

Sequía y calor extremo en el ciclo agrícola 2021/22, impactos en maíces tempranos de Entre Ríos

Maltese N.E.^{1,2,3}, Michelin C.I.^{2,3}, Melchiori R.J.M.¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

¹Estación Experimental Paraná

¹Departamento de Producción

²CONICET

³FCA – UNER

Durante las últimas semanas de diciembre de 2021 y las primeras de enero de 2022 se registraron condiciones de severo estrés para los cultivos, dadas por el efecto combinado de la falta de lluvias, elevadas temperaturas del aire (superiores a los 33°C) y muy bajos niveles de humedad relativa. Estas condiciones afectaron particularmente al maíz temprano, el cual se encontraba en estadios de llenado de grano.

Efecto del estrés térmico e hídrico sobre el cultivo

Se habla de estrés térmico en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) cuando la temperatura del aire supera un valor óptimo para el desarrollo (> 33°C) (Warrington y Kanemasu, 1983; Ellis *et al.*, 1992), situación donde se detienen los procesos fisiológicos. El mayor efecto se observa cuando ocurre alrededor de la floración (Fig. 1), dado que afecta la fijación de granos e impacta en el peso, composición química y calidad industrial de los mismos (Mayer *et al.*, 2014).

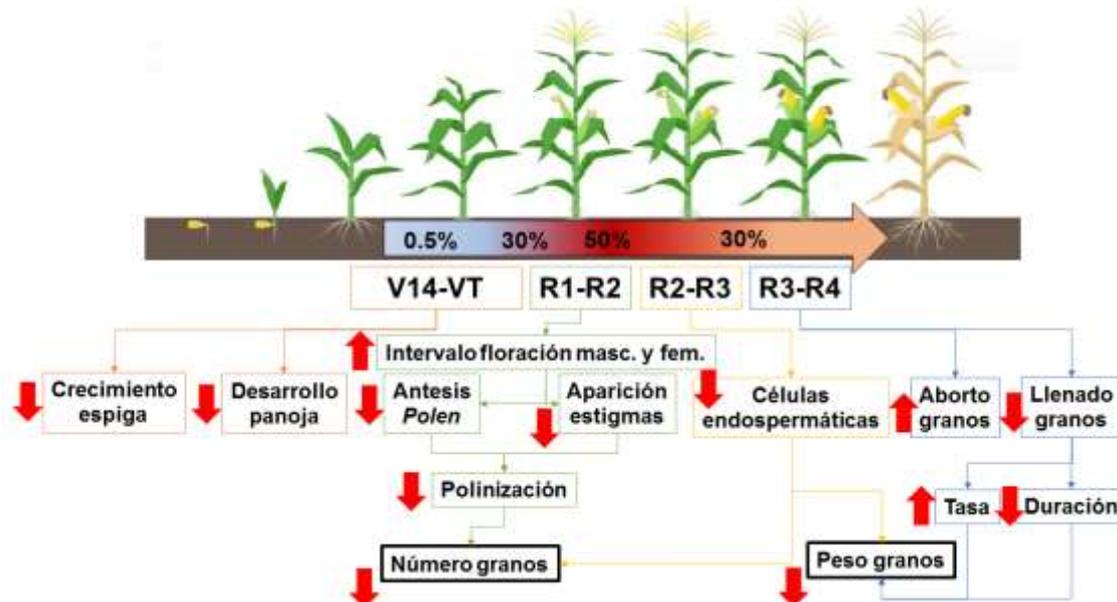


Fig. 1. Efecto del estrés por temperatura sobre los procesos que determinan el rendimiento del cultivo de maíz. Flechas hacia abajo hacen referencia a reducciones en los procesos y flechas hacia arriba a incrementos. La flecha horizontal representa el porcentaje de afectación sobre el rendimiento dado por estrés térmico en diferentes etapas del ciclo de cultivo. Escala utilizada: Ritchie *et al.*, 1997. Adaptado de Teng *et al.* (2021).

El cultivo de maíz tiene una alta capacidad de regular su temperatura foliar a través del proceso de transpiración (hasta 8°C por debajo de la temperatura del aire), sin embargo, bajo situaciones combinadas de baja disponibilidad de agua en el suelo y días excesivamente calurosos se produce el cierre estomático y el cultivo puede elevar la temperatura foliar hasta 15°C por encima de la temperatura del aire, deteriorando el funcionamiento del aparato fotosintético por quemado foliar (Fig. 2). Los daños sobre las estructuras suelen ser más evidentes en estadios avanzados del cultivo, por ej. durante el llenado de granos, provocando cambios en el peso potencial de los mismos, y conduciendo a procesos de senescencia foliar y madurez fisiológica anticipadas (Teng *et al.*, 2021) (Figs. 1 y 3).



