

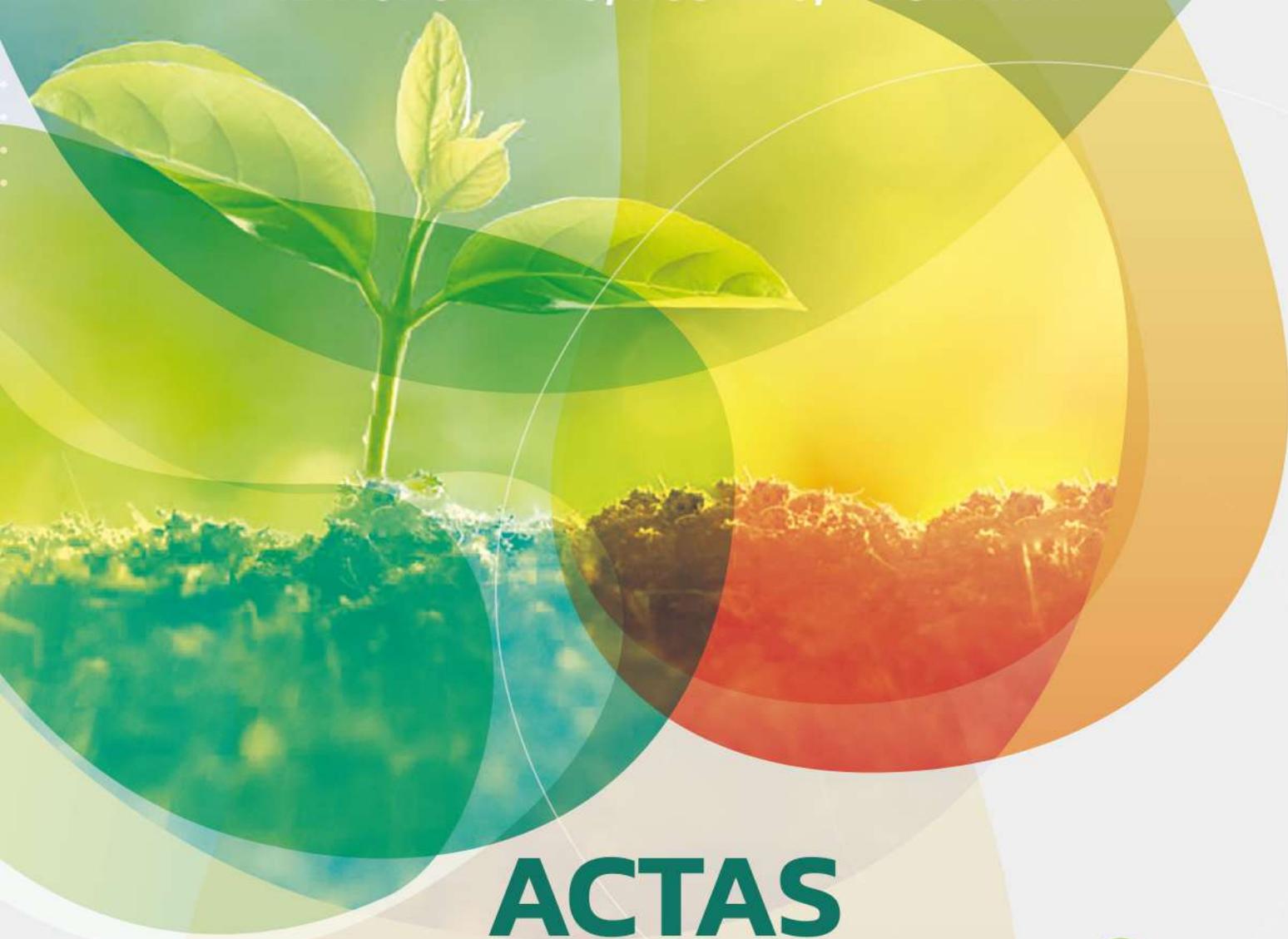


Simposio
Fertilidad 2023

AL GRAN SUELO ARGENTINO ¡SALUD!

10 Y 11 DE MAYO 2023

METROPOLITANO, ROSARIO, ARGENTINA



ACTAS

www.fertilizar.org.ar



FERTILIZAR
ASOCIACION CIVIL

Evaluación de la productividad agrícola en Argentina Brechas de rendimiento en maíz, soja, trigo y girasol

José F. Andrade¹ y colaboradores

¹ FAUBA

Introducción

En la última década, los análisis de brechas de rendimiento se han difundido debido a su capacidad para identificar el potencial de mejora en la producción agrícola y enfocar los estudios agronómicos en áreas específicas donde se encuentran brechas amplias. En este estudio, hemos utilizado una metodología basada en modelos de simulación de cultivos y datos reales de producción para estimar la brecha existente entre el rendimiento potencial y el rendimiento real alcanzado en las principales zonas productoras de soja, maíz, girasol y trigo en Argentina, un enfoque que ha sido aplicado en más de 70 países en todo el mundo (<http://www.yieldgap.org>).

