

## Efecto de la fertilización nitrogenada en siembras tempranas y tardías de maíz sobre el rendimiento, el peso de granos y el peso hectolítrico

*Effect of nitrogen fertilization on yield, grain weight and test weight of early and late corn*

*Efeito da fertilização nitrogenada na semeadura de milho precoce e tardia sobre o rendimento, o peso dos grãos e o peso*

*Incremona, Miriam Etel; González, Alicia<sup>†</sup>; Romagnoli, Miriam Susana; Papucci, Santiago; Tuttolomondo, Gabriel*

Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Rosario

<sup>†</sup> Fallecida

[miriam.incremona@gmail.com](mailto:miriam.incremona@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.35305/agro39.e016>

Recibido: 21/06/2021 Aceptado: 20/12/2021

### Resumen

En el cultivo de maíz, el manejo cultural ha ido modificándose, permitiendo explorar las capacidades del cultivo y mejorar la sustentabilidad de nuestros suelos. El objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en diferentes momentos de siembra, sobre el rendimiento, peso del grano y peso hectolítrico. El ensayo se llevó a cabo con un diseño en bloques completos aleatorizados: tres campañas (C) (15/16, 16/17 y 18/19) y en tres fechas de siembra por campaña. Los tratamientos fueron tres niveles de nitrógeno: N0: sin agregado de N; N75: 75kg N.ha<sup>-1</sup> y N150: 150 kg N. ha<sup>-1</sup>, en V<sub>5</sub>–V<sub>7</sub>. En las campañas evaluadas, las precipitaciones en el período crítico fueron mayores en el Maíz tardío con respecto al Maíz temprano, y las temperaturas medias del aire más bajas. El Maíz de segunda fue el que más bajos rendimientos (R) presentó. La disponibilidad hídrica fue la limitante. Los rendimientos medios (Rm) en las C15/16 y C18/19 no difirieron entre sí, mientras que la C16/17 fue un 21% menor que la C18/19. La C15/16 y C16/17, los tratamientos N<sub>150</sub> y N<sub>75</sub> presentaron Rm similares. El N<sub>0</sub> mostró un Rm significativamente menor que los otros niveles de nitrógeno. En la C18/19, el Rm de cada uno de los niveles de nitrógeno aplicado difirió significativamente de los otros niveles analizados. Hubo una respuesta positiva frente a la fertilización nitrogenada pero correlacionada con el ambiente. En las condiciones evaluadas, el maíz tardío constituyó una opción válida para presentar una mejor disponibilidad hídrica del cultivo. Los maíces de segunda, a pesar de sus bajos rendimientos relativos representaron una opción aceptada para un mayor aprovechamiento de recursos

**Palabras claves:** ambiente; manejo; número de granos

### Abstract

Changes in corn cultural management have allowed us to explore the crop capabilities and improve the sustainability of our soils. The objective of this work was to assess the effect of nitrogen fertilization on yield, grain weight, and test weight of corn sown at different dates. The trial was carried out using a randomized complete block design: three growing seasons (2015-16, 2016-17 and 2018-19), and three sowing dates per growing season. The treatments were three levels of nitrogen: N0 (no added N); N75 (75kg N.ha<sup>-1</sup>), and N150 (150 kg N.ha<sup>-1</sup>), in V<sub>5</sub>–V<sub>7</sub>. In the evaluated growing seasons, rainfall during the critical period was higher in late corn than in early corn, and average air temperatures were lower. Late corn had the lowest yields (Y). Water availability was the limiting factor. Mean yields (MY) were similar in 2015-16 and 2018-19, but 21% lower in 2016-17 than in 2018-19. In 2015-16 and 2016-17, similar mean yields were obtained with N150 and N75 treatments. N0 showed a significantly lower MY than the other nitrogen levels. In 2018-19, the MY for each of the nitrogen treatments differed significantly from the other levels analyzed. The positive response to nitrogen fertilization was correlated with environmental conditions. Under the evaluated conditions, late corn was a valid option to improve water availability for the crop. Despite the low relative yields obtained, late sowing allowed a better use of resources.

**Keywords:** environment; crop management; grain number

## Resumo

No cultivo do milho, os tratos culturais vem mudando, permitindo-nos explorar as capacidades da cultura e melhorar a sustentabilidade dos nossos solos. Objetivou-se avaliar o efeito da fertilização com nitrogênio, em diferentes momentos de semeadura, sobre o rendimento, peso de grãos e peso hectolítrico. O experimento foi realizado em blocos completos de maneira aleatória: três campanhas (C) (15/16, 16/17 e 18/19) e em três datas de semeadura por campanha. Os tratamentos foram três níveis de nitrogênio: N0: sem adição de N; N75: 75 kg N.ha<sup>-1</sup> e N150: 150 kg N.ha<sup>-1</sup>, em V<sub>5</sub> –V<sub>7</sub>. Nas campanhas avaliadas, as precipitações no período crítico foram maiores no Milho tardio em relação ao Milho precoce, e as temperaturas médias do ar foram menores. O milho de segunda classe foi o que apresentou os menores rendimentos (R). A disponibilidade hídrica foi o fator limitante. Os rendimentos médios (Rm) nas C15/16 e C18/19 não diferiram entre si, enquanto a C16/17 foi 21% inferior à C18/19. Nas C15/16 e C16/17, os tratamentos N<sub>150</sub> e N<sub>75</sub> apresentaram Rm semelhantes. O N<sub>0</sub> mostrou um Rm significativamente menor do que os outros níveis de nitrogênio. Na C18/19, o Rm de cada um dos níveis de nitrogênio aplicado diferiu significativamente dos demais níveis analisados. Houve uma resposta positiva à fertilização nitrogenada, mas correlacionada com o ambiente. Nas condições avaliadas, o milho tardio foi uma opção válida para apresentar uma melhor disponibilidade hídrica da cultura. O milho de segunda classe, apesar de seus baixos rendimentos relativos, representou uma opção aceita para um melhor uso dos recursos.

**Palavras-chave:** ambiente; manuseio; número de grãos

## Introducción

El cultivo de maíz, con más de 9,5 millones de hectáreas sembradas y 58 millones de tn de producción, ocupa el primer lugar en la producción de granos de Argentina ([MAGPyA](#)). Estos datos ponen en evidencia la relevancia económica que tiene este cultivo para nuestro país, sumado a su importante contribución a la sustentabilidad de la capacidad productiva de nuestros suelos. Son las provincias de la región pampeana las que concentran la mayor superficie sembrada y producción de este cereal ([Storti, 2019](#)), región que se ha caracterizado por cambios relevantes en el sistema de producción del cultivo, lo que ha permitido ampliar considerablemente la superficie sembrada.

Dentro de las prácticas de manejo que permiten optimizar y/o estabilizar el rendimiento de los cultivos, la elección de la fecha de siembra y del genotipo se encuentran entre las de mayor relevancia ([Andrade y Cirilo, 2000](#); [Cancio, 2018](#); [López Sabando et al., 2019](#)). La fecha de siembra tradicional de maíz, considerada como fecha temprana, es la efectuada desde fines de agosto hasta mediados de octubre. No obstante, en los últimos años las siembras tardías (siembras de diciembre) aumentaron significativamente ([Otegui y Mercau, 2018](#); [Gayo y López, 2018](#)). Dentro de la posibilidad de siembras tardías podemos considerar dos alternativas: que se siembre luego de un barbecho largo (maíces tardíos) o que se siembre inmediatamente luego de otro cultivo (maíz de segunda; [Bert y Satorre, 2012](#); [Vega et al., 2017](#); [Salvagiotti, 2017](#); [Cazorla, 2019](#)).

Los cambios en la fecha de siembra condicionan el crecimiento y desarrollo del cultivo ([Otegui et al., 1996](#); [Andrade y Cirilo, 2000](#); [Otegui y Pereyra, 2003](#)) por lo que es necesario efectuar modificaciones en el manejo de las siembras tardías respecto al maíz temprano. Para cada ambiente productivo considerado, las interacciones que se generan entre el genotipo y el ambiente van a impactar sobre la fenología y el crecimiento de los cultivos, y por ende sobre el rendimiento ([Cancio, 2018](#); [Guevara, 2010](#)). La necesidad de adecuar el manejo responde a dos motivos principales: el nivel de rinde objetivo o esperado es diferente, y las condiciones ambientales abióticas (agua, temperatura, radiación y nutrición) ([Maddoni, 2017](#)) y bióticas (plagas, enfermedades y malezas) exploradas también lo son.

