



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Ecofisiología y manejo del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

2022





TEMPERATURAS EXTREMAS DURANTE EL PERIODO CRÍTICO DE MAÍZ EN EL NORESTE ARGENTINO ANTE CAMBIOS EN LA FECHA DE SIEMBRA

Nalli Sonzogni FD^{1,2,*}; Kettler BA^{1,2,3*}; Neiff N^{1,3,*}; Maddonni GA^{2,4,*}

1Centro de Ecofisiología Vegetal (FCA-UNNE), Ruta Nacional N° 12 km. 1031, Corrientes, Argentina.

2Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

3Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Nordeste (FCA-UNNE), Sargento Cabral 2131, Corrientes, Argentina.

4Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires (FAUBA)-IFEVA CONICET, Av San Martín 4453, C1417DSE, Buenos Aires, Argentina.

*E-mail: f3nalli@gmail.com; belenket@gmail.com; nneiff@icloud.com; maddonni@agro.uba.ar

EXTREME TEMPERATURES DURING THE CRITICAL PERIOD OF MAIZE CROPS CULTIVATED AT DIFFERENT SOWING DATES IN THE NORTHEAST OF ARGENTINA

Abstract

The aims of this work were: to simulate the occurrence of critical period (CP) of maize cultivated at different sowing dates (SD) in six locations of NE of Argentina, and to quantify events of maximum (TX) and minimum (Tx) temperatures above critical thresholds during the CP. Four thermal indexes were defined: number of days with TX>35°C and Tx>23°C (DTX+35 and DTx+23, respectively), and cumulative degrees above both thresholds (STX+35 and STx+23 for TX and Tx, respectively). Early (Aug-10 to Sep-10) and late (Jan-10 to Feb-10) SD had longer CP durations (30 and 29d, respectively; averaged between locations) than intermediate SD (24d). Among locations, CP were longer at higher latitudes. The intermediate SD (Oct-10 to Dec-10) always shown the greatest thermal indexes values. Regardless the SD, Las Breñas (Chaco) was the location with the greatest DTX+35 and STX+35 values, meanwhile Las Breñas and El Colorado (Formosa) exhibited the highest DTx+23 and STx+23 values. In summary, early or late SD could mitigate the incidence of extremely high temperatures during the CP of maize crops in the NE of Argentina. Future studies should combine this information with the incidence of water stress during PC and the occurrence of early frosts during the grain-filling period.

Palabras claves

NEA, estrés térmico, temperaturas máximas, temperaturas mínimas, Zea mays

Keywords

NEA, heat stress, maximum temperatures, minimum temperatures, Zea mays



Introducción

La producción actual de maíz en Argentina abarca regiones con diversas restricciones ambientales. En el Noreste Argentino (NEA) son frecuentes las elevadas temperaturas máximas y las noches cálidas, que pueden originar en el cultivo de maíz episodios de estrés térmico e incrementos de la respiración nocturna, reduciendo su crecimiento (Neiff et al., 2016; Kettler et al., 2022). En particular, incrementos en las temperaturas máximas o mínimas en el período centrado en floración, i.e. período crítico (PC), producen reducciones variables en el número de granos (Cicchino et al., 2010; Rattalino Edreira y Otegui, 2012; Neiff et al., 2016; Kettler et al., 2022). Poder predecir la ocurrencia de estos episodios de manera probabilística, resulta en una herramienta valiosa para los productores y técnicos al momento de decidir la fecha de siembra del cultivo. En efecto, esta región cuenta con una ventana potencial de siembra muy amplia, debido principalmente al extendido período libre de heladas (Maddonni, 2012) que permitiría anteponer o postponer el PC al momento del año con mayores frecuencias de estos eventos. Pocos estudios han abordado este tema y sólo dos han analizado los efectos de las temperaturas máximas para un número reducido de localidades de la región NEA (Maddonni, 2012; Giménez et al., 2018). Este trabajo tiene como objetivos: (i) simular la ocurrencia del PC ante cambios en la fecha de siembra (FS) en seis localidades del NEA, y (ii) caracterizar los eventos con temperaturas máximas y mínimas por encima de un umbral crítico durante los PC para las diferentes FS y localidades.

