

¿QUÉ IMPACTO TIENEN LAS VARIABLES DE MANEJO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TRIGO EN ENTRE RÍOS?

J. M. Pautasso. AER INTA Diamante. INTA EEA Paraná

En el presente trabajo se sintetizan las principales variables de manejo del cultivo de trigo. Para poder ordenarlas se utilizó una medida muy sencilla: la respuesta del cultivo a cada una de ellas.

El trigo es el principal cultivo de invierno en la región. A nivel nacional y en los últimos años, se implantó en una superficie que varió entre 6 y 7 millones de hectáreas. La superficie sembrada en Entre Ríos en promedio es de 350 mil ha, lo que representa el 6% de la superficie nacional (BCER, 2020; MAGyP, 2020).

El manejo de los cultivos, en general, debe realizarse siguiendo las mejores prácticas, basadas en principios científicos probados.

El objetivo del presente trabajo es sintetizar el impacto de las principales prácticas que explican el rendimiento del cultivo de trigo, tomando como indicador la respuesta del cultivo.

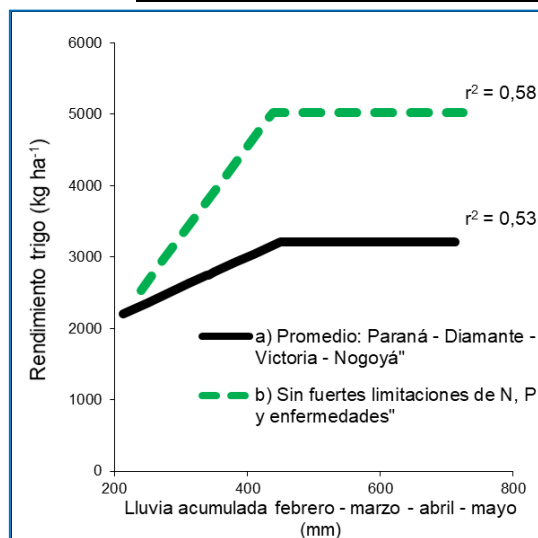
¿Sobre qué variables se midió la respuesta y cómo?

Se analizó el efecto de las lluvias de otoño, la fertilización, la elección de cultivares; el cultivo antecesor, las enfermedades y el uso de “bioinsumos” sobre el rendimiento de trigo. Para ello se realizó una revisión de trabajos realizados por profesionales de la EEA INTA Paraná y una síntesis de ensayos realizados por la Agencia del INTA Diamante.

Para unificar los efectos de las tecnologías y verlas en conjunto se calculó la respuesta en rendimiento, como la diferencia entre el uso o no de una determinada tecnología. Cada comparación cuenta con su respectivo “valor p” estadístico, mientras más cerca de 0 se informa se concluye que las diferencias medidas en dicha comparación son más significativas y por lo tanto la tecnología que se está evaluando es de alto impacto. Se realizaron análisis de varianza y contrastes para comparar las medias, utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2019 (Di Rienzo *et al.*, 2019).

¿Qué resultados se obtuvieron?

1. Impacto de las lluvias de otoño:



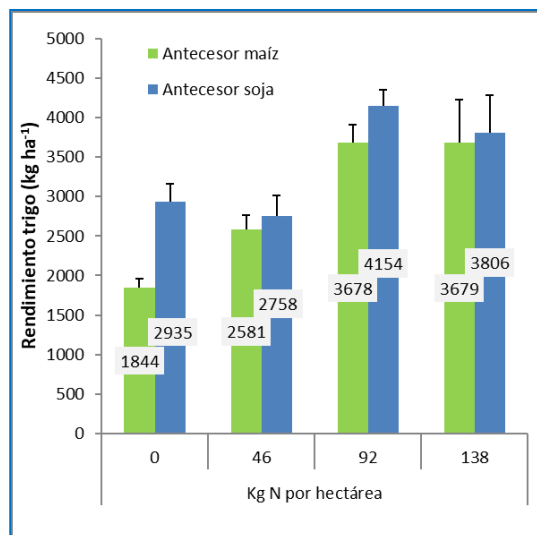
Base de datos: **a)** Bolsa de Cereales de ER, tanto para las lluvias como para los rendimientos de trigo. Se analizaron todos los ciclos agrícolas desde el 2003 hasta el 2019, con 2 excepciones de los ciclos agrícolas 2012 y 2014 que fueron afectadas fuertemente por enfermedades (BCER; 2020); **b)** AER INTA Diamante: datos de rendimiento del cultivo de trigo de 25 ensayos donde el cultivo creció con suficiencia de nutrientes (N y P) y buen manejo de enfermedades.