El rendimiento puede ser desagregado en sus componentes numéricos: número de granos/m<sup>2</sup> (NG) y peso de granos (PG) ([Martínez Álvarez, 2015](#)). Ante las modificaciones que pueden presentarse en el ambiente de producción el NG explica las mayores variaciones en el rendimiento ([Cirilo y](#)

[Andrade, 1994](#); [Otegui, 1995](#); [Cantarero et al., 2000](#); [Cirilo et al., 2001](#); [López Sabando et al., 2019](#)). El NG se determina alrededor de la floración (15 días prefloración y 15 días postfloración) ([Otegui y Bonhomme, 1998](#)), considerado crítico para el cultivo, definiendo como tal al período en el cual reducciones en la tasa de crecimiento impactarán significativamente sobre el rendimiento, siendo responsable de las mayores variaciones del mismo ([Kiniry y Ritchie, 1985](#); [Otegui et al., 1995](#); [Andrade, et al., 1996](#), [Carcova et al., 2003](#)). El NG puede ser afectado tanto por modificaciones en la fecha de siembra como por la densidad de plantas, dado que estas prácticas inciden sobre la radiación incidente, la capacidad de interceptarla, la actividad fotosintética y por ende sobre el crecimiento del cultivo ([Eyherabide, 2015](#)). En función de esto, es lógico pensar que, ante cambios en la fecha de siembra, los rendimientos potenciales se verán modificados ([Cantarero et al., 2000](#)).

En gran parte de nuestro país, un maíz sembrado tempranamente, en ausencia de limitantes hídricas y nutricionales, posee mayor potencial de rendimiento que uno sembrado de forma tardía ([Ferraguti et al., 2016](#)). Estos cultivos suelen atravesar el período crítico en mejores condiciones térmicas y bajo la mayor oferta anual de radiación solar (diciembre), lo que se traduce en altas tasas de crecimiento y, por ende, en un mayor número de granos fijados. ([Otegui y Bonhomme, 1998](#); [Cantarero et al., 1999](#); [Andrade et al., 2000](#); [Otegui et al., 2002](#); [Forjan et al., 2014](#); [López Sabando et al., 2019](#)). En las siembras tempranas, el llenado también transcurre bajo mejores condiciones de radiación y temperatura, lo que genera una mayor disponibilidad de fotoasimilados por grano, y con ello altos valores de peso de grano ([Cirilo et al., 2001](#)).

En siembras tardías las condiciones de radiación y temperatura durante el período post-floración son de inferior calidad a las exploradas en fechas de siembra tempranas. En estos casos se reduce la producción de materia seca durante el período crítico y el llenado, limitando la disponibilidad de recursos por planta, y en consecuencia se define un menor peso de granos ([Cirilo y Andrade, 1994](#); [Tollenaar et al., 1977](#); [Cantarero et al., 2000](#); [Cirilo, 2001](#); [Cerrudo et al., 2014](#); [Bonelli et al., 2016](#)).

Otro factor clave en la determinación del rendimiento es el agua, dado que la disponibilidad hídrica durante el período crítico del cultivo está positivamente asociada al rinde. La ocurrencia de un estrés hídrico durante esa etapa, de máxima demanda de agua y nutrientes, tiene un fuerte impacto sobre el rendimiento ([Hall et al., 1992](#); [Cirilo et al., 2001](#); [Mercau, 2017](#)). En las siembras tempranas, donde las probabilidades de atravesar deficiencias hídricas durante el período crítico son mayores, se han encontrado rendimientos elevados en campañas con buena disponibilidad de agua, y rendimientos muy bajos ante una sequía ([Forjan y Manso, 2013](#); [Martínez Álvarez, D., 2015](#), [Papucci, et al., 2016](#)). Por el contrario, en las siembras tardías esa etapa transcurre durante los meses de febrero-marzo, donde las menores temperaturas y las mayores precipitaciones generan un escenario hídrico más favorable. Si bien las siembras tardías muestran potenciales de rendimiento comparativamente más bajos, al ser menores las probabilidades de un stress hídrico durante el período crítico del cultivo, su estabilidad, a través de las distintas campañas, es mayor ([Andrade y Cirilo, 2000](#); [Otegui, y López Pereira, 2003](#); [Bert y Satorre, 2012](#); [Borda, 2014](#); [Díaz Valdez, et al., 2014](#)).

Otro aspecto a considerar en la expresión del rendimiento es la existencia de deficiencias nutricionales, problemática que conduce a que el rinde alcanzable se aleje del potencial. El maíz requiere cantidades considerables de nitrógeno (N) y fósforo (P), nutrientes deficitarios en gran parte de las zonas de producción del cultivo, por lo que el agregado de los mismos a través de la fertilización se ha vuelto una práctica imprescindible para el sostenimiento de altos rendimientos

(Papucci et al., 2016). En cuanto a los requerimientos de nitrógeno, en maíz están alrededor de los 20 a 25 Kg de N (43 a 54 Kg de urea) por cada tonelada de grano producido (Andrade et al., 2000; García, 2005; Correndo y García, 2013).

En cuanto a los niveles de fertilización necesarios para maximizar los rindes, se presentan diferencias entre ambos sistemas. En los sistemas de producción en donde el maíz se incorpora en la secuencia como cultivo de segunda o sembrado en fechas tardías, la dinámica del nitrógeno se verá afectada no sólo por el efecto del cultivo antecesor sino también por la mineralización del N de la materia orgánica. En este caso, el cultivo de maíz se implantará en una época de mayor disponibilidad de agua y mayores temperaturas por lo que, en maíces tardíos, los niveles de N y P en el suelo a la siembra, suelen ser más altos que en los maíces tempranos (Bert y Satorre, 2012; Pautasso, et al., 2018). En los maíces tardíos el potencial de rinde es menor, por lo que cabría esperar que los requerimientos nutricionales también lo fueran, lo que se traduce en menores niveles de N y P objetivo para este tipo de cultivo (Otegui, 2002). No obstante, se han observado casos en la región pampeana en donde los cultivos tardíos alcanzan altos rendimientos, con lo cual las exigencias nutricionales también lo serían. Sin embargo, teniendo en cuenta la mayor dotación de nutrientes y los menores requerimientos de los maíces tardíos, las dosis de fertilizantes a emplear suelen ser más bajas que la empleada en las siembras tempranas, lo que redundaría en menores costos de fertilización (Bert y Satorre, 2012). Es conocido que la fertilización nitrogenada permite no sólo aumentar los rendimientos debido a un mayor número y peso de grano, sino que también mejora la calidad física del grano, aumentando el peso hectolítrico, en años sin déficit hídricos marcados (Papucci, 2008; Salvagiotti, 2010).

En el presente trabajo se planteó como objetivo evaluar el efecto de diferentes momentos de siembra y niveles de fertilización sobre el rendimiento, el peso de granos y el peso hectolítrico en el cultivo de maíz.

### **Materiales y Métodos.**

El ensayo se condujo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario ubicada en la localidad de Zavalla, Santa Fe (Long. O 60° 53'; Lat. S 33° 01'), bajo un clima subhúmedo-húmedo. El híbrido de maíz utilizado fue el ACA 470 VT TRIPLE PRO, sembrado en las campañas 2015/16, 2016/17 y 2018/19 sobre un suelo Argiudol vértico, serie Roldán. Las fechas de siembra para la primera campaña (2015/2016) fueron: 03/09/2015 para el maíz temprano (MAÍZ 1°), sobre trigo/soja como antecesores, y 11/12/2015 para maíz tardío (MAÍZ T) y de segunda (MAÍZ 2°), sobre trigo/soja como antecesor en el primer caso y sobre rastrojo de trigo en el segundo. Para la segunda (2016/2017) y tercera campaña (2017/2018) las siembras del MAÍZ 1° se efectuaron el 16/09/2016 y el 16/10/2018, respectivamente, sobre maíz tardío como antecesor. Las siembras para el MAÍZ T (sobre trigo/soja como antecesor) y MAÍZ 2° (sobre rastrojo de trigo) se realizaron el 11/01/2017 y el 26/12/2018, respectivamente.