Materiales y Métodos

Localidades y fechas de siembra:

Se seleccionaron seis localidades de la región NEA, abarcando un área al norte del paralelo 30°S y al este del meridiano 63°O, comprendiendo un rango variable de altitudes (61 a 270 msnm) y precipitaciones (998 a 2023 mm anuales). Las localidades fueron: El Colorado, Formosa (ECFM, 26,3°S, 59,4°O); Las Breñas, Chaco (LBCH, 27,1°S, 61,1°O); Colonia Benítez, Chaco (CBCH, 27,4°S, 58,9°O); Cerro Azul, Misiones (CAMN, 27,6°S, 55,5°O); Reconquista, Santa Fe (RQSF, 29,2°S, 59,7°O), y Mercedes, Corrientes (MCCR, 29,2°S, 58°O). Las series climáticas se obtuvieron del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA-INTA, <http://siga.inta.gob.ar/#/data>), comprendiendo los últimos 50 años disponibles (1970-2019) de registros diarios de temperaturas máximas y mínimas (TX y Tx, respectivamente), radiación global y precipitaciones. Para cada localidad, se definieron siete fechas de siembra (FS), empleando una FS por mes, desde agosto a febrero. Las siete FS fueron catalogadas como tempranas (10-ago, 10-sep), intermedias (10-oct, 10-nov, 10-dic), y tardías (10-ene, 10-feb). Las FS tempranas e intermedias permitirían desarrollar un segundo cultivo estival o invernal, respectivamente. Mientras que las tardías solo permitirían incluir un cultivo estival por año y podrían representar a un maíz de segunda luego de un cultivo de invierno (Giménez et al., 2018).

Fenología de maíz:

La variabilidad interanual de la fenología en cada escenario (localidad x FS) fue simulada mediante CERES-MAIZE (Jones et al., 1986), asumiendo que en los híbridos actuales el intervalo antesis-silking (R1) es muy estrecho. El período crítico fue considerado como la sumatoria de tiempo térmico (temperatura base 8°C) alrededor de R1 (-220°Cd y +200°Cd para establecer el inicio y final del PC, respectivamente; Maddonni, 2012).



Definición de índices térmicos:

Se establecieron umbrales de temperatura de 35°C (Commuri y Jones, 2001; Mayer et al., 2014) y 23°C (Kettler et al., 2022) para TX y Tx, respectivamente. A partir de estos umbrales, se estimaron los siguientes índices dentro del PC de cada fecha de siembra: (i) la cantidad de días con temperaturas por encima de 35°C y 23°C (DTX+35 y DTx+23, para máximas y mínimas, respectivamente), y (ii) la sumatoria de grados por encima de ambos umbrales (STX+35 y STx+23, para TX y Tx; respectivamente). Los resultados se expresaron en función de su frecuencia acumulada.

Resultados

Las temperaturas medias máximas (TX) descendieron conforme al aumento latitudinal, siendo esto similar para las temperaturas medias mínimas (Tx), pero con un rango ligeramente mayor entre localidades para Tx (2,3°C; Tabla 1) respecto a TX (1,8°C).

Tabla 1. Características ambientales de las seis localidades evaluadas. Lat.: latitud; Long.: longitud; TX, temperatura máxima promedio anual; Tx, temperatura mínima promedio anual; Tm, temperatura media promedio anual; RG, radiación global promedio anual; PP, precipitaciones promedio anual.

Localidad	Siglas	Lat. °S	Long. °O	Altitud msnm	Media anual				
					TX	Tx	Tm	RG MJ m ⁻² d ⁻¹	PP mm
El Colorado, Formosa	ECFM	26,3	59,4	86	28,3	16,2	22,2	17,2	1121,8
Las Breñas, Chaco	LBCH	27,1	61,1	104	28,2	15,6	21,9	17,1	997,4
Colonia Benítez, Chaco	CBCH	27,4	58,9	61	27,3	15,8	21,5	16,8	1374,3
Cerro Azul, Misiones	CAMN	27,6	55,5	270	26,3	16,0	21,2	16,4	2023,4
Reconquista, Santa Fe	RQSF	29,2	59,7	69	25,8	14,6	20,2	16,6	1281,9
Mercedes, Corrientes	MCCR	29,2	58,0	96	26,5	13,9	20,2	16,2	1521,7

En la región en estudio, los PC sucedieron entre los meses de octubre hasta abril, con una duración variable según la fenología simulada. Es así como las FS tempranas y tardías presentaron mayores duraciones de sus PC (30 y 29 días, respectivamente; promedio entre localidades; Tabla 2) respecto a FS intermedias (24 días), debido a que las FS intermedias ubican al PC en meses con mayores temperaturas (ca. diciembre a febrero). Por otra parte, para una misma FS, las duraciones de los PC entre localidades aumentaron con el incremento en latitud (Tabla 2). Por ejemplo, para una FS temprana (e.g., 10-ago), la duración del PC fue de 30, 32 y 34 días en las localidades de LBCH, CAMN y MCCR, respectivamente.