El potencial de rendimiento (Y_p) de un cultivar bien adaptado está determinado por la concentración de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, la temperatura y la radiación solar en ausencia de limitaciones de agua, nutrientes, malezas, patógenos e insectos (Evans, 1993). Para cultivos de secano, el suministro de agua y las propiedades del suelo que influyen en el balance hídrico del cultivo determinan el potencial de rendimiento limitado por el agua (Y_w). Los rendimientos promedio en campos de productores suelen estar muy por debajo de Y_p (o Y_w) debido a factores que limitan y reducen el rendimiento, como la deficiencia de nutrientes, la competencia de malezas y el daño causado por insectos y enfermedades (van Ittersum y Rabbinge, 1997; Cassman, 1999). La diferencia entre Y_p (o Y_w) y el rendimiento del productor se conoce como brecha de rendimiento (Y_g). Como referencia, un productor con buen acceso a insumos, mercados y conocimientos técnicos podría alcanzar entre el 70 y 80% del Y_p (o Y_w) (Cassman et al., 2003). Más allá de este nivel, sería difícil lograr incrementos de rendimiento de manera rentable con las tecnologías existentes.

En este estudio, nuestro objetivo ha sido ampliar y actualizar la versión anterior de estudio de brechas de

rendimiento realizada en Argentina (Aramburu Merlos et al., 2015), incluyendo:

- Nuevos sitios de estudio, tanto en la frontera agrícola como en la zona núcleo de producción.
- Actualización de resultados en estaciones ya existentes.
- Inclusión del cultivo de girasol.
- Análisis discriminado en cultivos de maíz y soja según el tipo de planteo de producción (es decir, maíz temprano o tardío y soja de primera o de segunda).
- Estimación de área de influencia de napa y su efecto sobre los rendimientos simulados.

Metodología

El proyecto 'Global Yield Gap Atlas' (GYGA; <http://www.yieldgap.org>) utiliza un conjunto de pasos estandarizados para determinar las brechas de rendimiento. En primer lugar, se evalúa la distribución espacial de la superficie cosechada de cultivos. En este estudio utilizamos información espacial provista por GeoINTA y SPAM para los cultivos de maíz, soja, trigo y girasol en Argentina. Estos mapas se superponen a zonas climáticas (CZ) previamente definidas que comparten características climáticas similares, como el índice de aridez, la estacionalidad de las temperaturas y la suma térmica acumulada (van Wart et al., 2013). El siguiente paso consiste en identificar las CZ que cubren al menos 5% del total de la superficie nacional cosechada de cada uno de los cultivos estudiados y seleccionar estaciones meteorológicas dentro de esas zonas (Figura 1). Para tal fin, se utilizaron dos redes de estaciones meteorológicas: INTA y SMN, de las que se obtuvieron datos meteorológicos diarios para los últimos 30+ años, incluyendo temperatura máxima y mínima diaria y precipitación. Para complementar los datos de las estaciones meteorológicas, se utilizó NASA-POWER como fuente de datos de radiación solar incidente, ya que en la mayoría de las estaciones meteorológicas faltaban mediciones diarias de radiación solar.

Para seleccionar las estaciones meteorológicas se considera que el área de influencia que abarca un radio de 100 km alrededor de la estación, recortando esta área por los bordes de las CZ. Esta área alrededor de las estaciones meteorológicas se denomina 'buffer' y se seleccionan las que contienen más del 1% del área cosechada nacional para el cultivo en cuestión. En total, se seleccionaron 32 (maíz y soja), 26 (trigo) y 11 (girasol) buffers en función de la distribución del área de cultivo cosechada (Figura 2). El conjunto de buffers seleccionados para llevar adelante el estudio representa más del 70% del total de la superficie cosechada para cada uno de los cuatro cultivos, mientras que las CZ en las que se encontraban estos buffers representan al menos el 85% del área nacional. En resumen, el objetivo de este procedimiento estandarizado de GYGA es obtener datos de alta calidad y confiables para estimar las brechas de rendimiento en diferentes cultivos en una determinada región.

