

Evaluación de potenciales pronósticos de rendimiento de cultivos en la provincia de Buenos Aires basados en variabilidad climática

Maisonnave Thomas^{1,*}; Hurtado Santiago I.^{2,3}; Aldeco Laura S.^{1,3}.

*Autor correspondiente: Thomasmaisonnave@gmail.com

¹ Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Buenos Aires, Argentina

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

³ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAG-UNLP). La Plata, Argentina.

Palabras clave: Rendimiento de los cultivos, Predicción, Variabilidad climática, ENOS

1) Introducción

Las predicciones del rendimiento de los cultivos son cada vez más esenciales para la toma de decisiones de los sectores agrícolas públicos y privados, ya que permiten a los agricultores realizar ajustes oportunos destinados a mejorar los resultados, contribuyendo directamente a la maximización del rendimiento. Los pronósticos de rendimiento estacional varían en función de sus escalas temporales y espaciales (Basso y otros, 2013), influyendo a diferentes niveles. Existen distintos tipos de modelos de rendimiento de cultivos, como los empíricos, los probabilísticos y los de aprendizaje automático (ML). En la modelización de cultivos, se suelen utilizar principalmente datos satelitales y de teledetección debido a las limitaciones espacio-temporales que restringen la utilidad de datos observados de estación para aplicaciones en tiempo real. No obstante, cabe destacar el trabajo de Thomasz y otros (2023) quienes desarrollaron un modelo de predicción de rindes basado en datos observados en la región pampeana. Argentina es un actor destacado en los mercados agroalimentarios internacionales y los cultivos primarios -soja, trigo y maíz- comprenden el 78% de la superficie cultivada del país, región dentro de la cual se encuentra la provincia de Buenos Aires. Por lo expuesto, el objetivo principal de este trabajo es evaluar distintos modelos ML para la prospectiva del rendimiento de los cultivos en función de la variabilidad climática en la provincia de Buenos Aires. Para ello, se utilizaron datos de estaciones meteorológicas terrestres, índices de forzamiento climático y series medias de rendimiento de cultivos a nivel comarcal.

2) Datos y Metodología

Los datos de rendimiento de girasol, maíz y trigo de 1981 a 2021 se obtuvieron de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca para todos los departamentos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Por otro lado, se utilizaron datos de 18 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional en la región de estudio. Otra entrada para los modelos son algunos índices climáticos mensuales, que se calcularon utilizando los datos de TSM de ERSSTv5. Los índices calculados son: el Modo Anular Austral (SAM), índices de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), el Dipolo del Océano Índico (IOD), el Índice del Atlántico Sur Tropical (TSA) y el Dipolo Oceánico del Atlántico Sur (SAODI). Se realizó un agrupamiento de las series temporales de rendimiento utilizando el método de K-means. Se desarrollaron modelos de predicción del rendimiento (alto, normal o bajo) para cada cultivo y región

utilizando dos tipos de datos como predictores: registros de estaciones meteorológicas e índices climáticos. Los modelos utilizados fueron: regresión lineal múltiple (MLR), regresión multinomial (MLogR), árbol de decisión (Tree), y ensamble (Mean). Para evaluar los modelos de predicción se implementó una validación cruzada «leave one out».

3) Resultados y discusión

Las regiones definidas para el cultivo de girasol (Figura 1) presentan una distribución que se alinea con las etapas fenológicas definidas por la Oficina de Riesgo Agropecuario. En contraste, las regionalizaciones para trigo y maíz no se alinean con sus etapas fenológicas, probablemente debido a otros factores que influyen en la agrupación de estos cultivos. Al computar las métricas de evaluación para cada cultivo y región se obtuvieron resultados como los mostrados en la Figura 2 (ejemplo para el trigo). Los resultados indicaron que MLogR y MLR fueron los modelos más efectivos, sin una preferencia clara entre las variables meteorológicas e índices climáticos como predictores. El rendimiento del girasol se predijo mejor utilizando modelos basados en estaciones en las regiones central y sur, destacando la importancia de la evapotranspiración y la precipitación durante el invierno y la primavera. Por el contrario, la región norte de girasol depende de los índices climáticos IOD y ENSO, que influyen en los patrones de lluvia y temperatura de la región. El rendimiento del maíz se pronosticó de manera efectiva utilizando índices climáticos en la región sur y modelos basados en estaciones en las regiones este y oeste, evidenciando la importancia del papel de la humedad del suelo y la temperatura durante las fases críticas de crecimiento (como la floración), lo cual es consistente con lo encontrado por Wang y otros (2019). En general, se encontraron casos con mejores predicciones utilizando los predictores de invierno o primavera, sugiriendo la importancia de las condiciones del suelo no sólo en la etapa de floración, sino también en los meses previos a la siembra (Anderson y otros, 2017).

4) Conclusiones

Esta investigación contribuyó a avanzar en el conocimiento sobre la predictibilidad del rendimiento de tres cultivos utilizando técnicas de Machine Learning. Se identificaron varios modelos con potencial uso operativo, aunque se necesitan más estudios para mejorar la precisión de los modelos para ciertos cultivos y zonas. Nuestros resultados destacan el gran potencial de aprovechar el conocimiento de la variabilidad climática para desarrollar y mejorar las herramientas de predicción del rendimiento de los cultivos.