Las FS tempranas y tardías expusieron al PC a menores D_{TX+35} respecto de las FS intermedias (Tabla 2). Por ejemplo, en uno de cada dos años, en la FS del 10-nov (intermedia) se registraron un total de 6 días (promedio entre localidades) respecto de 2 y 4 días para las siembras del 10-ago (temprana) y 10-ene (tardía), respectivamente. Además, las FS del 10-nov y 10-dic presentaron la mayor S_{TX+35} durante el PC (10,9 y 8,7°C, promedio entre todas las localidades). A pesar de haber tenido similar duración del PC, la S_{TX+35} en las FS tempranas (4,7 y 3,3°C para 10-ago y 10-sep, respectivamente) resultó mayor que en las FS tardías (3,5 y 0,1°C para 10-ene y 10-feb, respectivamente). Esto se explica por las mayores temperaturas máximas que se registran en los meses en los que ocurren los PC de las FS tempranas en comparación con las FS tardías.



Tabla 2. Inicio, final y duración (Dur.) en días del período crítico para siete fechas de siembra (FS) simuladas en seis localidades (Loc.) del Noreste Argentino: ECFM, El Colorado, Formosa; LBCH, Las Breñas, Chaco; CBCH, Colonia Benítez, Chaco; CAMN, Cerro Azul, Misiones; RQSF, Reconquista, Santa Fe; MCCR, Mercedes, Corrientes. El número de días con temperaturas por encima de 35 y 23°C durante el PC (D_{Tx+35} y D_{Tx+23} para las temperaturas máximas y mínimas, respectivamente), se expresan como frecuencias acumuladas (0,25, 0,50 y 0,75), calculadas a partir de una serie histórica compuesta por 50 años (1970-2019).

Loc	FS	PC			D_{Tx+35}			D_{Tx+23}		
		Inicio	Fin	Dur (d)	Frecuencia acumulada			Frecuencia acumulada		
					0,25	0,5	0,75	0,25	0,5	0,75
ECFM	10-ago	07-oct	06-nov	30	3	4	6	1	2	3
	10-sep	30-oct	26-nov	27	2	3	6	0	1	3
	10-oct	25-nov	19-dic	24	3	5	7	1	3	4
	10-nov	21-dic	13-ene	23	4	8	11	2	5	9
	10-dic	18-ene	09-feb	22	5	6	11	4	6	10
	10-ene	18-feb	14-mar	24	3	5	8	2	4	7
	10-feb	22-mar	21-abr	29	0	1	3	0	2	4
LBCH	10-ago	07-oct	06-nov	30	3	5	7	1	1	3
	10-sep	31-oct	26-nov	27	3	4	6	0	1	3
	10-oct	25-nov	19-dic	24	3	6	9	2	3	5
	10-nov	21-dic	12-ene	23	6	9	13	3	5	9
	10-dic	17-ene	08-feb	22	5	8	13	4	6	9
	10-ene	19-feb	15-mar	24	2	6	8	2	4	7
	10-feb	23-mar	23-abr	31	0	0	2	0	1	3
CBCH	10-ago	10-oct	10-nov	31	1	2	4	0	1	2
	10-sep	02-nov	30-nov	28	1	2	3	0	1	2
	10-oct	26-nov	21-dic	25	2	3	6	1	2	4
	10-nov	22-dic	14-ene	23	3	6	9	2	5	8
	10-dic	18-ene	10-feb	23	3	5	8	3	6	8
	10-ene	19-feb	16-mar	25	1	4	6	1	3	7
	10-feb	23-mar	23-abr	31	0	0	2	0	1	2
CAMN	10-ago	10-oct	11-nov	32	0	0	1	0	0	1
	10-sep	04-nov	02-dic	29	0	1	2	0	0	1
	10-oct	27-nov	23-dic	26	0	1	5	0	1	2
	10-nov	23-dic	16-ene	24	2	5	11	1	3	5
	10-dic	19-ene	12-feb	24	2	5	10	1	2	4
	10-ene	20-feb	18-mar	26	0	2	6	0	1	3
	10-feb	24-mar	26-abr	33	0	0	0	0	0	1
RQSF	10-ago	17-oct	20-nov	34	0	1	2	0	0	1
	10-sep	13-nov	15-dic	33	1	3	4	0	0	1
	10-oct	29-nov	26-dic	27	1	3	6	0	2	3
	10-nov	24-dic	17-ene	25	3	5	8	2	3	6
	10-dic	19-ene	12-feb	24	2	3	6	2	4	8
	10-ene	20-feb	19-mar	27	1	2	4	1	2	4
	10-feb	24-mar	30-abr	36	0	0	0	0	0	1
MCCR	10-ago	18-oct	21-nov	34	0	0	1	0	0	0
	10-sep	07-nov	07-dic	30	0	1	3	0	0	0
	10-oct	30-nov	26-dic	27	0	2	7	0	0	2
	10-nov	23-dic	17-ene	25	2	5	12	0	2	4
	10-dic	19-ene	12-feb	24	2	5	10	0	2	4
	10-ene	20-feb	19-mar	27	0	2	6	0	1	3
	10-feb	24-mar	29-abr	36	0	0	0	0	0	0



