

ESPECIAL 90 ANIVERSARIO
**OBSERVATORIO AGROMETEOROLÓGICO
DEL INTA PARANÁ**



#somosINTA Paraná



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina



Especial 90 Aniversario Observatorio Agrometeorológico del INTA Paraná
ISSN 0325 - 8874 SERIE DE EXTENSIÓN INTA PARANA n° 91
2023. Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA. Oro Verde, Entre Ríos.

SERIE DE EXTENSIÓN INTA PARANA N° 91 ESPECIAL 90 ANIVERSARIO OBSERVATORIO AGROMETEOROLÓGICO DEL INTA PARANÁ

Editor

Estación Experimental Paraná del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Director

Rubén Isaurralde

Compiladores

Ana Wingeyer
Lucrecia Lezana
Ignacio Vicentín

Compaginación y diseño

Bernardita Zeballos

Comisión Asesora de Publicaciones de la EEA Paraná

Secretaria: Lucrecia Corina LEZANA
Colaborador: Ignacio Gabriel VICENTIN
Noelia Cecilia CALAMARI
Ernesto MASSA
Alejandra CUATRIN
Pablo VELAZQUEZ
Maricel Andrea GALLARDO
Oscar Rodolfo VALENTINUZ
Diego José SANTOS
Sergio LASSAGA
Bernardita ZEBALLOS
Marina Alejandra SAHDA
Natalia WOUTERLOOD

Sede Editorial

EEA Paraná del INTA- Ruta 11 km 12,5, Oro Verde, Entre Ríos



ÍNDICE

PRÓLOGO

Alicia Codromaz de Rojas

Pág. 4

INTRODUCCIÓN

Ana Wingeyer

Pág. 5

CARACTERIZACIÓN DE LOS VIENTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA EEA PARANÁ DEL INTA (UBICACIÓN EN EL ESPACIO Y TIEMPO)

Melgares E., Wingeyer A., Maffini G., Seehaus M., Gabioud E., Cappellacci M.

Pág. 7

CARACTERIZACIÓN DE HELADAS DESDE 1991 AL 2020 PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL INTA EEA PARANÁ

Wingeyer A., Melgares E., Seehaus M., Gabioud E., Maffini G., Cappellacci M.

Pág. 11

LOS CULTIVOS INVERNALES EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ENTRE RÍOS

Coll L.

Pág. 15

FECHA DE ESPIGAZÓN, TEMPERATURA Y COCIENTE FOTOTÉRMICO EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DE TRIGO

Coll L., Gieco, L.

Pág. 22

INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA Y DEL ALIMENTO EN EL DESARROLLO DE LA "ORUGA MEDIDORA" *RACHIPLUSIA UN*

Saluso A., Trumper E.V., Pereyra P. y Cuatrín A.

Pág. 27

EFFECTO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ TEMPRANO EN EL CENTRO OESTE DE ENTRE RÍOS Y POTENCIAL USO PREDICTIVO DE LA SEÑAL ENOS

Pautasso J.M., Barbagelata P.A. y Giacinti S.

Pág. 33

COMPARACIÓN ENTRE LA SEQUÍA “HISTÓRICA” DE 2017/18 Y EL CICLO AGRÍCOLA 2022/23: DINÁMICA METEOROLÓGICA Y RENDIMIENTOS DE SOJA EN LA RECSO **Pág. 42**
Santos D.J., Wingeyer A.

COMPARACIÓN DEL PROGRESO DEL CULTIVO DE SOJA EN LOS CICLOS AGRÍCOLAS 2021/22 Y 2022/23 (CICLO AGRÍCOLA CON EVENTO “LA NIÑA”) **Pág. 48**
Vicentin I.G., Cuatrín A., Santos D.J., Gallardo M., Polliti M. y Formento A.N.

IMPACTO DEL FENÓMENO DE LA NIÑA EN UNA UNIDAD DE MONITOREO AGROAMBIENTAL DE LA EEA PARANÁ DESDE EL 2019 AL 2022 **Pág. 54**
Melgares E., Pighini R., Pioto C., Velázquez S., Seehaus M. Van Opstal N.

ESCURRIMIENTOS Y PÉRDIDAS DE SUELO EN SECUENCIAS AGRÍCOLAS DURANTE 3 CICLOS AGRÍCOLAS CON DÉFICIT HÍDRICOS **Pág. 59**
Seehaus M.S., Gabioud E.A., Wingeyer A.B., Maffini G.D., Capellacci M., Van Opstal N., Wilson M.G., Sasal M.C, Melgares E., Velazquez S.



PRÓLOGO

Por **Alicia Codromaz de Rojas**

Prof. de Geografía.

Fue responsable de Agrometeorología de la EEA Paraná.

En la actualidad se habla seguido del estado del tiempo, lo escuchamos todos los días; por radio, televisión, diarios, todos queremos saber cómo se va a comportar.

El comportamiento del tiempo nos afecta directa o indirectamente. Con la información que se posee se trata de definir el clima, predecir el tiempo, comprender la interacción de la atmósfera con otros subsistemas. Ello contribuye a reducir posibles riesgos, se dan a conocer las alertas tempranas de diferentes fenómenos meteorológicos con el objeto de prepararse y protegerse.

Gracias a esa oportuna y precisa información se pueden tomar medidas para enfrentar el fenómeno. Nuestro país cuenta con excelentes servicios de suministro de información.

Ahora nos preguntamos, ¿cuál es el origen de esa valiosa información?, y la respuesta es: la observación meteorológica. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) está compuesto por más de 125 estaciones meteorológicas en todo el país, una de las cuales es el Observatorio Meteorológico de la Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA (EEA Paraná), el cual cumple 90 años continuos de observación, lo que constituye un orgullo para la Institución.

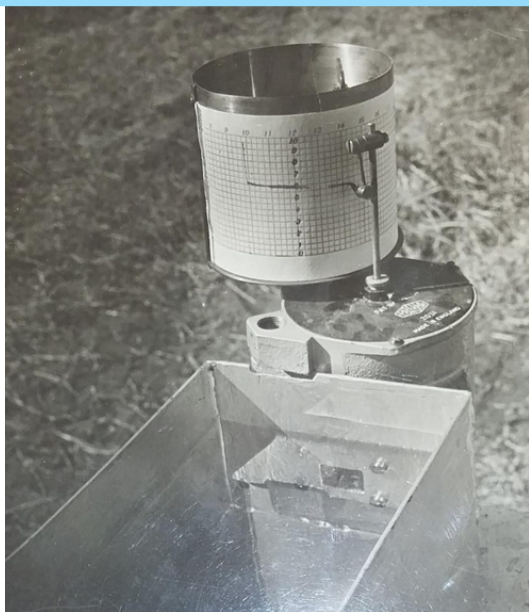
Sin esos valiosos datos no se podría conocer el comportamiento del clima. Su importancia es fundamental y ello depende de su continuidad en el tiempo y de la calidad y precisión de la información.

El Observatorio meteorológico es el primer escalón de esa cadena. Su trabajo es la toma de datos climáticos 3 veces al día en horas precisas, durante los 365 días del año sin ninguna interrupción, llueva, truene, con 40 °C a la sombra o temperaturas bajo cero, el observador tiene que estar siempre allí.

El observador meteorológico y su estación entran en juego para poder pronosticar, con anticipación, eventos meteorológicos que puedan afectar desde nuestra cotidianeidad hasta la economía de una región, salud de la población o su seguridad. Ello implica observar, medir, registrar e informar el estado "real" de la atmósfera, y esos datos son tomados por el observador meteorológico.

