

## FECHA DE ESPIGAZÓN, TEMPERATURA Y COCIENTE FOTOTÉRMICO EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DE TRIGO



**Coll L. (1), Giéco L. (2)**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)  
 Estación Experimental Agropecuaria Paraná  
 1Departamento Producción  
 2Departamento Mejoramiento Vegetal

En Entre Ríos el rendimiento de trigo es inestable y esto amerita estudiar el acople de los procesos que generan el rendimiento con variables relacionadas con la oferta ambiental.

En este trabajo se analizan los efectos de la fecha de espigazón, la temperatura y el cociente fototérmico durante el periodo crítico en los rendimientos de trigo alcanzados en los últimos diez años.

En Entre Ríos el cultivo de trigo presenta una elevada variabilidad de los rendimientos promedios entre ciclos agrícolas (CV: 26 %, rendimiento promedio en Entre Ríos período 2000-2022, BOLSACER-SIBER, 2022), producto de diferencias en la oferta ambiental y la ocurrencia de enfermedades (Figura 1). Predecir la ocurrencia de epifitias o eventos extremos no es para nada simple, pero se puede planificar el cultivo de forma tal que pueda lograr el máximo aprovechamiento del ambiente.

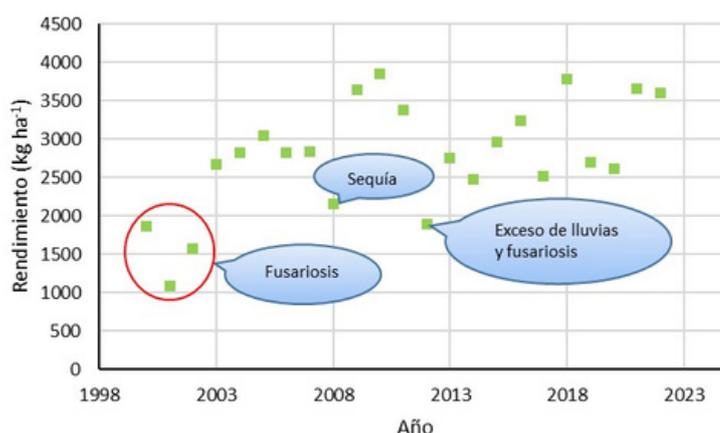


Figura 1. Rendimiento promedio de trigo en Entre Ríos durante el periodo 2000-2022, desarrollado a partir de datos de BOLSACER-SIBER (2022).

Los cultivos tienen un periodo crítico en el cual se deberían explorar las mejores condiciones ambientales para maximizar los rendimientos. En el trigo, ese periodo transcurre desde 20 días prefloración hasta 10 días postfloración (Fischer, 1985).

Un manejo que contemple una adecuada implantación, buena nutrición y el control de malezas, plagas y enfermedades permitirá que el cultivo llegue en buenas condiciones al periodo crítico.

La tasa de crecimiento durante este periodo es proporcional a la radiación, afectando el número de granos fijados, mientras que el incremento de la temperatura afecta el desarrollo del cultivo, reduciendo la duración del periodo crítico y el número de granos. Fischer (1985) propuso al cociente fototérmico (Q) como resumen del efecto de estas variables ambientales y ha sido un índice utilizado para caracterizar distintos ambientes de producción.

A nivel local, Milisich et al. (2004) sugirieron, para maximizar los rendimientos, anticipar las fechas de floración para que el periodo crítico ocurra con temperaturas mínimas bajas, ya que las temperaturas mínimas estuvieron correlacionadas negativamente con el Q. Además, en Australia, Flohr et al. (2017) han estudiado ventanas temporales óptimas para ubicar la floración del trigo en función del riesgo de heladas y la probabilidad de estreses hídricos o por calor.

El objetivo de este trabajo fue analizar la relación entre el rendimiento de trigo, la ubicación temporal de su periodo crítico y la variación de la temperatura y el cociente fototérmico en los últimos 10 ciclos agrícolas evaluados en la EEA Paraná del INTA.