Fig. 2. Condición de humedad del suelo (izq.) y síntoma o quemado foliar de cultivo de maíz temprano en estadio de R3 (grano lechoso) (der.) causado por periodos prolongados con temperaturas altas y déficit hídrico. (Sauce Pintos, Entre Ríos). Fuente: Michelin C.



Fig. 3. Condición de un cultivo de maíz temprano en dos fechas, previo (10/01/2022) (izq.) y posterior (15/01/2022) (der.) a un periodo de elevada temperatura en la localidad de Sauce Pintos, Entre Ríos. Estado fenológico R5 (grano dentado). Fuente: Michelin C.

¿Qué estrategias existen para reducir el impacto del estrés en maíz?

Existen dos tipos de estrategias para reducir el impacto del estrés térmico e hídrico: *escape* y *tolerancia*. La estrategia de *escape* se basa en modificaciones en la fecha de siembra (adelanto o atraso), en la cual se busca ubicar el periodo crítico para definición del rendimiento en momentos con un balance hídrico más favorable y menores temperaturas del aire (Maddonni, 2012). En cuanto a la *tolerancia*, esta se busca mediante el uso de híbridos especiales (por ej. cruzas templado x tropical) o ajustes en el manejo del cultivo, como reducciones en la densidad de plantas.

Frente a escenarios de mayor riesgo climático previsible, como los años Niña, que pueden estar acompañados de eventos climáticos extremos como los que transcurren en este periodo, se pueden proponer manejos del cultivo de tipo defensivos, con reducciones en la densidad de plantas (otorgando mayor oferta de recursos por individuo) combinado con híbridos que presenten plasticidad reproductiva (materiales prolíficos, de espiga flexible y/o con capacidad de variar la profundidad de grano), lo cual permite mantener la tasa de crecimiento por planta en valores adecuados, establecer pisos de rendimiento y capturar la oferta ambiental ante eventos de lluvias no pronosticados.

¿Cómo se vienen realizando estas experiencias?

En los tres últimos ciclos agrícolas (2019/20, 2020/21, 2021/22), se vienen evaluando estrategias de bajas densidades de siembra en maíz. Durante el presente ciclo agrícola (2021/22), en la EEA INTA Paraná (31°44'S 60°32'O) se realizaron experimentos en los cuales se combinaron dos densidades de plantas (36 000 y 73 000 pl ha⁻¹), con dos dosis de nitrógeno (N) (0 y 90 kg N ha⁻¹) y cuatro híbridos contrastantes (prolífico, prolífico-macollador, macollador, flex) en fecha de siembra temprana (21/09/2021). El diseño fue en bloques completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 5 surcos a 0,52 m x 6 m de largo (15,6 m²). Estas experiencias integran una red (<https://www.agro.uba.ar/GET/reduba-demaiz>), en

la cual participan técnicos de la EEA INTA Paraná, vinculados a grupos de investigación nacionales, internacionales y empresas del sector semillero.

Para evaluar el impacto del estrés térmico e hídrico sobre la funcionalidad del aparato fotosintético del cultivo maíz y su senescencia, durante el ciclo agrícola 2021/22, se realizaron mediciones de la intensidad de verdor en hojas utilizando un clorofilómetro SPAD-502™ (Fig. 4). Las mediciones se realizaron sobre 5 hojas del perfil de la canopia en dos momentos (R2, inicio de formación de granos y R4, grano pastoso) solo sobre el híbrido prolífico en ambas densidades con la dosis de 90 kg N ha⁻¹. La fertilización se realizó en cobertura al voleo, utilizando una fuente de baja pérdida de N (urea protegida).



Fig. 4. Equipo clorofilómetro SPAD-502™ utilizado para medir la funcionalidad del aparato fotosintético y perfil de senescencia foliar en esta experiencia.

Condiciones meteorológicas durante el ciclo de cultivo

En este ciclo agrícola se observó que durante el periodo septiembre – febrero, las lluvias fueron menores a la demanda atmosférica, sin embargo, durante el periodo vegetativo (septiembre – noviembre) se registraron lluvias puntuales que determinaron condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo del cultivo desde el punto de vista hídrico (Fig. 5). Por el contrario, se registró un mes de diciembre atípico no solo por el déficit de lluvias sino también por temperaturas elevadas y humedad relativa baja ocurridas principalmente durante los últimos 10 días del mes y luego persistió durante las primeras semanas de enero. Particularmente pudo observarse que, durante estos últimos días de diciembre y la segunda semana de enero, la temperatura máxima diaria superó los 33°C, temperatura considerada máxima para un adecuado desarrollo del cultivo (Fig. 5). Conjuntamente, la humedad relativa fue muy baja, promediando 41%, lo cual acrecentó el estrés. Estos momentos determinados de marcado estrés coincidieron

con la etapa de llenado de granos, repercutiendo negativamente sobre el peso de los mismos.