Las variables más comunes que se registran son: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, lluvia, tipo de nubes, velocidad y dirección del viento a distintas alturas, horas de sol, evaporación y radiación solar. Todas esas observaciones y algunas más, se registran en libretas meteorológicas, se codifican y se transmiten, en el caso de la EEA Paraná, al Instituto de Clima y Agua del INTA de Castelar (Prov. Buenos Aires). De ahí se reenvían al SMN, encargado de recolectar la información para poder analizarla e intercambiarla a través del Sistema Mundial de Observaciones (SMO) con otros países y transmitirla a tres centros mundiales: Melbourne (Australia), Washington (Estados Unidos) y Moscú (Rusia).

El INTA de Paraná celebra con orgullo estos 90 años de observaciones meteorológicas que constituyen la materia prima para la elaboración de los pronósticos e informes especiales.



INTRODUCCIÓN

Por **Ana Wingeyer**

Responsable de Agrometeorología de la EEA Paraná del INTA

Con motivo de la conmemoración de los 90 años del Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná, se elaboró esta edición especial de la Serie de Extensión donde los investigadores de la Estación Experimental ponen en valor la información meteorológica para los diferentes sistemas productivos.

La información meteorológica en una región es esencial para la toma de decisiones informadas, la gestión y el estudio de riesgos climáticos y el desarrollo sostenible en diversas industrias, especialmente en la agropecuaria. La necesidad de contar con información de las variables climatológicas en los sistemas agropecuarios impulsó a principios del siglo XX la creación de Estaciones de Observación Meteorológica en el país.

El Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná inicia como una estación termo pluviométrica el 3 de octubre de 1933. Casi 30 años después, el 6 de febrero de 1963, se incorporó a la Red de Observatorios Agrometeorológicos del INTA y comienza una etapa de crecimiento no solo en la instrumentación del observatorio sino también en la priorización de la temática y la incorporación y capacitación de profesionales y técnicos.

Conocer el clima, su variabilidad y tendencias permitió ajustar las prácticas agropecuarias, demanda que sigue vigente hoy por las modificaciones en los patrones climáticos.

La obtención y registro de la información meteorológica permite, no solo la evaluación de los fenómenos ocurridos, las mediciones de los presentes sino también la estimación de posibles escenarios futuros a través de la implementación de distintos modelos de predicción.

Para la región, eventos extremos como inundaciones, sequías, altas temperaturas y tormentas intensas están aumentando su frecuencia y magnitud, imponiendo mayor presión sobre los sistemas agroalimentarios.

En esta edición se presentan resultados de la magnitud e impacto de algunos de estos desafíos sobre los cultivos y los recursos naturales.

Para poder brindar información y desarrollar tecnologías para adaptarse a los cambios en los patrones climáticos es clave contar con datos climáticos confiables y completos. La información celosamente generada en estos 90 años por el Observatorio contribuyó y contribuye a la tarea de investigadores, productores agropecuarios y la sociedad civil.

Esto es posible al compromiso del INTA y de cada persona involucrada en el relevamiento, registro diario, interpretación y comunicación de la información.

CARACTERIZACIÓN DE LOS VIENTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA EEA PARANÁ DEL INTA (UBICACIÓN EN EL ESPACIO Y TIEMPO)

Melgares E., Wingeyer A., Maffini G., Seehaus M., Gabioud E., Cappellacci M.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Estación Experimental Agropecuaria Paraná

Departamento Recursos Naturales y Gestión Ambiental

El Observatorio Agrometeorológico perteneciente a la EEA Paraná del INTA (lat 31° 50' 55,72" S y long 60° 32' 10,43" O, 105 msnm) mide diariamente distintas variables meteorológicas de importancia para el sector agropecuario en tres momentos del día (9, 15 y 21 h). En este trabajo se presenta un resumen de las mediciones diarias de velocidad de viento a 2 m sobre el suelo (desde 2000 a 2022), y la dirección y velocidad del viento a 10 m (desde 2016 a 2022).

Respecto al instrumental de medición para dichas variables, la estación agrometeorológica cuenta con una veleta pendular a 10 m de altura, anemómetros a rotación (a 2 m y a 50 cm) y un anemógrafo mecánico (a 6 m) que nos permiten caracterizar la dirección e intensidad del viento, así como también los kilómetros recorridos en intervalos de tiempo establecidos (Figura 1). Complementario a esto, se encuentra emplazada una estación automática.

Se detalla una breve descripción de los instrumentos de los cuales se reporta información en este trabajo (Saluso, 1999):

Veleta pendular: es un instrumento de lectura directa destinado a determinar la dirección y velocidad o fuerza del viento (Figura 1A). Consta de una veleta o rosa de los vientos y de un anemómetro pendular. La veleta indica la dirección del viento. El anemómetro pendular mide la velocidad del viento por la presión que éste ejerce sobre una superficie. Consta de una planchuela rectangular de hierro suspendida por su borde superior a un eje horizontal alrededor del cual puede describir un giro amplio y de un arco de metal provisto de puntas dispuestas a distancias desiguales. La planchuela y el arco se encuentran fijados al brazo de la flecha de la veleta, por lo que enfrenta al viento. La distancia a la que están dispuestas las puntas está dada en números Beaufort (escala francesa) que tiene su equivalencia en nudos o en km.h-1.

Anemómetro a rotación tipo Robinson: Es un instrumento de lectura directa que mide la velocidad del viento por la cantidad de revoluciones que éste imprime a un molinete (Figura 1B y C). Posee un molinete de tres brazos, con una semiesfera hueca llamada cazoleta en el extremo de cada brazo, dispuestas de modo que la parte cóncava de una de ellas enfrente a la convexa de la que le sigue. Los brazos se fijan a un eje vertical que gira libremente por acción del viento y que está asociado a un contador de vueltas similar al de los automóviles. Mediante este sistema se puede conocer la distancia recorrida por el aire en movimiento durante un lapso dado y, determinar la velocidad promedio del viento en dicho lapso.

Estación automática iMETOS®: Este dispositivo también es utilizado para la recopilación de datos climáticos, permite un monitoreo continuo y en tiempo real de las condiciones del tiempo. La característica principal de este tipo de aparatos es su capacidad de funcionar de manera autónoma, registrando datos a intervalos regulares (por ejemplo, cada 10 minutos) sin requerir intervención humana constante. Los datos recopilados se transmiten a una base de datos central. Esto facilita el acceso y análisis de los datos, lo que es crucial para la toma de decisiones informadas en diversas aplicaciones.

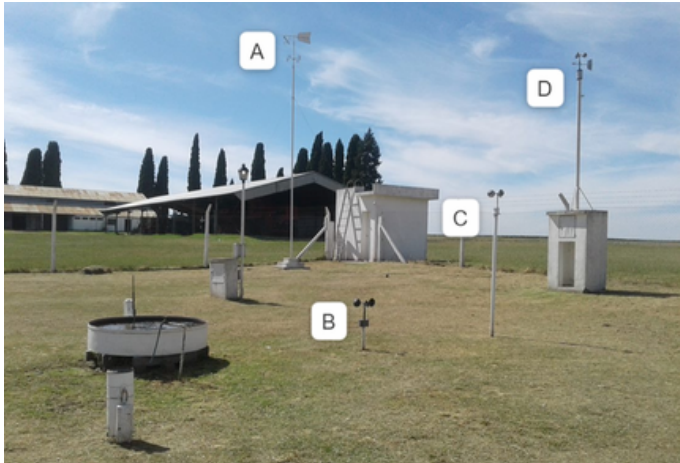


Figura 1. Detalle del instrumental utilizado para la medición de los vientos. A) Veleta pendular (a 10 m) B) Anemómetro a rotación tipo Robinson a 50 cm del suelo C) Anemómetro a rotación tipo Robinson a 2 m del suelo D) Anemógrafo mecánico (a 10 m del suelo)

Vientos a 10 m sobre el suelo

Se utilizaron los datos horarios diarios desde 2016 a 2022. En la Tabla 1 se presentan los valores mensuales promedios para cada año con los que se cuentan registro. Para el cálculo de este primero se calculó el valor promedio diario a partir de las tres mediciones diarias y luego se calculó el promedio mensual. En esta tabla se observa que los meses con mayor valor en promedio fueron agosto y septiembre, mientras que los de menores valores promedios fueron febrero y marzo. También se observa que los meses donde se encuentra la mayor variación son enero y junio.