Impacto: cuando el agua fue limitante, un mejor manejo del resto de las variables se tradujo en un incremento del rendimiento en 422 kg de trigo por hectárea; mientras que cuando el agua no limitó el rendimiento, el incremento promedio fue de 1947 kg de trigo por hectárea (Figura 1).

Figura 1: Rendimientos en función de las lluvias.

Milisich *et al.* (2006) informan que una buena recarga del perfil del suelo durante el otoño, sumado a bajas precipitaciones durante el período crítico de crecimiento de la espiga, son las condiciones ambientales más favorables para obtener altos rendimientos de trigo en Entre Ríos.

2. Impacto del cultivo antecesor:



Base de datos: 17 ensayos realizados por la AER INTA Diamante (9 sobre soja y 8 sobre maíz) durante 4 ciclos agrícolas.

Impacto: cuando el antecesor fue soja, el trigo rindió 497 kg por hectárea más en relación al antecesor maíz. Esta diferencia se redujo a 300 kg por hectárea cuando se utilizó fertilizante nitrogenado (Figura 2).

Los mayores rendimientos obtenidos con antecesor soja pueden explicarse, en parte, por la dinámica del N: la disponibilidad de nitrógeno en un suelo para un determinado cultivo varía en función de la cantidad mineralizada e inmovilizada durante la descomposición de los residuos de la cosecha anterior, encontrando mayor cantidad de nitrógeno disponible cuando el rastrojo presente es soja frente a maíz (Studdert, 1999).

Figura 2: Rendimientos de trigo en función del agregado de nitrógeno y el cultivo antecesor.

3. Impacto del ciclo y del cultivar:

Base de datos: se utilizó información de la “Red de Ensayos Comparativos de Cultivares de Trigo” de la localidad de Paraná, seleccionando los 6 últimos ciclos agrícolas (2014-2019) y dentro de estos los cultivares que al menos se repetían por tres años. Se considera ciclo largo (CL) a los cultivares de ciclo largo e intermedio largo y como ciclo corto (CC) a los cultivares de ciclo corte e intermedio corto.

Impacto: para el conjunto de los datos los cultivares de CL (n = 58) rindieron 126 kg por hectárea más que los CC (n = 54); pero si comparamos los 15 mejores cultivares de CL versus las 15 mejores de CC la diferencia se incrementa a 229 kg de trigo por hectárea (Figura 3).

Con respecto a los cultivares, el simple hecho de elegir “entre los mejores” tuvo un impacto alto en incremento de rendimiento de 747 y de 1040 kg de trigo por hectárea para los CC y CL, respectivamente.

Esta variable tiene un alto impacto y las mejoras obtenidas por los semilleros es una información de muy sencillo acceso y sin costo (INASE, 2020).

