



EFECTO DE LA FECHA DE
SIEMBRA SOBRE EL
RENDIMIENTO EN GRANO Y
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS
EN TRIGO (*Triticum aestivum* L.)



MONTIELRodrigo

Tutor: Dr. MAICH Ricardo

AREA DE CONSOLIDACIÓN

SISTEMAS AGRICOLAS DE PRODUCCIÓN EXTENSIVOS

AÑO 2017

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de la fecha de siembra sobre el comportamiento agronómico de veintisiete genotipos de trigo de distintos ciclos cultivados en la región centro de la provincia de Córdoba. Los genotipos fueron cultivados en dos fechas de siembra (fines de abril y fines de mayo). El diseño utilizado fue de parcelas divididas en bloques con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron micro parcelas de tres surcos de 5 metros de longitud. Se midieron o estimaron las siguientes variables: biomasa aérea, rendimiento en grano, peso de 1000 granos, índice de cosecha, número de granos por m², altura de la planta y número de granos por espiga y se registraron los días desde siembra a antesis. Para cada una de las variables evaluadas se ajustó un modelo lineal mixto para valorar el efecto del genotipo, la fecha de siembra y su posible interacción, y para sintetizar el comportamiento de todas las variables simultáneamente y su relación con los tratamientos, se realizó un análisis de componentes principales y se generó el correspondiente biplot. Se observó un menor rendimiento en aquellos materiales de ciclo largo al atrasar la fecha de siembra. A su vez, con el atraso en la fecha de siembra se obtuvo menor número de granos por metro cuadrado, menor biomasa y menor altura. Lo contrario ocurrió con el número de granos por espiga y el índice de cosecha, los cuales aumentaron con el atraso de la fecha de siembra. La fecha óptima de siembra no se corresponde de manera absoluta con una fecha en particular, sin embargo, pareciese ser más adecuado adelantarla que atrasarla.

Palabras claves: *Triticum aestivum* L., fecha de siembra, respuesta agronómica.

Efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento en grano y características agronómicas en trigo

1. Introducción

A lo largo de la historia, la producción agrícola ha sufrido cambios en sintonía con el desarrollo humano; es decir, a medida que la población crecía se requerían aumentos en la producción para evitar hambrunas generalizadas. La superficie total cultivada en el mundo se mantuvo relativamente estable a partir de 1960 (Andrade, 2016). Ulteriores incrementos de la producción granaria resultaron del uso de variadas tecnologías (siembra directa, nutrición mineral, protección vegetal, etc.). Más aún, se prevé que la demanda mundial de alimentos en el 2050 aumente al menos un 60% por encima de los valores de 2006 (FAO, 2016). Para cubrir las demandas nutricionales de toda la humanidad se deben redoblar los esfuerzos para reducir la pobreza y propender una agricultura que sea a la vez de productiva, sostenible (FAO, 2016). Un cultivo importante en este aspecto es el cultivo del trigo, el cual se extendió a zonas con limitantes, más precisamente con una marcada estacionalidad pluviométrica, gracias a la adopción de las mejoras tecnológicas mencionadas con anterioridad.

Al momento de optar por el cultivo de trigo debemos tener en cuenta lo siguiente: la ubicación geográfica del establecimiento, las condiciones ambientales (temperaturas, precipitaciones, radiación solar) reinantes en la zona, la elección de la fecha de siembra, densidad de siembra y la elección del material genético (cultivar, ciclo). Todo contextualizado en hacer coincidir al periodo crítico del cultivo, lapso en el que éste define el número de granos, con condiciones que potencien la expresión del rendimiento. Cuanta más alta sea la relación entre la radiación solar y la temperatura (coeficiente fototérmico o fotothermal) durante este periodo, mayor será la respuesta agronómica del cultivo de trigo. Dhillon *et al.* (1994) sostienen que el rendimiento y el número de granos por m² se maximizan cuando el cultivo es expuesto al mayor coeficiente fotothermal en el periodo que va desde los 20 días previos y 10 días post anthesis.

En lo que a fecha de siembra respecta, según afirman Gomez-Macpherson y Richards (1995), siembras tempranas producen mayor biomasa; sin embargo, esto no se traduce necesariamente en mayores rendimientos, siendo el principal motivo la competencia por asimilados entre el crecimiento de la espiga y la elongación del tallo. Para atenuar este inconveniente, se debería propender al desarrollo de cultivares de menor altura tal de mejorar la eficiencia en el uso del agua por parte del cultivo (Gomez-Macpherson y Richards 1995). McDonald *et al.* (1983) mencionan que los factores ambientales que condicionan la elección de fecha de siembra son: las heladas al momento de floración y las elevadas temperaturas entrada la primavera y añade que, a pesar de un suministro de agua no limitante, los rendimientos de siembras tardías son menores, lo que es en gran parte el resultado del desarrollo apresurado del cultivo y de las altas temperaturas durante el llenado del grano. Estos autores también destacan que por cada día de retraso de la fecha de siembra se produce un retraso de entre 0.48 y 0.75 días en la fecha de antesis, acortando en consecuencia el ciclo del cultivo y disminuyendo el rendimiento en grano entre 6% y 16% por semana de retraso en la siembra y la antesis respectivamente.

En cuanto a la duración del ciclo biológico del material (cultivares de ciclo largo, intermedio o corto), Gebeyehou *et al.* (1982) afirman que la duración del periodo vegetativo se correlaciona positiva y significativamente con dos componentes del rendimiento en grano: el número de granos por espiga y el peso del grano. Por su parte, Yan y Hunt (2000) señalan que cuando los inviernos resultan más cálidos de lo habitual (el trabajo fue realizado en Ontario, Canadá), se suele presentar una interacción positiva con el adelanto de la madurez y la disminución en la altura de la planta, y afirman por lo tanto que, cultivares bajos y de maduración temprana alcanzan un rendimiento más alto. Cabe aclarar que, no siempre un material que florece antes también madura antes, dos genotipos pueden florecer al mismo tiempo, pero se distinguen en cuanto a la duración del periodo en el que llenan sus granos. Al respecto, Regan *et al.* (1997) señalan que los cultivares de ciclo corto usan menos agua antes de la floración y más después de ésta, estando sujetos a un menor estrés que los cultivares de ciclo largo durante el llenado del grano. En función de lo expuesto se postula que se debería optar por sembrar anticipadamente cultivares de ciclo largo, pero que maduren temprano. Si el clima es cálido o el año seco, el

material que mejor se adaptaría a este tipo de condiciones sería uno de ciclo corto.

