

Artículo de divulgación

## Estimación de rendimientos de soja y maíz a partir de variables edafoclimáticas

Bordino, J.;Gastardo, J.; Dickie, M.J.; Costanzo, M.; Kehoe, F.; Jozami, E.;Coronel, A.

Cátedra de Climatología  
Facultad de Ciencias Agrarias – UNR  
acoronel@unr.edu.ar

### Introducción

La temperatura, la radiación solar y la disponibilidad de agua en el suelo son los tres factores meteorológicos que más inciden sobre la producción de los cultivos. Cada uno de ellos es contemplado por el índice de potencialidad agrícola de Turc (IPAT, Turc, 1967). Éste, es un índice adimensional que brinda una estimación de la productividad de un cultivo adaptado y cultivado sobre un suelo bien labrado y fertilizado. Se obtiene a partir de determinadas variables climáticas a lo largo de un periodo dado (un mes, una estación, un año, etc.).

Este índice sigue vigente después de tantos años, con pequeños ajustes, ya que si bien originalmente se utilizaba con datos climáticos con el fin de caracterizar distintos ambientes, actualmente se analiza su evolución y variación en el tiempo. Varios investigadores han aplicado versiones modificadas del índice de Turc para cultivos como palma de aceite (Estrada, 2008), maíz, sorgo de alta densidad energética, pasturas (Méndez *et al.*, 2003) y soja (Estrada, 2011)

El grupo de trabajo de la Facultad de Cs. Agrarias – UNR, lleva adelante el proyecto “Aplicación del IPAT y del Índice de precipitación y evapotranspiración estandarizado en el sur de Santa Fe” (SECyT 2013-2016).

Si se calcula IPAT en un determinado lugar, y si se dispone del valor que alcanza la producción en el mismo período de tiempo, puede establecerse la relación producción-índice, lo cual permitirá predecir el rendimiento esperado en cualquier otro período. Asimismo, otra de las aplicaciones del IPAT es para estimar los aumentos de producción que implicaría la transformación de una zona de secano en regadío (Almorox, 2010).

El objetivo del trabajo fue establecer la relación estadística entre el IPAT y los rendimientos de los cultivos de maíz y soja en el departamento Rosario, Santa Fe, de las campañas 1974-1975 a 2012-2013.

## Materiales y métodos

Se trabajó con datos de rendimientos de soja y maíz del departamento Rosario, de las campañas 1974-1975 a 2012-2013 obtenidos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA), Ministerio de Agroindustria de Argentina. Se tomó como fuente de información representativa de las condiciones climáticas de la región, a la estación agrometeorológica de Zavalla (33°01'S, 60°53'W) perteneciente a la red del SMN y del INTA, instalada en el predio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR.

Para el cálculo del IPAT se tomaron las series mensuales de temperatura media, máxima y mínima del aire, humedad relativa del aire, heliofanía efectiva<sup>1</sup>, velocidad de viento y precipitación. El IPAT mensual se obtuvo de la multiplicación de: i) *un factor térmico* dependiente de la temperatura media y de una corrección por daños por helada; ii) *un factor solar* función de la heliofanía y la radiación global<sup>2</sup>; y iii) *un factor de sequedad* derivado de un balance hídrico mensual consecutivo, considerando una capacidad de retención máxima representativa de los suelos de la región de estudio.

Los rendimientos de ambos cultivos presentaron un aumento con el transcurso del tiempo, debido principalmente a las mejoras de las prácticas agrícolas y del potencial genético, por lo cual, se filtró la componente de tendencia de la serie original, generándose la serie de rendimientos sin tendencia (Rst). Mediante la técnica de regresión lineal múltiple se determinó la relación estadística entre el IPAT y los Rst.

Por último, se construyó el modelo de estimación de rendimiento incluyendo a las variables regresoras previamente seleccionadas y a la componente de tendencia.

## Resultados y discusión

Los rendimientos de maíz oscilaron entre 1.448 y 10.000 kg.ha<sup>-1</sup> en el período 1974-75 a 2012-13 (Figura 1). Mientras que para soja variaron entre 1.010 y 3.637 kg.ha<sup>-1</sup> (Figura 2).

El modelo lineal que mejor estimó los Rst de maíz contiene como variables predictoras los IPAT de diciembre y febrero, mientras que para el cultivo de soja se seleccionaron los IPAT de octubre y enero. Si bien cada IPAT contiene tres factores: térmico, solar y de sequedad, el que presentó una mayor incidencia debido a su variabilidad entre años fue el factor de sequedad, evidenciando el rol fundamental del agua en la determinación del rendimiento de estos cultivos.

---

<sup>1</sup>Heliofanía efectiva: cantidad diaria de horas de luz solar directa sin interrupciones por nubosidad.

<sup>2</sup>Radiación global: cantidad diaria de energía solar que llega a la superficie del suelo en forma directa y difusa.