Tabla 1. Promedio mensual de la velocidad del viento en km h⁻¹ a 10 m para la estación agrometeorológica del INTA EEA Paraná desde 2016 al 2022.

Año	Velocidad del viento en km h ⁻¹ a 10 m											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2016	-	-	-	-	-	-	15,3	15	17	14,6	14,8	13,8
2017	11,5	11,7	13,3	13,9	14,5	17,7	18,8	16,9	15,9	16,3	16,9	14,7
2018	15,1	13,6	14,4	14,8	16,6	14,6	15,9	18,3	17,1	15,1	17,1	14,8
2019	16,1	13,8	13,3	12,7	14,2	14,7	14,7	17,3	16,1	16,8	15,6	14,9
2020	13,7	14	12,2	13,6	16,3	15,5	14,6	15,7	15,8	17,2	14,5	14,1
2021	15	13,3	14	13,9	14,3	15,5	16,4	16,1	16,1	15,2	16,2	13,9
2022	15,6	15,8	14,5	13,5	13,1	12,5	16	17,1	16,9	18,7	17,3	14,5
Promedio	14,5	13,7	13,6	13,8	14,8	15,1	16	16,6	16,4	16,3	16,0	14,4
Desvío estándar	1,7	1,3	0,9	0,7	1,3	1,7	1,4	1,1	0,6	1,5	1,1	0,4

La dirección predominante de cada día se estableció en función de la dirección del viento con mayor velocidad.

Este valor corresponde a la dirección del viento que presentó mayor velocidad en las observaciones diarias.

El análisis de la dirección predominante promedio observada a 10 m del suelo para el período julio 2016-junio 2022 (Figura 2) indicó que los vientos del noreste (NE) son los predominantes, seguidos por los del este (E) y los del sur (S).

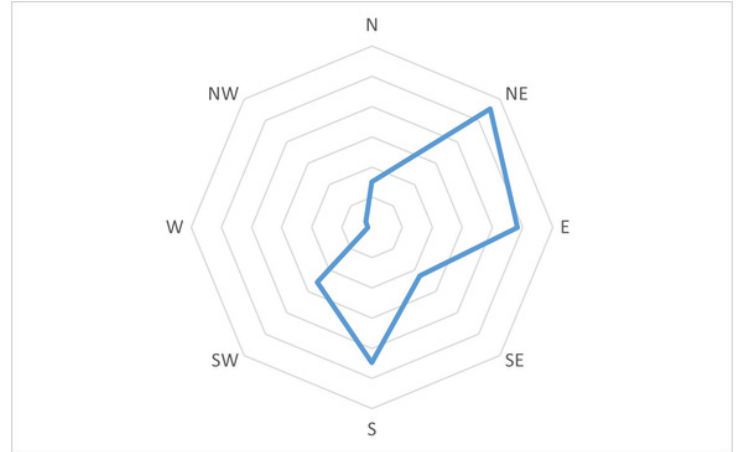


Figura 2. Frecuencia de dirección predominante promedio a 10 m sobre el suelo para la estación agrometeorológica del INTA EEA Paraná, período julio 2016- junio 2022.

Vientos a 2 m sobre el suelo

En la Tabla 2 se presentan los valores mensuales promedios para cada año en el periodo 2000-2022. En esta se observa que los valores promedios mensuales no superaron los 10 km h⁻¹ para esta altura.

Tabla 2. Promedio mensual de la velocidad diaria del viento a 2 m sobre el suelo, correspondiente a la estación meteorológica de la EEA Paraná del INTA desde el 2000 al 2022.

Año	Velocidad diaria promedio del viento a 2 m sobre el suelo (km h ⁻¹)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	5,3	5,6	6,5	6,7	7,9	8,7	9,4	8,3	8,1	8,3	6,9	6,2
2001	5,8	6,1	6,2	6,6	6,5	7,3	9,1	9,8	8,4	8,6	7,2	5,8
2002	5,9	6,3	7,9	6,6	8,2	6,3	7,6	9,4	8,1	8,9	8,2	6,9
2003	5,8	6,7	6,1	6,5	6,8	7,6	6,9	8,8	10,2	9,3	8,4	7,9
2004	6,1	6,8	7,9	7,2	6	8,3	9	9,4	9,3	9,4	8,8	7,8
2005	6,8	5,7	6,5	6,4	8,5	8,2	8,2	8,8	7,6	7,6	7,6	7,7
2006	8,3	6,7	6,0	6,7	6,8	8,4	8,7	7,6	9,7	9,5	8,8	6,9
2007	6,5	6,2	6,5	6,7	6,1	5,3	7	9	9,5	8,4	8,2	6,2
2008	6,4	5,5	7,1		7,3	7	8,7	9,1	8,6	8,1	7,6	7,2
2009	7,2	6,6	6,2	6,4	9,2	7,9	6,9	9,9	9	9,2	8,3	6,9
2010	5,8	6,3	5,2	6,5	6,9	7,5	8	8,1	8,3	7,7	6,8	7,6
2011	6,6	6,9	6,4	6,6	7,1	7,3	7,5	8,5	9,5	7,7	8,4	7,2
2012	6,8	7,2	6,8	5,9	6,9	6,9	6,9	8,8	8	7,9	7,0	8,6
2013	6,7	7,3	6,3	6,2	6,5	6,3	8,5	8,9	10,9	9,2	9,1	5,8
2014	6,5	6,5	5,6	7,3	6,6	7,6	8,3	9,1	8,7	8,6	7,7	6,4
2015	6,4	5,7	5,5	6,5	7,1	7,8	7,8	8,6	7,5	8,5	7,9	7,7
2016	7,1	6,4	6	7	5,5	4,9	7	7,8	8,1	7,8	6,7	6,2
2017	6,6	5,6	6,2	6,7	6,1	8,7	9,2	8,7	7,8	8,7	8,0	7,3
2018	7,0	6,7	7,2	8	7,6	6,7	3,3	9,9	8,3	7	8,5	7,5
2019	7,1	6,2	6,2	5,2	6,2	6,7	6,7	8,1	8	8,1	7,7	7,5
2020	6,5	5,9	5,8	5,9	7,7	7,8	7	7,7	7,9	8,1	7,6	7,5
2021	7,2	5,4	5,7	6,7	6,7	7,3	8,4	8,0	8,4	7,2	7,4	7
2022	7,7	7,9	6,7	6,2	5,9	5,9	7,9	8,1	8	9,1	8,9	7,5
2000-2022	6,6	6,4	6,4	6,6	6,9	7,2	7,7	8,7	8,6	8,4	7,9	7,1

En la Figura 3 se presentan los valores mensuales promedios para 2 y 10 m de altura sobre el nivel del suelo. Se observa que en ambos casos durante los meses primaverales se presentan los mayores valores de velocidad mensual promedio mientras que en los otoñales se registran los menores.

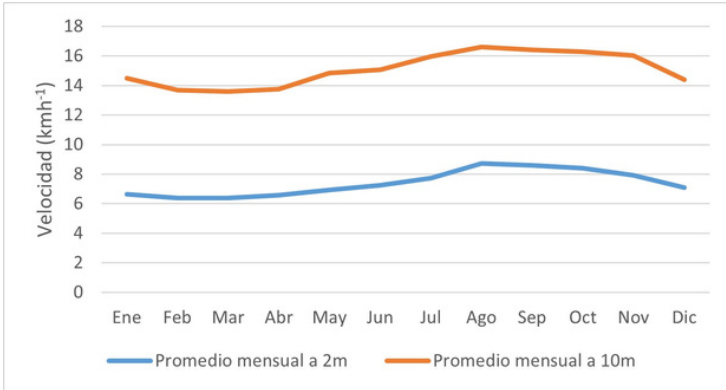


Figura 3. Velocidad promedio mensual en km h⁻¹ a 2 y 10 m para el observatorio agrometeorológico del INTA Paraná.