### ¿Cómo se realizó el trabajo?

Se incluyeron en el análisis los datos obtenidos en los ensayos de la Red de Ensayos Territoriales (RET) de trigo con aplicación de fungicidas, entre 2012 y 2022, con la excepción de los datos de 2016, año en que no se condujeron ensayos con fungicidas. Se contó con datos de rendimiento de los cultivares de al menos dos ensayos de cada ciclo agrícola considerado (1ra y 3ra fecha de siembra, cultivares de ciclo largo e intermedio/corto, respectivamente).

De cada ensayo se consideró la fecha de plena espigazón (50 % de las espigas emergidas) y el rendimiento alcanzado por los cultivares.

Se analizaron inicialmente todos los cultivares implantados en los ensayos, y posteriormente se seleccionaron los 6 de mayor y menor rendimiento de cada ensayo para establecer la relación entre variables. Algunos cultivares fueron cambiando entre años.

Del Observatorio Agrometeorológico se consideraron: el registro de temperaturas medias durante el período crítico de cada cultivar y la radiación media diaria. Se estimó el cociente fototérmico durante el período crítico  $Q = R / T$ , donde: R: radiación solar media diaria ( $MJ m^{-2} día^{-1}$ ) y T: temperatura media del período menos  $4,5 °C$  (temperatura base aceptada para esta etapa del desarrollo) (Fischer, 1985).

Se realizó una valoración de los ciclos agrícolas (años) en función del rendimiento promedio obtenido y los principales factores limitantes que habrían afectado la expresión del potencial de rendimiento. Se establecieron las relaciones entre las variables consideradas mediante análisis estadísticos de regresiones y correlaciones.

### El rendimiento y la ubicación temporal del período crítico

Al analizar los rendimientos de trigo de los últimos 10 años no surge claramente una tendencia que explique la variación del rendimiento en función de la fecha de espigazón (Figura 2). No obstante, cuando se analiza separadamente cada año se pueden ver tendencias y niveles de rendimiento disímiles entre años.

Factores como excesos o déficits de lluvias, estreses por calor o epifitias como fusariosis de la espiga o de roya del tallo (escasamente controladas por los fungicidas aplicados) determinaron que algunos años sean de menores rendimientos y que la relación entre el rendimiento y la fecha de espigazón sea diferente a la de aquellos años en los que se alcanzaron mayores rendimientos (Figura 3).

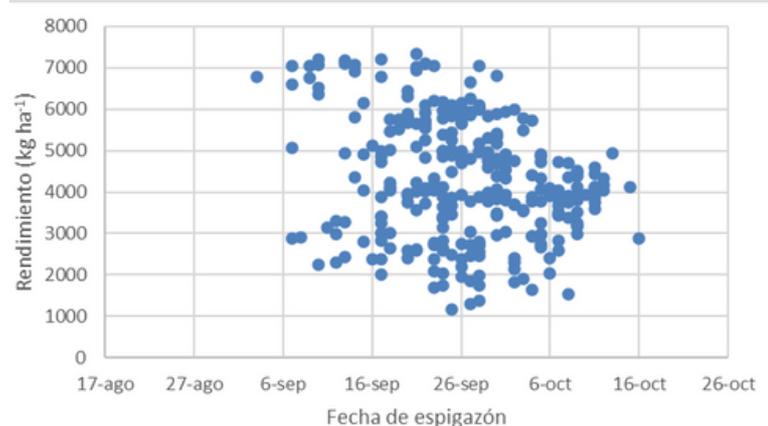


Figura 2. Rendimiento de trigo en función de la fecha de espigazón en los últimos diez ciclos agrícolas evaluados en la EEA Paraná del INTA.

Los ciclos agrícolas 2012, 2013, 2014 y 2017 pueden considerarse “años de bajos rendimientos (<4000 kg ha<sup>-1</sup>; Figura 3b)” y 2015, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 como “años de altos rendimientos (>4000 kg ha<sup>-1</sup>; Figura 3a). En los años de altos rendimientos, tanto los mejores cultivares como los peores parecen reducir su rendimiento con el retraso de la fecha de espigazón mientras que en los años malos esa tendencia varía y parecen ser otros factores los que regulan el rendimiento en vez del momento de ocurrencia del periodo crítico.