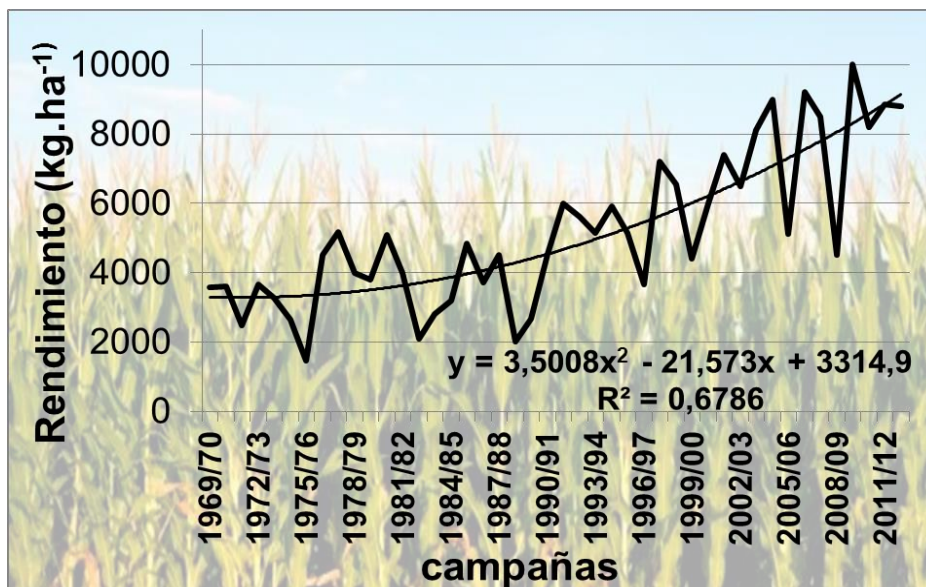


Figura 1: Rendimientos de maíz y su tendencia cuadrática

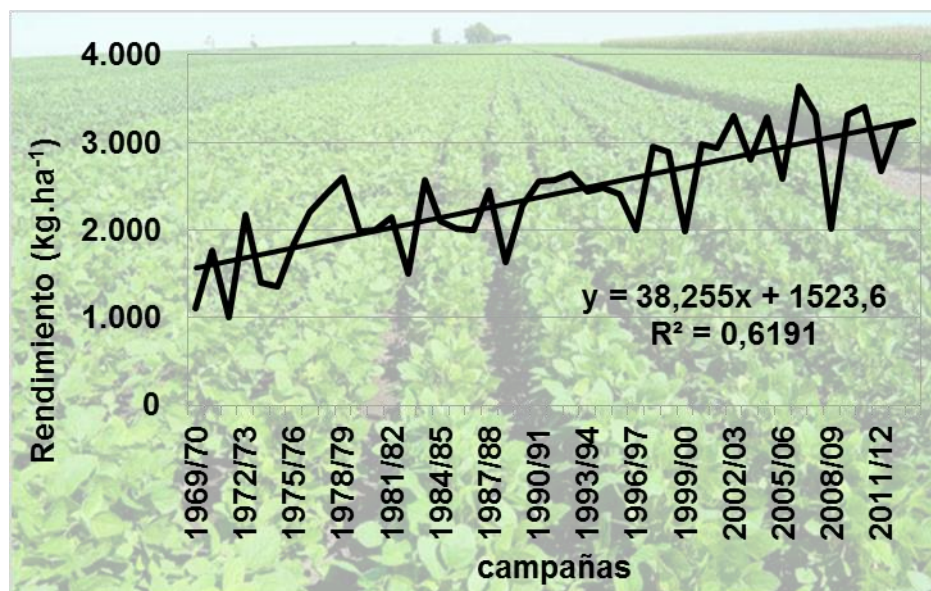


Figura 2: Rendimientos de soja y su tendencia lineal

Las Figuras 3 y 4 muestran, para maíz y soja respectivamente, la relación entre rendimientos observados y estimados a partir de los modelos construidos con los IPAT seleccionados y la componente de tendencia.