La localidad de LBCH fue la que presentó un mayor D_{TX+35} durante el PC, en uno de cada dos años, cuyos valores oscilaron entre 5 y 4 días para FS tempranas (10-ago y 10-sep, respectivamente), 6 y 0 días para FS tardías (10-ene y 10-feb, respectivamente), y 6, 9 y 8 días en FS intermedias (10-oct, 10-nov y 10-dic, respectivamente) (Tabla 2). Esta localidad también exhibió las mayores S_{TX+35} en todas las FS (Fig. 1). Como contraparte, MCCR fue una de las localidades con menor frecuencia de D_{TX+35} , presentando 0 y 1 D_{TX+35} en FS tempranas (10-ago y 10-sep, respectivamente), 2 y 0 en FS tardías (10-ene y 10-feb, respectivamente), y 2, 5 y 5 en FS intermedias (10-oct, 10-nov y 10-dic, respectivamente).

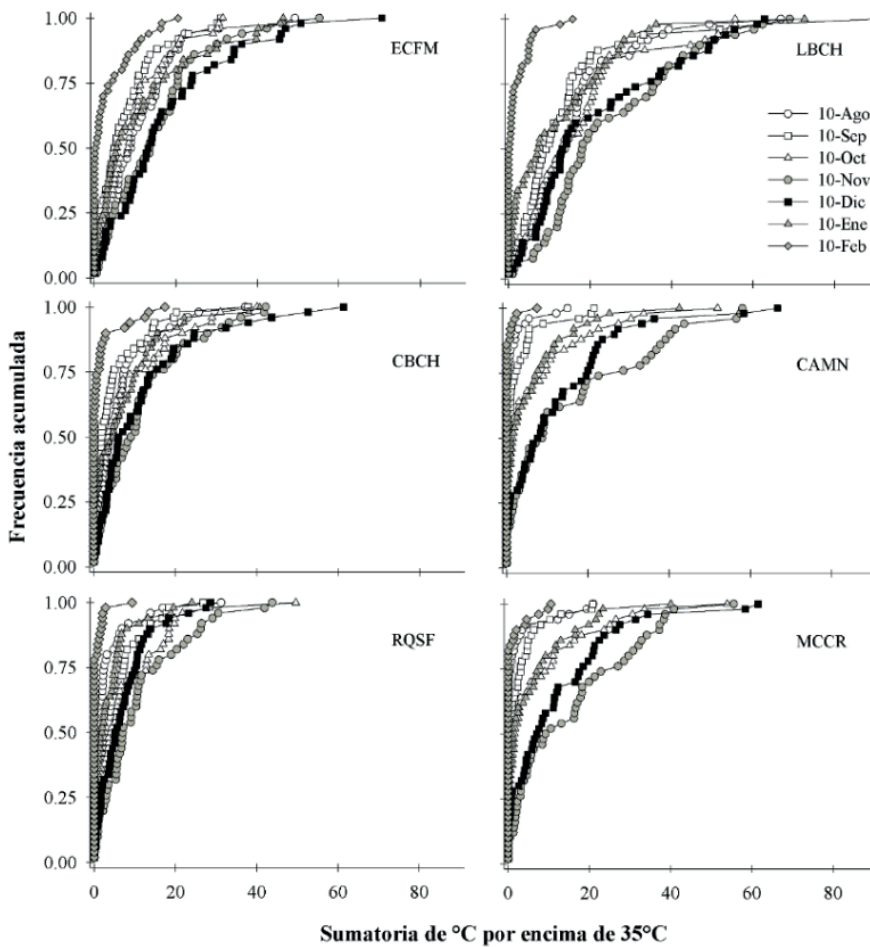


Figura 1. Frecuencia acumulada de la sumatoria de grados Celsius por encima de 35 (S_{TX+35}) de temperatura máxima durante el período crítico simulado de maíz sembrado en siete fechas de siembra (10-ago al 10-feb) para seis localidades del Noreste Argentino: ECFM, El Colorado, Formosa; LBCH, Las Breñas, Chaco; CBCH, Colonia Benítez, Chaco; CAMN, Cerro Azul, Misiones; RQSF, Reconquista, Santa Fe; MCCR, Mercedes, Corrientes. Las fechas de siembra empleadas fueron 10-ago (círculos blancos), 10-sep (cuadrados blancos), 10-oct (triángulo blanco), 10-nov (círculo gris), 10-dic (cuadrado negro), 10-ene (triángulo gris) y 10-feb (rombo gris).

Contrariamente a lo que sucede con D_{TX+35} , no se evidenciaron grandes diferencias entre FS (tempranas, intermedias y tardías) para D_{TX+23} (Tabla 2), siendo las FS tempranas y la del 10-feb las de menor cantidad de días (1 día, promedio entre localidades), mientras que 10-nov y 10-dic, las de mayor cantidad de días (4 días entre ambas, promedio entre localidades). En concordancia, estas últimas FS presentaron las mayores S_{TX+23} (4,4 y 4,8°C, respectivamente, promedio entre localidades). Además, cabe destacar que la FS tardía del 10-ene presentó similares S_{TX+23} (3,1°C, promedio entre localidades) que las intermedias del 10-nov y 10-dic.



A nivel localidad, ECFM y LBCH, presentaron los mayores D_{Tx+23} en uno de cada dos años, diferenciándose la primera de la segunda sólo en las FS del 10-ago y 10-feb (Tabla 2). Es importante resaltar que CBCH en la FS del 10-dic presentó la misma cantidad de D_{Tx+23} que las localidades mencionadas previamente (6 días, Tabla 2). Las mayores S_{Tx+23} , en uno de cada dos años, se observaron en LBCH en casi todas las FS, con excepción del 10-ago y 10-feb donde se destacó ECFM (Fig. 2).

