



Efectos del estrés térmico-hídrico sobre cultivares de soja en el sur de Santa Fe.

Lago, M.E.¹; Enrico, J.²; Magnano, L.³; Sanmarti, N.²; Pairone, V.⁴; Breso, A.⁵; Bacigaluppo, S.²

1 Fitopatología EEA Oliveros INTA - 2 Manejo de cultivos EEA Oliveros INTA -

3 Estadística EEA Oliveros INTA - 4 Estudiante - 5 Facultad de Ciencias Agrarias, UNR.

 Palabras clave: soja, genotipos, sequía, daños.

Introducción

En las últimas décadas se documentaron numerosos efectos del cambio climático. Entre los más reconocidos se encuentran el retroceso de las capas de hielo, el aumento del nivel del mar y los cambios en los patrones de lluvias y escorrentías, con mayor variabilidad de temperaturas y precipitaciones. Incremento de la temperatura global, y aumento de la frecuencia de fenómenos extremos (Battisti y Naylor 2009; Lobell DB, Gourdjji SM, 2012; Abbass *et al.*, 2022; Parmesan *et al.*, 2022). El incremento de la temperatura asociado con el cambio climático global provocaría un impacto negativo sobre el desarrollo y rendimiento de cultivos de grano como soja, poroto, maní y arroz (Boote *et al.*, 2005). Recientemente, Way (2023), mencionó la importancia de comprender la forma en que las plantas se adaptan a las condiciones climáticas futuras para estimar su productividad en un mundo más cálido y con altas emisiones de CO₂.

Desde 2020 el sur de Santa Fe ha sufrido los efectos del ENOS (El Niño-Oscilación del sur) en su fase Niña, que ocasionó un extenso período de estrés hídrico, con pérdidas en todos los cultivos de la región, aunque con diferente intensidad según la zona. La campaña estival 2022/2023 fue particularmente seca, con temperaturas superiores a la media duran-

te la mayor parte del ciclo del cultivo de soja. Así, durante las evaluaciones sanitarias de rutina en la Red de evaluación de Cultivares del Centro Sur Santa Fe (RED) se observó que, si bien las enfermedades estaban presentes, los mayores perjuicios se asociaban con el calor y el estrés hídrico. Se observaron graves daños, con reducción del área foliar fotosintética y fotosintéticamente activa (RAF), e importantes diferencias visuales entre genotipos. En este sentido, se han mencionado diversos efectos del estrés térmico-hídrico durante el llenado de granos en soja. Entre ellos, senescencia foliar acelerada, reducción del RFA interceptada, reducción del rendimiento y/o calidad del grano, etc. (Loomis y Connors, 1996; Brevedan y Egli, 2003, Molino, 2011; Malhi *et al.*, 2021; Lopez *et al.*, 2023).

Por este motivo, se decidió realizar una evaluación exploratoria a fin de detectar posibles diferencias de comportamiento de los cultivares presentes en la RED, en respuesta al estrés térmico-hídrico en condiciones de campo, y su potencial asociación con la reducción del rendimiento.

Objetivo

Explorar diferencias en el daño por estrés ambiental entre variedades de soja pertenecientes a la Red de Evaluación de Cultivares del centro Sur Santa Fe.



Metodología de trabajo

Las evaluaciones se realizaron en un ensayo perteneciente a la RED, ubicado en la localidad de Díaz, y sembrado el 18 de noviembre de 2022 sobre un suelo Argiudol típico, Serie Maciel. Se evaluaron 17 genotipos de los grupos IV y V, distribuidos al azar en 2 repeticiones. El muestreo se realizó en inicio de llenado de grano (estado fenológico R5), para lo cual se dividió al cultivo en estrato superior e inferior y se extrajeron 20 folíolos de cada estrato, por variedad y por repetición. Se separaron los folíolos sanos y dañados, y se calculó el porcentaje de folíolos dañados por cultivar y por estrato. Se diferenciaron 4 síntomas de daño: moteado clorótico (M), clorosis (C), bronceado (B) y quemado (Q). Posteriormente se construyó una escala de daño teniendo en cuenta la posibilidad de que un mismo folíolo presentara más de un tipo de síntoma (Tabla 1).