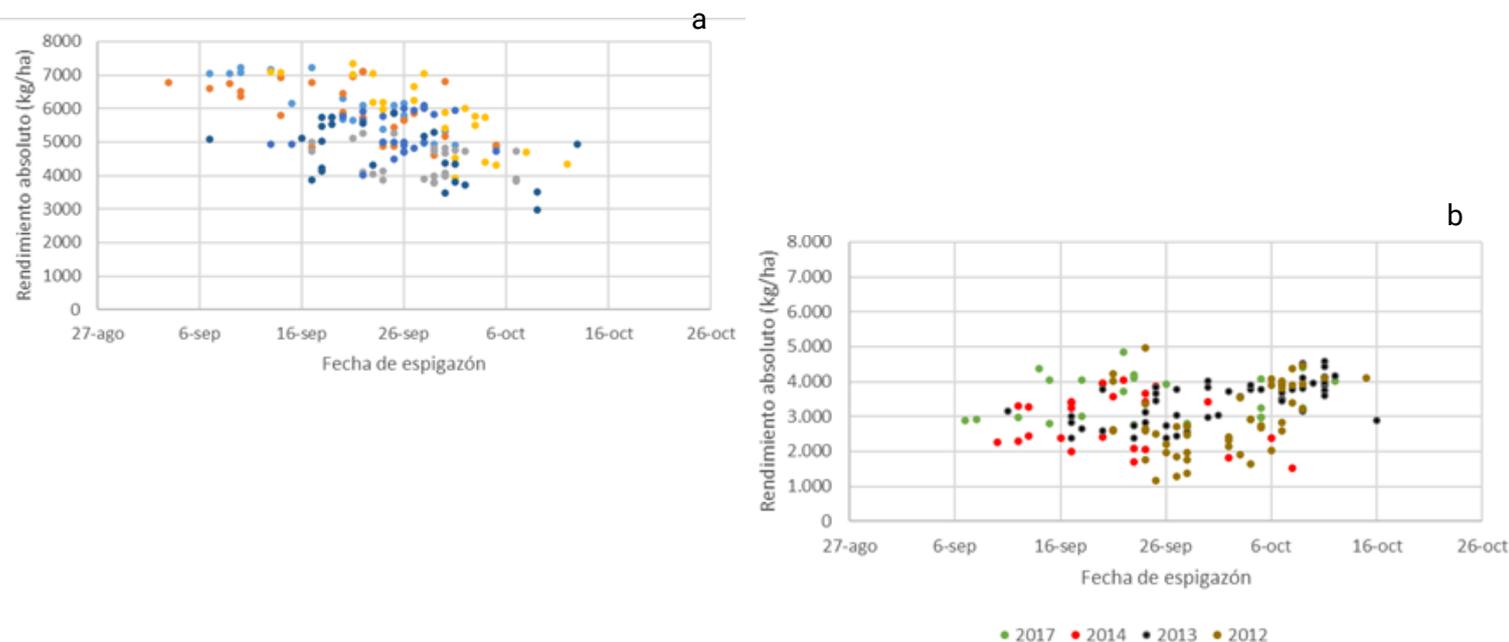


Figura 3. Rendimiento de trigo en función de la fecha de espigazón en años de altos rendimientos (a) y de bajos rendimientos (b) en la EEA Paraná del INTA.

En aquellos años en los que la recarga otoñal de humedad del perfil de suelo fue adecuada y las enfermedades como la fusariosis de la espiga no constituyeron factores determinantes del rendimiento fue posible encontrar una relación que explicó la variación del rendimiento de trigo en función de la fecha de espigazón. En la Figura 4 se puede ver un modelo en el cual un retraso de la fecha de espigazón produce una reducción del rendimiento relativo de trigo de 0,6 % por cada día de atraso hasta el 30 de septiembre, mientras que a partir de esa fecha cambia la tasa de reducción del rendimiento a 1,8 % por día ( $p < 0,01$ ). Esta relación no contempla floraciones demasiado prematuras, producto de una incorrecta combinación de la fecha de siembra y el ciclo del cultivar, que expongan al cultivo a heladas que podrían afectar el rendimiento.