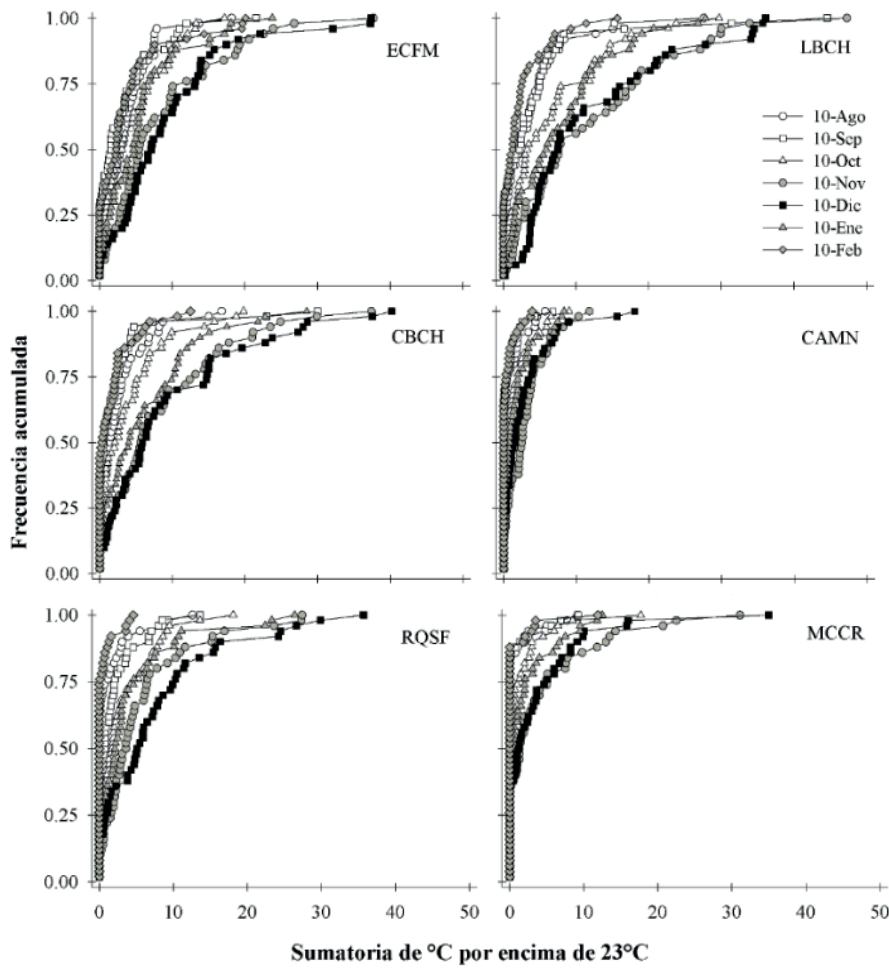


Figura 2. Frecuencia acumulada de la sumatoria de grados Celsius por encima de 23 (S_{Tx+23}) de temperatura mínima durante el período crítico simulado de maíz sembrado en siete fechas de siembra (10-ago al 10-feb) para seis localidades del Noreste Argentino: ECFM, El Colorado-Formosa; LBCH, Las Breñas-Chaco; CBCH, Colonia Benítez-Chaco; CAMN, Cerro Azul-Misiones; RQSF, Reconquista-Santa Fe; MCCR, Mercedes-Corrientes. Las fechas de siembra empleadas fueron 10-ago (círculos blancos), 10-sep (cuadrados blancos), 10-oct (triángulo blanco), 10-nov (círculo gris), 10-dic (cuadrado negro), 10-ene (triángulo gris) y 10-feb (rombo gris).



Resumen

En resumen, las fechas de siembra tempranas (10-ago y 10-sep), la intermedia del 10-oct, o las más tardías (10-ene y 10-feb), podrían ser las más adecuadas en las localidades en estudio, teniendo en cuenta solamente la cuestión térmica. Estas fechas de siembra tendrían las duraciones más extendidas del periodo crítico y expondrían al cultivo de maíz a una menor carga térmica. Sin embargo, en fechas de siembra tempranas podrían ocurrir problemas de deficiencias hídricas debido al régimen pluviométrico de cada localidad, y a su vez, fechas de siembra muy tardías (10-feb) podrían presentar un mayor riesgo de heladas tempranas durante el llenado de los granos. Por lo tanto, en futuros estudios sería interesante analizar tanto la probabilidad de ocurrencia de deficiencias hídricas y el riesgo de heladas, para definir con mayor precisión las fechas de siembra menos restrictivas para este cultivo dentro del NEA.