Luego, para cada uno de los cultivares, se analizó el porcentaje de folíolos por categoría de daño, en cada estrato del cultivo. Finalmente con el objeto de observar asociaciones entre cultivar y categoría de daño se realizó un análisis de correspondencias múltiples considerando en el análisis solo las hojas dañadas.

Resultados

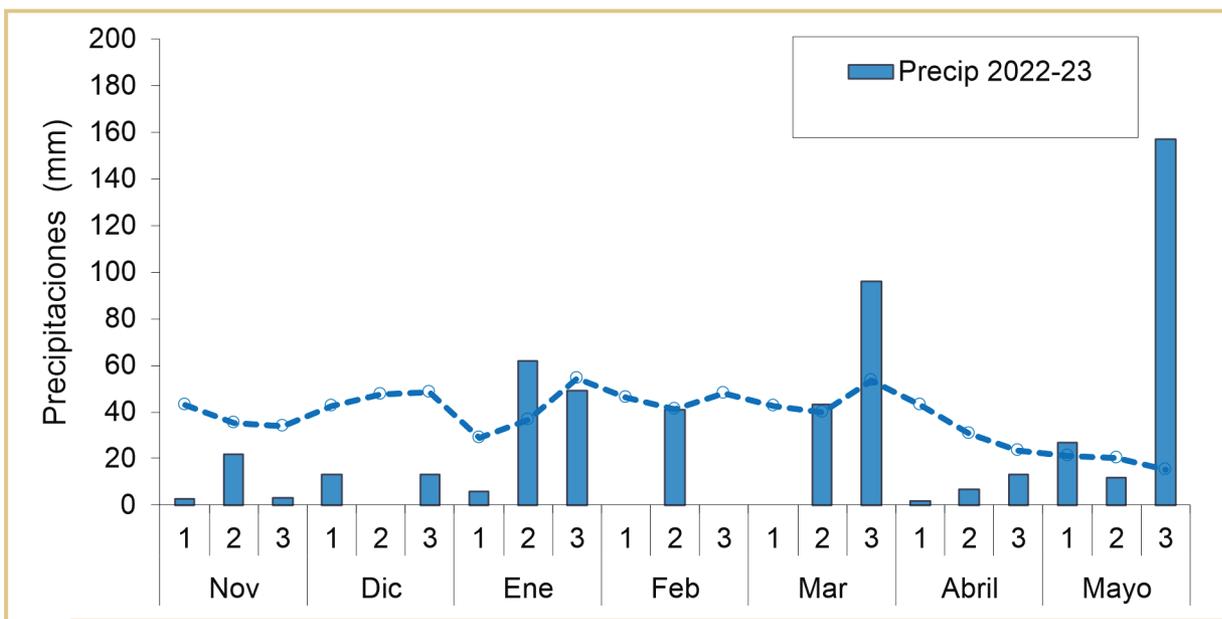
Desde el inicio del cultivo hasta el mes de marzo se observó un marcado estrés ambiental en la región, con precipitaciones por debajo y temperaturas máximas por encima de las históricas (Figuras 1 y 2, respectivamente), y alta radiación.

En la localidad de Díaz, esto se reflejó en el balance de agua en el suelo, con valores de agua útil por debajo del límite de estrés desde fines del mes de noviembre (Figura 3).

Durante el período crítico se observaron diversos daños. Inicialmente se advirtió un moteado clorótico, que avanzó hacia una clorosis y posterior bronceado y quemado de las hojas. En otros casos, se presentó directamente el bronceado o quemado foliar. Al momento de la evaluación no se observaba aun desprendimiento de hojas. El porcentaje de daño foliar varió entre el 8,8 y el 28,8% según la variedad (Figura 4).

