



Fecha de siembra y espigazón para cultivares de trigo en INTA Reconquista

Pablo Eduardo Abbate (INTA Balcarce)
Ana Brach (INTA Reconquista)

22 de marzo de 2023



FECHA DE SIEMBRA Y ESPIGAZÓN POR CULTIVAR EN INTA RECONQUISTA

Pablo Eduardo Abbate ¹, Ana Brach ²

¹ INTA Balcarce, Buenos Aires, Argentina. abbate.pablo@gmail.com

² INTA Reconquista, Santa Fe, Argentina. brach.ana@inta.gob.ar

Documento digital 22-mar-2023

Introducción

En Argentina se ha generalizado la adopción del manejo de la fecha de siembra de trigo, consolidando que la fecha óptima es el resultado de la fecha de espigazón elegida y el ciclo del cultivar a sembrar. En la mayor parte de las localidades trigueras de Argentina la fecha óptima de espigazón (más precisamente de anthesis) es un compromiso entre el mayor rendimiento esperado al adelantar la fecha de espigazón y el mayor riesgo de daños por heladas (Abbate, 2017). Reconquista, departamento de General Obligado, Santa Fe, Argentina, no es una excepción a esa norma, tal como surge de las estimaciones de rendimiento sin (rendimiento potencial) y con estrés hídrico en función de la fecha de espigazón (Fig. 1a).

Por su parte, si se admite como razonable que en uno de cada 10 años la espigazón se produzca antes de la última helada, la fecha de espigazón en Reconquista no debería ser anterior al 1-sep (Fig. 1b). A esta fecha le corresponde a una probabilidad menor al 20% de daño por helada mayor o igual al 20%, o a una probabilidad menor al 30% de daño mayor o igual al 10% (Tabla 1). En la Tabla 1 se presentan probabilidades de daños para otras fechas de espigazón, puede observarse que la probabilidad de un porcentaje de daño se reduce con el retraso de la fecha de espigazón, pero si el retraso es mayor a 15 días, la pérdida de rendimiento por aumento de la temperatura y desmejoramiento de la situación hídrica generaría una pérdida de rendimiento mayor a la que produciría la eventual helada (Fig. 1a). Por lo tanto, para Reconquista, resulta razonable considerar como fecha óptima de espigazón entre el 1 y 15-sep. Esta fecha es independiente del ciclo del cultivar y poco variable con otras condiciones ambientales (fertilidad del suelo) y sanitarias, pero podría cambiar con las particula-

¹ Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Buenos Aires, Magister en Ciencias en Producción Vegetal y Doctor en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se desempeña como Investigador en Ecofisiología y Modelado del cultivo de trigo en el INTA Balcarce y como Profesor de posgrado varias facultades. Es miembro del Comité Técnico de Cereales de Invierno y responsable de la Red Oficial de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo pan de Argentina (RET) de INTA Balcarce. Es creador del sitio web cultivaresargentinos.com.

² Ingeniera Agrónoma y Magister en Producción Agropecuaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Se desempeña como Investigadora en Producción Vegetal en INTA Reconquista como evaluadora de germoplasma comercial e inédito y del manejo del cultivo de trigo enfocado a las demandas territoriales. Es responsable de la Red Oficial de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo pan de Argentina (RET) de INTA Reconquista.

ridades climáticas de cada año, de hecho, la fecha señalada es una fecha estimada en términos de probabilidad al considerar la variación climática.

Ahora bien, para establecer la fecha de siembra, luego de haber elegido la fecha de espigazón, se debe conocer el ciclo (días de siembra a espigazón) de cada cultivar. Una manera sencilla de resolver esto es estableciendo una relación entre la fecha de espigazón y la fecha de siembra. Hace ya varios años (Abbate *et al.* 1998) se encontró que, para la mayoría de los cultivares de trigo, esa relación es estable entre años para una misma localidad.

El objetivo del presente informe fue presentar las fechas de espigazón estimadas de distintos cultivares, para un rango de fechas de siembra, en Reconquista.