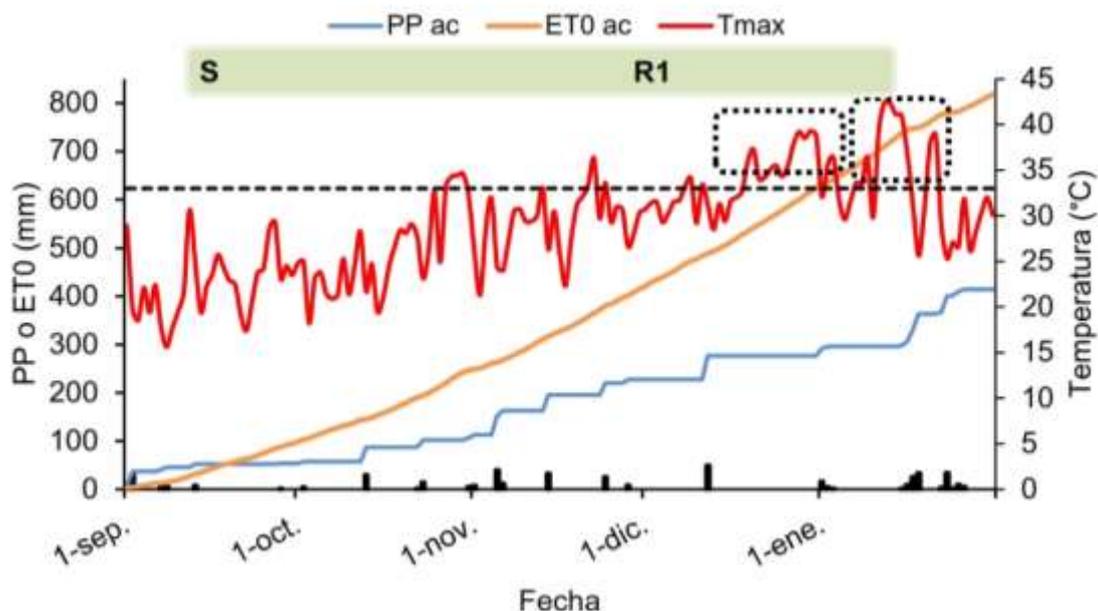


Fig. 5. Precipitaciones (PP) y evapotranspiración de referencia (ET0) acumuladas diarias desde la siembra (septiembre) a madurez. Temperatura máxima diaria (Tmax) (línea continua roja), umbral máximo de temperatura (33°C) para el cultivo de maíz (línea cortada negra), segmento superior verde (ciclo del cultivo), cuadros negros (días con temperaturas máximas extremas). Fuente: Observatorio Agrometeorológico de la EEA INTA Paraná.

¿Qué resultados se obtuvieron?

Apreciación visual del stand de plantas en densidades contrastantes

Los efectos del estrés por altas temperaturas y déficit hídrico se evidenciaron con un mayor impacto sobre el cultivo con alta densidad de plantas ($73\ 000\ \text{pl}\ \text{ha}^{-1}$), incrementando la senescencia de manera marcada desde la base del perfil foliar del cultivo, incluso interrumpiendo el llenado de los granos y conduciendo a una madurez anticipada del cultivo (madurez fisiológica: 15/01/2022). Resulta importante destacar que, en un año normal, la fecha de madurez fisiológica para maíces sembrados en septiembre ocurre entre la última semana de enero y primeras de febrero. Por el contrario, la baja densidad de plantas ($36\ 000\ \text{pl}\ \text{ha}^{-1}$) permitió mantener un perfil foliar más funcional y equilibrado, sin interrupciones en el llenado de granos, incluso ante una mayor demanda desde el destino principal (espigas primaria y secundaria) (Fig. 6).

36 000 pl ha⁻¹

73 000 pl ha⁻¹



Fig. 6. Experimentos de manejo defensivo en maíz en el INTA EEA Paraná, donde se muestran los efectos del estrés hídrico y térmico para las dos densidades de plantas evaluadas. Condición del cultivo al estadio fenológico R4 (grano pastoso).

Funcionalidad del aparato fotosintético

Se pudo observar que en R2, las bajas densidades de plantas presentaron más verdor, mayores valores SPAD a lo largo del perfil foliar, lo cual se encuentra estrechamente asociado al contenido de clorofila, y una menor variabilidad en los estratos evaluados comparado con las altas densidades de plantas (Fig. 7). En R4, luego del estrés térmico ocurrido a finales de diciembre, el comportamiento entre densidades de plantas fue similar a R2, aunque se incrementaron las diferencias de valores SPAD entre sí. Cabe destacar que, para altas densidades de plantas, en el estadio de R4, la hoja de la espiga ya se encontraba con más del 50% de senescencia.

