

Modelos de Simulación, como herramientas de predicción de variabilidad de rendimiento espacial y temporal.

Laura Olivera⁷
INIA - Unidad GRAS

Introducción

¿Qué es un modelo de simulación? Un modelo de simulación es una representación matemática (simplificada) de la realidad. Es una herramienta que ayuda a entender la realidad y a predecir variaciones en los sistemas productivos.

Existen diferentes modelos de simulación, desde simples a complejos y distintos según el cultivo a simular. Los más complejos, tienen la ventaja de poder evidenciar las interacciones entre el ambiente (clima y suelo) y el manejo.

Algunos modelos de cultivos son los siguientes: CROPGRO: Leguminosas: como Soja, Maní; CROPGRO: Tomate, Algodón, Pasturas; CERES-Maíz; CERES-Arroz; CERES/CROPSIM-Trigo & Cebada; CERES-Sorgo; CERES-Mijo; SUBSTOR-Papa; Otros (Mandioca, Caña de Azúcar). Estos modelos de cultivos, integran el DSSAT.

¿Qué es el DSSAT?

Es un sistema de soporte de decisiones para la transferencia de agro tecnología (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, según su sigla en inglés). El DSSAT es una colección de programas independientes que operan juntos, donde la simulación de cultivos es lo más importante. Permite simular el crecimiento y desarrollo de distintos cultivos, el agua en suelo y plantas así como la dinámica del Nitrógeno y del Carbono en el suelo.

En la tabla 1. se muestran ejemplos de aplicaciones (para América Latina).

Tabla 1. Ejemplos de aplicaciones de los modelos de simulación para A. Latina.

| Tipo de aplicaciones | Referencias |
|---------------------------|---|
| Manejo de cultivos | Savin et al., 1995; Travasso y Magrin, 1998 |
| Manejo del Riego | Heinemann et al., 2000 |
| Agricultura de Precisión | Booltink et al., 2001 |
| Evaluación de cultivares | Castelan Ortega et al., 2000; Ferreyra et al., 2000; White et al. 1995 |
| Cambio Climático | Baethgen, 1997, Conde et al., 1997; Diaz et al., 1997; Magrin et al., 1997; Maytin et al., 1995 |
| Variabilidad Climática | Messina et al., 1999; Podesta et al., 2002; Ferreyra et al., 2001; Royce et al., 2002 |
| Estimación de rendimiento | Meira y Guevara, 1997; Travasso et al., 1996 |
| Sustentabilidad | Giraldo et al., 1998 |
| Educación | Ortiz, 1998 |

⁷ Ing. Agr., Investigador Asistente, Programa Nacional de Investigación Producción y Sustentabilidad Ambiental, INIA.

La gran pregunta que responden los modelos de simulación es:

"¿qué pasaría si....."

Siembro el maíz el 18 de setiembre o el 11 de noviembre.....

Uso una densidad de siembra de 70.000 plantas/ha?

Si siembro esta variedad o la otra.....?

Si llueve un 30 % por debajo de lo normal..... ?

Si fertilizo con x kg de urea a V6 y/o a V8?

Para contestar estas preguntas es necesario contar con la siguiente información básica: información del cultivo (parámetros genéticos), Información del suelo (características físicas y químicas), información diaria del clima (precipitaciones, temperatura máxima y mínima y radiación solar), manejo del cultivo (fecha de siembra, densidad de siembra, fertilizaciones). En la medida que la información que se ingresa al modelo sea de mayor calidad, más confiables serán las salidas del mismo.

A continuación se presentan los resultados parciales de la serie técnica del INIA N° 162, "Simerpa: Sistema de Información Geográfica para la evaluación de riesgos climáticos en la producción agropecuaria de Uruguay y Paraguay." Como ejemplo de simulaciones para maíz a nivel regional: Río Negro, Soriano y Colonia.

Se plantearon 36 tratamientos con la siguiente información: 3 cultivares de maíz, uno de ciclo corto, uno intermedio y uno largo; 3 fechas de siembra, 15 de setiembre, 25 de octubre, 15 de diciembre; 2 situaciones de fertilización nitrogenada, una con 60 kg de N a la siembra y otra sin fertilización; con laboreo y en siembra directa; y con la información climática diaria de 42 años. En la figura 1, se muestran los rendimientos que representan un año malo, uno bueno y uno normal.