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de la fecha de siembra sobre el comportamiento agronómico de veintisiete genotipos de trigo de distintos ciclos cultivados en la región centro de la provincia de Córdoba.

2. Materiales y Métodos

El ensayo comparativo de rendimiento en trigo se realizó durante el 2016 en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Córdoba (UNC) ubicado camino a Capilla de los Remedios km 15.5, geográficamente a 31° 28 49,42" S y 64°00 36,04" O. Esta zona se corresponde con la zona semiárida central de la provincia de Córdoba, con una precipitación media anual de 770 mm, bajo un régimen monzónico. El tipo de suelo es un Haplustol Éntico, franco limoso en superficie y sub suelos (serie Oncativo) con capacidad de uso III e índice de productividad 68.

Se evaluaron 27 genotipos de trigo pan, trece de los cuales eran cultivares comerciales, y catorce líneas experimentales. Los materiales resultaron ontogénicamente diferentes (ciclos cortos, cortos-medios, medios y largos). La siembra se llevó a cabo con una sembradora tipo planet. Los genotipos fueron cultivados a una densidad de 250 semillas viables por m² en dos fechas de siembra (30 de abril y 31 de mayo) sobre un lote que provenía de un barbecho estival. El diseño utilizado fue de parcelas divididas en bloques con tres repeticiones. Las parcelas principales se asignaron a los dos niveles del factor fecha de siembra y los genotipos se asignaron aleatoriamente a las sub-parcelas. Las unidades experimentales fueron micro parcelas de tres surcos de 5 metros de longitud distanciados por 20 cm.

Previo a la siembra y para determinar la disponibilidad hídrica del perfil se tomaron muestras de agua con un barreno hasta los 2 metros de profundidad. Se llevaron a cabo seis determinaciones, uno por repetición en cada fecha de siembra. La densidad aparente utilizada para los cálculos fue de 1,25 g/cm³ y un PMP del 10%. Así mismo se realizaron análisis químicos del suelo en el

Laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (LabSA).

Los registros de precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica de la Bolsa de Cereales de Córdoba situada en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.

A partir de la cosecha del surco central de cada parcela y teniendo en cuenta que cada surco representa 1 m² se midieron o estimaron las siguientes variables: biomasa aérea (g m⁻²), rendimiento en grano (gm⁻²), peso de 1000 granos (g), índice de cosecha (%), número de granos por m², altura de la planta (cm) desde la base del tallo hasta la base de la espiga y número de granos por espiga. Se registraron los días desde siembra a antesis (DAA).

Para cada una de las variables evaluadas se ajustó un modelo lineal mixto para valorar el efecto del genotipo, la fecha de siembra y su posible interacción. La estructura de parcela se modeló con dos efectos aleatorios: bloques y parcelas principales dentro de bloques. Para sintetizar el comportamiento de todas las variables simultáneamente y su relación con los tratamientos, se realizó un análisis de componentes principales y se generó el correspondiente biplot. En este análisis los *puntos del espacio fila* corresponde a los tratamientos (genotipo x fecha de siembra) y los *puntos del espacio columna* a las variables evaluadas. Se utilizó el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2016)

3. Resultados

3.1 Análisis del suelo, agua almacenada y precipitaciones durante el ciclo de cultivo

El agua útil almacenada en el suelo al momento de la primera fecha de siembra fue de 275 mm y de 251 mm al momento de la segunda fecha de siembra. Las precipitaciones acumuladas durante el ciclo del cultivo, tomando desde el 30/04/2016 (1 FS) y 31/05/2016 (2 FS) hasta el 15/10/2016, fueron de 114 mm y 106 mm respectivamente. El contenido de materia orgánica del lote ascendía a 2,28%, 11,8 de N-NO₃-hasta los 40 cm de profundidad y 83 ppm de P en los primeros 20 cm de profundidad.

3.2 Rendimiento en grano y componentes del rendimiento

El rendimiento en grano se vio disminuido significativamente con el atraso de la fecha de siembra en los materiales de ciclo largo (Figura 1). Los rendimientos en la primera fecha fueron un 38% superior a los obtenidos en la segunda fecha. Los materiales de ciclo corto, corto-medio y medio disminuyeron sus medias con el atraso de la fecha de siembra, diferencia que no alcanzo significancia estadística