T1 Tabla 1. Escala de daño foliar por estrés térmico-hídrico.

Categoría de daño	Tipo de síntoma incluido
Leve	Moteado clorótico (M)
Moderado	Clorosis (C) ó C+M
Severo	Bronceado (B) ó B+C ó B+M ó B+C+M
Muy severo	Quemado (Q) ó Q + otro síntoma.



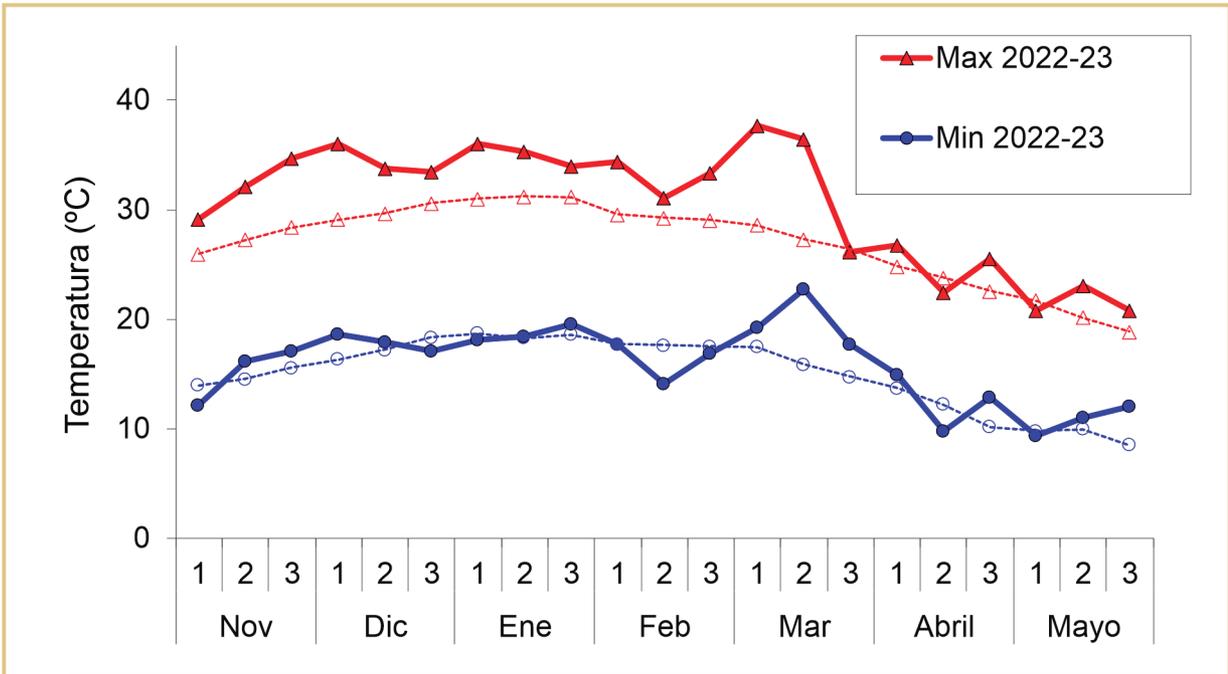
F1 Figura 1. Precipitaciones campaña 2022-23 comparadas con las históricas. Estación meteorológica INTA EEA Oliveros. En línea punteada se muestran los promedios de precipitaciones históricas.