En cada ambiente (MAÍZ 1°, MAÍZ T, MAÍZ 2°) los tratamientos fueron parcelas con tres niveles de nitrógeno (N0: sin agregado de N; N75: 75kg N. ha<sup>-1</sup> y N150: 150 kg N. ha<sup>-1</sup>), siendo la fuente de nitrógeno urea aplicada al voleo cuando el cultivo tenía entre 5 y 7 hojas (V5-V7) según la escala de Ritchie y Hanway, 1989. Todos los cultivos contaron con una fertilización base de fósforo (MAP - Fosfato monoamónico) para que este nutriente sea no limitante.

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. La unidad experimental constó de 6 surcos a 0,52 m por 9,00 m de largo en secano. Se cosecharon 5 m<sup>2</sup> de los dos surcos centrales, midiéndose el rendimiento de grano corregido a 14 % de humedad

(REND), el peso de 1000 granos (P1000) a través de dos muestras de 250 granos, y el peso hectolítrico (PH) mediante la balanza de Schopper.

Para evaluar las condiciones climáticas durante la ontogenia del cultivo se utilizaron los datos obtenidos de la Estación Meteorológica de la Facultad de Cs. Agrarias de la UNR, distante a 100 m del ensayo. En la [Figura 1](#) y [Figura 2](#) se muestran la distribución de las lluvias y las temperaturas medias del aire durante todo el ciclo del cultivo, en las tres campañas, como también los valores medios históricos de las precipitaciones (1973 – 2017) ([Material suplementario](#)).

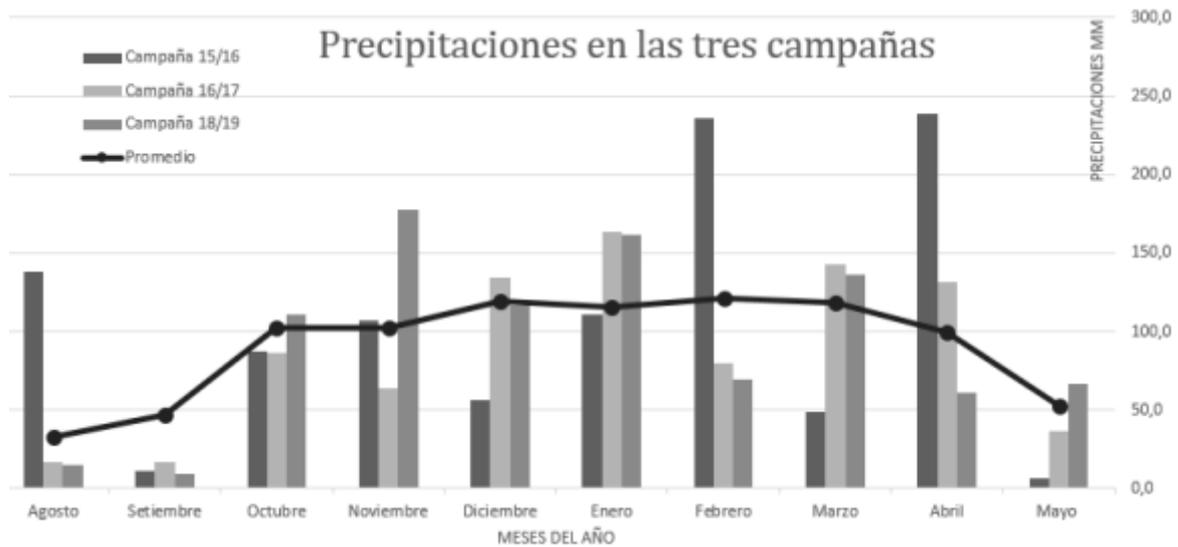


Figura 1: Distribución de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo en las Campañas: 15/16; 16/17 y 18/19.

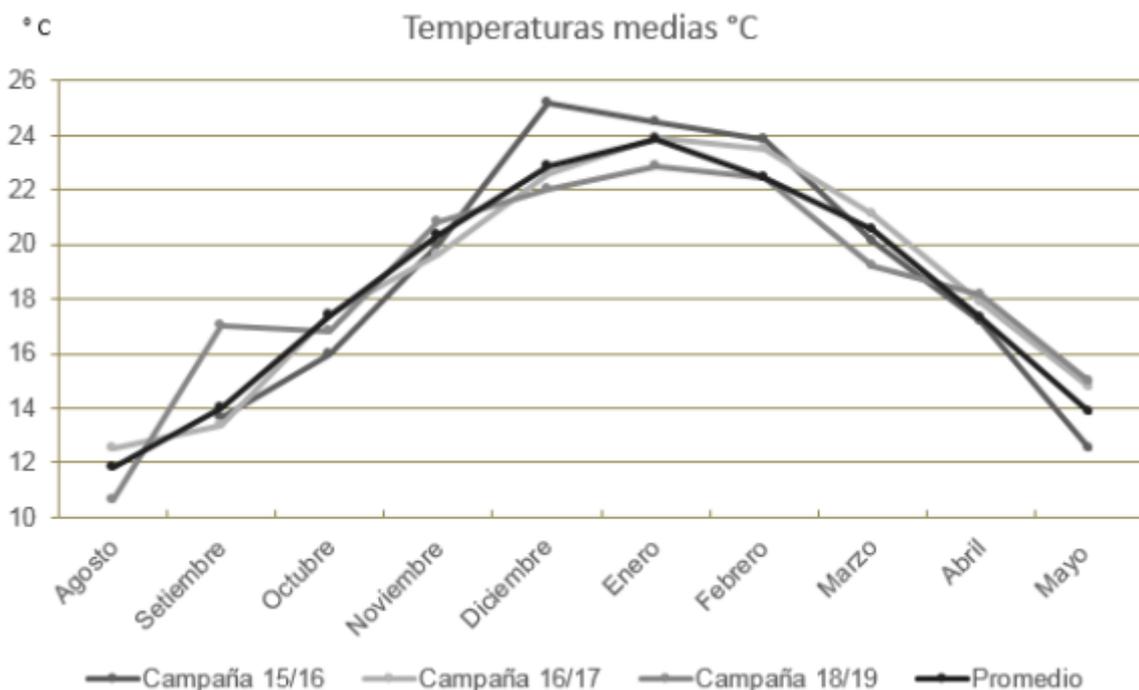


Figura 2: Distribución de las Temperaturas medias en °C durante el ciclo del cultivo en las Campañas: 15/16; 16/17 y 18/19.

Las variables fueron analizadas mediante ANOVA y las medias de los tratamientos de REND se compararon a través del test de comparaciones Tukey-Kramer, mientras que para el P1000 y PH se utilizó el test de Duncan ( $p \leq 0,05$ ) ([Box et al., 2011](#)).

## Resultados y Discusión

### Condiciones climáticas en las tres campañas analizadas

#### Campaña 2015/16

Durante la campaña 2015/16 las precipitaciones de agosto a diciembre fueron entre normales a superiores respecto a la media histórica y desde enero hasta abril estuvieron por encima de los valores medios históricos (Figura 1).

En esta campaña, el MAÍZ 1°, se sembró el 03/09/2015, por lo que, el período crítico del cultivo transcurrió durante mediados de diciembre, mes donde las precipitaciones fueron de 56,8 mm y las temperaturas medias resultaron un poco más altas que en las otras dos campañas (25,2°C) ([Figura 2](#)). En los sesenta días posteriores a R1 (emergencia de los estigmas) las precipitaciones fueron de 164,1 mm y de 24,6°C las temperaturas medias. Estos datos ponen en evidencia que, para la siembra temprana, tanto las precipitaciones como las temperaturas observadas permitieron que el cultivo creciera y se desarrollara sin limitantes agroclimáticas.

