

# COMPARACIÓN DE DOS MODELOS DE ASIMILACIÓN POTENCIAL DE BIOMASA EN AMBIENTES SUBHÚMEDOS DEL CENTRO DE ARGENTINA

Horacio Videla Mensegue<sup>a</sup>, Javier Marcos<sup>b</sup>, Gabriel Espósito<sup>c</sup> y Américo Degioanni<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ecología Agraria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

<sup>b</sup> Unité de Recherche AgroPédoClimatique, INRA Antilles-Guyane, Domaine de Duclos, Guadeloupe, France.

<sup>c</sup> Departamento de Producción Vegetal, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina

Ex Ruta 36 –Km. 601 – X5804BYA. Río Cuarto, Argentina. Tel.: + 54 358 4676409. E-mail: hvidela@arnet.com.ar (H Videla Mensegue).

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es comparar la acumulación de biomasa potencial de tres cultivos comunes de la pampa subhúmeda simuladas con un modelo de cultivos utilizando: a) la eficiencia del uso de la radiación (RUE) y b) usando el enfoque dual (eficiencia de uso de la radiación y transpiración, Dual) para las condiciones ambientales de la pampa Argentina. Los resultados muestran que el método Dual es un mejor estimador de la acumulación de biomasa y rendimiento en grano que el método RUE solamente. Es decir que, para las condiciones de limitantes hídricas o de valores de déficit de presión de vapor de aire intermedias a altas, las cuales son frecuentes en la pampa subhúmeda, el método combinado sería más adecuado al incluir explícitamente dichas condiciones.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las plantas es el resultado de la fijación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera (Sinclair y Bennett, 1998). Como consecuencia del proceso de fijación se produce la pérdida de agua desde el mesófilo a la atmósfera (transpiración,  $T$ ). Por consiguiente, la transpiración está directamente ligada a la fijación de CO<sub>2</sub>.

La modelación de la asimilación de carbono se basa usualmente en el cálculo de la fotosíntesis neta. Dicho método es conceptualmente correcto pero requiere una adecuada calibración de una gran cantidad de parámetros. Los modelos de asimilación potencial de carbono simples, basados generalmente en la eficiencia del uso de la radiación, requieren menos parámetros y suelen producir, comparados con modelos más complejos de fotosíntesis neta, resultados aceptables (Spitters, 1990).

Los modelos simples de asimilación potencial de biomasa ( $B$ , g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) que utilizan la eficiencia del uso de la radiación como proceso primario de asimilación se basan generalmente en la relación (Monteith, 1977):

$$C = e f_i S_t \quad [1]$$

donde  $S_t$  es la radiación solar ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ),  $f_i$  es la proporción de radiación interceptada por la vegetación y  $e$  ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) es la eficiencia de uso de la radiación interceptada para la producción de biomasa.

Esta relación estima la asimilación potencial de biomasa en forma adecuada en condiciones de ausencia de estrés y bajo déficit de presión de vapor de aire ( $D_a$ ) -  $0 > D_a > 1$  kPa - (Campbell y Norman, 1998; Kemanian, 2003; Stockle y Kiniry, 1990).

El modelo de simulación CropSyst (Stockle *et al.*, 1994) utiliza para el cálculo de asimilación potencial de biomasa, además de la relación [1], la relación propuesta por Tanner y Sinclair (1983):

$$B = k \frac{T}{D_a} \quad [2]$$

donde  $k$  es una constante para un genotipo dado (kPa),  $T$  es la transpiración diaria ( $\text{kg m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ), y  $D_a$  es el déficit de presión de vapor de aire (kPa).

La relación planteada en la ecuación [2] ha mostrado ser un razonable estimador de la biomasa potencial en condiciones de estrés hídrico y  $D_a < 2$  kPa (Stockle y Kemanian, 2004) pero no es recomendada para ser utilizada en condiciones de baja radiación (Campbell y Norman, 1998). El enfoque utilizado por Cropsyst fue definido como método dual por Stockle y Kemanian (2004) ya que calcula la asimilación potencial de biomasa diaria como el mínimo de las relaciones [1] y [2]. Dichos autores sugieren que el enfoque dual es una forma adecuada de corregir las limitaciones de cada método individual.

Por lo tanto, para la elección de modelos de simulación de cultivos para la evaluación de la producción de cultivos en la pampa subhúmeda y dado las condiciones de frecuentes limitaciones hídricas y de  $D_a$  intermedio (1 - 2 kPa) sería más razonable optar por aquellos que utilicen el enfoque dual para la estimación de la asimilación potencial de biomasa. De esa forma, y bajo condiciones de estrés hídrico, serían menos las correcciones por estrés a realizar sobre la asimilación potencial de referencia a fin de simular más adecuadamente la producción actual de cultivos.

