratory and Classroom-Based Education. *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ.*, Vol. 31, 48-54.

N. Z. Jovanovic, J. G. Annandale, and P. S. Hammes. 2000. Teaching Crop Physiology with the Soil Water Balance Model. *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ.*, Vol. 29, 23-30.

N. Z. Jovanovic and J. G. Annandale. 2000. Soil Water Balance: A Computer Tool for Teaching Future Irrigation Managers. *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ.*, Vol. 29, 15-22.

Jacques Wery and Jeremie Lecoer. 2000. Learning Crop Physiology from the Development of a Crop Simulation Model. *J. Nat. Resour. Life Sci. Educ.*, Vol. 29, 1-7.

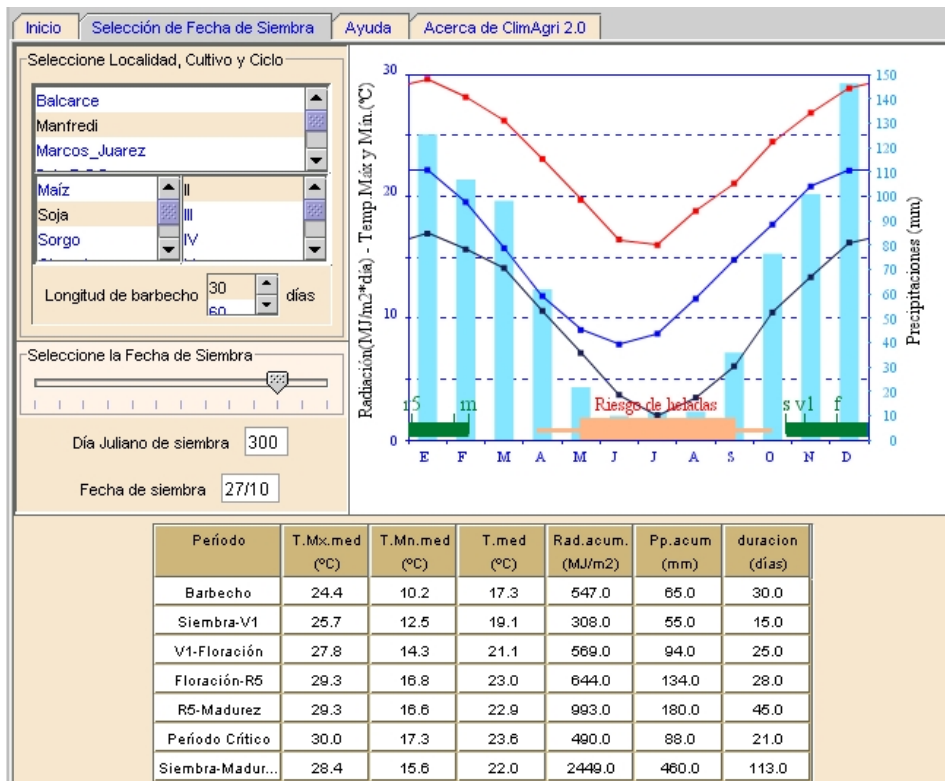


Figura 1: Ventana “Selección de Fecha de Siembra”

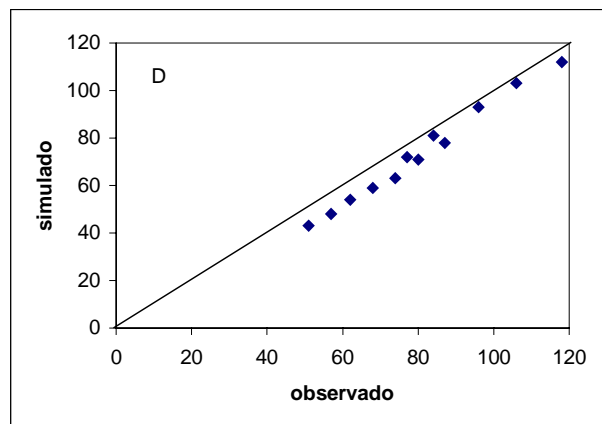
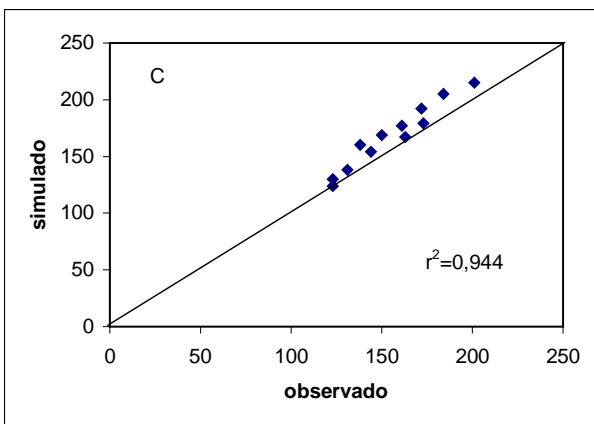
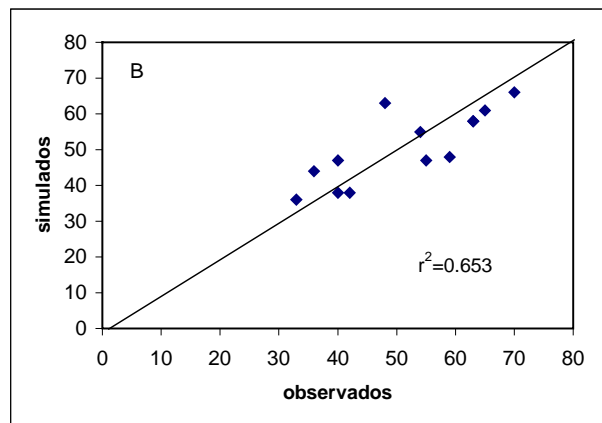
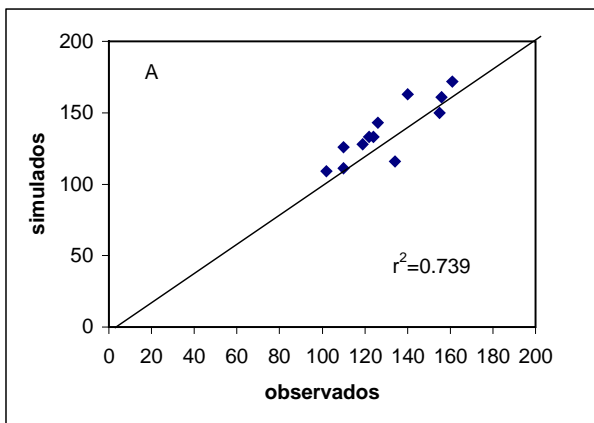


Figura 2: Valores observados y simulados de duración en días de las etapas siembra-R1 (gráficos B y D) y siembra-madurez (gráficos A y C) de cultivares de soja de grupos II al VII en Manfredi (gráficos A y B) y de grupos III al V en Balcarce (gráficos C y D).