En el MAÍZ T y MAÍZ 2° el período crítico ocurrió a mediados de febrero. Durante esta etapa, se registraron precipitaciones superiores (236,3 mm) a las observadas para la siembra temprana, aunque con temperaturas medias del aire menores (23,8 °C). Durante el período de llenado de granos las precipitaciones fueron altas (430,7 mm) y las temperaturas medias de 21,3 °C.

#### Campaña 2016/17

En la campaña 2016/17 el período crítico (30 días alrededor de la floración) se produjo a mediados de diciembre. En esta campaña, las precipitaciones ocurridas hasta floración en el MAÍZ 1° fueron inferiores al promedio histórico ([Figura 1](#)). Las temperaturas medias del aire para el MAIZ 1° fueron más bajas que en la campaña anterior (21,8°C), para las siembras tardías y de segunda la temperatura media en ese período fue de 22,7°C ([Figura 2](#)). Las lluvias durante el periodo de llenado de granos 317,2 mm y las temperaturas medias del aire fueron semejantes al promedio histórico ([Figura 2](#)).

En los MAÍZT y MAÍZ 2° el período crítico transcurrió a principios de marzo. Las precipitaciones fueron normales y la temperatura media en ese período fue levemente superior al promedio histórico ([Figura 1](#) y [Figura 2](#)). En el período de llenado de granos las precipitaciones y las temperaturas medias fueron superiores al promedio histórico.

#### Campaña 2018/19

En la campaña 2018/19, las precipitaciones en los 30 días alrededor de R1 (10/01/2019) fueron de 132,7 mm y las temperaturas medias de 22 °C, inferiores al promedio histórico. Las lluvias durante el llenado de granos fueron de 323,7 mm y las temperaturas medias de 22,3°C ([Figura 1](#) y [Figura 2](#)).

La siembra de los MAÍZ T y MAÍZ 2° se realizó el 26 de diciembre de 2018. Las precipitaciones en R1 (28/02/2019) fueron de 189,5 mm y las temperaturas medias del aire iguales o inferiores al

promedio histórico. En el período de llenado de granos los valores de precipitaciones y temperaturas medias fueron de 197,2 mm y 18,7 °C ([Figura 1](#) y [Figura 2](#)).

### Rendimiento

El análisis combinado de la variable REND se muestra en la [Tabla 1](#). Se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la interacción campaña por tratamiento y para los factores principales tipo de siembra, campaña y tratamiento ( $p < 0,01$ ).

**Tabla 1:** Análisis combinado de las tres campañas de las variables rendimiento, peso hectolítrico y peso de 1000 y su interacción: campaña por tratamiento y para los factores principales tipo de siembra, campaña y tratamiento.

	Rendimiento		Peso de 1000 granos		Peso hectolítrico	
	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio	gl	Cuadrado Medio
Siembra	2	118525108,3**	2	19594,0**	2	1,1
Repetición (Siembra)	6	1822104,9	6	281,9	6	0,7
Campañas	2	23743011,7**	2	21405,9**	2	89,0**
Tratamiento	2	77894412,4**	2	9830,2**	2	15,5
Campañas x Tratamiento	4	1999333,6*	4	29,2	4	4,3
Siembra x Tratamiento	4	3886078,8	4	588,8	4	3,8
Siembra x Campañas x Tratamiento	8	1316047,1	8	191,6	8	2,3
Error	44	673192,4	52	546,6	52	5,4
Total	76		80		80	

La media de REND del MAÍZ T fue significativamente mayor que la del MAÍZ 1° ([Figura 3](#)). En las tres campañas las precipitaciones durante el período crítico fueron mayores en el MAIZ T que en el MAIZ 1° y las temperaturas medias del aire más bajas. La disponibilidad hídrica se evidenció como la principal limitante para la expresión del rendimiento del MAÍZ 1°, tal como lo indicaran Bert y Satorre (2012); Otegui y Mercou (2018); Forjan y Manso (2013); Martínez Álvarez (2015); Papucci, et al., (2016) y Maddoni (2017); Ferraguti (2018). Por otro lado, la media del MAIZ 2° presentó los menores rendimientos, de forma coincidente con lo encontrado por Ross (2017). Las peores condiciones foto-termales bajo las cuales transcurrió el período crítico en estas siembras, y la inclusión de un cultivo antecesor invernal (trigo) que redujo la dotación inicial de nutrientes y el contenido hídrico del suelo, pueden explicar estos resultados.

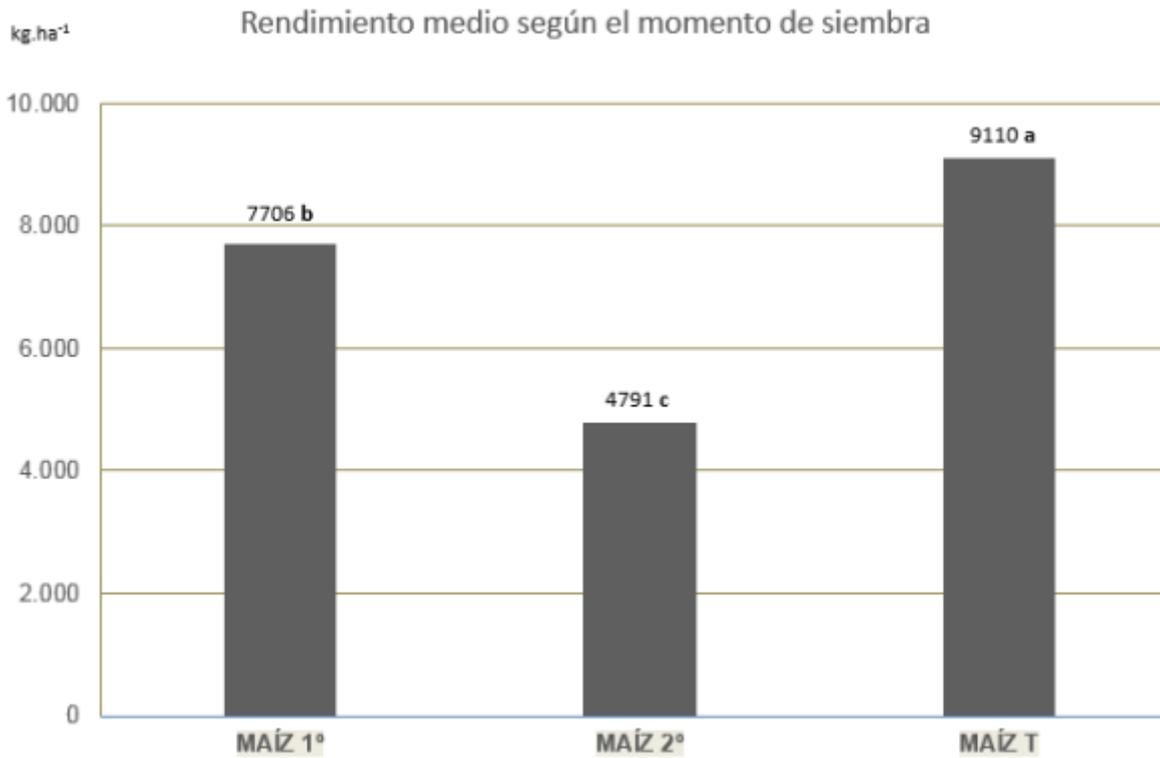


Figura 3: Rendimiento promedio en Kg/ha en los tres momentos de siembra: Maíz de Primera (MAIZ 1°); Maíz de Segunda (MAIZ 2°) y Maíz Tardío (MAÍZT).

Los REND medios, según nivel de nitrógeno y campaña, no mostraron diferencias significativas en las campañas 2015/16 y 2018/19, mientras que en la campaña 2016/17 (asociado a la menor disponibilidad hídrica durante dicha campaña) fue un 21% menor que la campaña 2018/19 ([Figura 4](#) y [Tabla 2](#)).