La EEA Paraná también cuenta con una estación meteorológica automática iMETOS® que se instaló en 2009. Esta estación permite la medición cada 10 minutos de la velocidad del viento.

Con los valores máximos diarios obtenidos de la estación automática se calcularon los promedios mensuales máximos en el periodo 2009 -2018 (Tabla 3).

De este análisis se podría afirmar que los valores máximos mensuales en promedio oscilan generalmente entre los 30 y 40 km h⁻¹ a dos m de altura, aunque cabe mencionar que se registraron valores máximos diarios por encima de los 90 km h⁻¹.

Tabla 3. Promedio mensual de la velocidad diaria máxima del viento en km h⁻¹ a dos m medida en la estación automática de la EEA Paraná

Promedio mensual de velocidad máxima (km h ⁻¹)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2009	---	---	32,1	29	30,8	30,4	32,1	37,8	36,9	36,5	39,4	39,6
2010	37,5	29,3	26,8	28,9	31,2	32,9	37,3	35,3	38,9	37,3	34,5	39,7
2011	35,7	31,4	30,2	31,6	29,4	32,5	33,5	37,3	38,6	33,1	36,8	37,1
2012	36,2	34,5	33,9	27,7	30,6	32,2	35	38	38,4	42,9	32,3	36,9
2013	26,8	32,7	29,0	30	30,9	30,5	35,8	38,6	41,6	35,2	37,9	36,8
2014	34,9	34,5	31,7	31,6	27,8	31,1	33,8	36,4	34,5	---	---	---
2015	---	---	---	---	---	34,4	27,8	32,3	33,9	37,6	21,8	20,3
2016	30,9	32,3	30,9	37,4	28,0	27,3	28,5	33,2	36,2	34,4	36,4	38,9
2017	36,1	33,2	28,9	31,5	31,7	35,0	33,8	36,9	35,3	39,6	35,8	38,9
2018	36,6	34,3	34,7	33,2	34,3	31,7	33,0	38,7	35,9	35,2	41,7	35,6
2019	37,9	31,7	30,9	28,4	29,5	34,1	32,6	36,2	33,5	38,8	37,4	36,4
2020	33,9	32,3	29,5	28,3	31,2	31,4	28,7	32,3	34,4	37,8	33,4	36,0
2021	33,8	25,3	25,2	27,4	29,1	31,0	34,3	30,4	14,8	6,6	9,7	---
Promedio mensual	34,6	32,0	30,3	30,4	30,4	31,9	32,8	35,6	34,8	34,6	33,1	36
Velocidad Máxima absoluta	83,5	95	88,9	72,7	63,7	79,9	85,3	74,9	79,9	81,7	83,5	100,1

Si observamos los valores mensuales, identificamos que al igual que en la figura 2, los menores valores se dan entre los meses de marzo y mayo, mientras que se observan 2 picos de valores en agosto / septiembre y diciembre / enero.

Frecuencia de días por mes con velocidad promedio de viento superior a 15 km h⁻¹ a 2 m de altura.

En la Figura 4 se presenta de acuerdo con los datos de la estación automática (2 m) la frecuencia promedio de los días en los cuales la velocidad diaria promedio del viento superó los 15 km h⁻¹, cabe aclarar que este valor es utilizado como umbral para las aplicaciones de fitosanitarios en agricultura. Aquí vemos que desde fines de marzo y principios de abril la frecuencia de los días con velocidades promedios superiores a 15 km h⁻¹ aumentan hasta llegar al pico máximo en los meses de agosto y septiembre.

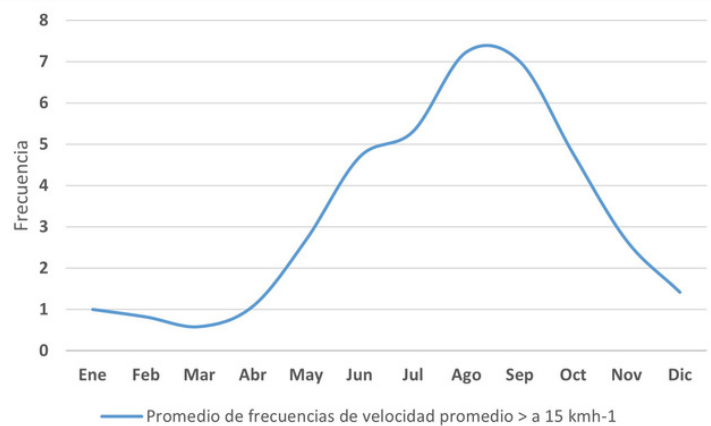


Figura 4. Frecuencia promedio de días con velocidad promedio diario mayores a 15 km/h para la estación automática de la estación automática de la EEA Paraná.

En la Tabla 4 se muestra la frecuencia de días por mes en los cuales se registró una velocidad del viento mayor a 15 km h⁻¹ en algún momento del día (a 2 m de altura). Como se aprecia en la tabla podemos afirmar que, en la mayoría de los días, la velocidad del viento supera los 15 km h⁻¹.

Tabla 4. Frecuencias de días en los cuales los vientos superaron los 15 km h⁻¹ en algún momento del día para la estación automática de la EEA Paraná (a 2 m).

Frecuencia de días con vientos superiores a 15 km h ⁻¹												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2009	---	---	31	26	27	29	31	28	30	31	30	31
2010	21	12	30	30	31	30	31	31	30	31	25	21
2011	19	28	30	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2012	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2013	28	21	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2014	31	28	31	30	30	30	31	31	30	17	---	---
2015	---	---	---	---	20	30	14	25	30	20	9	4
2016	31	29	31	30	31	29	31	31	30	31	30	31
2017	31	28	31	30	31	30	29	31	30	31	30	31
2018	31	28	31	30	31	30	30	31	30	31	30	31
2019	31	28	31	29	31	30	31	31	30	31	30	31
2020	31	29	31	30	31	30	30	27	29	31	30	31
2021	31	28	31	29	31	29	31	30	11	3	7	---
Promedio	29	26	31	30	30	30	29	30	28	27	26	28

Comentarios finales

Caracterizar las variables climatológicas para una región proporciona información fundamental para la planificación y la toma de decisiones no solo del sector agropecuario sino desde otros ámbitos de la sociedad tales como la planificación urbana o la investigación científica.

Lo analizado durante el periodo de estudio muestra que, a lo largo del año, la velocidad promedio del viento a 2 m ronda entre 6 y 8 km h⁻¹, con velocidades máximas promedio de entre 30 y 36 km h⁻¹ y máximas mensuales absolutas de más de 70 km h⁻¹. Asimismo, la frecuencia mensual promedio de días con velocidad menor 15km h⁻¹ supera a una semana en los meses de agosto y septiembre, pero si lo analizamos más en detalle esta velocidad es superada diariamente durante prácticamente todos los días del año en algún momento del día.

Para seguir leyendo...

Saluso J.H. 1999. El Observatorio Agrometeorológico de la Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA. 32 p.

Para más información:
wingeyer.ana@inta.gob.ar

CARACTERIZACIÓN DE HELADAS DESDE 1991 AL 2020 PARA LA ZONA DE INFLUENCIA DEL INTA EEA PARANÁ



Wingeyer A., Melgares E., Seehaus M., Gabioud E., Maffini G., Cappellacci M.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
 Estación Experimental Agropecuaria Paraná
 Departamento Recursos Naturales y Gestión Ambiental

La variabilidad climática genera la mayoría de las fluctuaciones interanuales en los rendimientos de cultivos, los cuales representan una proporción importante de la alimentación básica de la humanidad. Dentro de las herramientas con las que contamos para la toma de decisiones y gestión efectiva del riesgo climático, el uso de información climática es crucial. En la actualidad, la producción agropecuaria se basa en el análisis y manejo de datos, en cuyo caso la información climática es una herramienta cada vez más utilizada tanto en el campo de la agronomía como en otras áreas.