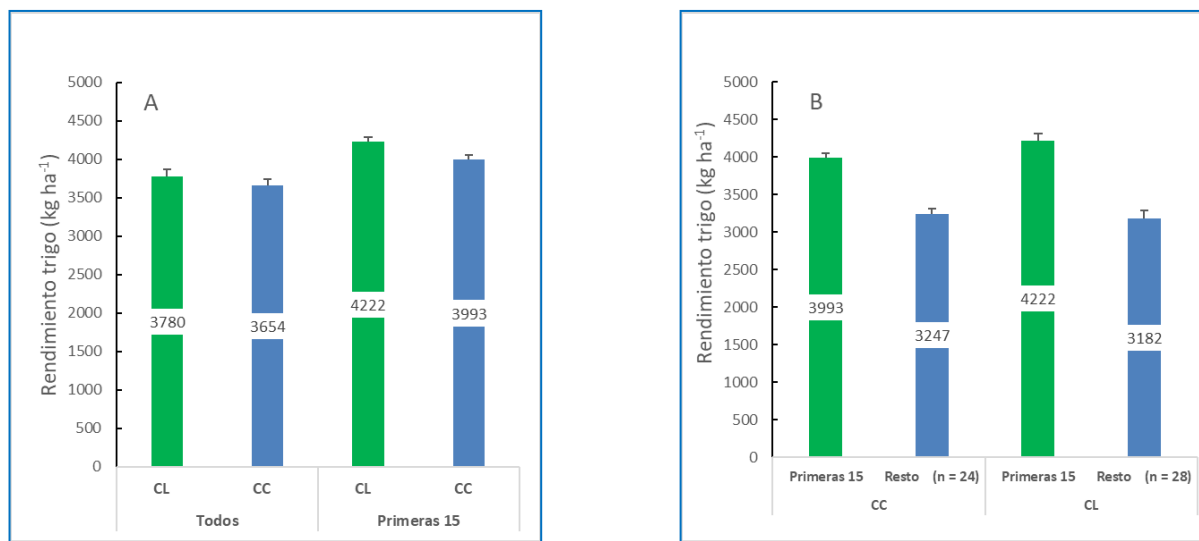


Figura 3: Rendimiento de trigo en función: A) del ciclo; B) del potencial de las variedades.

4. Impacto de las enfermedades foliares:

Base de datos: Para estimar el efecto de las enfermedades foliares se evaluaron 15 ensayos durante 4 ciclos agrícolas realizados por la AER INTA Diamante: 3 sobre trigos susceptibles a roya (S), 8 sobre trigos moderadamente susceptibles (MS) y 4 sobre trigos con reacción de resistencia a roya (R). Los ensayos consistían en aplicaciones de fungicidas en hoja bandera con enfermedad presente en niveles dentro de los umbrales recomendados comparados con testigos sin tratar. Las enfermedades presentes fueron roya amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*) y roya anaranjada (*Puccinia triticina*).

Para valorar el impacto del momento de la aplicación de fungicidas, se analizaron dos ensayos instalados en un ciclo agrícola, en cultivares S, con presencia de roya anaranjada, donde se realizó la aplicación en Z37 (hoja bandera visible) y en momento tardío: Z75 (grano lechoso).

Impacto: la respuesta a la aplicación de fungicidas dependió del perfil sanitario (tipo de reacción frente a roya) y tuvo un rango entre 269 y 1362 kg de trigo por hectárea (Figura 4).

Al comparar los dos momentos, la respuesta a la aplicación realizada en momento óptimo fue de 934 kg de trigo por hectárea, mientras que el retraso en la aplicación no generó incrementos en el rendimiento (Figura 5).

El potencial productivo de trigo es el resultado de una interacción entre factores bióticos y abióticos, siendo las enfermedades foliares las principales restricciones bióticas que reducen el rendimiento del cultivo por la disminución de la eficiencia de interceptación y el uso de la radiación en la etapa de definición del número y del peso de los granos (Serrago et al., 2004).

Existen cultivares de gran potencial, pero que requieren de la aplicación de fungicidas en momentos donde las enfermedades no han comprometido el área foliar para obtener altos rendimientos.

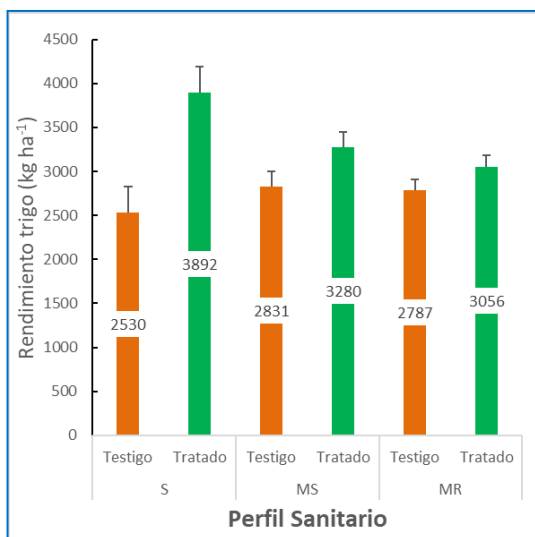


Figura 4: Rendimiento de trigo en función del perfil sanitario y de la aplicación fungicidas.

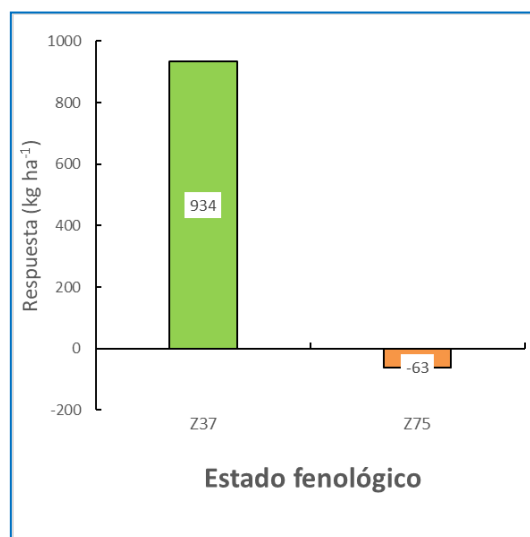


Figura 5: Respuesta al uso de fungicidas en función del momento de aplicación.