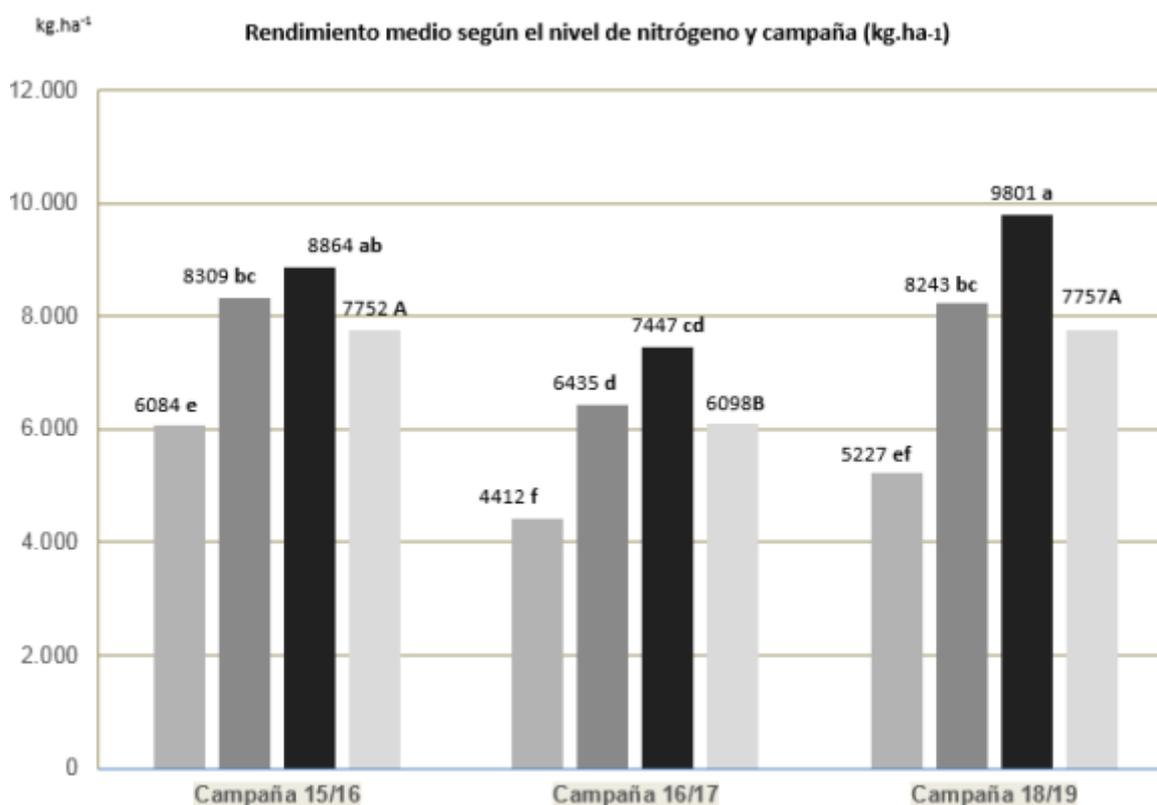

 Figura 4: Rendimiento medio según el nivel de nitrógeno y campaña (kg.ha<sup>-1</sup>)

 Tabla 2: Rendimiento medio según el nivel de nitrógeno y campaña (kg.ha<sup>-1</sup>)

Siembras						
Campaña	Tratamiento	Primera kg.ha <sup>-1</sup>	Segunda kg.ha <sup>-1</sup>	Tardío kg.ha <sup>-1</sup>	Medias kg.ha <sup>-1</sup>	Medias kg.ha <sup>-1</sup>
15/16	N <sub>0</sub>	6653	3191	8407	6084 e	
	N <sub>75</sub>	9307	6261	9359	8309 bc	7752a
	N <sub>150</sub>	10159	7436	8996	8864 ab	
16/17	N <sub>0</sub>	4485	1139	7611	4412 f	
	N <sub>75</sub>	7899	3648	9122	6435 d	6098b
	N <sub>150</sub>	8639	4889	8814	7447 cd	
18/19	N <sub>0</sub>	4827	3001	7854	5227 ef	
	N <sub>75</sub>	8617	5912	10201	8243 bc	7757a
	N <sub>150</sub>	10132	7641	11630	9801 a	
	Medias kg.ha <sup>-1</sup>	7706 b	4791 c	9110a		
	N <sub>0</sub>	5322	2443	7957	5241 c	
	N <sub>75</sub>	8152	5273	9560	7662 b	
	N <sub>150</sub>	9643	6655	9813	8704 a	

El REND de los tratamientos difirió según la campaña analizada ( $p < 0.05$ ). En las campañas 2015/16 y 2016/17 los tratamientos  $N_{150}$  y  $N_{75}$  no presentaron REND significativamente diferentes. El tratamiento  $N_0$  mostró un REND significativamente menor que los otros niveles de nitrógeno. En la campaña 2018/19, el REND de cada uno de los niveles de nitrógeno aplicado difirió significativamente de los otros niveles analizados ([Tabla 2](#)). Estas diferentes respuestas encontradas en función de las campañas conducen a pensar que es necesario, como plantea Salvagioti ([2010](#)), definir con mayor precisión los ambientes de producción de maíz.

### *Peso de 1000 granos*

El P1000 varió desde 144 g (tratamiento testigo del MAÍZ 2°, en la campaña 16/17) a 297 g (tratamiento de 150 kg N. ha<sup>-1</sup> del MAÍZ 1°, en la campaña 18/19).

El tipo de siembra influyó sobre P1000, en el MAÍZ 1° el valor de esta variable fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) al MAÍZ T y al MAÍZ 2°, presentando este último el P1000 más bajo (207 grs) ([Figura 5](#)). Podemos inferir que este resultado está asociado a las mejores condiciones de radiación y temperaturas, a las que se expone el período de llenado, en las siembras tempranas (MAÍZ 1°). Esta situación se traduce en una mayor disponibilidad de fotoasimilados por grano, y con ello granos con mayor peso, comportamiento que fue señalado por otros autores como Andrade y Cirilo ([2000](#)); Cantarero, et al., ([2000](#)); Cirilo, et al., ([2001](#)); Ferraguti, ([2013](#)); Forján, et al., ([2014](#)); Papucci, et al., ([2016](#)). Las condiciones foto-termales se vuelven menos favorables durante el llenado del MAÍZ 2°, por lo que éstos detentan los menores valores de P1000 en todos los tratamientos. Esta respuesta ha sido también señalada por otros autores como Bonelli, et al., ([2016](#)); Vega, et al., ([2017](#)) y Otegui y Mercau ([2018](#)).

El P1000 no mostró diferencias significativas en las campañas 2015/16 y 2018/19, siendo la campaña 2016/17 la que presentó el menor P1000 (asociado a la menor disponibilidad hídrica durante dicha campaña), y difirió significativamente ( $p < 0,05$ ) de las campañas antes mencionadas ([Figura 6](#) y [Tabla 3](#)).

Tabla 3: Análisis medio del Peso de 1000 gramos en la interacción campaña por tratamiento.

Campaña	Tratamiento	Siembras				
		Primera g	Segunda g	Tardío g	Medias g	Medias g
15/16	$N_0$	257	201	260	239	257 a
	$N_{75}$	278	224	264	255	
	$N_{150}$	299	255	275	276	
16/17	$N_0$	206	144	207	186	205 b
	$N_{75}$	219	183	215	206	
	$N_{150}$	254	197	221	224	
18/19	$N_0$	240	205	244	230	250 a
	$N_{75}$	278	218	262	253	
	$N_{150}$	297	237	273	269	
	<b>Medias</b> g	259 a	207 c	247 b		
	$N_0$	234	184	237	218 c	
	$N_{75}$	258	208	247	238 b	
	$N_{150}$	283	230	256	256 a	