Dentro de los eventos climáticos que influyen directa o indirectamente en la producción agropecuaria, las heladas juegan un rol preponderante. Las fechas de ocurrencia de primeras y últimas heladas son de fundamental importancia en la programación del calendario agrícola, y existen distintas metodologías para su estimación que conducen a resultados diferentes.

El régimen agroclimático de heladas (RAH) hace referencia al estudio de las características de intensidad, frecuencia, tipo, duración, época de ocurrencia entre otras; a fin de presentar valores climáticos representativos para un lugar. Contar con un adecuado conocimiento del RAH de una región resulta fundamental para poder prever la posibilidad y probabilidad de ocurrencia y, de esta manera, adecuar la planificación de las labores agrícolas y el empleo de recursos tecnológicos disponibles para prevenir o atenuar sus efectos.



Actualmente, existen estimaciones que permiten aproximar las fechas de comienzo y finalización de heladas, pero no se cuenta con un RAH para la región de influencia de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Paraná de los últimos 30 años, según las directrices del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (SMN 2023) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017), lo que fundamenta la realización de este trabajo.

El objetivo de este trabajo es caracterizar las heladas meteorológicas y agronómicas para la zona de influencia de la estación experimental del INTA EEA Paraná para la serie histórica 1991-2020.

Materiales y métodos

Es necesario, antes de comenzar a caracterizar procedimientos y los cálculos que se realizaron en este trabajo, aclarar que existe una primera división de este fenómeno en heladas meteorológicas y agronómicas. El primer tipo y el más difundido en climatología en general ocurre cuando las temperaturas medidas con el termómetro de mínima a 1,5 m del suelo (en abrigo meteorológico) son iguales o inferiores a 0 °C. Mientras que las denominadas heladas agronómicas, difundidas dentro de la Agrometeorología, se definen como aquel fenómeno que ocurre cuando las temperaturas a 5 cm del suelo son iguales o inferiores a 0 °C.

Para la realización de la descripción de las heladas para la región se utilizaron los datos de temperatura mínima diaria registrados a 1,5 m de altura en abrigo meteorológico y a 0,05 m del suelo a la intemperie dentro de la Observatorio agrometeorológico perteneciente del INTA EEA Paraná (lat 31° 50' 55,72" S y long 60° 32' 10,43" O, 105 msnm). En ésta se miden diariamente distintas variables meteorológicas de importancia para el sector en tres momentos del día (9, 15 y 21 h).

Para la caracterización del régimen agroclimático de heladas para la región se calcularon:

Estimación de fechas medias de primera y última helada

Para el cálculo de la fecha media de la primera helada agronómica se procedió a calcular la media de todos los registros de la primera helada para cada año desde 1991 al 2020. Ésta surge de calcular el promedio de las fechas (día juliano) en donde se mide por primera vez en el año una temperatura igual o inferior a 0 °C a 5 cm del suelo, de igual forma, el cálculo de la fecha media de la última helada surge del promedio de las últimas fechas cuyo registro fue igual o menor a 0 °C a 5 cm del suelo.

Fechas extremas de heladas

La fecha extrema de la primera helada es aquella donde se produjo la helada más anticipada en el periodo analizado, es decir la fecha que registró la helada más temprana de todos los datos obtenidos. La fecha extrema de la última helada se calcula de igual manera, pero para las últimas fechas desde 1991 al 2020. Una vez obtenido los valores medios se compararon con las fechas extremas observadas en los años entre el 2021 y el 2022.

Frecuencia de heladas

Se entiende por frecuencia de heladas al número de eventos que ocurren en un intervalo de tiempo determinado (semana, mes, año, etc). Este valor es comúnmente utilizado para caracterizar regiones o comparar años. Para este trabajo se calculó el promedio de las frecuencias mensuales para el periodo en estudio (1991-2020) y se lo comparó con los datos obtenidos en los últimos dos años transcurridos (2021 y 2022).

Intensidad

La intensidad de las heladas está dada por el menor valor de temperatura (°C) que el fenómeno registra durante el evento. Para este trabajo se tomó como referencia el valor de mayor intensidad dentro de los 30 años estudiados y al igual que las caracterizaciones anteriores se las comparó con los últimos dos años.

¿Qué resultados se obtuvieron?

Frecuencia de heladas agronómicas y meteorológicas

En cuanto a las heladas agronómicas, en promedio entre 1991 y el 2020 ocurrieron 24 heladas/año siendo el mes de julio el que mayor frecuencia promedio presentó con un total de 8 eventos (Figura 1).

La frecuencia mensual de heladas posee una distribución normal (Shapiro – Wilks modificado; p = 0,18).

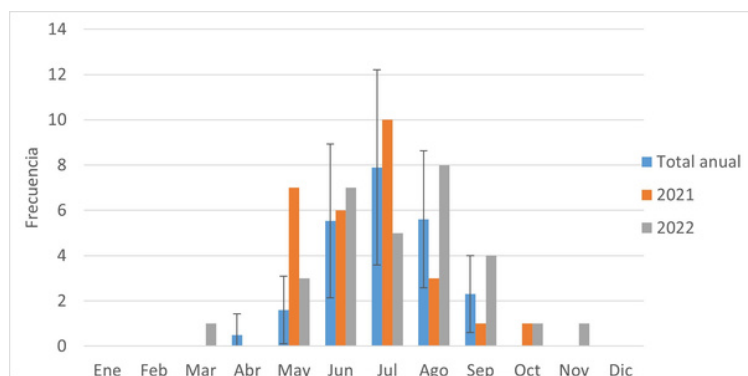


Figura 1. Frecuencias mensuales de heladas agronómicas. Barra en azul: Frecuencia mensual promedio de heladas agronómicas registradas en el Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná entre 1991 y 2020 y desvíos (líneas). Barras de color naranja y gris: frecuencias observadas para 2021 y 2022 respectivamente.

La variabilidad de este tipo de eventos se puede observar en los desvíos de la Figura 1. Cabe destacar que el año con mayor frecuencia de heladas agronómicas es 2007, presentando un total de 41 heladas y el año con menor frecuencia fue 1998 con un total de 9 eventos.

Las heladas meteorológicas ocurren con una frecuencia menor en comparación a las anteriores ya que, en promedio para el periodo en estudio, se registraron tres eventos anuales, ocurridos principalmente en el mes de julio.

Con respecto a las heladas meteorológicas, la mayor frecuencia también se observó en el año 2007 con un total de 10, muy por encima del promedio. En los años 1997, 1998 y 2014 no se registraron este tipo de eventos. Para el año 2021 y 2022 se registraron 4 y 2 eventos respectivamente.

Heladas agronómicas tempranas y tardías

La fecha media de la primera helada agronómica fue el 14 de mayo, y la fecha media para la última helada el 25 de septiembre, para el período 1991-2020. La distribución de frecuencias totales de ambos eventos se puede observar en la Figuras 2.

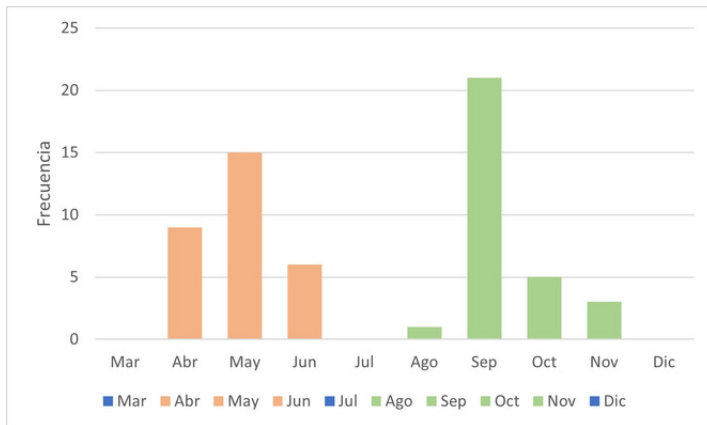


Figura 2: Frecuencia mensual total para heladas agronómicas tempranas (barras naranjas) y tardías (barras verdes) para el observatorio agrometeorológico de la EEA Paraná desde 1991 hasta 2020.