El análisis de los folíolos dañados discriminado por categoría de daño mostró asociación de los cultivares 10, 13, 18 y 35 con tipo de daño leve, mientras que los genotipos asociados con el daño más severo fueron el 40, 19, 14, 32, 27, 11 y 31 (Figura 5)

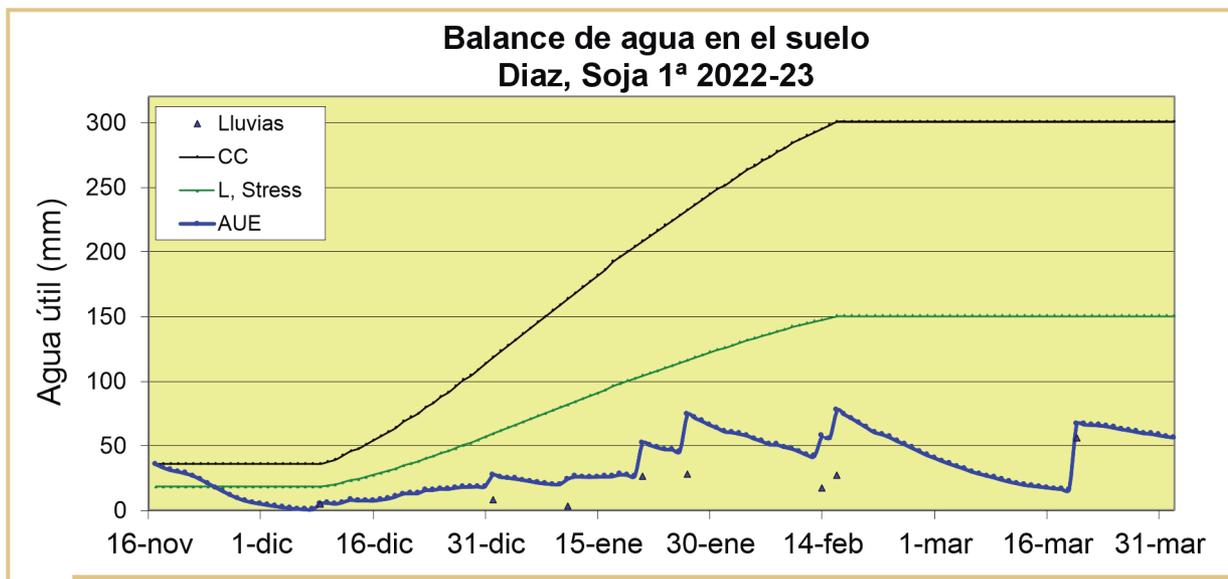
A su vez, cuando se analizó la información discriminada por estrato del cultivo, se observó que en los cultivares más asociados con daño leve, este se

distribuyó principalmente en el estrato inferior, mientras que aquellos con daño muy severo, el mismo se asoció con el estrato superior (Figura 6). Se conoce, además, que el estrato superior es el que más aporta al rendimiento de un cultivo. De esta manera, aquellos cultivares donde el daño más severo se presenta en este estrato, sufrirían mayor efecto sobre el rinde.



F2

Figura 2. Temperaturas máximas y mínimas campaña 2022-23 comparadas con las históricas. Estación meteorológica INTA EEA Oliveros. En línea punteada se muestran los promedios de máximas y mínimas históricas.