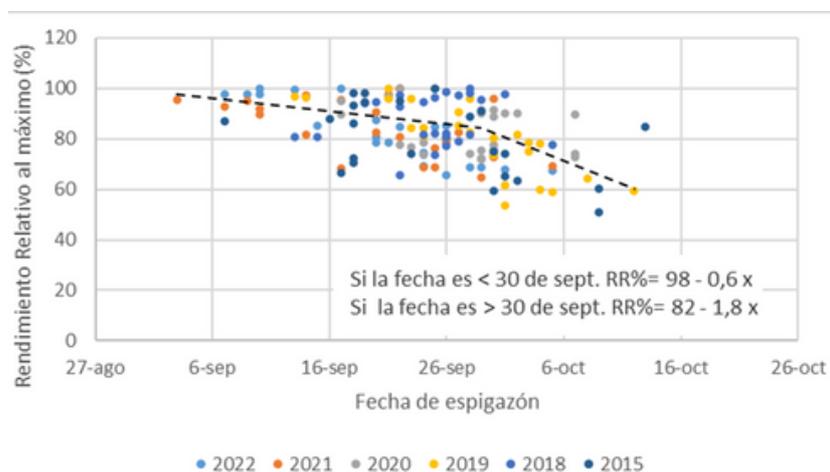


Figura 4. Rendimiento de trigo relativo al máximo en función de la fecha de espigazón en los ciclos agrícolas 2015, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 en la EEA Paraná del INTA.

### La fecha de espigazón y la evolución de la temperatura y la radiación

Al analizar la relación entre la temperatura media y el cociente fototérmico durante el periodo crítico y el rendimiento (Figura 5) se encontró que sólo en “años de altos rendimientos” hubo correlación estadísticamente significativa ( $r = -0,32$  y  $r = 0,2$ , respectivamente). En los “años de bajos rendimientos” no hubo correlación con estas variables probablemente porque las limitantes sanitarias o las provocadas por el estrés hídrico fueron determinantes del rendimiento alcanzado.

Además, en los “años de altos rendimientos” el atraso en la fecha de espigazón no sólo redujo el rendimiento del cultivo, sino que también estuvo correlacionado con el aumento de la temperatura media durante el periodo crítico ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,0001$ ). Probablemente aquellos cultivares que espigaron más tarde vieron reducida la duración de su periodo crítico y en consecuencia su crecimiento, debido a las mayores temperaturas durante esa etapa. En cambio, la reducción del Q con el retraso de la fecha de espigazón no alcanzó significancia estadística.