5. Impacto del uso de bioinsumos:

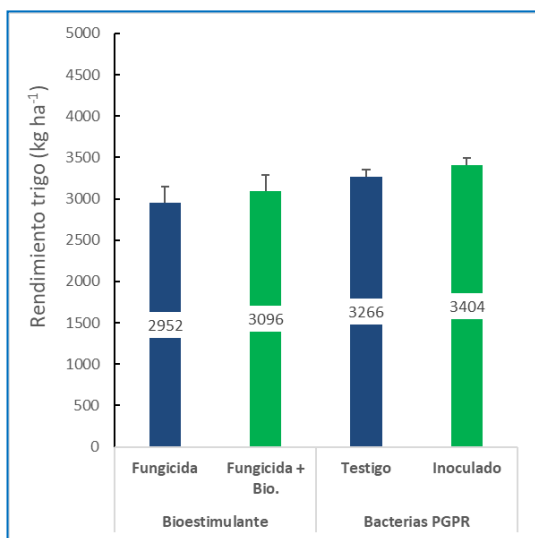


Figura 6: Rendimiento de trigo en función del agregado de bioinsumos.

Base de datos: Para estimar el efecto del uso de bioestimulantes (a base de aminoácidos) se analizaron 5 ensayos durante 2 ciclos agrícolas; y para bacterias promotoras de crecimiento (PGPR), 2 ensayos durante 2 ciclos agrícolas. Los ensayos fueron realizados por la AER INTA Diamante. Los bioestimulantes fueron incorporados junto con los fungicidas foliares y las bacterias PGPR junto a los terápico de semillas.

Impacto: el impacto tuvo magnitudes similares para ambos insumos (alrededor de 140 kg de trigo por hectárea) (Figura 6).

El uso de bioinsumos tiene un crecimiento estimado en el mercado global de 12% por año, y su efecto se relaciona con un incremento en la tolerancia y recuperación de los cultivos al estrés abiótico (Calvo et al.; 2014), siendo un complemento muy apropiado para fitosanitarios que controlan adversidades bióticas.

6. Impacto del diagnóstico de fertilidad y de la fertilización:

Base de datos: A partir de ensayos de fertilización en el cultivo de trigo realizados por la AER Diamante durante 10 ciclos agrícolas, se obtuvo un modelo de fertilización que se está validando a campo: durante los dos últimos ciclos agrícolas, se contrastó el uso del modelo con el manejo del productor, en 30 lotes de producción (Figura 7).

El modelo se definió a partir de numerosos ensayos realizados en la región en diferentes campañas estimando la respuesta a los siguientes nutrientes: para nitrógeno (N): 27 ensayos durante 10 años y para

fuentes de N: 6 ensayos durante 4 campañas; para fósforo (P): 30 ensayos durante 7 campañas y para fuentes de P: 3 ensayos durante 2 campañas; para azufre (S): 10 ensayos durante 5 campañas.

Impacto: el impacto del uso de un diagnóstico de fertilización generó un aumento de 337 kg de trigo por hectárea.

La respuesta al agregado de N fue de 1334 kg de trigo por hectárea, el uso de CAN (nitrato de amonio) frente a urea incrementó el rendimiento en 91 kg por hectárea. El agregado de P produjo un aumento promedio del rendimiento de 544 kg por hectárea, pero al separar los ensayos con niveles de P Bray por encima y por debajo de 15 ppm las respuestas a la fertilización fueron de 163 y 707 kg de trigo por hectárea respectivamente; al ensayar fuentes “tradicionales” superfosfato triple (SFT) o fosfato diamónico (FDA) frente a otras fuentes con polifosfatos de amonio, no se registró un beneficio por el uso de estas últimas. El agregado de S generó un aumento de 189 kg de trigo por hectárea (Figura 8).

El diagnóstico de fertilidad, basado en la información del análisis de suelos tendría que ser interpretado y utilizado agrónomicamente para poder proveer de los nutrientes limitantes a los cultivos. La utilidad principal del análisis de suelos, radica en diagnosticar adecuadamente la disponibilidad de nutrientes que requieren los cultivos, y en base a la información y calibraciones locales disponibles, hacer mejores recomendaciones de fertilización y un uso racional de los fertilizantes (Barbazán y García, 2015).

