



Modelo predictivo del rendimiento del trigo en el departamento Rosario.

Jozami, E.^{1,2}; Dickie, M.J.^{1,3}; Coronel, A.^{1,4}

1 Facultad de Ciencias Agrarias, UNR - 2 Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario

3 INTA AER Cañada de Gómez - 4 Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (UNR-CONICET).

Trabajo presentado en el Congreso Argentino de Meteorología (CONGREGMET) organizado por el Centro Argentino de Meteorólogos (CAM). CONGREGMET XIV, "Ciencias ambientales para la transformación social". Buenos Aires, noviembre 2022.

 Palabras clave: Trigo, rendimientos, decádicos, predicción.

Introducción

El trigo es el cultivo de invierno de mayor relevancia en la región pampeana y su incorporación en la planificación de las rotaciones es fundamental para mejorar las condiciones estructurales de suelo y para estabilizar los contenidos de materia orgánica (Serri y otros, 2018). Conocer el efecto de las condiciones ambientales resulta fundamental para la toma de decisiones que permitan ubicar las etapas fenológicas del cultivo en los momentos donde las condiciones ambientales son más favorables, esto mediante la elección de fechas de siembra y largo del ciclo.

El objetivo de este trabajo es armar un modelo predictivo que permita evaluar el efecto de distintas variables ambientales (Tmax, Tmin, Coeficiente fototermal, Deficiencias hídricas, Almacenaje, etc.) sobre el rendimiento de trigo en el departamento de Rosario.

Materiales y métodos

Se obtuvieron los datos de rendimientos (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2022) del departamento Rosario (Fig. 1) desde la campaña



2000/2001 hasta la 2021/2022. Se filtraron las tendencias por avance tecnológico mediante la siguiente ecuación propuesta por Jozami y otros, (2017):

$$Rtoaj = RtoR / RtoT$$

Donde Rtoaj es el rendimiento ajustado por aumento tecnológico, RtoR es el rendimiento real y RtoT es el rendimiento según la línea de tendencia de la serie bajo análisis. Un Rtoaj mayor (menor) a 1 implica una buena (mala) campaña de trigo en lo que a ambiente respecta. Se calcularon de forma decádica (promedios de 10 días) las siguientes variables:



Coficiente fototermal (CF), Almacenaje (ALM), relación entre la ETo ajustada por disponibilidad de agua y la ETo (Etr/ETo), deficiencias (DEF), Tmin, Tmax y amplitud térmica. Se preseleccionaron aquellas variables con mayor coeficiente de correlación a partir de las cuales, se buscó un modelo de correlación lineal trabajando en Infostat (Di Rienzo y otros, 2008). Se obtuvo el RMSE y el NRMSE de error.

Resultados y discusión

La Fig. 2 muestra los rendimientos reales y Rtoaj de trigo en el departamento. Los años por encima de la línea negra horizontal son años con buenas condiciones ambientales y viceversa. La ecuación del RtoT se ve en la figura acompañando a la línea de tendencia.

El modelo obtenido logró explicar un 82% de la variabilidad del Rtoaj e incluyó las variables CF del segundo decádico de octubre, DEF del 1er decádico de julio y Tmax del 3er decádico de septiembre. La ecuación del modelo es la siguiente:

$$Rtoaj = -1,13 + 0,97 * CF_{II_OCT} - 0,57 * DEF_{I_JUL} + 0,06 * Tmax_{III_SEP}$$

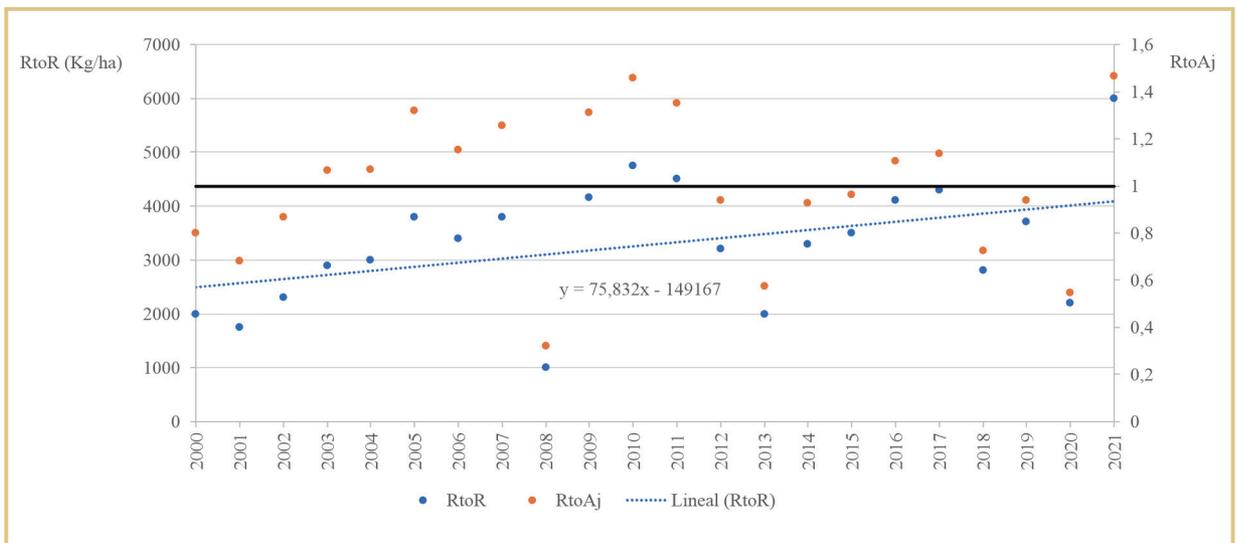
Donde -1,13 es la ordenada al origen, CF II_OCT es el coeficiente fototermal del 2° período decádico de octubre, DEF I_JUL son las deficiencias del 1er