Asimismo, se calculó el percentil 20 para la ocurrencia de heladas tempranas y tardías para estimar el período libre de heladas. El 27 de abril es la fecha correspondiente al percentil 20 de heladas tempranas.

Esto significa que el 80 % de los registros se encuentran a partir de esta fecha. Para las fechas de últimas heladas el 2 de octubre fue la fecha que se corresponde al percentil 20 de heladas tardías. El 80 % de los registros de heladas tardías observadas en los últimos 30 años fueron antes de esta fecha.

A partir de estas fechas se puede afirmar en primera instancia que el periodo de heladas para la zona de influencia de la EEA Paraná comienza a mediados de mayo y finaliza a fines de septiembre en promedio, contabilizando un total de 230 días libres de heladas comprendido entre el 26 de septiembre y el 13 de mayo.

Fechas extremas de heladas agronómicas

Las fechas extremas registradas en estos últimos 30 años fueron el 13 de abril (2013) para heladas tempranas, y el 7 de noviembre (2000) para última helada.

Intensidad

La mayor intensidad de helada agronómica registrada entre 1991-2020 fue de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ el día 4 de agosto de 1995, seguida por la helada registrada el 11 julio de 2007 con $-9,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Como dato que complementa la caracterización del clima de la región, cabe destacar que no se registraron temperaturas de congelación. Esto implica que las temperaturas máximas medidas superan los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en todos los años. Para la serie de datos analizados la menor temperatura máxima registrada en abrigo meteorológico fue de $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el mes de julio del año 2007.

¿Qué pasó en 2021 y 2022?

Para el año 2021 el total de heladas agronómicas ocurridas fue de 28, comenzando el 6 de mayo con una intensidad de $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y finalizando con la última helada el 6 de octubre con una intensidad igual a la anterior. En 2022 se registraron 30 eventos de heladas agronómicas. La primera helada registrada fue el 31 de marzo con una intensidad de $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de esta manera, 2022 estableció un récord de heladas agronómicas tempranas.

Con respecto a las heladas agronómicas tardías para el año 2022, la ocurrida el 9 de octubre ($-3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el 1 de noviembre ($-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) fueron perjudiciales para los cultivos agrícolas. La helada del 9 de octubre tuvo un efecto negativo directo en los cultivos de trigo debido a que este se encontraba en su periodo crítico. Ese día la temperatura registrada a 50 cm del suelo fue de $-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que impactó directamente en el cultivo evidenciado semanas después por la presencia de espigas vanas. La última helada registrada (1 de noviembre), produjo daños severos en los lotes de maíz de primera, sembrados tempranamente, ya que la misma coincidió con los estadios vegetativos del cultivo, produciendo pérdidas de plantas.

Al comparar el promedio histórico con los datos registrados en los últimos dos años, se observa que hubo un leve aumento en el número de heladas totales en ambos casos (Figura 1), lo que se asocia a la fase La Niña de las anomalías de temperatura superficial del mar en la región ecuatorial del océano Pacífico que fue característica en ambos años.

Para el 2022 la helada de mayor intensidad ocurrió el 11 de junio ($-7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) seguida por la del 19 de agosto ($-7,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Estas no superaron el valor de mayor Intensidad registrada para el periodo 1991-2020 de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (8 de agosto de 1995).

Comentarios finales

El presente trabajo actualiza los promedios históricos de las heladas para los últimos 30 años (1991-2020). Esto permite caracterizar las heladas meteorológicas y agronómicas para la zona de influencia del INTA EEA Paraná: las fechas promedios y esperables de interés para el sector agropecuario, así como las probabilidades de ocurrencia en momentos críticos del desarrollo de los cultivos. Brindar esta información contribuye a la toma de decisiones productivas y al desarrollo de estrategias para una agricultura climáticamente inteligente.

Para seguir leyendo...

SMN 2023. Cambios en las normales climatológicas del SMN.

<https://www.argentina.gob.ar/noticias/cambios-en-las-normales-climatologicas-del-smn>. Febrero 2023.

Wingeyer A.B., Melgares E., Gabioud E.A., Seehaus M.S., Maffini G.D. Temperaturas y precipitaciones en 2022 en el área de influencia del INTA EEA Paraná. Serie Extensión INTA Paraná 87:52-56.

<https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/11205>. Marzo 2023

Para más información:
wingeyer.ana@inta.gob.ar

LOS CULTIVOS INVERNALES EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ENTRE RÍOS



Coll L.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agropecuaria Paraná
Departamento de Producción

Los cultivos invernales son un elemento clave en la eficiencia y sustentabilidad de los sistemas agropecuarios entrerrianos. Entre los aspectos favorables se pueden mencionar la mejora en el uso de recursos (agua y radiación), el aporte de carbono y la mejora en la actividad microbiana del suelo, la competencia con malezas, la diversificación de las secuencias de cultivos con la consiguiente reducción del riesgo y el aporte de ingresos financieros a fin de año.

Sin embargo, la baja rentabilidad en determinados años o la ocurrencia de enfermedades, han provocado que el área sembrada sea relativamente baja. Por otro lado, el cambio climático no sólo plantea interrogantes acerca de la evolución de los ecosistemas a nivel global, sino que nos interpela acerca del futuro de nuestros sistemas agropecuarios.

El trigo (*Triticum aestivum* L.) como principal cultivo invernal de Argentina es fundamental para la sustentabilidad de los suelos (Serri et al., 2018), no obstante, la susceptibilidad de los genotipos de alto rendimiento a algunas enfermedades o episodios de estrés térmico pueden afectar eventualmente los rendimientos. Incluso, la proyección del aumento de las temperaturas y de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos de lluvias o temperaturas genera nuevos interrogantes acerca de la productividad de los cultivos. Otros cultivos invernales como cebada (*Hordeum vulgare* L.), colza (*Brassica napus* L.) o arveja (*Pisum sativum* L.) que podrían ser más tolerantes, han empezado a evaluarse recientemente, aunque el desconocimiento del manejo agronómico y su comercialización producen desconfianza en los productores, sobre todo en aquellos más renuentes a la toma de riesgos.

En este contexto surge la necesidad de comparar la productividad de distintas especies de cultivos invernales, así como también la relación entre el clima, la ocurrencia de las etapas críticas y sus efectos sobre los rendimientos.

¿En qué consistió el trabajo?

Los experimentos se realizaron en la EEA Paraná (Entre Ríos, 31,5° S; 60,3° O; 110 m.s.n.m.), sobre un Argiudol acuíco (Serie Tezanos Pinto), durante los años 2014 y 2018. Los cultivos de trigo, arveja y colza fueron los tratamientos que se repitieron los dos años, pero en 2014 además se evaluaron cultivos de cebada y mostaza (*Sinapis alba* L.). Se utilizó un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Los cultivares de trigo empleados fueron Buck SY200 (2014) y Klein Titania CL (2018), de colza Hyola 571 CL (2014) y Solar CL (2018), de arveja Viper, de cebada Quilmes Carisma y de mostaza, Delfina INTA. Las parcelas se fertilizaron con 300 kg ha⁻¹ de urea y 150 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico y cuando fue necesario se controlaron malezas y plagas.