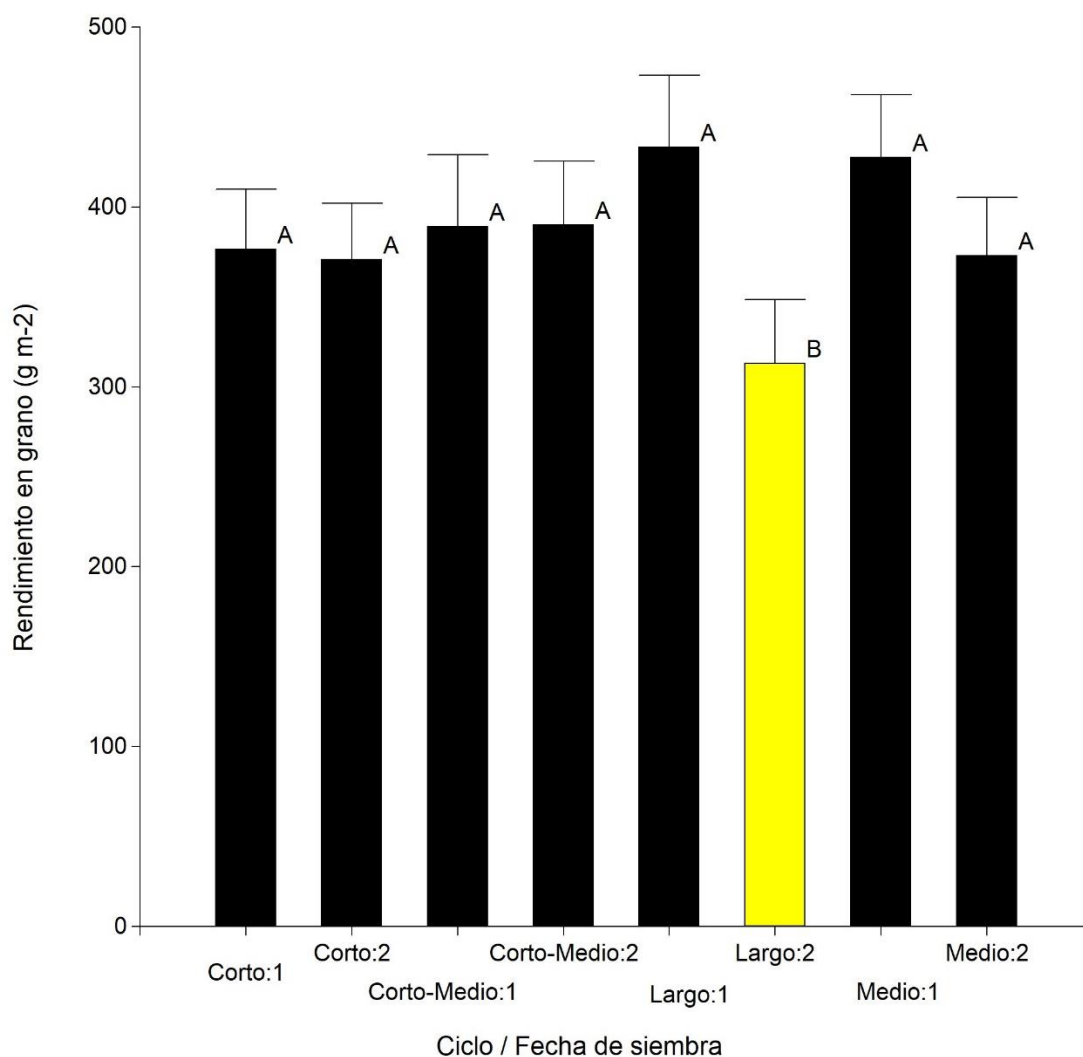


Figura 1. Rendimiento en grano ($g m^{-2}$) y su comportamiento con respecto a la interacción ciclo*fecha de siembra, para dos fechas de siembra (30 de abril (1) y 31 de mayo (2)) con diferente duración de ciclo (corto; corto-medio; medio; largo).

Número de granos por metro cuadrado

En cuanto al número de granos por metro cuadrado (Figura 2), diferencias estadísticamente significativas a favor de la fecha de siembra de fines de abril se observaron para todos los ciclos, excepto para los ciclos cortos. Los porcentajes a favor de la primera fecha de siembra (30 de abril) fluctuaron entre el 45% (ciclos largos) y 10% (ciclos corto-medio).