decádico de julio y Tmax III_SEP es la Tmax del tercer decádico de septiembre. Según la ORA (2022) a fecha media de floración alrededor de la cual acontece el PC es entre el 24 de octubre y el 3 de noviembre para el norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe.

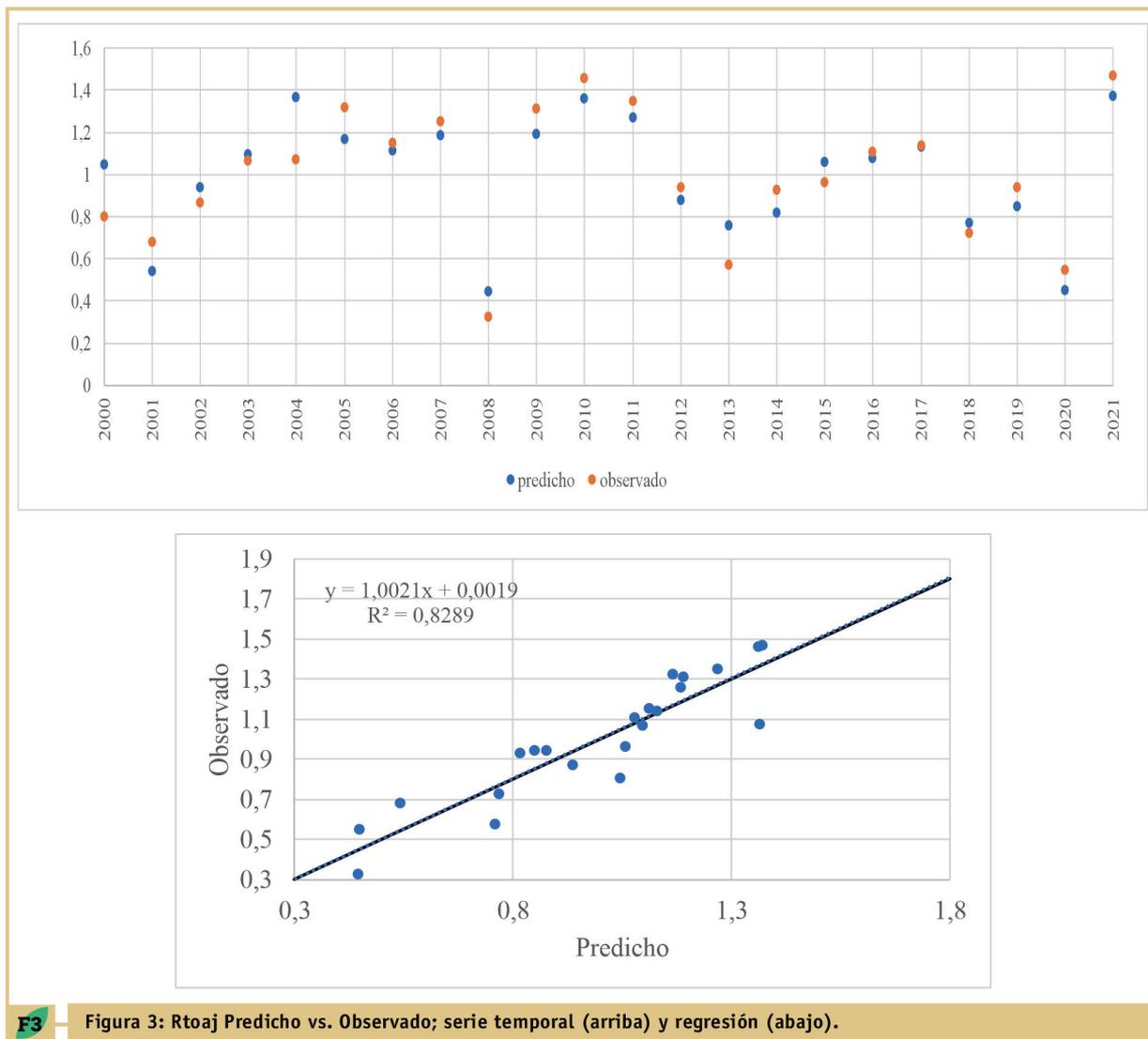
En trigo el período crítico comienza con la aparición de la hoja bandera y finaliza diez días post antesis (Lo Valvo y otros, 2018) incluyendo por lo tanto al 2do decádico de octubre, momento en el cual el modelo incluye el efecto del coeficiente fototermal. Las deficiencias durante principios de julio podrían estar afectando a las etapas vinculadas a la producción de espiguillas en los cultivares largos. En el caso de los ciclos cortos, deficiencias de agua en estas fechas cercanas a la siembra podrían generar una emergencia despereja o un atraso en las fechas de siembra, ambos factores que podrían impactar negativamente en el rendimiento. No hemos encontrado referencias evaluando puntualmente el efecto de las Tmax hacia fines de septiembre.