Para determinar los momentos claves en el desarrollo de los cultivos, se observó semanalmente el estado fenológico. Para trigo y cebada se utilizó la escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974) y para colza, mostaza y arveja se utilizaron las escalas decimales de la BBCH (Lancashire et al., 1991). Periódicamente se midió el porcentaje de intercepción de radiación fotosintéticamente activa (RFA) con la utilización de un sensor lineal cuántico. En madurez, se cosecharon los cultivos para determinar rendimiento en grano. La eficiencia en el uso de la radiación (EUR) se estimó como el cociente entre el rendimiento en granos y la cantidad total de RFA interceptada. Ésta, se calculó como el producto de la radiación fotosintéticamente activa diaria (obtenida del Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná) y el porcentaje de intercepción diario.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias utilizando la prueba LSD al 5 %. Las asociaciones entre variables se analizaron mediante análisis de regresión lineal y correlación.

Paralelamente se analizó la evolución de las temperaturas medias mensuales de la serie histórica 1934-2222 del Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná del INTA. Se realizaron regresiones lineales entre los años y la temperatura media mensual relativa al promedio de la serie histórica para cada mes del año ($\alpha=0,05$).

¿Qué pasó con el clima y el desarrollo de los cultivos durante los experimentos?

En 2014, analizando la temperatura y las lluvias (Fig. 1) se verifica que el ciclo de todos los cultivos invernales evaluados estuvo sometido a temperaturas medias mensuales mayores a los promedios históricos. Sin embargo, es probable que el cultivo de trigo haya sido particularmente afectado por un período con altas temperaturas a fines de octubre (8 días con temperaturas máximas mayores a 30 °C) que provocó la finalización anticipada del llenado de granos debido al estrés térmico (Tabla 1). Además, la falta de lluvias durante agosto puede haber incidido especialmente en el cultivo de colza durante su período crítico (floración).

Por otro lado, en 2018 las temperaturas durante la estación de crecimiento de los cultivos fueron más parecidas a las normales con la excepción del mes de septiembre que fue 3 °C más cálido. Esto último pudo haber afectado especialmente la duración de la etapa crítica para la definición del rendimiento de arveja y colza. En cambio, el exceso de lluvias ocurrido en noviembre (máximo histórico de 346 mm) pudo haber reducido la calidad, pero no el rendimiento de los cultivos ya que todos habían alcanzado la madurez fisiológica con anterioridad y fueron cosechados oportunamente. De hecho, el rendimiento de los cultivos invernales a nivel provincial fue muy bueno ese año (BOLSACER, 2018).

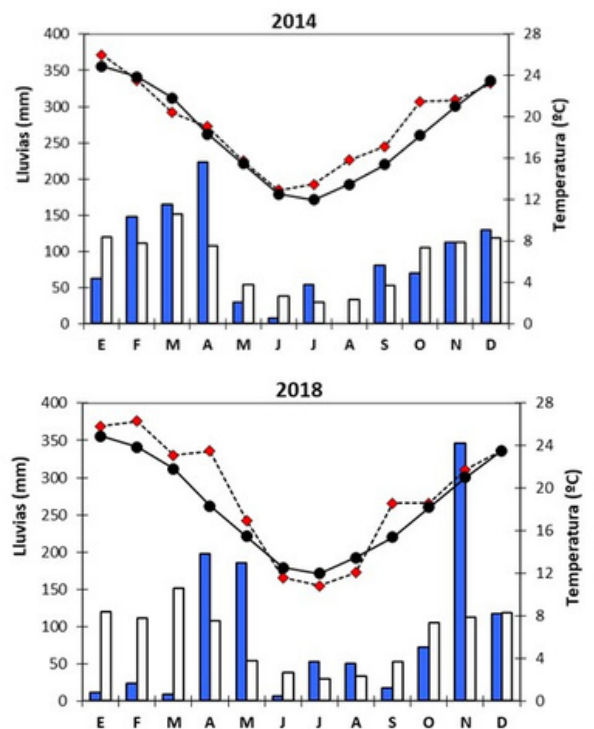


Fig. 1. Lluvias mensuales y temperatura media mensual en los años 2014 y 2018. Lluvias mensuales (barras azules), lluvias promedio de la serie histórica 1934-2018 (barras blancas), temperaturas medias mensuales (línea con puntos rojos), temperaturas medias promedio de la serie histórica 1934-2018 (línea con puntos negros). Fuente: Observatorio Agrometeorológico EEA Paraná.

Tabla 1. Fenología de cultivos invernales en los años 2014 y 2018 en la EEA Paraná del INTA.

	Año	Trigo	Arveja	Colza	Cebada	Mostaza
Siembra	2014	16 junio	16 junio	27 mayo	16 junio	16 junio
	2018	28 mayo	28 mayo	28 mayo		
Emergencia	2014	30 junio	28 junio	3 junio	27 junio	25 junio
	2018	9 junio	9 junio	9 junio		
Encañazón / aparición del órgano floral	2014	26 agosto	26 agosto	20 julio	22 agosto	15 agosto
	2018	1 sept.	28 agosto	21 agosto		
Inicio de la floración	2014	2 octubre	8 sept.	8 agosto	28 sept.	28 agosto
	2018	1 octubre	1 sept.	7 sept.		
Madurez fisiológica	2014	27 octubre	16 octubre	26 sept.	18 octubre	28 octubre
	2018	7 noviembre	10 octubre	27 octubre		

El uso de la radiación de los cultivos invernales

La captación de radiación de un cultivo y la eficiencia con que se transforma la radiación captada en granos o semillas son factores que determinan el rendimiento alcanzado por un cultivo.

En los dos años evaluados la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAI) por el cultivo de trigo fue superior a la de colza y ésta, a su vez fue mayor que la de arveja ($p < 0,0001$; Tabla 2).

Si bien, probablemente debido a su ciclo más corto, la arveja logró captar menos radiación, presentó mayor eficiencia de uso de la radiación para producir granos (EUR), aunque en el año 2018 esa diferencia no alcanzó significancia estadística.

Lo contrario sucedió con la mostaza en 2014, que fue el cultivo de mayor intercepción de radiación ($p < 0,0001$), pero debido a su reducida partición tuvo la menor EUR ($p = 0,0004$). Además, la cebada debido a su ciclo más corto logró captar menos radiación que el trigo.

Mientras que en 2018 el rendimiento de los cultivos de trigo, colza y arveja sólo estuvo correlacionado positivamente con la cantidad de RFAI ($r = 0,67$; $p = 0,02$), en 2014 el rendimiento no se asoció a la RFAI sino con EUR ($r = 0,97$; $p < 0,0001$). Es probable que en 2014 el estrés hídrico en el caso de colza y el estrés térmico en el caso de trigo y mostaza hayan afectado negativamente la generación y la partición de fotoasimilados reduciendo directamente la eficiencia de uso de la radiación para formar granos. En cambio, la ausencia de estreses que redujeran la partición en 2018 generó que el rendimiento de los cultivos estuviese más asociado a la captación de radiación durante el ciclo (RFAI).

Tabla 2. Radiación fotosintéticamente activa interceptada durante el ciclo de cultivos invernales (RFAI) y eficiencia de uso de radiación para producir granos (EUR) en los años 2014 y 2018 en la EEA Paraná del INTA.

	Año	Trigo	Arveja	Colza	Cebada	Mostaza
RFAI (MJ m⁻²)	2014	647	522	558	614	700
	2018	845	551	726	~	~
EUR (g MJ⁻¹)	2014	0,60	0,75	0,52	0,61	0,13
	2018	0,51	0,60	0,53	~	~

El rendimiento de los cultivos invernales

En 2014 no hubo diferencias entre los rendimientos de trigo, cebada y arveja, aunque fueron mayores a los de colza y mostaza ($p < 0,0014$; Fig. 2a), y el rendimiento de colza fue significativamente superior al de mostaza. Por otro lado, en 2018 el rendimiento de trigo superó a los de arveja y colza que no difirieron entre sí ($p < 0,009$; Fig. 2b).