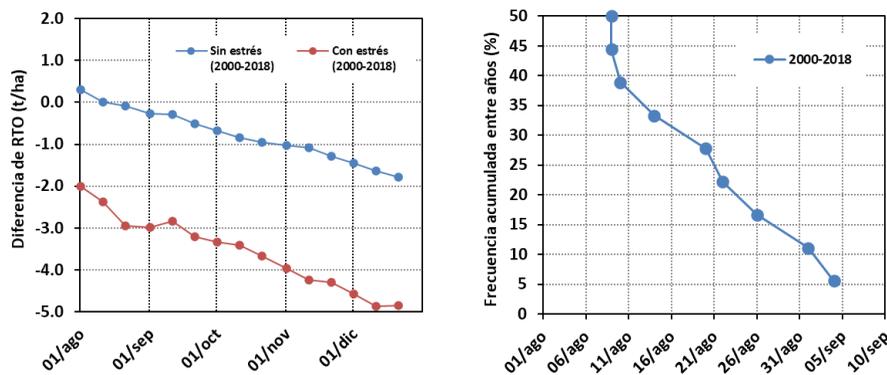


Fig. 1. (a) Diferencia de rendimiento (RTO) de trigo estimado para un cultivo sin estrés hídrico y con un estrés hídrico de 45%, a partir de la temperatura, la radiación y el déficit de presión de vapor, en función de la fecha de espigazón; el RTO de referencia es el estimado para el 1-sep. (b) frecuencias de helada tardía (temperatura mínima diaria en abrigo meteorológico < 0 °C); para la serie de años 2000-2018; según datos de la estación meteorológica de INTA Reconquista. Adaptado de Abbate y Brach (2020).

Tabla 1. Fecha de espigazón calculada por Abbate *et al.* (2021) por medio del modelo de Abbate y Martino (2019), para distintas probabilidades de daño por helada, a partir de los datos de la estación meteorológica de INTA Reconquista.

Prob.	Daño			
	≥40%	≥30%	≥20%	≥10%
<50%	02/ago	06/ago	13/ago	20/ago
<40%	08/ago	14/ago	17/ago	27/ago
<30%	12/ago	16/ago	22/ago	02/sep
<20%	18/ago	24/ago	01/sep	06/sep
<10%	28/ago	31/ago	08/sep	15/sep

Metodología

Los datos fueron obtenidos en ensayos fenológicos conducidos en INTA Reconquista (29°11' S, 59° 52' O, 50 m s.n.m.), departamento de General Obligado, Santa Fe, Argentina, entre los años 2001 y 2021 con la excepción de los años 2004 y 2005. Estos ensayos consistieron en la siembra de dos surcos de 2 m de largo de 26-110 cultivares en 2-14 fechas de siembra. En cada parcela se registró la fecha de inicio de espigazón cuando el 50% de las espigas comenzaron a mostrar espiguillas por arriba de la vaina de la hoja bandera. En esta zona la antesis de la espigas suele ocurrir entre 0 y 2 días luego de iniciada la espigazón.

No todos los cultivares ensayados fueron analizados, solo se incluyeron 83 cultivares comercializado (fiscalizados) durante las campañas 2021 y 2022, y con al menos dos años de evaluación. Con los datos de cada uno de los cultivares seleccionados, se realizó un ajuste de regresión lineal y cuadrático entre la fecha de espigazón (variable dependiente, y) y la de siembra (variable independiente, x), expresando ambas fechas como número de día del año (1 = 1-ene; 365 o 366 = 31-dic). Para cada regresión se calculó el error estándar de estimación de y (SEE) como:

$$SEE = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (\hat{y}_i - y_i)^2 / (n - p)}$$

donde n es el número de datos disponibles para cada variable y p es número de parámetros estimados (2 para la regresión lineal, 3 para la regresión cuadrática). La bondad de ajuste de cada modelo se evaluó mediante un test F entre de la reducción de la suma de cuadros de la regresión respecto de la suma de cuadrados de y (Draper y Smith, 1966). Todos los cultivares analizados presentaron uno o ambos modelos estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Cuando ambos modelos resultaron significativos, se los comparó mediante un test F, de la reducción de la suma de cuadros de la regresión entre el modelo cuadrático y el lineal; si la reducción resultó significativa se seleccionó el modelo cuadrático, de lo contrario se retuvo el modelo lineal.

A partir del modelo seleccionado, para cada cultivar, se estimó la fecha de espigazón en función de la fecha de siembra con intervalos de 15 días.

Resultados y discusión

Los 83 cultivares analizados presentaron un modelo lineal estadísticamente significativo ($P < 0.05$). En 11 de ellos, el modelo cuadrático resultó un mejor estimador que el modelo lineal. Cuando el mejor modelo fue el cuadrático, este resultó cóncavo respecto del origen de coordenadas, *i.e.* la pendiente de la función se redujo al incrementarse x . A su vez, el valor máximo de la función se dio en un valor mayor a los ensayados y estimados. En consecuencia, la fecha de espigazón se retrasó con el retraso de la fecha de siembra en todos los cultivares, si bien, en algunos cultivares, el retraso fue de menor magnitud (cantidad de día) en siembras tardías.

Los resultados se presentan es una Tabla (planilla Excel) como anexo.