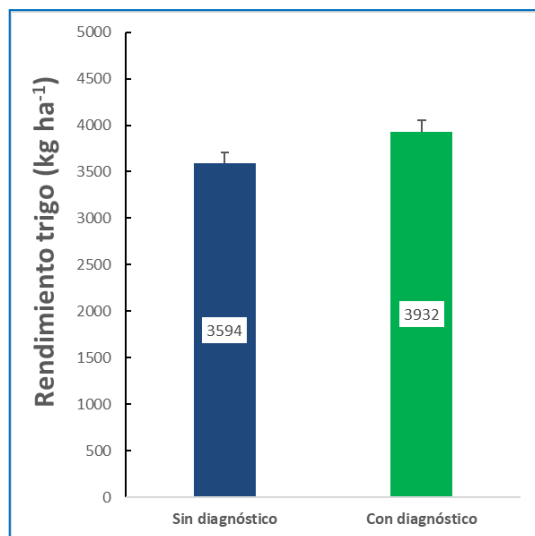


Figura 7: Rendimiento de trigo en función del uso o no de diagnóstico de fertilidad.

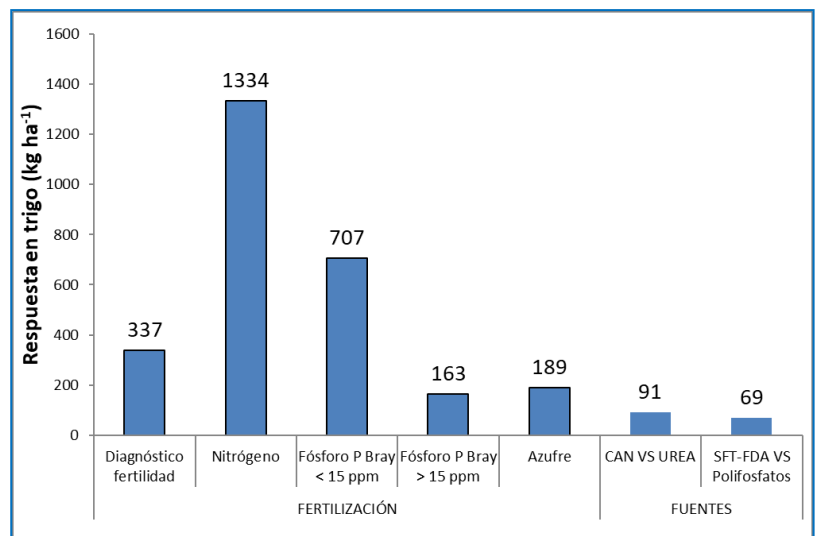


Figura 8: Respuesta en trigo en función del agregado de nutrientes.

Síntesis y consideraciones finales:

En la figura 10 y tabla 1, se resume la respuesta en kilogramos de trigo por hectárea a las diferentes prácticas de manejo descritas anteriormente.

Si bien fueron estudiadas e informadas una gran cantidad de variables, sólo la mitad de ellas generan incrementos importantes y significativos al rendimiento; entre las que se encuentran: situación hídrica de la campaña, elección de variedades con potencial, uso correcto de fungicidas, cultivo antecesor y un correcto diagnóstico de fertilización.

Productores y técnicos podrán utilizar esta información para ponderar cuáles son las variables a las que se les debe dar mayor atención con el objetivo de maximizar la producción de trigo cada año.

Es recomendable que ésta información se valide en el tiempo, por múltiples razones: la mejora genética es un fenómeno dinámico, la extracción de nutrientes del suelo por parte de los cultivos, puede generar deficiencia en nutrientes, haciendo variar su disponibilidad en el tiempo, algunos insumos mejorarán su eficacia (por ejemplo, los bioinsumos), las enfermedades mutan campaña tras campaña... Por otro lado, impactos de poca magnitud, si son realmente causados por la variable de estudio, serán significativos estadísticamente al aumentar los ensayos.