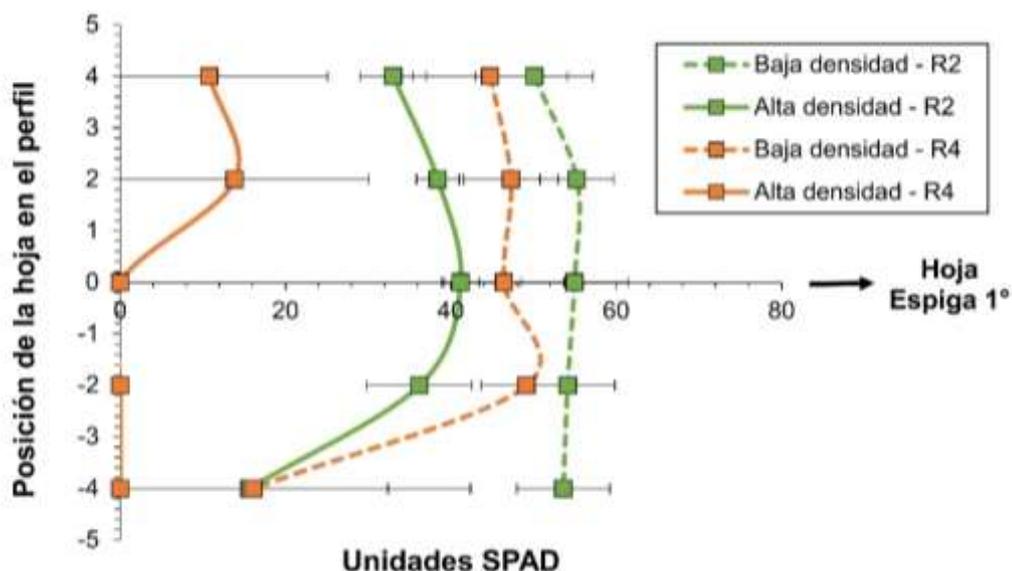


Fig. 7. Perfil de medición con equipo clorofilómetro SPAD-502™ sobre 5 hojas del perfil de la canopia en dos momentos del periodo reproductivo (R2 y R4). La posición “0” corresponde a la hoja de la espiga primaria. Los segmentos negros horizontales indican el desvío estándar.

¿Qué concluimos a partir de esta experiencia?

Ante **escenarios de alto riesgo**, se pueden establecer *a priori* **manejos defensivos** basados en atrasos de la **fecha de siembra** (menor probabilidad de estrés por elevadas temperaturas y balance hídrico más equilibrado), reducciones en la **densidad de plantas** (mayor oferta de recursos por planta) combinados con **híbridos plásticos** (por ej. materiales prolíficos, de espiga flexible y/o con capacidad de variar la profundidad de grano) que permitan establecer **pisos de rendimiento** y capturar eventuales mejoras en la oferta ambiental durante el ciclo de cultivo.

Para seguir leyendo...

- ELLIS R.H., SUMMERFIELD R.J., EDMEADES G.O. and E.H. ROBERTS 1992. Photoperiod, Temperature, and the Interval from Sowing to Tassel Initiation in Diverse Cultivars of Maize. *Crop Science*, 32, 1225-1232.
- 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.
- MADDONNI G.A., & NAVARRETE SÁNCHEZ, R. 2016. Altas temperaturas y déficit hídrico en maíz: respuestas fisiológicas y estrategias de manejo del cultivo. Disponible en: <http://2016.congresoapresid.org.ar/wp-content/uploads/2016/08/Maddonni-Gustavo-acta.pdf> (Febrero 2018).
- MALTESE, N., MELCHIORI, R. J., KUNZI, E. Y., MODON, G., KARST, E., & NOVELLI, L. E. 2021. Maíz en baja densidad como estrategia para sortear ambientes limitantes. Estación Experimental Agropecuaria Paraná, INTA. Disponible en: <https://repositorio.inta.gov.ar/handle/20.500.12123/10254> (Mayo 2022)

-
- MAYER L.I., RATTALINO EDREIDA J.I., and G.A. MADDONNI 2014. Oil yield components of maize crops exposed to heat stress during early and late grain-filling stages. *Crop Science* 54, 1-15.
- RITCHIE S.W., HANWAY J.J. and G.O. BENSON. 1997. How a Corn Plant Develops. Iowa State Univ. Coop Ext. Serv. Spec. Rep. 48. Iowa State Univ., Ames.
- WARRINGTON I.J. and E.T. KANEMASU 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agronomy Journal*, 75, 749–754.
- TENG L, ZHANG X., LIU Q., LIU J., CHEN Y. and, SUI P. 2021. Yield penalty of maize (*Zea mays* L.) under heat stress in different growth stages: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 0.

Para mayor información:

maltese.nicolas@inta.gob.ar