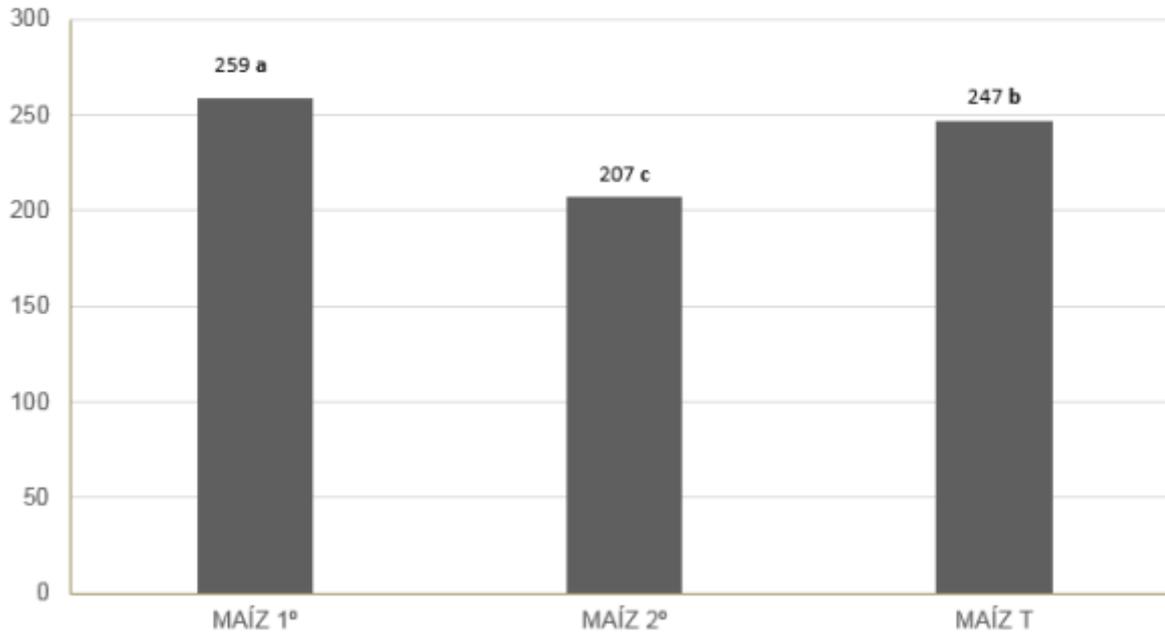
**g . 1000 granos**

Figura 5: Peso de 1000 granos en gramos (grs) en tres momentos de siembra: Maíz de Primera (MAIZ 1º); Maíz de Segunda (MAIZ 2º) y Maíz Tardío (MAIZ T).

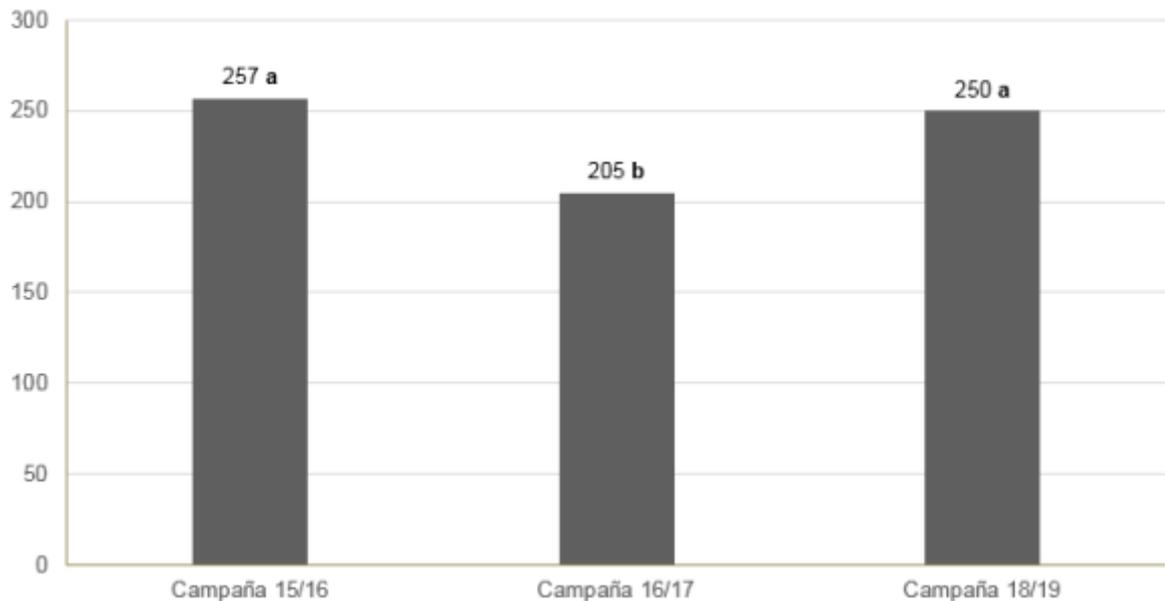
**g.1000 granos**

Figura 6: Peso de 1000 granos en gramos (grs) en las Campañas: 2015/16; 2016/17 y 2018/19

En lo referido a las dosis de nitrógeno, el P1000 se incrementó significativamente ( $p < 0,05$ ) a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno. La magnitud del incremento fue del 9% con las dosis de  $75 \text{ kg N. ha}^{-1}$  y del 17% con las dosis de  $150 \text{ kg N. ha}^{-1}$  (Figura 7). Esta correlación positiva fue confirmada por Papucci (2008, 2016).

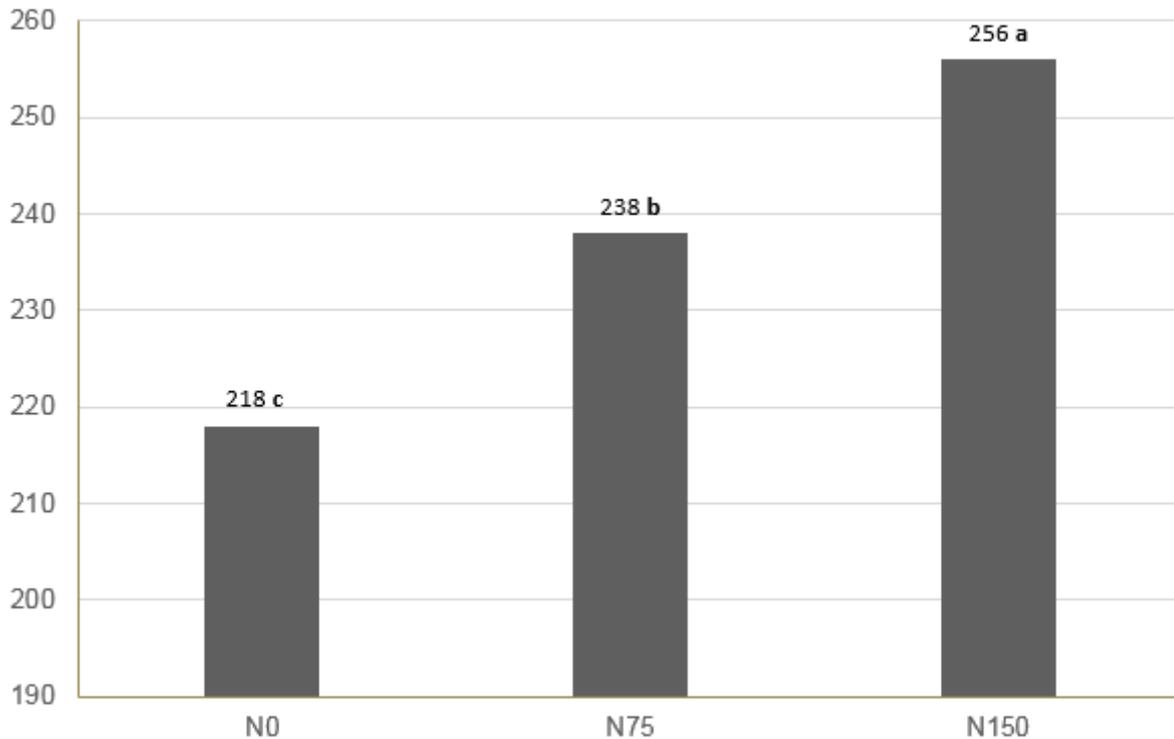
**g.1000 granos**

Figura 7: Peso de 1000 granos en gramos (grs) con tres tratamientos de fertilización: N0: sin agregado de Nitrógeno; N75: 75kg.ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno y N150: 150 kg. ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno

***Peso hectolítrico (PH)***

El PH fue una variable muy estable, solo se observaron diferencias entre las campañas ([Tabla 4](#)). La campaña 2016/17 fue la que mostró un PH significativamente menor que en las otras dos campañas analizadas ( $p < 0,05$ ). Este menor peso fue un 5% menor que en la campaña 2015/16 (campaña 2015/16: 76,6 vs campaña 2016/17: 73,2). La campaña 2016/17 fue la que contó con la menor disponibilidad hídrica, lo que explicaría el menor PH obtenido en la misma, en coincidencia con lo observado por Papucci et al., ([2008](#)).