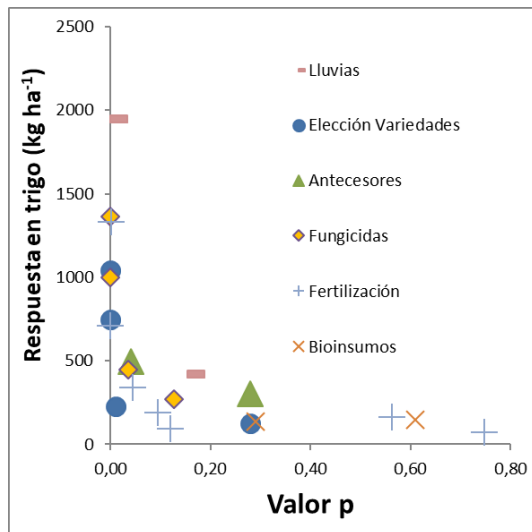


Figura 10: Respuesta de trigo y "valor p" para cada variable.

Tabla 1: Variables de manejos ordenadas jerárquicamente.

Puesto	Variable	Comparación	Respuesta (kg/ha)	Valor p
1	Lluvias (años buenos)	Buen manejo vs promedio	1947	0,0001
2	Fungicidas variedades S	Con fungicidas vs sin fungicida	1362	0,0001
3	Agregado de N	Con N vs testigo	1334	0,0004
4	Elección variedades CL	15 mejores vs resto	1040	0,0001
5	Fungicidas (momento)	Aplicación Z37 vs Z75 (en variedad S)	997	0,0001
6	Elección variedades CC	15 mejores vs resto	747	0,0001
7	Agregado de P (< 15 ppm P Bray)	Con P vs con N	707	0,0001
8	Antecesoires	Soja vs Maíz (promedio)	497	0,0400
9	Fungicidas variedades MS	Con fungicidas vs sin fungicida	448	0,0359
10	Lluvias (años con limitación)	Buen manejo vs promedio	422	0,1536
11	Fertilización	Con diagnóstico vs sin diagnóstico	337	0,0450
12	Antecesoires	Soja vs Maíz (+ N)	300	0,2800
13	Fungicidas variedades MR	Con fungicidas vs sin fungicida	269	0,1266
14	Elección de ciclos	CL vs CC (15 mejores de cada ciclo)	229	0,0100
15	Agregado de S	Con S vs PN	189	0,0943
16	Agregado de P (> 15 ppm P Bray)	Con P vs N	163	0,5632
17	Bioinsumos	Con Bioestimulantes Vs sólo fungicida foliar	144	0,6100
18	Bioinsumos	Con PGPR vs testigo	138	0,2900
19	Elección de ciclos	CL vs CC (todos contra todos)	126	0,2800
20	Fuentes de N	CAN vs UREA	91	0,1200
21	Fuentes de P	SFT-FDA VS POLIFOSFATOS	69	0,7467

Agradecimientos

A los productores y empresas que año a año acompañan la tarea de la AER Diamante, brindando generosamente su tiempo y sus recursos.

Para seguir leyendo

BARBAZÁN M. y F. GARCÍA. 2015. Evaluación de la fertilidad y recomendaciones de fertilización. Cap. 13. Pp: 379-399. En: Echeverría H. y F García (Eds.). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA. Bs. As. Argentina. Agregar número de páginas del capítulo.

BCER. 2020. Consulta on-line de datos. <http://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/estadisticas.php> [Fecha de verificación: Julio 2020].

CALVO P., NELSON L. and J. KLOEPPER. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil (2014) 383:3–41. DOI 10.1007/s11104-014-2131-8.

DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M. y C.W. ROBLEDO. 2019. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

URL <http://www.infostat.com.ar>

MAGyP, 2020. Consulta on-line de datos. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones> [Fecha de verificación: Julio 2020].

INASE. 2020. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Semillas <https://www.argentina.gob.ar/inase/red-variedades-de-trigo> [Fecha de verificación: Julio 2020].

MILISICH H., CAVIGLIA O. y J. SALUSO. 2006. Relaciones entre el rendimiento de trigo y variables sanitarias y meteorológicas. Actualización técnica. Trigo y lino. INTA EEA Paraná. Serie Extensión N° 39:13–15.



SERRAGO R., BANCAL M. y D. MIRALLES. 2004. Efecto de las enfermedades foliares sobre la generación de biomasa pos antesis. VI Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca 20-22 octubre. Pp. 89-90.
STUDDERT G. 1999. Descomposición de residuos y su relación con la mineralización de nitrógeno en suelos del sudoeste Bonaerense. En Jornada técnica Biología del suelo en Siembra Directa. 14 y 15 de octubre de 1999. Boletín especial de la AACS. Editor Roberto Álvarez. Pp. 28-32.