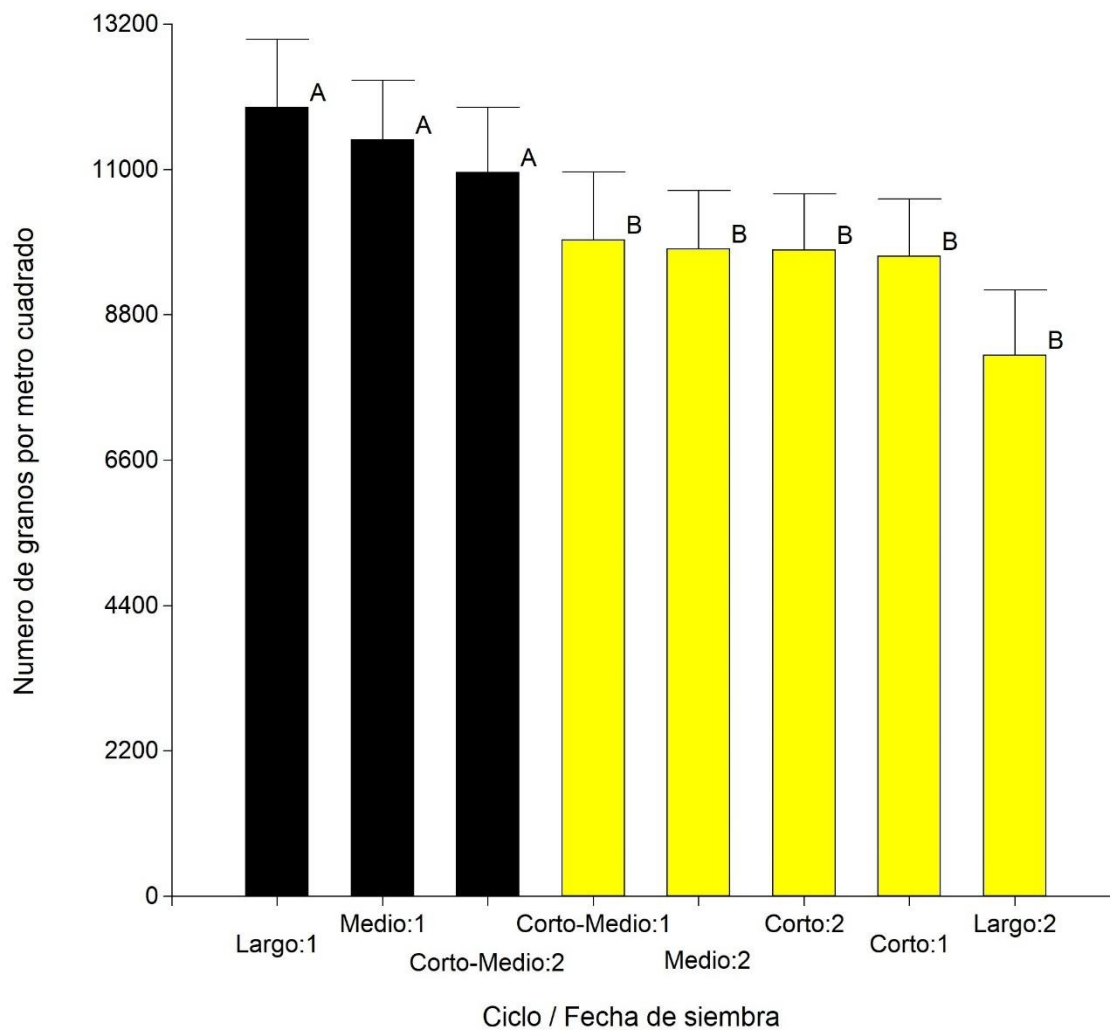
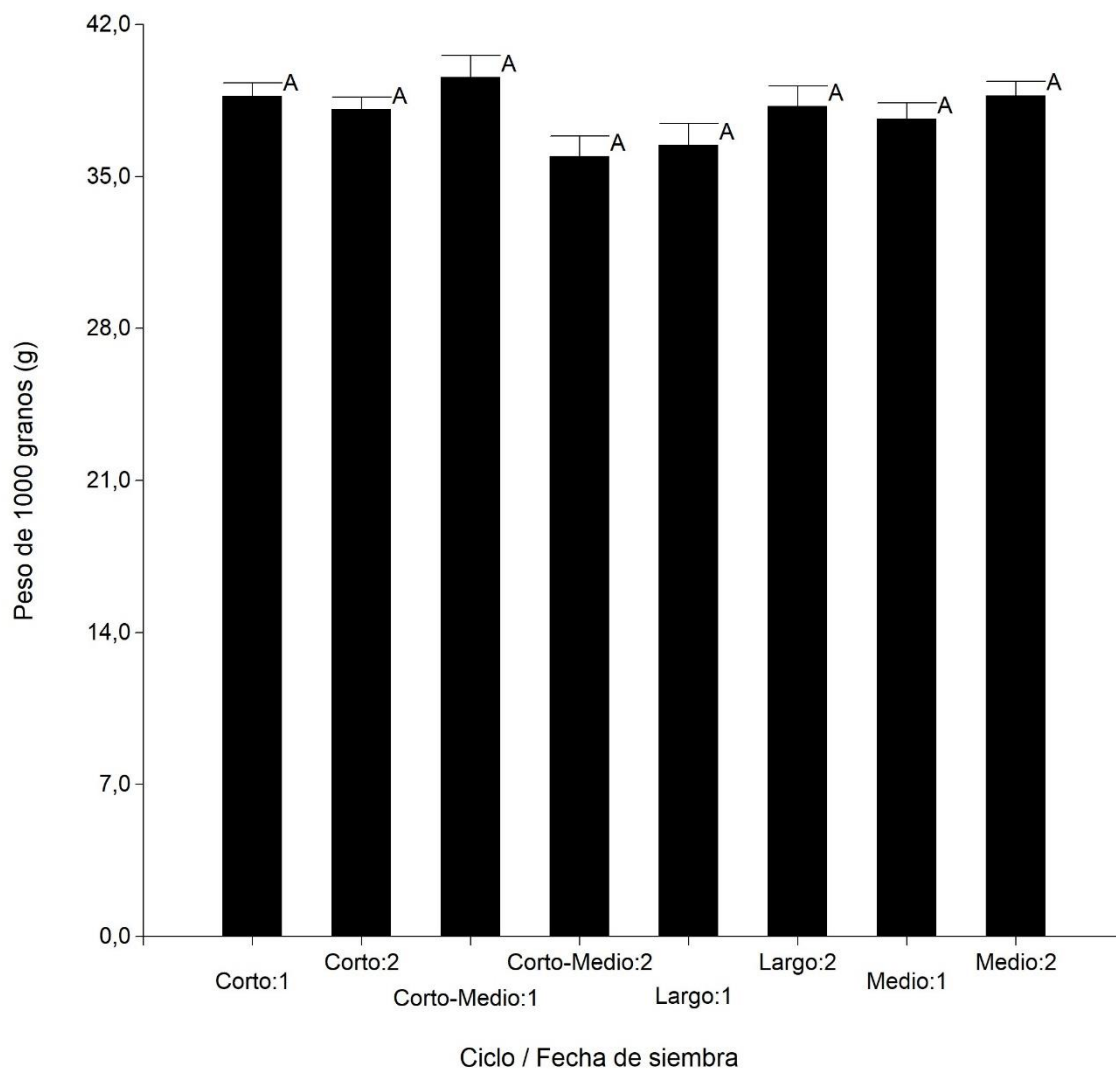


Figura 2. Número de granos por metro cuadrado y su comportamiento con respecto a la interacción ciclo*fecha de siembra para dos fechas de siembra (30 de abril (1) y 31 de mayo (2)) con diferente duración de ciclo (corto; corto-medio; medio; largo).

Peso de 1000 granos

En la figura 3 lo que se observa es el comportamiento sin variaciones estadísticamente significativas del peso de 1000 granos en cuanto al ciclo biológico de los materiales y las fechas de siembra. El peso de los 1000 granos oscilo entre 36g y 39g.



*Figura 3. Peso de los granos y su comportamiento con respecto a la interacción ciclo*fecha de siembra para dos fechas de siembra (30 de abril (1) y 31 de mayo (2)) con diferente duración de ciclo (corto; corto-medio; medio; largo).*

3.3 Biomasa e índice de cosecha

Independientemente del ciclo de material, la producción de biomasa área por unidad de superficie en la fecha de siembra de fines de abril resulto significativamente superior a la lograda en la fecha de siembra de fines de mayo (Figura 4). Así mismo el promedio de la siembra de fines de abril fue de 2126 g m⁻², un 27 % superior al promedio de la siembra de fines de mayo. En cuanto a los materiales de ciclo largo sembrados a fines de abril, estos produjeron un 30% más de biomasa aérea respecto a la siembra de fines de mayo. Los valores para los ciclos corto-medio por su parte arrojan 24% más de biomasa producida para la fecha de fines de abril respecto a la de fines de mayo.