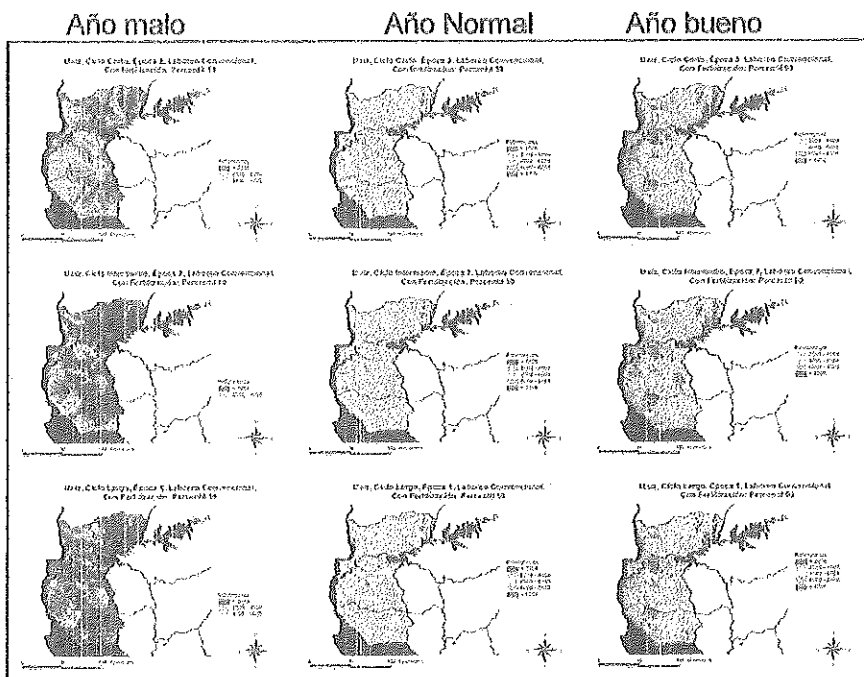
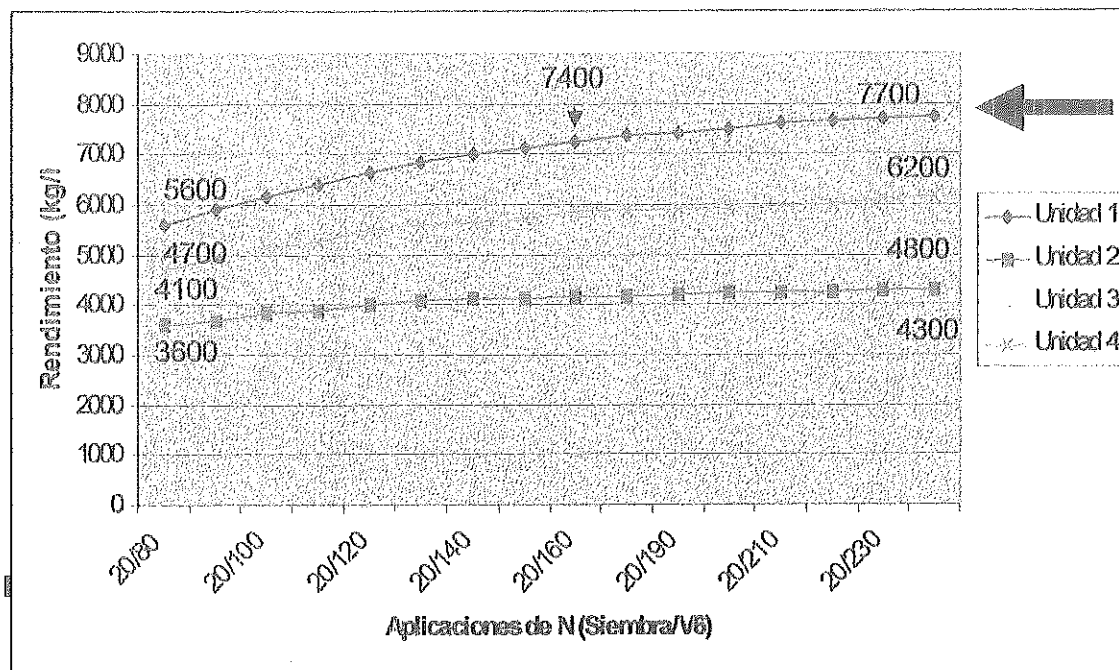


Figura 1. Mapas de rendimiento por suelo, salidas del modelo CERES-Maíz.

Ejemplos a nivel de chacra: Como antecedente para que se justifique un manejo diferencial dentro de una chacra debe de existir información donde se constatan variaciones considerables en el rendimiento y que las variaciones espaciales en las entradas y/o en el manejo, incrementarán las ganancias y reducirán los riesgos ambientales.