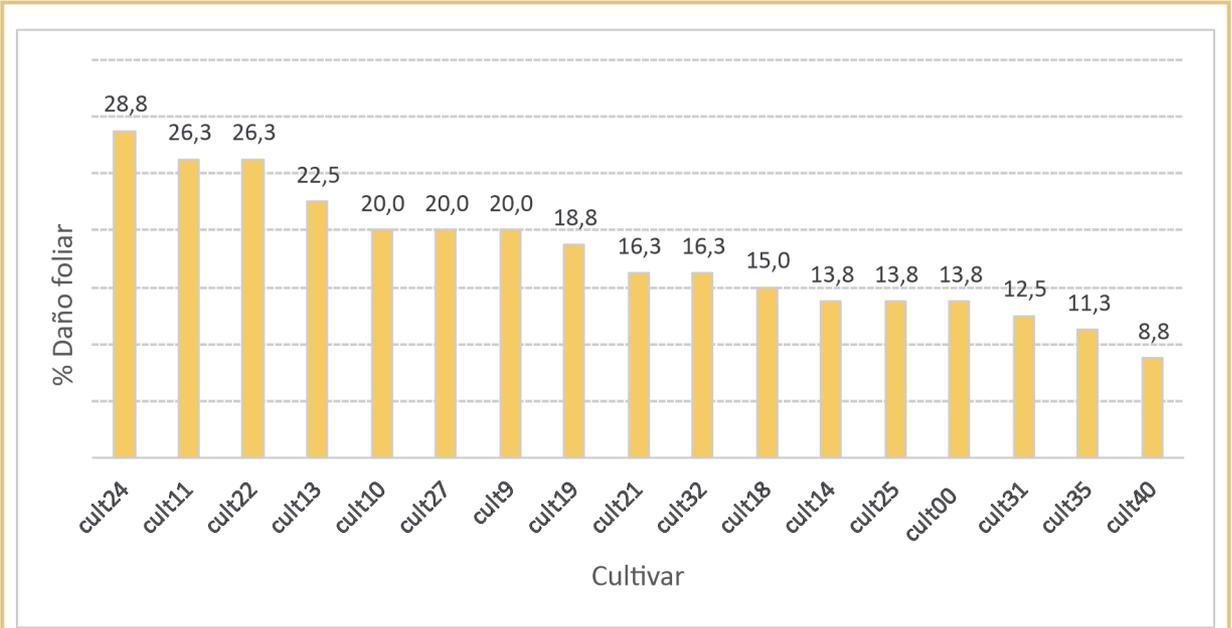


F3

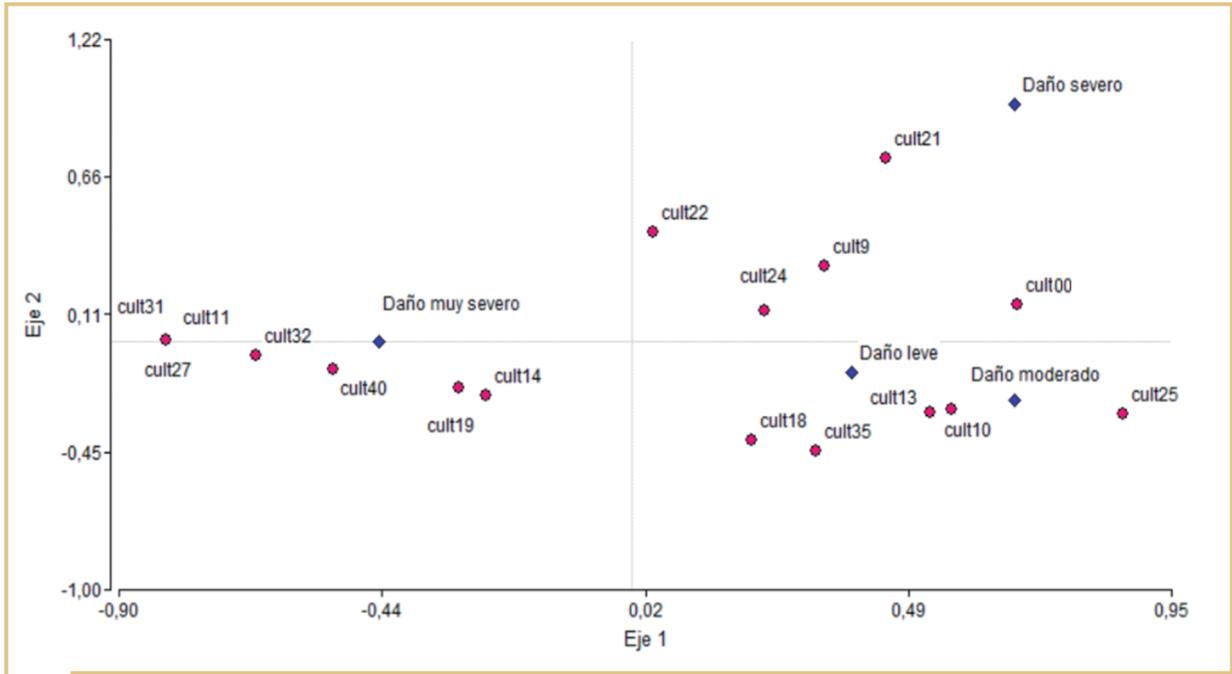
Figura 3. Balance de agua en el suelo en el sitio Díaz de la Red de evaluación de Cultivares del Centro Sur Santa Fe. Soja de primera. Campaña 2022-23.