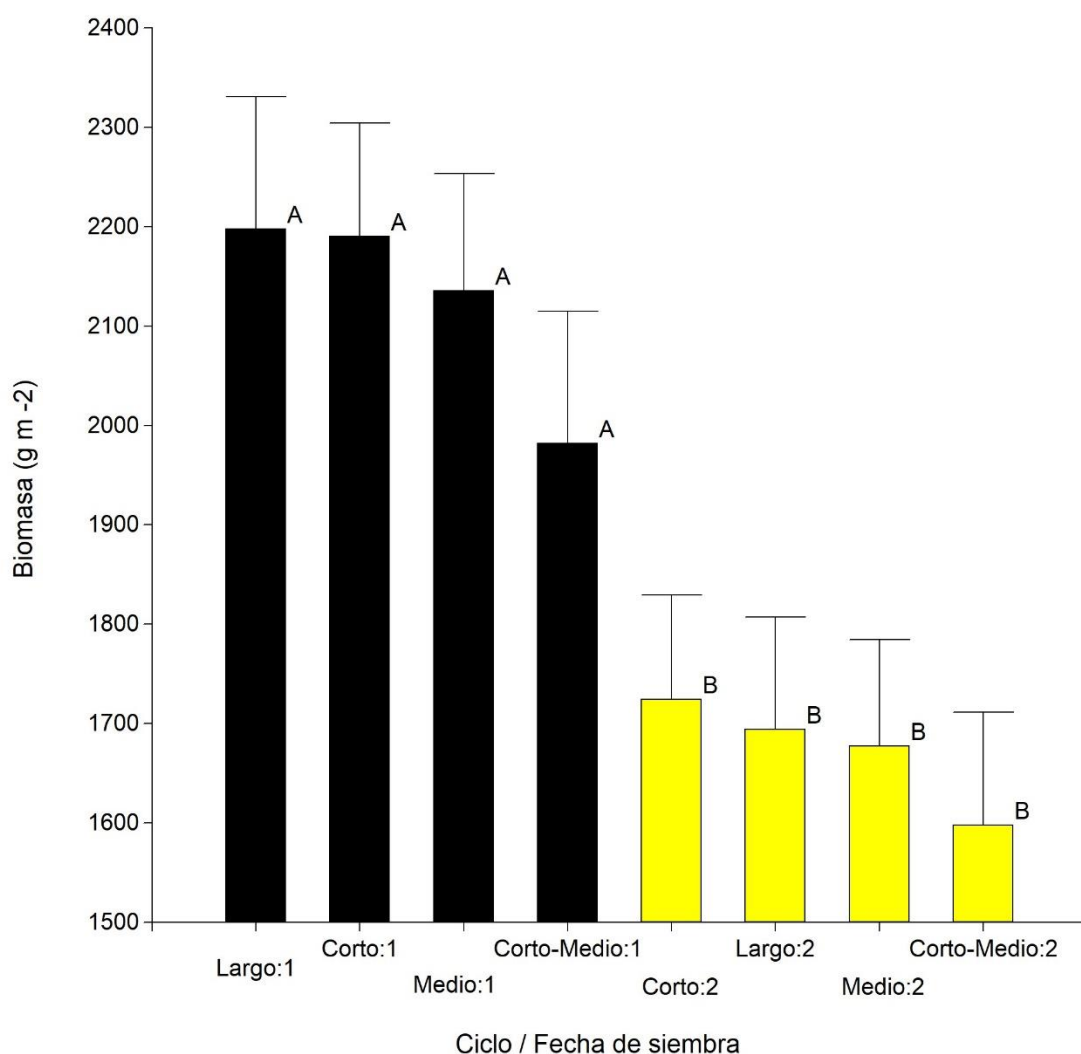


Figura 4. Producción de biomasa y su comportamiento con respecto a la interacción ciclo*fecha de siembra para dos fechas de siembra (30 de abril (1) y 31 de mayo (2)) con diferente duración de ciclo (corto; corto-medio; medio; largo).

El índice de cosecha tuvo variaciones significativas entre fechas de siembra en todos los ciclos, a excepción de los ciclos largos (Figura 5). En todos los casos la diferencia fue a favor de la siembra de fines de mayo. Los ciclos cortos-medios y cortos particionaron (biomasa a grano) respectivamente un 25% y 27% más cuando sembrados a fines de mayo.