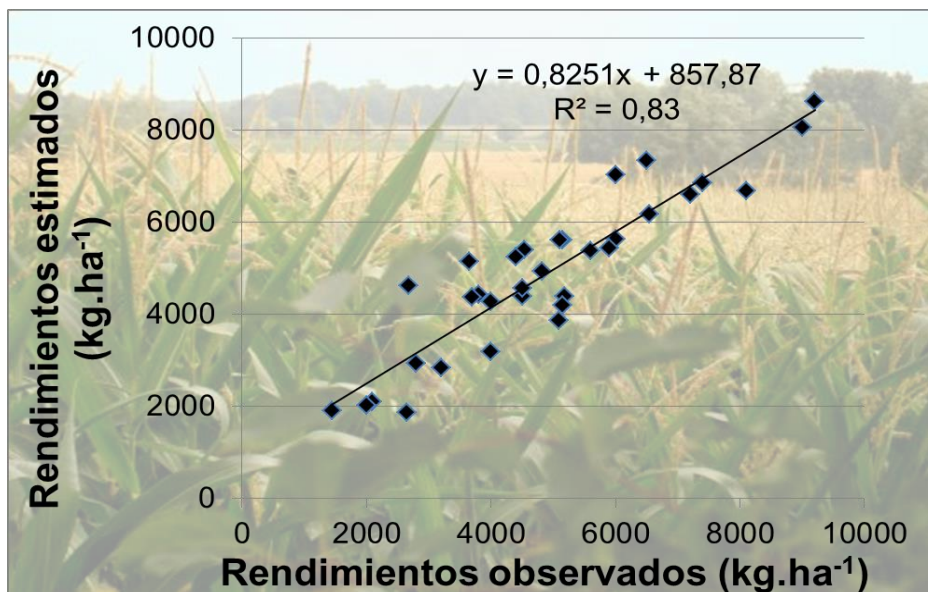


Figura 3: Relación lineal entre rendimientos observados y rendimientos estimados a partir del modelo seleccionado, para el cultivo de maíz

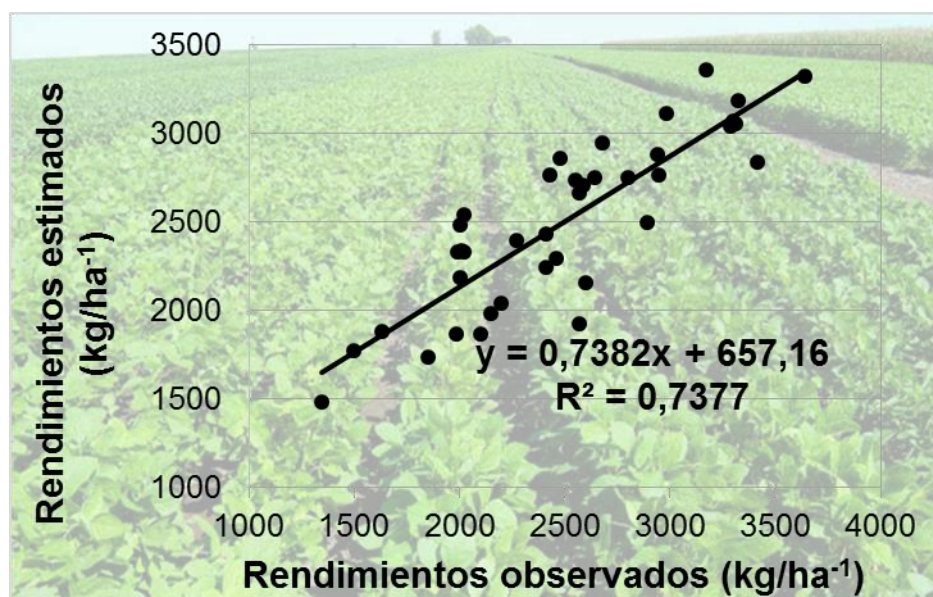


Figura 4: Relación lineal entre rendimientos observados y rendimientos estimados a partir del modelo seleccionado, para el cultivo de soja

### Conclusiones

Para maíz, los IPAT de diciembre y febrero representan las condiciones climáticas durante el período crítico y de llenado de granos respectivamente, en fechas de siembras normales. En siembras tardías, diciembre corresponde al período de siembra y febrero al período crítico.

Para el cultivo de soja, el IPAT de octubre representa las condiciones térmicas e hídricas previas a la siembra ya que la fecha óptima de siembra en la región para altos

potenciales de rendimiento es antes del 15 de noviembre; el IPAT de enero representa las condiciones climáticas durante el período crítico asociado a deficiencias hídricas.

Se determina que el IPAT es un índice de fácil aplicación que permite estimar los rendimientos de los cultivos de maíz y soja.

### **Bibliografía**

Almorox, J. (2010). Índice de potencialidad agrícola de Turc. Disponible en: <http://ocw.upm.es/>. Consultada 6/2014.

Estrada, R. (2008). Modelo estadístico para predecir la producción nacional mensual de frutos y aceite de palma. Ajustes obtenidos con la información mensual entre 1997 y 2009 y las predicciones mensuales para el año del 2010. FEDEPALMA, 45pp.

Estrada, R. 2011. Ajustes al índice de potencialidad agrícola de Turc para lograr mejores diseños de los mecanismos para compartir beneficios en los Andes. Doc. de trabajo 2 Proyecto Agua en Los Andes: Compartiendo Beneficios. Rimisp, Chile, 28 pp.

Méndez, M.; Hontoria C.; Díaz, M.; Saa, A. (2003). “Relación entre el índice de Turc y el rendimiento de la alfalfa en España peninsular”. Estudios geográficos LXIV, 435-453.

Turc, L. (1967). “Incidence des facteurs macroclimatiques sur les productions végétales”. Fourrages 31, 10-35.