Las series de suelos dominantes en cada zona buffer se seleccionaron utilizando datos proporcionados por la División de Suelos de INTA. Para ello, se siguió un procedimiento de dos pasos: primero, se utilizaron mapas nacionales de suelos (1:50,000 o 1:500,000) para calcular el área de todas las series de suelos dentro de la zona de amortiguamiento. En segundo lugar, se seleccionaron 2-3 series de suelos dominantes para las simulaciones de cultivos en base al área relativa dentro de la zona buffer, la idoneidad del uso de la tierra y la preferencia de los agricultores por ciertas series de suelos para el cultivo de una determinada especie (por ejemplo, el maíz se cultiva típicamente en los mejores suelos). Los datos de suelo necesarios para las simulaciones de cultivos, como la profundidad del suelo, el valor de curva número de escorrentía, los límites inferior y superior para la retención de agua, etc., se derivaron de las descripciones de las series de suelos según Gijsman et al. (2003) y Dardanelli et al. (2003). La profundidad de enraizamiento se estableció en 2,4 m, basándose en Dardanelli et al. (1997, 2003), excepto para seis ubicaciones (Coronel Suarez, Tres Arroyos, Balcarce, Tandil, Azul y La Dulce) donde la profundidad de enraizamiento es limitada por una capa de tosca.

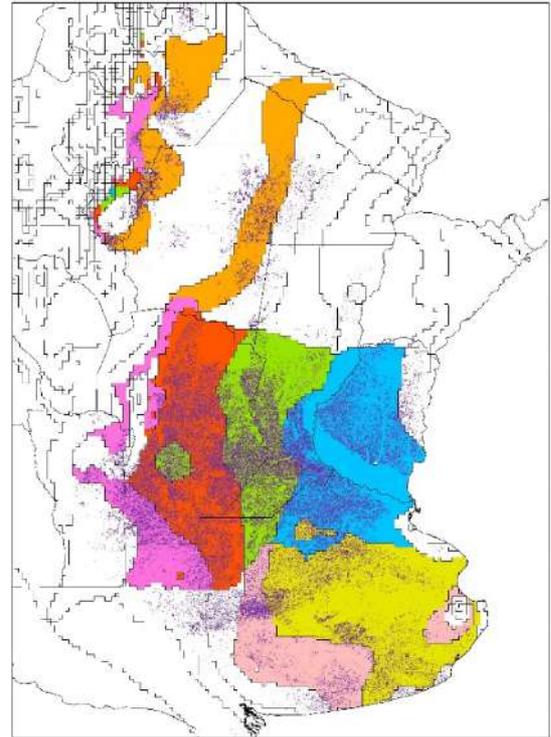


Figura 1. Zonas climáticas seleccionadas para maíz y soja (áreas coloreadas). Los píxeles coloreados reflejan el área de cultivo de soja en la campaña 2018/19 (GeoINTA).

Otro de los inputs necesarios para llevar adelante las simulaciones es la información del manejo a nivel sistema de cultivo. Esta se obtuvo consultando a especialistas locales (asesores, investigadores, extensionistas de diversas instituciones). Se solicitó información sobre las rotaciones de cultivos dominantes, las fechas de siembra más frecuentes, cultivares dominantes, y la densidad de siembra habitual y óptima. Los datos proporcionados fueron posteriormente corroborados por otros expertos locales y nacionales.

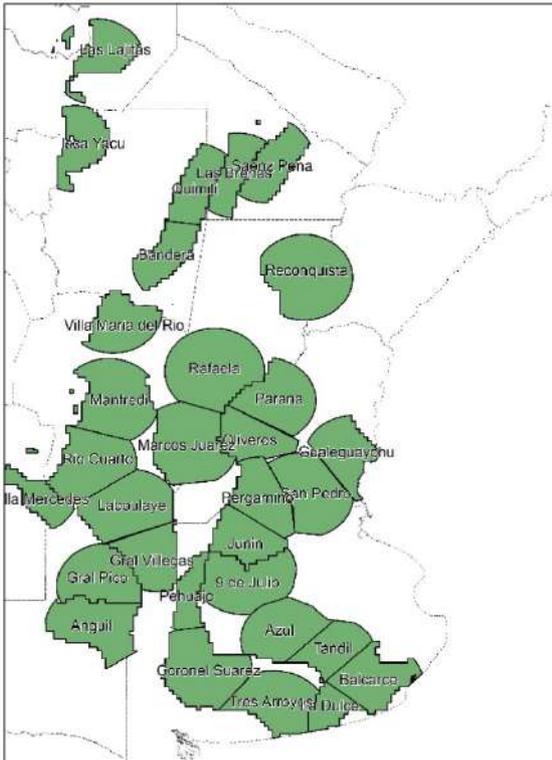


Figura 2. Zonas buffers seleccionadas para maíz y soja dentro de las zonas climáticas previamente seleccionadas. Asimismo, algunos buffers adicionales fueron incluidos en el análisis a pesar de encontrarse fuera de las zonas climáticas elegidas (por ejemplo, Anguil y Reconquista).