El RMSE del modelo fue de 0,124 unidades de rendimiento ajustado. Si bien esta es una variable adimensional, considerando los rendimientos de la serie (Fig 2), un Rtoaj de 0,124 sería equivalente a un rango de rendimiento real de 300 a 500 kg para el 2000 y 2021 respectivamente.

El NRMSE fue de 12,4% lo cual resulta muy favorable al compararlo con la revisión bibliográfica reportada por Hao y otros, (2021). Estos autores recomiendan, además de estos índices, calcular tanto la eficiencia del modelo (EF) como el índice de acuer-



F2 Figura 2: Rtoaj y rendimiento real del departamento Rosario.



do (d) como indicadores para evaluar el desempeño predictivo del modelo. En el presente modelo para el departamento Rosario, la EF equivale a 0,82 y el indicador d a 0,95 siendo también valores que se muestran muy favorables al compararlos con otros modelos publicados.

sión en la predicción de rendimiento. Asimismo, podrá evaluarse la extrapolación de este modelo a otros departamentos cercanos o eventualmente con otros más alejados empleando datos de otras estaciones meteorológicas.

Conclusiones

El modelo obtenido en el presente trabajo pudo estimar con bajo nivel de error los rendimientos ajustados por tendencia para el cultivo de trigo en el departamento Rosario. El mismo podrá ser utilizado para predecir los rendimientos en futuras campañas a partir de datos decádicos de radiación, temperatura y deficiencia de agua. En trabajos futuros se intentará validar y calibrar este modelo para analizar su preci-



Referencias

Di Rienzo, J., Casanoves, F., González, L., Tablada, E., Rienzo, D., Alejandro, J., Alicia, L., *et al.* 2008. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. UNED, San José (Costa Rica). <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&B1=Buscar&formato=1&cantidad=50&expresion=ESTADISTICA> (Accedido 16 octubre 2016).

Hao, S., Ryu, D., Western, A., Perry, E., Bogena, H., y Franssen, H. J. H. 2021. Performance of a wheat yield prediction model and factors influencing the performance: A review and meta-analysis. *Agricultural Systems*, 194. Elsevier Ltd.

Jozami, E., Montero, E., Coronel, A., Montero Bulacio, E., y Coronel, A. 2017. Temporal variability of ENSO effects on corn yield at the central region of Argentina. *International Journal of Climatology*.

Lo Valvo, P. J., Miralles, D. J., y Serrago, R. A. 2018. Genetic progress in Argentine bread wheat varieties released between 1918 and 2011: Changes in physiological and numerical yield components. *Field Crops Research*, 221: 314-321. Elsevier.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. 2022. Estimaciones agrícolas, Subsecretaría de Agricultura. <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones> (Accedido 7 abril 2022).

ORA. 2022. Oficina de Riesgo Agropecuario. http://www.ora.gob.ar/riesgo_fenologia.php (Accedido 26 junio 2022).

Serri, D. L., Meriles, J., Conforto, C., Pérez Brandan, C., Pastor, S., Grümberg, B., Luna, C., *et al.* 2018. Incorporación de trigo en la rotación agrícola: una herramienta para potenciar el funcionamiento del agroecosistema. *Argentina*, 36: 124-137. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672018000100008 (Accedido 28 junio 2022).