CC: agua a capacidad de campo, AUE: agua útil existente, L, estrés: límite de estrés*.

*por debajo de este valor los cultivos comienzan a estar estresados, representa el 50% de CC y AUE.



F4 Figura 4. Porcentaje de daño foliar según cultivar. Promedio de 2 repeticiones y 2 estratos del cultivo de soja. Red de evaluación de Cultivares del Centro Sur Santa Fe. Soja de primera. Sitio Díaz. Campaña 2022-23.



F5 Figura 5. Análisis de correspondencias de los folíolos dañados, indicando la asociación entre cultivar (●) y tipo de daño (◆). Red de evaluación de Cultivares del Centro Sur Santa Fe. Soja de primera. Sitio Díaz. Campaña 2022-23.

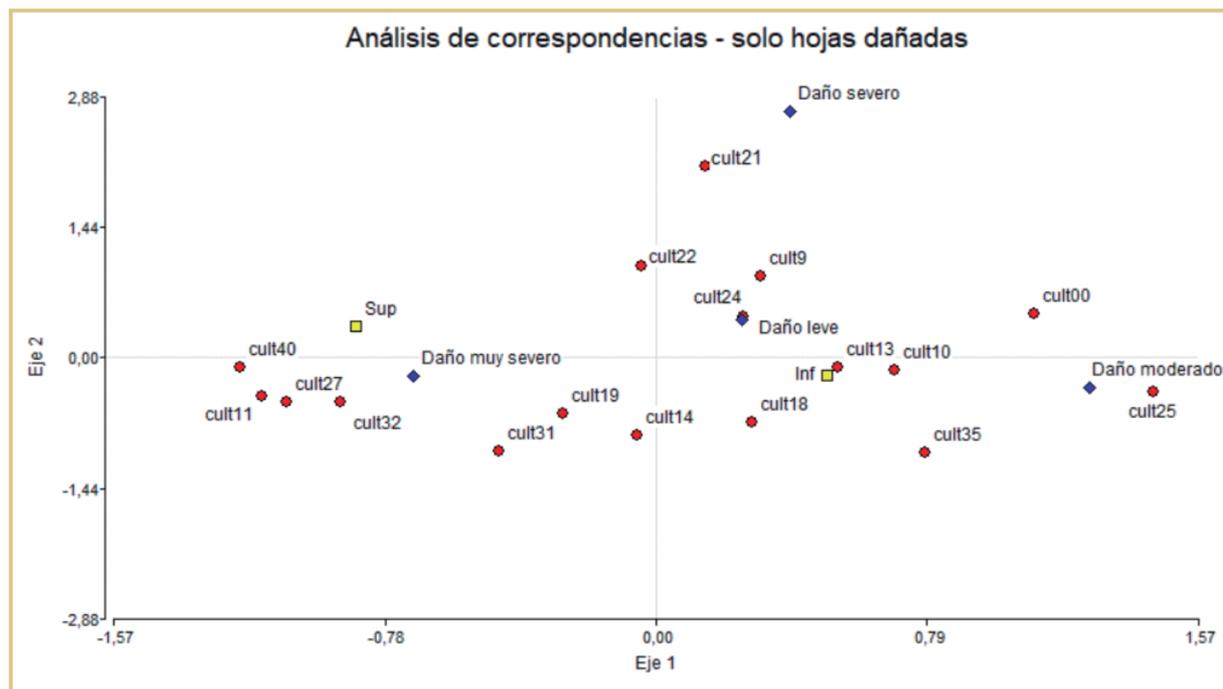


Figura 6. Análisis de correspondencias de folíolos dañados.