Referencias:

- Anderson, W., Seager, R., Baethgen, W., & Cane, M., 2017.** Life cycles of agriculturally relevant enso teleconnections in north and south america. *International Journal of Climatology*, 37(8), 3297–3318.
- Basso, B., Cammarano, D., Carfagna, E., 2013.** Review of Crop Yield Forecasting Methods and Early Warning Systems. *First Meet. Sci. Advis. Comm. Glob. Strateg. Improv. Agric. Rural Stat.* 1–56.
- Thomasz, E. O., Corfield, K., Vilker, A. S., & Osman, M., 2023.** Forecasting soybean production to enhance climate services for Agriculture in Argentina. *Climate Services*, 30, 100341.

Wang, Y., Tao, H., Tian, B., Sheng, D., Xu, C., Zhou, H., Huang, S. and Wang, P., 2019. Flowering dynamics, pollen, and pistil contribution to grain yield in response to high temperature during maize flowering. *Environmental and Experimental Botany*, 158, 80-88.

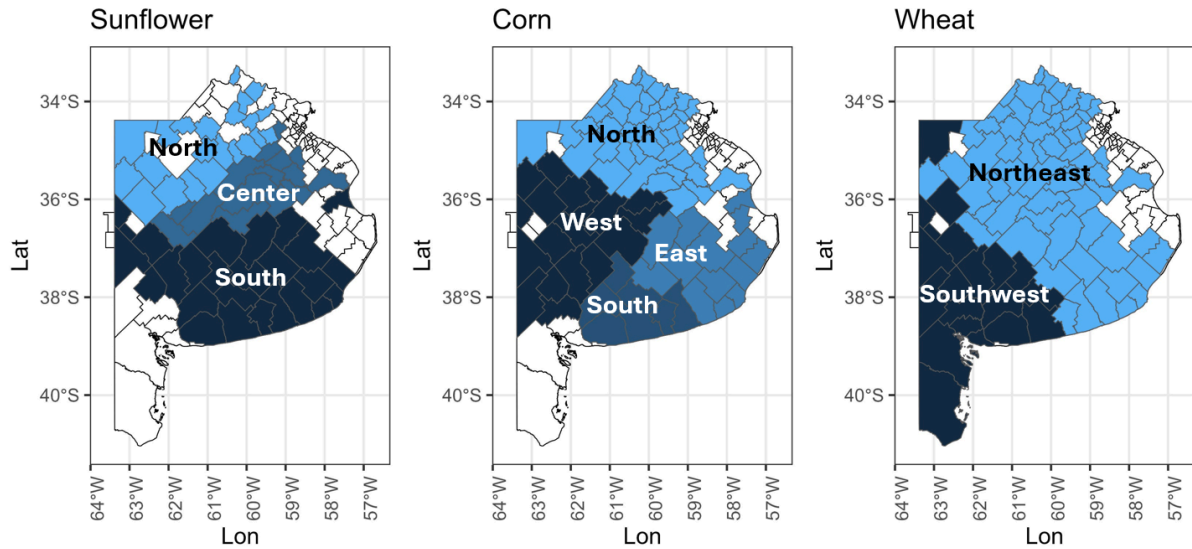


Figura 1. Regiones de rendimiento del girasol (panel izquierdo), maiz (panel central), y trigo (panel derecho). Obtenidos a partir de k-means sobre las series temporales de cada departamento.

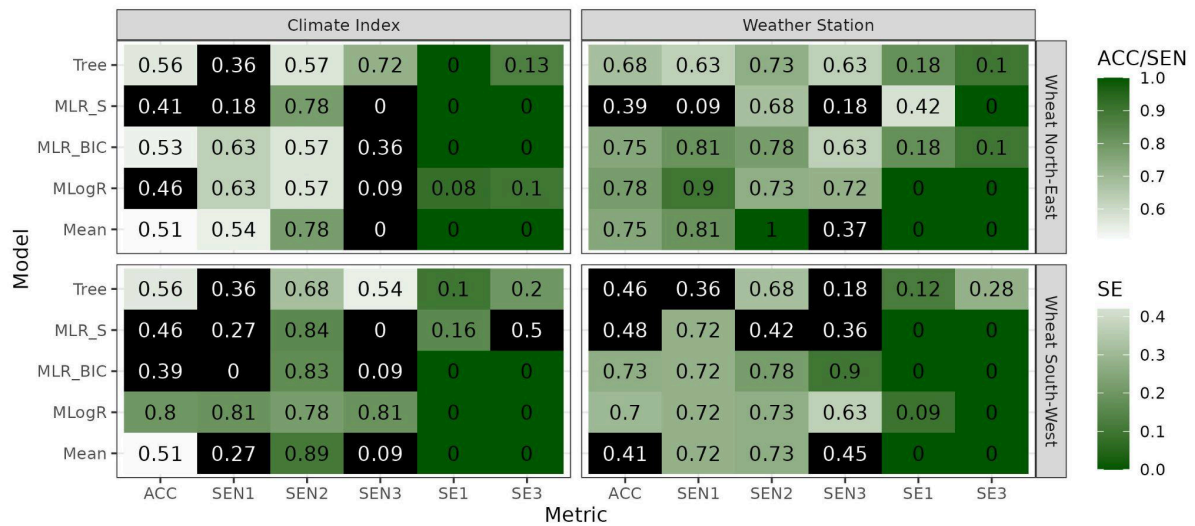


Figura 2. Métricas de evaluación (eje x) de cada modelo (eje y) para las distintas regiones del trigo.