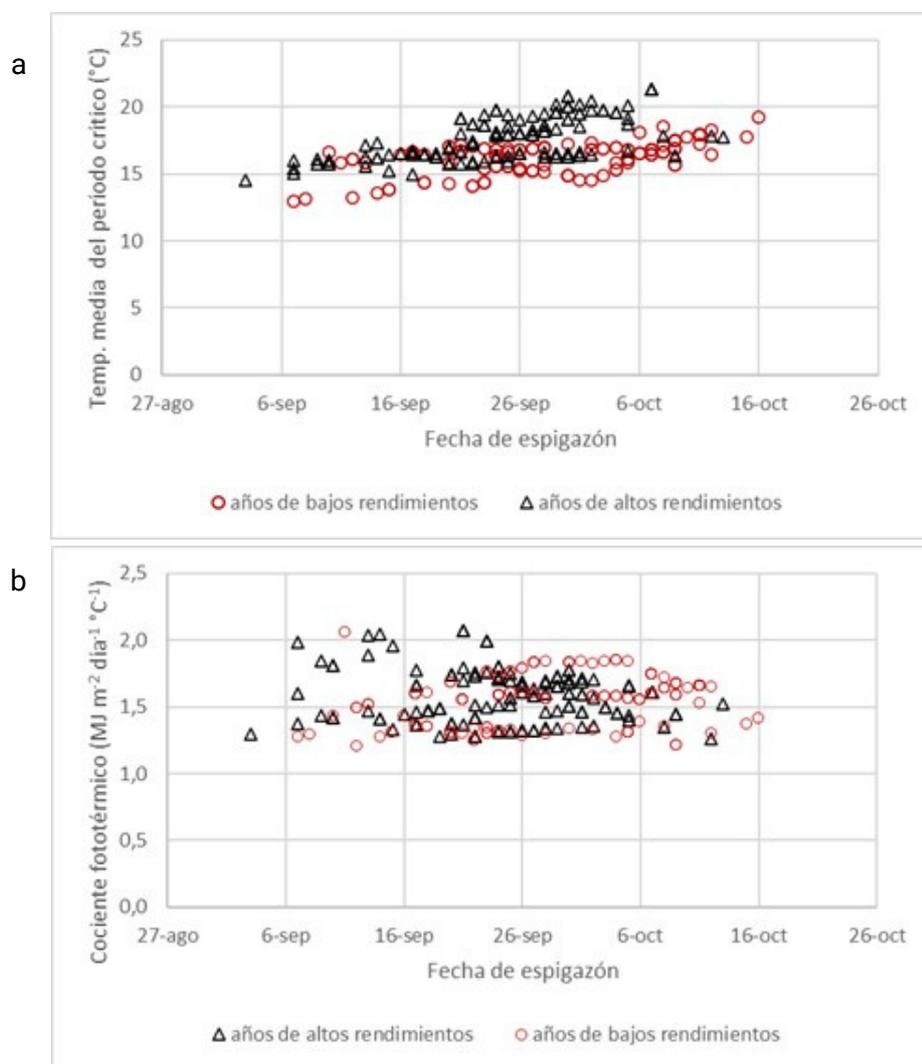


Figura 4. Temperatura media (a) y cociente fototérmico (b) durante el periodo crítico de trigo (20 días preespigazón hasta 10 días postespigazón) en la EEA Paraná del INTA (2012 hasta 2022). Años de altos rendimientos: rendimientos por encima de 4000 kg ha<sup>-1</sup>; años de bajos rendimientos: rendimientos por debajo de 4000 kg ha<sup>-1</sup>

Cabe destacar que este análisis sólo contempla el período crítico para la definición del número de granos, principal componente del rendimiento de trigo, sin considerar que ocurrió con la temperatura y la radiación durante el llenado de los granos. Además, sería interesante complementar este tipo de análisis con otros que, mediante el uso de modelos de simulación de cultivos, permitan explorar una serie de años más larga.

## Comentarios finales

En los ciclos agrícolas con mejor ambiente para la expresión del rendimiento potencial, éste se reduciría en función del atraso en la fecha de espigazón, resultando este efecto más marcado a partir de plena espigazón en octubre. En los peores ambientes (por estreses bióticos y abióticos) no se estableció esta relación, siendo probablemente otros factores los determinantes del rendimiento.

## Referencias

BOLSACER-SIBER 2022. Informe producción de trigo - campaña 2020/21.

<https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?id=1345>

FLOHR B.M., HUNT J.R., KIRKEGAARD J.A. and J.R. EVANS 2017. Water and temperature stress define the optimal flowering period for wheat in south-eastern Australia. *Field Crops Research*, 209, 108-119.

FISCHER R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *The Journal of Agricultural Science*, 105(2), 447-461.

MILISICH H., CAVIGLIA O.P. y J.H. SALUSO 2004. Evaluación de las relaciones entre el rendimiento de trigo y variables sanitarias y ambientales. VI Congreso Nacional de Trigo. Actas de congreso 1. p. 71-72.

**Para más información:**  
[coll.leonardo@inta.gob.ar](mailto:coll.leonardo@inta.gob.ar)