Se indica la asociación entre cultivar (●), tipo de daño (◆) y estrato del cultivo (□).

El rendimiento de un cultivo depende de numerosos factores, como características propias del cultivar, del ambiente y del manejo. Sin embargo, algunas observaciones resultan interesantes. La categoría de daño muy severo se asoció principalmente con cultivares dañados en el estrato superior. Por otra parte, el rendimiento promedio del experimento fue de 1828 kg. ha⁻¹. El cultivar 18, que fue uno de los materiales con menor daño (15% de daño foliar, mayormente leve y asociado al estrato inferior) logró el rendimiento máximo del experimento (2292 kg. ha⁻¹). A su vez, el cultivar 27, que se ubicó entre los 3 genotipos de menor rinde (1468 kg. ha⁻¹), mostró un alto porcentaje de folíolos dañados (20%), de los cuales el 63% presentó daño muy severo y asociado al estrato superior del cultivo. Estos resultados sugieren que en cultivares donde el daño se concentra mayormente en el estrato superior, el estrés ambiental puede tener mayor impacto sobre el rendimiento. Es probable que la distribución del tipo de daño en diferentes estratos se relacione con la estructura de cultivo propia de cada genotipo. Este análisis exploratorio abre nuevos interrogantes. Surge así la necesidad de profundizar los estudios, a fin de generar conocimientos para abordar los nuevos desafíos planteados por el cambio climático.

Bibliografía

- Kashif Abbas · Muhammad Zeeshan Qasim · Huaming Song · Muntasir Murshed · Haider Mahmood · Ijaz Younis. 2022. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research* (2022) 29:42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Battisti DS, Naylor RL (2009) Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science* 323(5911):240–244
- Boote K, Allen Jr. LH, V Prasad PV, Baker JT, Gesch RW, Snyder AM, Pan D, Thomas MG (2005) Elevated temperature and CO₂ impacts on pollination, reproductive growth, and yield of several globally important crops. *Journal of Agric. Meteorol.* 60, 469-474.
- Brevedan RE, Egli DB (2003) Short Periods of Water Stress during Seed Filling, Leaf Senescence, and Yield of Soybean. *Crop Sci* 43, 2083-2088.
- Lobell DB, Gourdji SM (2012) The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiol* 160(4):1686–1697
- Loomis RS, Connor DJ. 1996. *Crop Ecology. Productivity and Management in Agricultural Systems*. Cambridge University Press: Cambridge, England.
- Lopez, Emelí, Angelozzi, V, Antonelli, M, Alvarez Prado, S, Gerde, J. 2023. Soybean seed composition under different water conditions. En resúmenes RAFV XXXIV Argentinian Meeting of Plant Physiology 2023.



Camille Parmesan, Mike D. Morecroft, YongyutTrisurat. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. [Research Report] GIEC. 2022. fahal-03774939

Malhi, G.S.; Kaur, M.; Kaushik, P. Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. Sustainability 2021, 13, 1318. <https://doi.org/10.3390/su13031>

Molino, J. 2011. Estrés térmico por alta temperatura en soja (*Glycinemax* (L.) Merr.): análisis de la dinámica de producción y fijación de vainas y su efecto sobre la determinación del rendimiento. Tesis Magister Scientiae de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Área Producción Vegetal.

Way, D. 2023. Winners and losers: climate change effects on forests and crops. En resúmenes RAFV XXXIV Argentinian Meeting of Plant Physiology 2023.