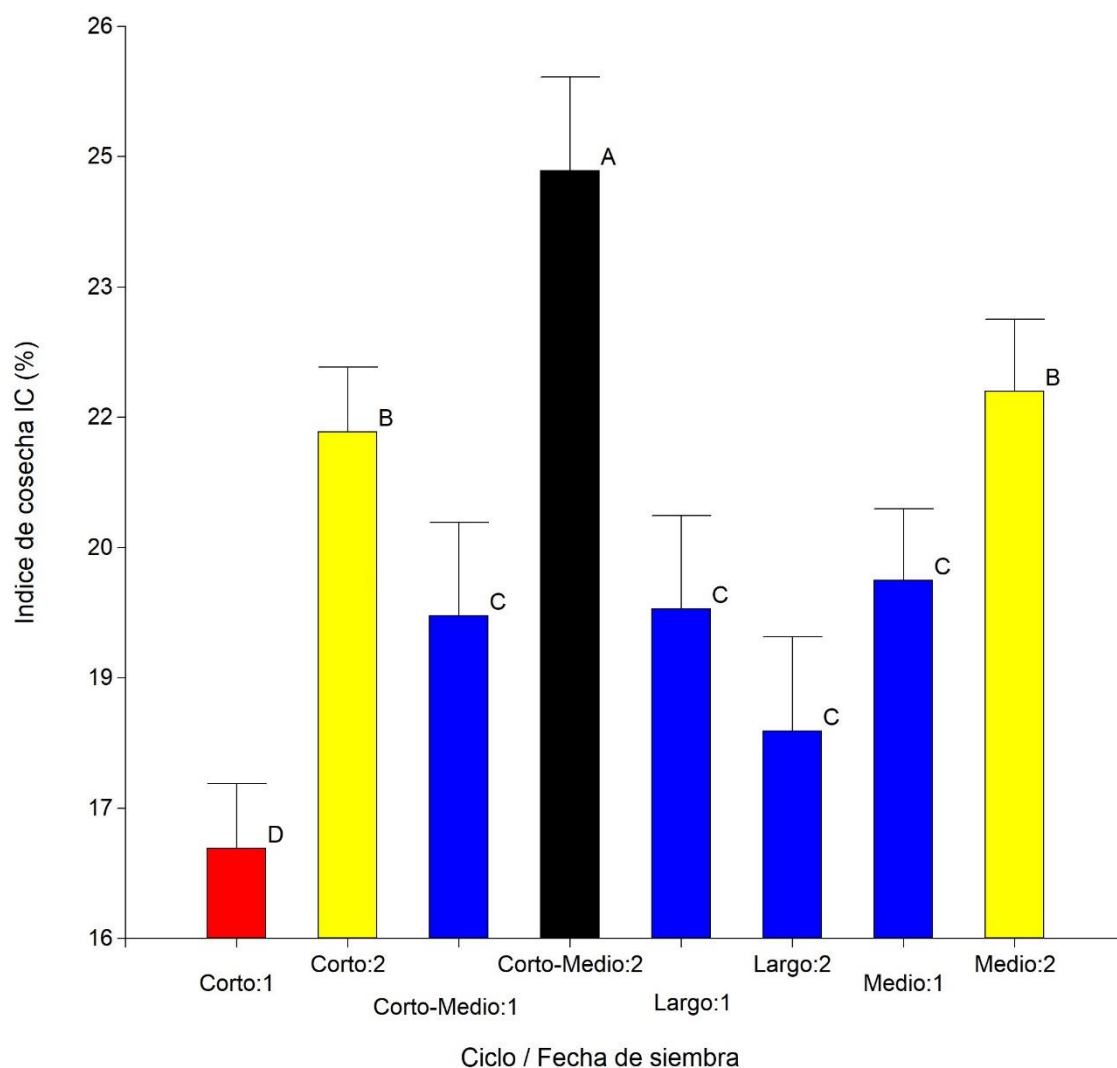


Figura 5. Índice de cosecha y su comportamiento con respecto a la interacción ciclo*fecha de siembra para dos fechas de siembra (30 de abril (1) y 31 de mayo (2)) con diferente duración de ciclo (corto; corto-medio; medio; largo).

3.4 Número de granos por espiga

El número de granos por espiga, independientemente del ciclo del material, fue significativamente más alto cuando el material se sembró hacia fines de mayo que cuando se lo hizo hacia finales de abril (Figura 6). Los ciclos largos sembrados hacia fines de mayo produjeron un 28% más granos por espiga. En los ciclos corto-medio la diferencia a favor de la siembra de mayo respecto a la de abril fue de 33%.

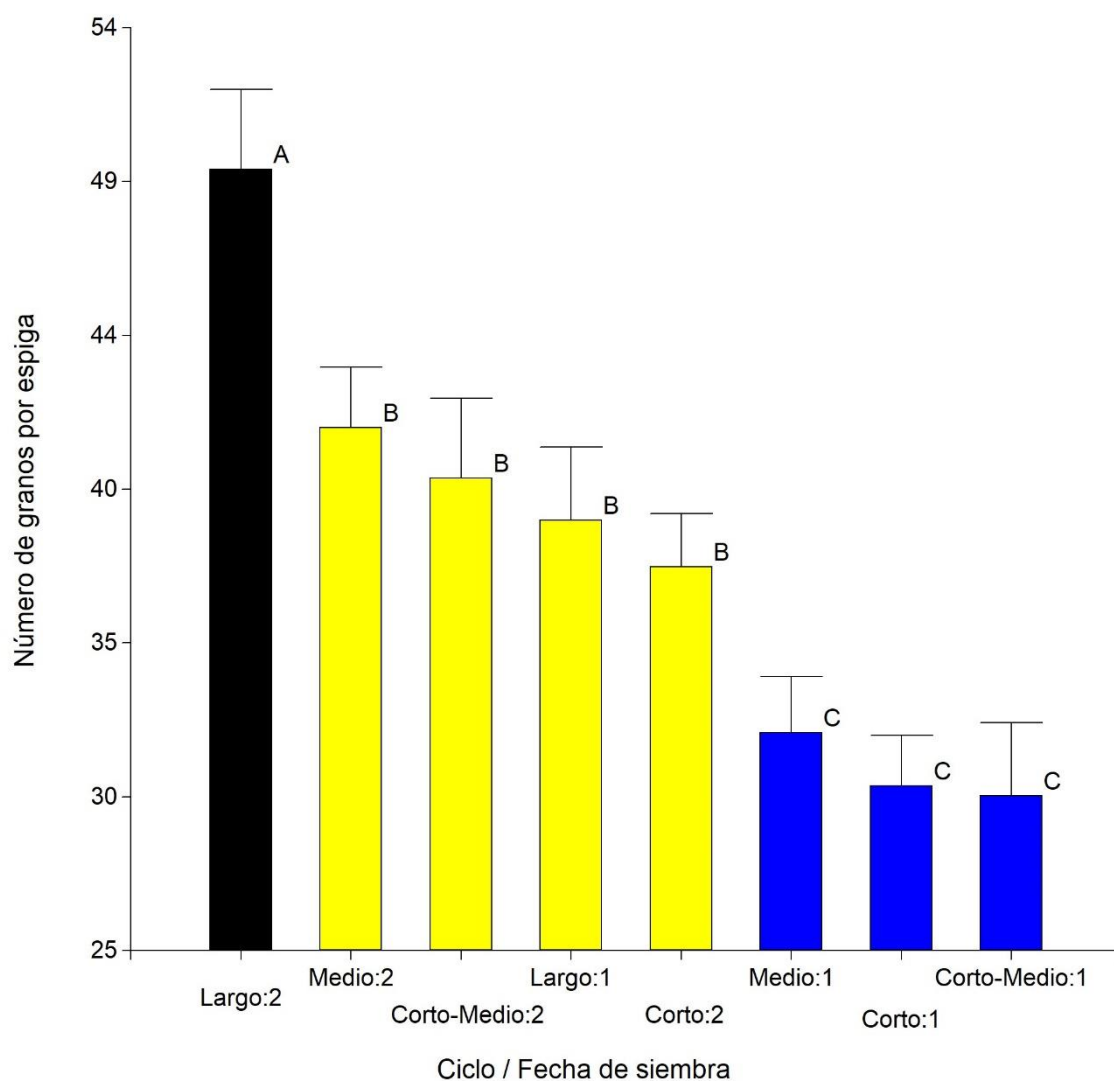


Figura 6. Número de granos por espiga y su comportamiento con respecto a la interacción ciclo*fecha de siembra para dos fechas de siembra (30 de abril (1) y 31 de mayo (2)) con diferente duración de ciclo (corto; corto-medio; medio; largo).

3.5 Altura

Todos los materiales respondieron de la misma manera en cuanto a la altura de la planta cuando sembrados anticipadamente, resultaron significativamente más altos que aquellos sembrados más tarde. Los materiales de ciclo corto y medio superaron los 90 cm de altura cuando sembrados a fines de abril, no habiendo alcanzado los 80 cm cuando sembrados hacia fines de mayo (Figura 7).