Referencias bibliográficas

Cicchino M.; Rattalino Edreira J.; Uribe Larrea M.; Otegui M.E. 2010. Heat stress in field-grown maize: Response of physiological determinants of grain yield. *Crop Science* 50, 1438-1448.

Commuri P.D.; Jones R.J. 2001. High temperatures during endosperm cell division in maize: A genotypic comparison under in vitro and field conditions. *Crop Science* 41, 1122-1130.

Giménez V.D.; Micheloud J.R.; Maddonni G.Á. 2018. Climatic constraints for the maize-soybean system in the humid subtropical region of Argentina. *Theoretical and Applied Climatology* 134, 753-767.

Jones, C.A.; Kiniry J.R.; Dyke P.T. 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Jones, C.A.; Kiniry J.R. (eds.). Texas A&M University Press, College Station, U.S.A.

Kettler B.A.; Carrera C.S.; Nalli Sonzogni F.D.; Trachsel S.; Andrade F.H.; Neiff N. 2022. High night temperature during maize post-flowering increases night respiration and reduces photosynthesis, growth and kernel number. *Journal of Agronomy and Crop Science* 208, 335-347.

Maddonni G.A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 325-345.

Mayer L.I.; Rattalino Edreira J.I.; Maddonni G.A. 2014. Oil yield components of maize crops exposed to heat stress during early and late grain-filling stages. *Crop Science* 54, 2236-2250.

Neiff N.; Trachsel S.; Valentinuz O.R.; Balbi C.N.; Andrade F.H. 2016. High temperatures around flowering in maize: effects on photosynthesis and grain yield in three genotypes. *Crop Science* 56, 2702-2712.

Rattalino Edreira J.I.; Otegui M.E. 2012. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research* 130, 87-98.