El objetivo de este trabajo es comparar la acumulación de biomasa potencial de tres cultivos comunes de la pampa subhúmeda simuladas con un modelo de cultivos simple utilizando: a) la eficiencia del uso de la radiación solamente (ecuación [1], "RUE") y b) usando el enfoque dual (mínimo de las ecuaciones [1] y [2], "Dual") para las condiciones ambientales de la pampa Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la estimación de la asimilación potencial de biomasa se utilizó el modelo de simulación de cultivos SWB -Soil Water Balance- (Marcos, 1997; Marcos y Campbell,

2002), el cual es un modelo más simple y de funcionamiento muy similar a CropSyst. Este modelo utiliza el enfoque dual y para simular la asimilación por la ecuación [1] se le desactivó la ecuación [2]. Para la calibración del modelo se utilizó información bibliográfica para los parámetros claves de las ecuaciones [1] y [2] e información experimental recabada en el sur de la provincia de Córdoba.

Los datos simulados de asimilación de biomasa y grano fueron comparados con datos experimentales obtenidos de ensayos de maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y soja (*Glycine max* L. Merr.). Para la comparación y alimentación del modelo se utilizó información de variables climáticas, de cultivo y de suelo. Se seleccionaron aquellos ensayos y tratamientos que han presentado el menor estrés hídrico y nutricional a fin de que la comparación de los datos simulados se realizara con los datos experimentales lo más cercanos a asimilaciones potenciales de biomasa.

La Tabla 1 presenta los valores de  $e$  y  $k$  utilizados en la simulación.

**Tabla 1. Valores de  $e$  y  $K_T$  utilizados en la simulación de la acumulación potencial de biomasa.**

	Maíz	Trigo	Soja
$e$ (g/MJ)	4 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	2.5 <sup>a</sup>
$K_T$ (Pa)	12.7 <sup>c</sup>	4.5 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>(Stockle *et al.*, 1997), <sup>b</sup> (Stockle y Nelson, 1996), y <sup>c</sup> (Sinclair, 1998).

## RESULTADOS

Las condiciones climáticas en las cuales se simuló la acumulación de biomasa se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Características climáticas de los ensayos utilizados en la simulación.**

	Nº de ensayos	$D_a$ diaria (kPa)	Radiación acumulada (MJ/m <sup>2</sup> )	Temperatura media (°C)
Maíz	2	1.55	3138	21.3
Trigo	2	0.92	2506	14.8
Soja	2	1.67	2730	21.6

Las Figuras 1 y 2 muestran, respectivamente, los valores de biomasa acumulada y rendimiento en grano calculados por los métodos RUE y Dual y los valores observados de biomasa y rendimiento en grano.

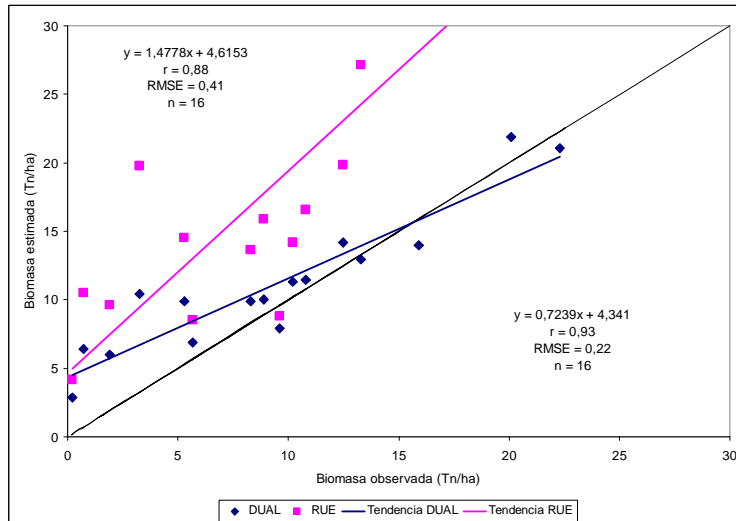


Fig. 1. Valores de biomasa potencial acumulada calculados por el método de eficiencia de uso de la radiación y en método dual comparados con los valores de biomasa observados para maíz, trigo y soja. RMSE = Raíz del error medio cuadrático y r = Coeficiente de correlación.

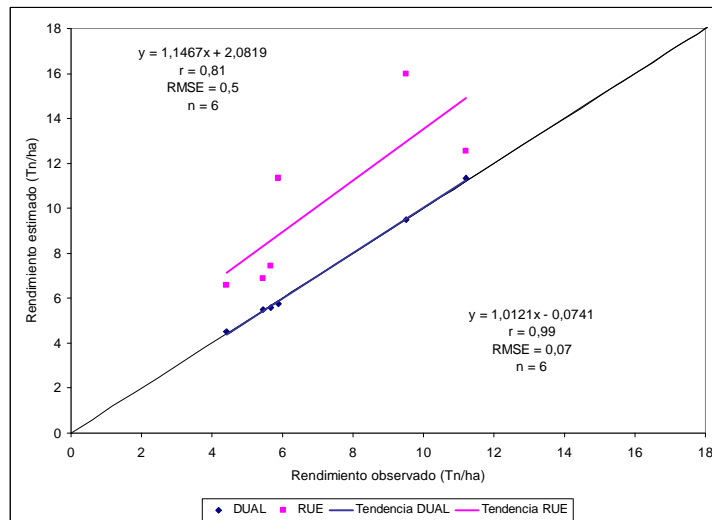


Fig. 2. Valores de rendimiento en grano potencial acumulada calculados por el método de eficiencia de uso de la radiación y en método dual comparados con los valores de rendimiento en grano observados para maíz, trigo y soja. RMSE = Raíz del error medio cuadrático y r = Coeficiente de correlación.