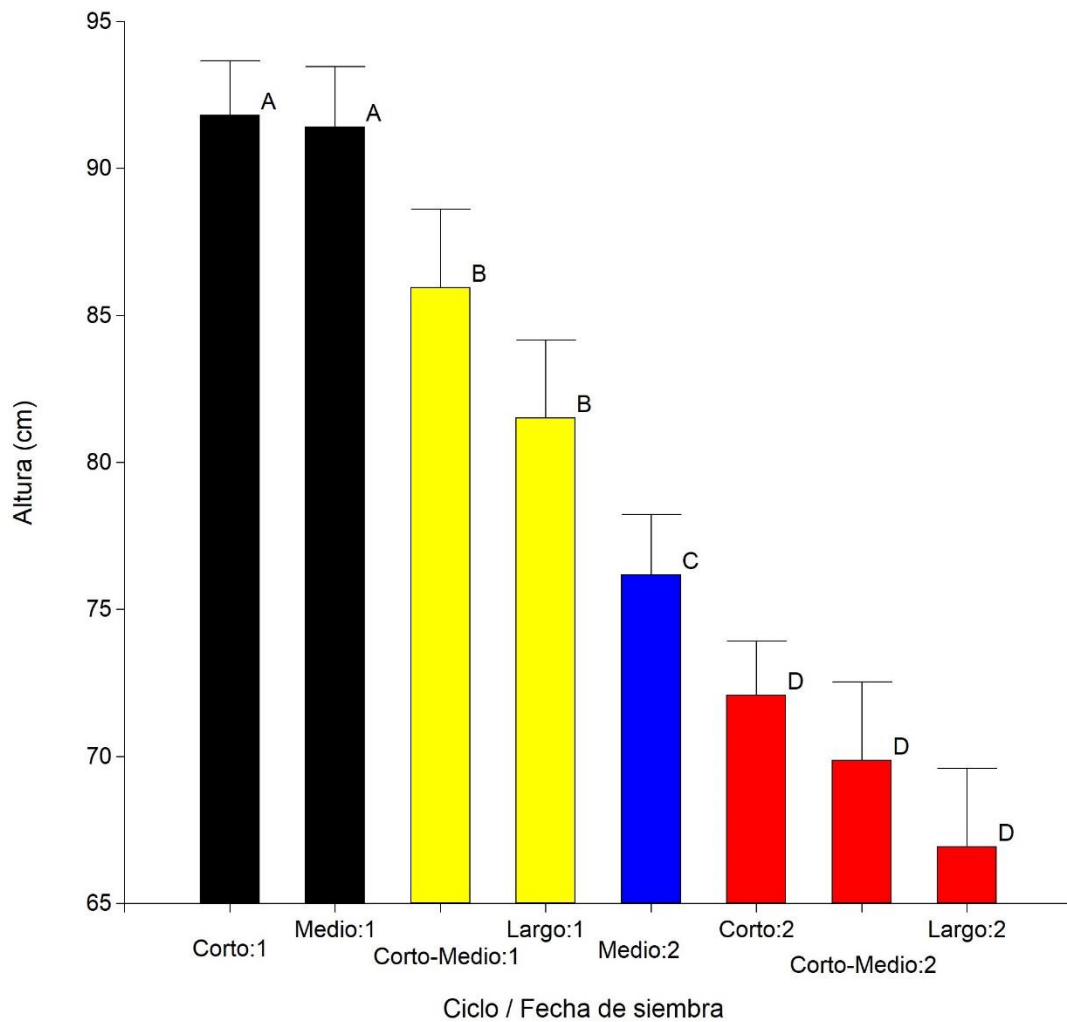


Figura 7. Altura y su comportamiento con respecto a la interacción ciclo*fecha de siembra para dos fechas de siembra (30 de abril (1) y 31 de mayo (2)) con diferente duración de ciclo (corto; corto-medio; medio; largo).

3.6 Análisis de componentes principales y el comportamiento de las variables y su relación con los tratamientos

Para sintetizar el comportamiento de todas las variables simultáneamente y su relación con los tratamientos, se presenta en la figura 8 un biplot, donde se explica el 35,1% de la variabilidad por parte de la componente principal 1 y el 31,9% por parte de la componente principal 2. El eje 1 está explicado por los factores genotípicos mientras que el eje 2 se explica por la fecha de siembra. La primera fecha de siembra (color azul) se encuentra asociada a biomasa, DDA y altura. La segunda fecha de siembra (color amarillo) al índice de cosecha y al número de granos por espiga. Finalmente, el rendimiento en grano y su principal componente (número de granos por metro cuadrado) no se corresponden de manera absoluta con una fecha de siembra en particular. A su vez se observan variables correlacionadas: biomasa y DDA (DAA, días anthesis siembra) y también grano (rendimiento en grano) y número de granos (número de granos por metro cuadrado).