Hay varias posibilidades de modificar el ordenamiento de los datos la Tabla a fin de encontrar los resultados que resulten de más interés a cada usuario. Aquí se comentan algunas posibilidades. Una posibilidad es utilizara los Filtros Rápidos de Excel para filtrar los datos, p.ej., por ciclo o grupo de calidad de los cultivares. Otra posibilidad es ordenar los datos según los valores de una o más columnas, p.ej. ordenar los cultivares por fecha de espigazón para una determinada fecha de siembra. De hecho, la Tabla está presentada con los cultivares ordenados por fecha de espigazón para siembra del 15-may.

Las fechas de espigazón de la Tabla se presentan con texto rojo si la fecha de espigazón estimada es anterior al 25-ago (fecha con alto riesgo de dato por helada) o posterior al 20-sep (fecha con alto riesgo de depresión de rendimiento)

Cabe preguntarse ¿por qué no establecer una relación basada en el tiempo térmico y/o el fotoperíodo en lugar de la relación fecha a fecha presentada? Una de las limitantes de las relaciones basadas en el tiempo térmico es que requieren evaluar la fenología de cada cultivar en distintas latitudes para obtener distintas condiciones térmicas con distintos fotoperíodos, en consecuencia, los datos obtenidos en Reconquista no serían suficientes para ajustar este tipo de relaciones. Otra limitante de las relaciones basadas en el tiempo térmico es que, al momento de la siembra, la temperatura a la cual estará expuesto el cultivo es una incógnita, que suele resolver promediando la fecha estimada para varios años o utilizando la temperatura media mensual o decádica. Por su parte, un modelo basado en relaciones fecha a fecha, construido con datos de varios años en una misma localidad, ya tiene incorporado el efecto de la temperatura de la localidad, y si hubiera un año térmicamente atípico se lo podría excluir del ajuste. De hecho, no hay antecedes de los modelos basados en el tiempo térmico que estimen la fenología mejor que los basados en relaciones fecha a fecha, cuando no se conoce la temperatura, es decir cuando se los utiliza *ex ante* con fines predictivos. Los modelos basados en el tiempo térmico son mejores cuando se los utiliza en estimaciones *ex post*, cuando se quiere estimar la fenología de situaciones pasadas a través de las temperaturas que se conocen y se tienen como dato de entrada. Por su parte, la limitación más importante de los modelos basados en relaciones fecha a fecha es que son poco extrapolable entre localidades, p.ej. la relación para un cultivar establecida en Reconquista no es de esperar que sea apropiada en Balcarce, pero es de esperar que los modelos ajustados en Reconquista sean aplicables en todo el norte de Santa Fe sin inconvenientes. Los altos grados de ajuste de los modelos presentados son una buena demostración de que los modelos fecha a fecha pueden ser útiles y fáciles de construir cuando se cuenta con los datos experimentas apropiados.

Conclusiones

Por medio de modelos lineales o cuadráticos se pudo establecer relaciones funcionales entre la fecha de espigazón en función de la fecha de siembra, para 83 cultivares comerciales en Reconquista. A partir de estos modelos fue posible estimar la fecha de espigazón de cada cultivar, en un rango equiespaciado de fechas de siembras.

Los resultados obtenidos (presentados en planilla Excel como anexo) podrán ser de utilidad optimizar la fecha de siembra de trigo en el norte de Santa Fe, particularmente en Reconquista.

Referencias

- Abbate L.I.; Abbate P.E.; Martino D.L.; Chávez Sanabria P.R.; Kohli M.M. 2021. Mapa de probabilidad de daño por heladas tardías en trigo y fecha de última helada de Argentina, Paraguay, Uruguay y sur de Brasil. Página web <https://cultivaresargentinos.com/trigo/heladas/>.
- Abbate P.E. 2017. Bases ecofisiológicas del manejo del cultivo de trigo en la región pampeana. Manual del cultivo de trigo. Ed. Divito A. y García F. O. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas Programa Latinoamérica Cono Sur (IPNI), Acassuso, Buenos Aires, Argentina. 33-52. ISBN: 978-987-46277-3-5. <https://t.ly/092Sb>
- Abbate P.E., Bariffi J.H. 1998. Días a espigazón de trigos del INTA en respuesta a la fecha de siembra en Balcarce. 4° Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata 10 al 12-nov-1998. <https://t.ly/gDyk>
- Abbate, P.E. y Brach, A.M. (2020). Efectos del cambio climático y del mejoramiento genético sobre el rendimiento de trigo en el Norte de Santa Fe en las primeras dos décadas del siglo XXI. *Agrotecnia* 29: 5-18. <https://t.ly/nwrl>.
- Draper N.R. y Smith H. 1966. The matrix approach to lineal regression. En: *Applied regression analysis*. John Willey & Sons (eds.). 44-65.
- Martino D.L., Abbate P.E. 2019. Frost damage on grain number in wheat at different spike developmental stages and its modelling. *European Journal of Agronomy*, 103. 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.10.010>