Tabla 4: Valores medios para el Peso hectolítrico en las campañas: 15/16, 16/17 y 18/19 y su respuesta a los diferentes niveles de Nitrógeno: N0; N75 y N150

Campaña	Tratamiento	Siembras			Medias kg.hl <sup>-1</sup>	Medias kg.hl <sup>-1</sup>
		Primera kg.hl <sup>-1</sup>	Segunda kg.hl <sup>-1</sup>	Tardío kg.hl <sup>-1</sup>		
15/16	N <sub>0</sub>	76,8	75,8	77,2	76,6	76,6 a
	N <sub>75</sub>	76,3	76,4	75,7	76,1	
	N <sub>150</sub>	77,4	77,2	76,9	77,2	
16/17	N <sub>0</sub>	73,3	73,0	72,8	73,0	73,2 b
	N <sub>75</sub>	72,3	72,0	74,1	72,8	
	N <sub>150</sub>	74,7	74,3	72,7	73,9	
18/19	N <sub>0</sub>	73,9	73,8	76,0	74,6	76,1 a
	N <sub>75</sub>	76,7	76,1	75,7	76,2	
	N <sub>150</sub>	78,3	77,7	76,3	77,4	
	Medias g	75,5	75,1	75,2		
	N <sub>0</sub>	74,7	74,2	75,3	74,7	
	N <sub>75</sub>	75,1	74,8	75,1	75,0	
	N <sub>150</sub>	76,8	76,4	75,3	76,2	

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo permitieron demostrar que, si bien existe una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada, la magnitud de la misma varía con el ambiente productivo. De esta manera, resulta fundamental realizar una caracterización precisa del ambiente, incluyendo variables climáticas durante etapas claves del cultivo, tales como el periodo crítico y de manejo, determinando con mayor certeza el potencial del ambiente productivo que permitirá ajustar con mayor precisión los niveles de fertilización.

La producción de maíz en secano, donde la principal limitante es la disponibilidad hídrica, el maíz tardío se presenta como una opción válida para sortear este riesgo. Si bien las condiciones ambientales durante el período crítico fueron de menor potencial, al ser menores las probabilidades de sufrir estreses hídricos y térmicos, se puede alcanzar un número de granos más estable. Las peores condiciones de radiación y temperatura bajo las cuales transcurrió el llenado, hacen que el peso de los granos sufriera marcadas reducciones. Con respecto al PH, otro parámetro a considerar fue la dosis de nitrógeno incorporada al cultivo, aunque teniendo en cuenta la disponibilidad hídrica durante el periodo crítico.

En cuanto a los Maíz de 2<sup>a</sup>, estos resultaron con bajos rendimientos e importantes respuestas a la fertilización por lo que podemos pensarlo como una opción muy dependiente del manejo nitrogenado. Además, esta fecha presentó los rendimientos más heterogéneos en términos relativos, factor que puede asociarse con el cultivo antecesor y la disponibilidad de inicial de recursos.

## Agradecimientos

Dedicamos a nuestra compañera Alicia González, este trabajo de investigación, valorando su esfuerzo y pasión en la realización del mismo.

---

**Bibliografía**

- ANDRADE, F.H y CIRILO A. (2000). Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. F. H. Andrade y V. O. Sagras (Eds) INTA-IUB ISBN987- 521-016-1. Capítulo 5.
- ANDRADE, F.; ECHEVERRÍA H.; GONZÁLEZ, N.; UHART, S. (2000). Requerimientos de nutrientes minerales. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. F. H. Andrade y V. O. Sagras (Eds) INTA-IUB ISBN987-521-016-1. Capítulo 8.
- ANDRADE, F.; OTEGUI, M.; VEGA, C. (2000). Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. *Agronomy. J.* 92:92-97.
- ANDRADE, F.; CIRILO, A.; UHART, S.; OTEGUI M.E. (1996). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Dekalb Press. 292 p.
- BERT, F. y SATORRE, E. (2012) *Sistemas de producción de maíz: maíz temprano y tardío*. En [http://www.cultivaragro.com.ar/nota\\_Bert\\_Satorre\\_2012.pdf](http://www.cultivaragro.com.ar/nota_Bert_Satorre_2012.pdf)
- BONELLI, L.; MONZON, J.; CERRUDO, A.; RIZZALLIA, R.; ANDRADE, F. (2016). Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crops Research*.
- BORDA, M. (2014). Las condiciones climáticas durante el ciclo de los cultivos de cosecha gruesa. *Informes Técnicos 2011/12, 2012/13 y 2013/14*. CEI Barrow [www.inta/barrow/agrometeorología](http://www.inta/barrow/agrometeorología).
- BOX G.; HUNTER J.; HUNTER W. (2011). *Estadística para Investigadores: diseño, innovación y descubrimiento*. Segunda edición. Barcelona: Reverté.
- CANCIO, H. (2018). ¿Cuándo sembrar maíz? *Revista F&D24* (81): 14-19.
- CANTARERO, M., CIRILO, A.; ANDRADE, F. (1999). Night temperature at silking affects kernel set in maize. *Crop Science*, 39:703-710.
- CANTARERO, M.; LUQUE, S.; RUBIOLO, O. (2000). Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). *Agriscientia*, 17: 3-10.
- CARCOVA, J.; ABELEDO, L. y LÓPEZ PEREIRA, M. (2003). *Análisis de la generación de rendimiento: crecimiento, partición y rendimiento*. Cap.6. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. ISBN 950-2907-132. 816 p
- CAZORLA, C.; BAIGORRIA, T.; BELLUCCINI, P.; IOELE, J. (2019). Estabilidad de rendimientos y disminución de costos en maíces tardíos complementados con antecesor vicia. En: <https://inta.gob.ar/documentos/estabilidad-de-rendimientos-y-disminucion-de-costos-en-maices-tardios-complementados-con-antecesor-vicia-vicia-villosa-roth>
- CERRUDO, A.; ROSS, F.; LEADEN, K.; LÓPEZ SABANDO, M.; ANDRADE, F. (2014). Manejo del cultivo de maíz en ambientes marginales. *Revista Visión Rural*. N° 102. Ediciones INTA ISSN 0328 7009.
- CIRILO, A. y ANDRADE, F. (1994). Sowing date and maize productivity. II: Kernel number determination. *Crop Sci.* 34:1044-1046.
- CIRILO, A.; ANDRADE, F.; OTEGUI, M.; MADDONNI, G.; VEGA, C.; VALENTINUZ, O. (2001). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. En: Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz. Compilador y editor: Ing. Agr Msc Phd Guillermo H. Eyhérbide INTA Pergamino. Vol. VI Nro. 18, Segundo Cuatrimestre: Setiembre/Diciembre.
- CIRILO, A. (2001). Maíces tardíos y maíz de segunda. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. INTA Pergamino. Vol.VI Nro. 18, Segundo Cuatrimestre: Setiembre/Diciembre 2001.

CORRENDO, A. y GARCÍA, F. (2013). Bases de la nutrición del cultivo de maíz. En: Maíz: Técnicas probadas para una producción rentable. Cap. 6. 1ra Ed. Marzo 2014. AACREA.

DIAZ VALDEZ, S., GARCIA, F. y CAVIGLIA, O. (2014). Maíz tardío en Entre Ríos, Argentina: Calibración de umbrales críticos en nitrógeno. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 13[2], 18-20.

EYHÉRABIDE, G. 2015. Bases para el manejo del cultivo de maíz. Libro INTA Pergamino. Programa Nacional de cereales. 299 p.