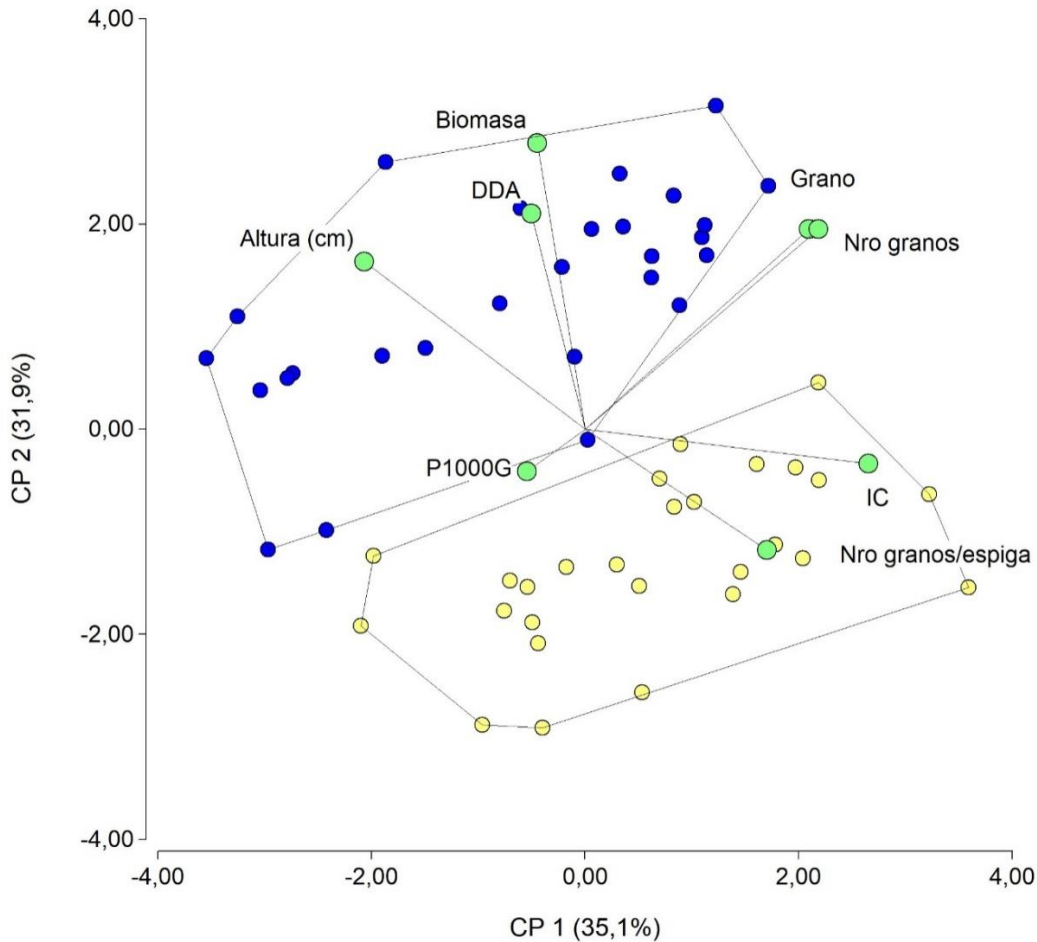


Figura 8. Representación Biplot del análisis de los componentes principales con la interrelación entre las variables seleccionadas y la fecha de siembra en dos fechas de siembra del 30 de abril (color azul) y del 31 de mayo (color amarillo) en 27 genotipos diferentes. Referencias: rendimiento en grano o grano (g m^{-2}), biomasa aérea o Biomasa (g m^{-2}), número de granos por metro cuadrado o Nro granos, altura de la planta o Altura (cm), índice de cosecha o IC (%), peso de mil granos o P1000G (g), número de granos por espiga o Nro granos/espiga⁻¹, días desde siembra a antesis o DDA.

4. Discusión

El rendimiento en grano se sustenta en dos componentes físicas o numéricas: el número de granos y el peso individual de éstos; pero también en dos componentes de índole fisiológico: la producción de biomasa aérea y el índice de cosecha.

Se pudo demostrar que el atraso en la fecha de siembra produjo mermas en el rendimiento en los cultivares de ciclo largo. Tal como lo señalan Gomez-Macpherson y Richards (1995), el atraso de la fecha de siembra expuso a este tipo de material a condiciones ambientales desfavorables para la expresión del rendimiento en grano. Tal es así, que un retraso de 10 días en la antesis puede llegar a provocar una disminución substancial en el rendimiento (Menéndez y Satorre, 2007). Como era de esperar el componente del rendimiento más afectado al atrasar la fecha de siembra fue el número de granos por metro cuadrado. Por otra parte, y tal como lo demostraron Strapper y Fischer (1990), el índice de cosecha aumentó al atrasar la fecha de siembra. Además, se correlacionó negativamente con la altura de la planta y la producción de biomasa área. Además, se pudo constatar que un mayor número de granos por metro cuadrado le correspondió con un menor número de granos por espiga

Aún cuando el análisis multivariado no haya evidenciado una tendencia definitiva en cuanto a las bondades de una siembra anticipada (fines de abril) respecto a la habitual de fines de mayo; la respuesta positiva del principal componente del rendimiento en grano, el número de éstos por unidad de superficie no debería ser obviada. No obstante, del análisis de la varianza resulta que haber pospuesto la siembra de los materiales de ciclo largo repercutió negativamente sobre el rendimiento en grano.

5. Conclusiones

Por lo general se asevera a nivel productivo que los más altos rendimientos en grano no se corresponden de manera absoluta con una fecha de siembra en particular, sin embargo, sería oportuno adelantar más que atrasar la fecha de siembra en trigo. Sobre todo, cuando el material a sembrar es de ciclo largo.

6. Agradecimientos

A mi familia por todo el esfuerzo en todo momento.

A mi tutor Dr. Ricardo Maich por su constante dedicación y predisposición al trabajo.

Al profesor Biólogo Julio A. Di Rienzo (Msc) por la predisposición y su claridad en el análisis estadístico.

A la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Cordoba.

7. Bibliografía

Andrade, F. H. 2016. Los desafíos de la agricultura. *International Plant Nutrition Institute, Acassuso, Argentina.*

Dhillon, S. S. and Fischer R. A. 1994. Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crops Research* 37:169-184.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Gebeyehou G., Knott D. R. and Baker R. J. 1982. Relationships among durations of vegetative and grain filling phases, yield components, and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Science* 22:287-290.

Gomez-Macpherson H. and Richards R. A. 1995. Effect of sowing time on yield and agronomic characteristics of wheat in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 46:1381-1399.

McDonald G. K., Sutton B. G. and Ellison F. W. 1983. The effect of time of sowing on the grain yield of irrigated wheat in the Namoi Valley, New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research* 34:229-240.

Menéndez F. J. and Satorre E. H. 2007. Evaluating wheat yield potential determination in the Argentine Pampas. *Agricultural Systems* 95:1-10.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El estado mundial de la agricultura y la alimentación: cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. *Informe digital*, 2016.

Regan K. L., Siddique K. H. M., Tennant D. and Abrecht D. G. 1997. Grain yield and water use efficiency of early maturing wheat in low rainfall Mediterranean environments. *Australian Journal of Agricultural Research* 48:595-604.

Stapper M. and Fischer R. A. 1990. Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yield irrigated wheat in southern New South Wales. II. Growth, yield and nitrogen use. *Australian Journal of Agricultural Research* 41:1021-1041.

Yan W. and Hunt L. A. 2001. Interpretation of genotype× environment interaction for Winter wheat yield in Ontario. *Crop Science* 41:19-25.