Ambas figuras muestran que el método Dual estimó la acumulación de biomasa y rendimiento en grano medidos mejor que con la utilización del método RUE solamente. Además, los valores estimados por el método Dual presentaron menor dispersión. La sobreestimación mostrada por el método RUE, y comparándolo con el método Dual, sugiere que el cálculo de la asimilación potencial de biomasa limitada por radiación solamente no alcanzó a incluir limitantes ambientales relacionadas a condiciones de  $D_a$  intermedias a altas. De acuerdo a Stockle y Kemanian (2004), ambos métodos presentan limitaciones en condiciones de alto  $D_a$ . Numerosos estudios demuestran la necesidad de ajuste de los valores de eficiencia ( $e$ ) usados por el método RUE de

acuerdo a  $D_a$  (Sinclair y Muchow, 1999; Stockle y Kiniry, 1990). Sin embargo, y de acuerdo a los resultados de este trabajo, el método Dual alcanzó en parte a incluir los efectos de niveles intermedios de  $D_a$  presentes en los experimentos testeados al simular asimilaciones potenciales más cercanas a las medidas. No obstante, una adecuada capacidad del método Dual para estimar la asimilación potencial requeriría de un cálculo cuidadoso de  $T$  y de la evaluación de la posibilidad de incluir correcciones de  $k$  de acuerdo a  $D_a$ , especialmente en condiciones de valores de  $D_a > 2$  kPa (Stockle y Kemanian, 2004).

## CONCLUSIÓN

Se han comparado dos modelos de asimilación potencial de biomasa, uno basado en la eficiencia de uso de la radiación y otro método que la combina con la eficiencia de transpiración y  $D_a$ . Los resultados mostraron que, para las condiciones de limitantes hídricas o de valores de  $D_a$  intermedias a altas, las cuales son frecuentes en la pampa semiárida, el método combinado sería más adecuado al incluir explícitamente dichas condiciones. Dicho método permitiría además, estimar la biomasa potencial en forma más conservativa y disminuiría la necesidad de correcciones posteriores ante la presencia de estrés hídrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Campbell, G. S., y J. M. Norman.** 1998. An introduction to environmental biophysics. New York, USA: Springer. [Second ed.].
- Kemanian, A. R.** 2003. Radiation - based and transpiration - based modeling of barley and wheat growth Washington State University.
- Marcos, J.** 1997. Corn production under dryland conditions in eastern Washington. Washington State University.
- Marcos, J., y G. S. Campbell.** 2002. SWBModel 11. Modelo de simulación de balance hídrico del suelo y crecimiento de cultivos. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.
- Monteith, J. L.** 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B. Biol. Sci. 281(980): 277-294.
- Sinclair, T. R.** 1998. Limits to crop yield. Beckman Center of the National Academy of Sciences, UC Irvine.
- Sinclair, T. R., y J. M. Bennett.** 1998. Water. In: T. R. Sinclair y F. P. Gardner (eds.), Principles of ecology in plant production; pp. 103-120. Florida, USA: CAB Internacional.
- Sinclair, T. R., y R. C. Muchow.** 1999. Radiation use efficiency. *Adv. Agron.* 65: 215-265.
- Spitters, CJT.** 1990. Crop growth models: their usefulness and limitations. *Acta Horticultura* 267: 349-369.
- Stockle, C. O., M. Cabelguenne, y P. Debaeke.** 1997. Comparison of CropSyst performance for water management in southwestern France using submodels of different levels of complexity. *European J. Agron.* 7: 89-98.
- Stockle, C. O., y A. R. Kemanian.** 2004. Driving crop growth model: radiation -versus transpiration - use efficiency. In: T. Fischer (ed.), New directions for a diverse

planet: Proceedings for the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.

**Stockle, C. O., y J. R. Kiniry.** 1990. Variability in crop radiation use efficiency associated with vapor-pressure deficit. *Field Crop Res.* 25: 171-181.

**Stockle, C. O., y R. Nelson.** 1996. Cropsys: Cropping systems simulation model user's manual. Pullman, USA: Washington State University.

**Stockle, Claudio O., Steve A. Martin, y Gaylon S. Campbell.** 1994. CropSyst, a cropping systems simulation model: Water/nitrogen budgets and crop yield. *Agricultural Systems* 46: 335-359.

**Tanner, C. B., y T. R. Sinclair.** 1983. Efficient water use in crop production: research or re-search? In: H. M. Waylor, W. R. Jordan yT. R. Sinclair (eds.), Limitations to efficient water in crop production. Madison, Wisconsin.: American Society of Agronomy.