FERRAGUTI, F. (2013). Maíz en fechas tardías: una alternativa que llegó para quedarse.  
[http://inta.gov.ar/documentos/maiz-en-fechas-tardias-una-alternativa-que-llegopara-quedarse/atmulti\\_download/file/INTA-segunda.pdf](http://inta.gov.ar/documentos/maiz-en-fechas-tardias-una-alternativa-que-llegopara-quedarse/atmulti_download/file/INTA-segunda.pdf)

FERRAGUTI, F.; MALMANTILE, A.; PRIETO, G.; CASTELLARÍN, J.; ALBRECHT, R.; ALMADA, G.; ANDRIANI, J.; CAPURRO, J.; CENCIG, G.; CONDORÍ, A.; DE EMILIO, M.; DICKIE, M. J.; GENTILI, O.; GERSTER, G.; MARTINS, L.; MÉNDEZ, J.M.; PAGANI, R.; VARISCO, I. y VITA, E. (2016). Resultados de la Red INTA Oliveros de maíz de Segunda. Campaña 2013/14. Para Mejorar la Producción. *Maíz* 52:23- 40.

FERRAGUTI, F. (2018). Actas del XXVI Congreso de AAPRESID Sustentología. 1er Congreso Nacional Ag Tech. 8 al 10 de agosto. Ciudad de Córdoba.

FORJAN, H.; MANSO, L. (2013). Maíz: Analizando el momento de sembrar. *Revista AgroBarrow* N°53. Ediciones INTA. ISSN 0328 1353.

FORJÁN, H.; MANSO L.; BORDA M.; LÓPEZ Z. (2014). Analizando el momento de sembrar para estabilizar los rindes. X Congreso Nacional de Maíz, Rosario, setiembre 2014.

GAYO, S.; LÓPEZ, M. (2018). Dinámica de los planteos de maíz en la Argentina: de dónde venimos y hacia dónde vamos. Congreso Maizar 2018 - Competitividad Con Desarrollo.

GUEVARA, E. (2010). La simulación del desarrollo, crecimiento y rendimiento en maíz. Artículo INTA E.E.A Pergamino. En <http://agrolluvia.com/wpcontent/uploads/2010/06/>

HALL, A.; REBELLA, C.; GHERSA, C.; CULOT, C. (1992). Field-crop systems of the Pampas, p. 413- 449, In C. J. Pearson, ed. *Field Crop Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.

KINIRY, J.; RITCHIE, J. (1985). Shade-sensitive interval of kernel number in maize. *Agronomy J.*77:711-715.

LÓPEZ SABANDO, M.; ERREGUERENA, J.; BESTEIRO I.; LANZAVECCHIA L.; CERRUDO A. (2019). Importancia y manejo del cultivo de maíz.  
[https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_maiz\\_importancia\\_y\\_manejo.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_maiz_importancia_y_manejo.pdf)

MADDONNI, A. (2012). Estabilidad en el peso y velocidad de secado de los granos en Maíz Tardío: Identificando atributos del ambiente y del genotipo. 1° Congreso de Maíz Tardío.

MADDONNI, G.A. (2017). Ventana óptima de siembra en maíz tardío y riesgos climáticos. En: *El mismo maíz, un nuevo desafío*. Capítulo 5 del compendio del primer congreso de maíz tardío. Lucas Borrás & Sergio Uhart (editores). 1ra ed compendiada. - San Isidro: Dow Agrosciences Argentina, 2017. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-98384-3- 3.

MARTÍNEZ ÁLVAREZ, D. (2015). Ecofisiología del cultivo de Maíz. En: *El cultivo de maíz en San Luis*. Información Técnica 188. IISN 0327-425X/MARZO 2015. Editores Garay y Colazo.

MERCAU, J. (2017). El mismo maíz, un nuevo desafío. Compendio primer congreso de maíz tardío. En *Capítulo 3: Fecha de siembra y eficiencia en el uso de los recursos*. Dow Agrosciences Argentina, 2017. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-98384-3- 3.



OTEGUI, M.; MERCAU, J. (2018). Sowing date and maize grain yield across environments with contrasting water availability in the Central region of Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria - Tomo LXXI*.

OTEGUI, M.; NICOLINI, M.; RUIZ, R. y DODDS, P. (1995). Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agronomy Journal* 87:29-33.

OTEGUI, M., MERCAU, J; MENÉNDEZ, F. (2002). Estrategias de manejo para la producción de maíz tardío y de segunda. En *Guía Dekalb del cultivo de maíz*, Ed. Satorre, Dekalb, 293 p.

OTEGUI, M. E.; LÓPEZ PEREIRA, M. (2003). Fecha de siembra. En: *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

OTEGUI, M.; BONHOMME, R. (1998). Grain yield components in maize: I. Ear growth and kernel set. *Field Crops Res.* 56:247-256.

OTEGUI, M.; RUIZ R.; PETRUZZI, D. (1996). Modeling hybrid and sowing date effects on potential grain yield of maize in a humid temperate region. *Field Crops Research*. Volumen 47. 167-174 p

OTEGUI, M.; NICOLINI, M.; RUIZ, R. A.; DODDS, P. (1995). Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agronomy Journal* 87: 29-33.

OTEGUI, M. (1995). Prolificacy and grain yield components in modern argentinean maize hybrids. *Maydica*, 40:371-376.

PAPUCCI, S. (2008). Efecto del manejo sobre la calidad comercial e industrial en Maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Especialidad Manejo Poscosecha de Grano. En biblioteca de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR.

PAPUCCI, S.; GONZÁLEZ, A.; CRUCIANI, M; TUTTOLOMONDO, G.; GONZÁLEZ, M. (2016). Maíces tempranos versus tardíos. *Agromensajes* 46: 39-45. <https://fcagr.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2016/11/5AM46.pdf>

PAUTASSO J.; MALTESE, N.; MELCHIORI, R. (2018). Fertilización nitrogenada en fechas de siembra temprana y tardía de maíz. *Red de innovadores. Revista técnica de la asociación argentina de productores en siembra directa*. ISSN 1850-0633.

RITCHIE S.; HANWAY, J. y BENSON, G. (1989). How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology Cooperative. Extensión Service. Ames. Special Report N°48.

ROSS, F. (2017). Fecha de siembra y longitud de ciclo en maíz de segunda.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_barrow\\_-\\_fecha\\_de\\_siembra\\_y\\_longitud\\_del\\_ciclo\\_d.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_fecha_de_siembra_y_longitud_del_ciclo_d.pdf)

SALVAGIOTTI, F.; CASTELLARÍN J.; FERRAGUTI, F.; DIGNANI D.; PEDROL, H. (2010). Umbrales de respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz y Dosis Óptimas Económicas según potencial de producción. *PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN* 44 - INTA EEA Oliveros.

SALVAGIOTTI, F. (2017). El mismo maíz, un nuevo desafío. Compendio primer congreso de maíz tardío. En *Capítulo 7: Fertilización nitrogenada en maíces tardíos y de segunda*. Dow Agrosiences Argentina, 2017. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-98384-3- 3

STORTI, L. (2019). Informes de cadenas de valor. *Cereales: Maíz - Febrero 2019*. Año 4 - N° 41. ISSN 2525-0221.

TOLLENAAR, M., DAYNARD, T.B., HUNTER, R.B. (1977). Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Science*, 19:363-366.



VEGA, C.; SANTILLÁN HATALA, C.; RAZQUIN, C.J.; OGANDO, F.A. (2017). Marco conceptual para la interpretación eco-fisiológica de la respuesta del maíz a la fecha de siembra. En: El mismo maíz, un nuevo desafío. Capítulo 1 del compendio del primer congreso de maíz tardío. Lucas Borrás & Sergio Uhart (editores). 1ra ed compendiada. - San Isidro: Dow Agrosiences Argentina, 2017. Libro digital, PDF Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-987-98384-3- 3.

---

INCREMONA , M. E.; GONZÁLEZ, A.; ROMAGNOLI, M. S.; PAPUCCI, S.; TUTTOLOMONDO, G. (2022). Efecto de la fertilización nitrogenada en siembras tempranas y tardías de maíz sobre el rendimiento, el peso de granos y el peso hectolítrico. *Revista Ciencias Agronómicas*, (39), e016. <https://doi.org/10.35305/agro39.e016>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).