Se realizaron simulaciones de cultivares de uso general para cada buffer utilizando los modelos de maíz (CERES), trigo (CERES), girasol (CROPGRO) y soja (CROPGRO) incrustados en DSSAT v 4.7 (Jones et al., 2003; Hoogenboom et al., 2019) para un periodo de 20+ años (2000-2021). Los coeficientes genéticos fueron previamente derivados y validados por Monzón et al. (2007, 2012) y Rodríguez et al., (en revisión) en base a datos de experimentos de secano e irrigados. Para tener en cuenta las diferencias en el agua del suelo inicial en el momento de la siembra entre años, se simuló toda la secuencia de cultivos, asumiendo el 50% de agua del suelo disponible en el primer año de la serie, mientras que las campañas sucesivas tomaron el valor de agua disponible al final del cultivo antecesor y considerando las precipitaciones ocurridas durante el periodo de barbecho. En los buffers donde se incluyeron trigo, maíz y soja se simuló una rotación típica de ‘tercios’ compuesta por soja-trigo/soja de segunda-maíz. En todos los buffers se consideraron dos variantes para el maíz, fecha temprana (típicamente septiembre) y tardía (diciembre). Luego se

asignó un peso relativo a cada planteo por región según información recopilada por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires. En los buffers donde no se reportó una superficie relevante de trigo (ej., regiones NOA y NEA), se simuló una rotación soja-maíz, con maíz solo en fecha tardía (diciembre o incluso principios de enero). Además, en los buffers donde se incluyó girasol, también se simuló la rotación girasol-trigo/soja-maíz (La Pampa y Sur de Buenos Aires) con fecha de siembra de girasol en octubre. Mientras que en NEA se utilizaron dos rotaciones adicionales, una con fecha de siembra normal en girasol (fines de septiembre) girasol-maíz-soja (un cultivo por año) y otra con fecha de siembra temprana de girasol (10 de agosto) seguido de maíz en la misma campaña en una secuencia compuesta por girasol/maíz-soja (tres cultivos en dos años). Por último, se obtuvieron datos a nivel de distrito sobre el área de cultivo cosechada y los rendimientos promedio de cada cultivo del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de la República Argentina (<https://www.magyp.gob.ar/datosabiertos/>). Se utilizaron estadísticas de las últimas 8 temporadas de cultivo disponibles (2013/14 a 2020/21) para calcular los rendimientos promedio en cada buffer.

Resultados

Los resultados de estimación de brechas de rendimiento se encuentran en etapa de revisión final y serán presentados durante el Simposio Fertilidad 2023.

Referencias

- Cassman, K. G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96: 5952–9.
- Dardanelli, J.L., Bachmeier, O.A., Sereno, R., Gil, R., 1997. Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam Haplustoll. *Field Crops Res.* 54, 29–38.
- Dardanelli, J.L., Calmon, M.A., Jones, J.W., Andriani, J.M., Diaz, M.P., Collino, D.J., 2003. Use of a crop model to evaluate soil impedance and root clumping effects on soil water extraction in three Argentine soils. *Trans. ASAE* 46, 1265-1275.
- Evans, L. T. 1993. *Crop Evolution, Adaptation and Yield.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Gijsman, A.J., Jagtap, S.S., Jones, J.W., 2002. Wading through a swamp of complete confusion: how to choose a method for estimating soil water retention parameters for crop models. *Eur. J. Agron.* 18, 75–105.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J.,

- Ritchie, J.T.**, 2003. The DSSAT Cropping System Model. *Eur. J. Agron.* 18: 235–265.
- Monzon, J.P., Sadras, V.O., Abbate, P.A., Caviglia, O.P.**, 2007. Modelling management strategies for wheat-soybean cropping systems in the Southern Pampas. *Field Crops Res.* 101, 44-52.
- Monzon, J.P., Sadras, V.O., Andrade, F.H.**, 2012. Modelled yield and water use efficiency of maize in response to crop management and Southern Oscillation Index in a soil-climate transect in Argentina. *Field Crops Res.* 130, 8-18.
- van Ittersum, M. K., and R. Rabbinge.** 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research* 52: 197–208.
- van Wart, J., L. G. J. van Bussel, J. Wolf, R. Licker, P. Grassini, A. Nelson, H. Boogaard, J. Gerber, et al.** 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. *Field Crops Research* 143: 44–55.



FERTILIZAR

ASOCIACION CIVIL



FERTILIZAR.ORG.AR