Se tomaron como ejemplo 2 chacras comerciales, a las dos chacras se les realizó el mismo manejo: se utilizó un híbrido con ciclo intermedio, se sembró el 18 de setiembre con una densidad de 70.000 plantas/ha. A una de las chacras se le varió la fertilización nitrogenada y a la otra el riego a modo de ejemplo.

Para la chacra donde se cambió la fertilización nitrogenada en el primer ejemplo se fertilizó a razón de 20 Kg de N/ha a la siembra y 60 Kg de N a V6, en el segundo caso, con igual fertilización a las siembra y con 160 Kg de N a V6, Se realizó la "corrida" del modelo para las 4 unidades de suelo de la chacra, se seleccionó el suelo que tiene mayor potencial de respuesta al N (suelo unidad 1), y a ese suelo se le aplicaron 100 Kg más de N a V6. En la figura 2, se ven los rendimientos máximos y mínimos obtenidos para cada unidad de suelo.



El rendimiento ponderado (por superficie ocupada de cada suelo) pasó de 5000 a 6200 Kg/ha de maíz, por lo que suponiendo que la urea está a 900 U\$/t y el maíz a 300 U\$/t, el ingreso neto pasa de 510 a 678 U\$/ha.

En la segunda chacra, se simuló un maíz con riego y se lo regó cada vez que el mismo lo necesitaba. Luego de realizadas las corridas se seleccionó el suelo que necesitó la menor cantidad de riegos y de milímetros regados como el de mayor potencial. Como ejemplo de un cambio en el manejo, se cambió el híbrido y se obtuvo un menor rendimiento (13.000 vs 18.000 kg/ha) con la misma cantidad de riegos y de milímetros regados. En la figura 3, se muestran las tablas con la cantidad de riegos que fueron necesarios en cada unidad de suelos y los milímetros regados para cada híbrido.

| Híbrido 'W' | | | | con riego en estación de crecimiento | | | |
|-------------|--------|-------|--------|--------------------------------------|--------|-------|--------|
| Unidad | Mínimo | Medio | Máximo | Unidad | Mínimo | Medio | Máximo |
| 2 | 5 | 12 | 20 | 2 | 203 | 420 | 638 |
| 4 | 6 | 13 | 21 | 4 | 204 | 421 | 639 |
| 5 | 7 | 14 | 22 | 5 | 205 | 422 | 640 |
| 31 | 8 | 15 | 23 | 31 | 206 | 423 | 641 |

| Híbrido 'X' | | | | con riego en estación de crecimiento | | | |
|-------------|--------|-------|--------|--------------------------------------|--------|-------|--------|
| Unidad | Mínimo | Medio | Máximo | Unidad | Mínimo | Medio | Máximo |
| 2 | 5 | 12 | 20 | 2 | 204 | 424 | 642 |
| 4 | 6 | 13 | 21 | 4 | 205 | 425 | 643 |
| 5 | 7 | 14 | 22 | 5 | 206 | 426 | 644 |
| 31 | 8 | 15 | 23 | 31 | 207 | 427 | 645 |

Figura 3. Cantidad de riegos y milímetros regados para cada unidad de suelos para 2 híbridos de diferente potencial de rendimiento.

Consideraciones finales:

- Es importante marcar que los resultados de las simulaciones **NO** remplazan el análisis de la realidad, **son hipótesis**. Si ayudan al análisis, lo complementan y lo potencian.
- Los modelos de simulación de cultivos (DSSAT) son una herramienta muy poderosa a la hora de determinar variaciones temporales y espaciales.
- Permiten realizar cambios en el manejo y/o ambiente del cultivo, y ver los efectos en el rendimiento de manera precisa.

Bibliografía:

A. Irmak et al., 2000. Estimating spatially variable soil properties for application of crop models in precision farming. Vol. 44(5): 1343-1353 E 2001 American Society of Agricultural Engineers ISSN 0001-2351 1343 University of Florida & Iowa State University.

ICASA DSSAT 2006 TRAINING WORKSHOP.

Baethgen, W.; Giménez, A.; Castaño, J. P.; Olivera, L.; Mayeregger, E.; Pekholtz, F.; Rebella, C.; Hartmann, T.; Di Bella, C.; y Straschnoy, J. Sección 1: Desarrollo de metodologías y herramientas para el sistema de información y monitoreo. Simerpa: Sistema de Información Geográfica para la evaluación de riesgos climáticos en la producción agropecuaria de Uruguay y Paraguay. Serie Técnica del INIA N° 162,