La variación entre años en el comportamiento relativo del trigo y la arveja podría ser explicada por el efecto negativo de las altas temperaturas en el final del llenado de granos del trigo en 2014 mencionado anteriormente. Slafer et al. (2003) comentan que, si bien el aumento de la temperatura incrementa la tasa de llenado de los granos de trigo, reduce en una proporción mayor la duración de este. Por otro lado, los bajos rendimientos de colza en relación con el obtenido con cereales como trigo o cebada son resultados coincidentes con los reportados previamente para distintos ambientes (Rondanini et al., 2012).

De todas formas, es importante aclarar que cuando se comparan los rendimientos de especies con granos de composición diferente, es lógico que aquellas más ricas en almidón estén en ventaja debido a los menores costos de síntesis (almidón < proteína < aceite).

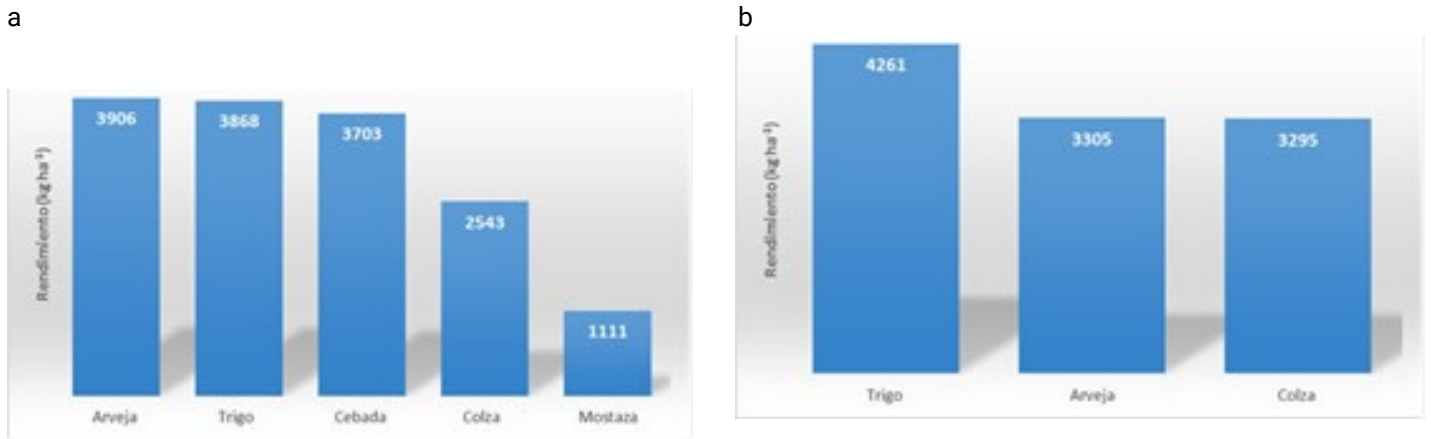


Fig. 2. Rendimiento de cultivos invernales durante los años 2014 (a) y 2018 (b) en la EEA Paraná del INTA.

La evolución del clima y su influencia en los cultivos invernales

Cuando se observa la evolución en los últimos 89 años de las temperaturas medias anuales y las lluvias acumuladas durante el año en el Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná, se puede ver un aumento significativo de ambas variables, aunque en el caso de la lluvia, la variabilidad es mayor (Fig. 3).

Esto ya había sido reportado previamente para el periodo 1934/2004 por Saluso (2007). No obstante, desde el punto de vista de un cultivo anual que sólo está presente durante una parte del año, resulta interesante ver qué sucede con el clima en cada mes del año en particular.

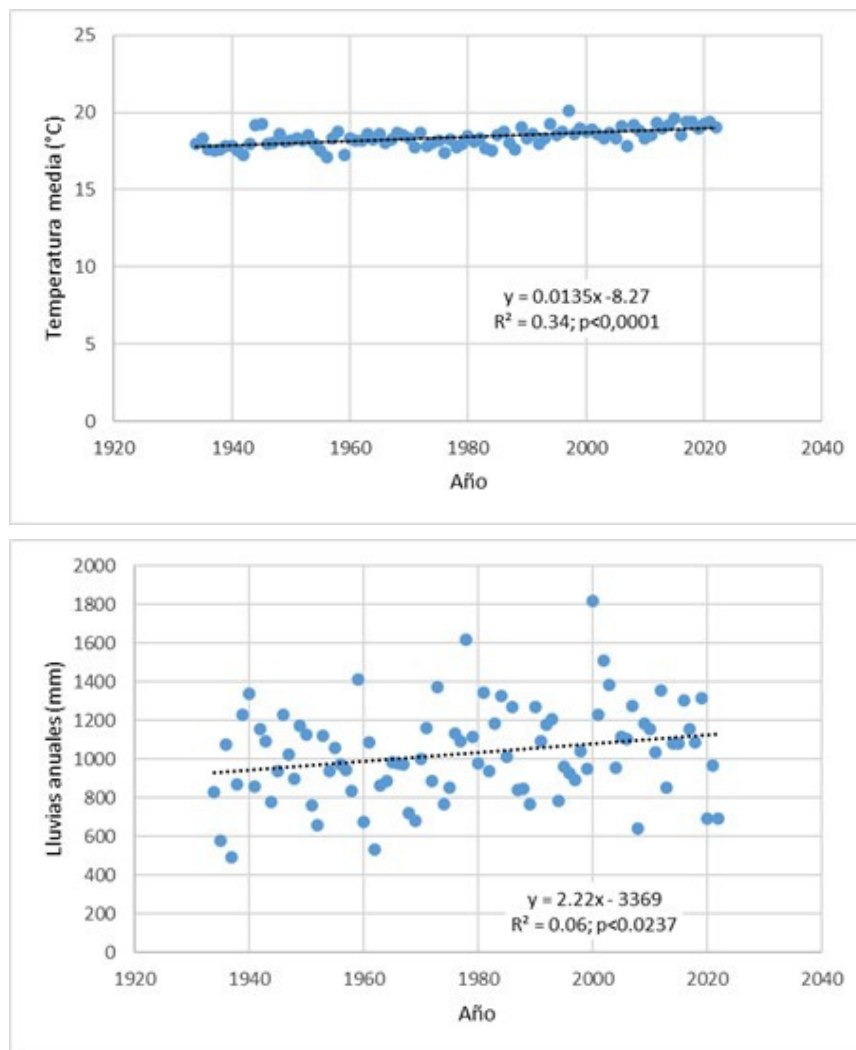


Fig. 3. Evolución de las temperaturas medias y lluvias anuales en la serie histórica 1934-2022 de la EEA Paraná del INTA. Fuente: Observatorio Agrometeorológico EEA Paraná.

Al analizar la evolución de las temperaturas medias mensuales relativas al promedio desde el año 1934 en la EEA Paraná se observa una tendencia al aumento en los meses de enero, marzo y abril (Fig. 4). Por el contrario, en los meses de febrero, mayo, junio y julio no se verifica una tendencia significativa al incremento de las temperaturas, aunque si una mayor variabilidad entre años. Luego a partir de agosto nuevamente se observa la tendencia creciente en las temperaturas medias hasta diciembre.

Al analizar la evolución de las temperaturas medias mensuales relativas al promedio desde el año 1934 en la EEA Paraná se observa una tendencia al aumento en los meses de enero, marzo y abril (Fig. 4). Por el contrario, en los meses de febrero, mayo, junio y julio no se verifica una tendencia significativa al incremento de las temperaturas, aunque si una mayor variabilidad entre años. Luego a partir de agosto nuevamente se observa la tendencia creciente en las temperaturas medias hasta diciembre.

Resulta interesante destacar que los meses de mayor aumento de la temperatura media son abril y octubre (1 % cada 7 años), indicando una reducción potencial en la duración de la estación de crecimiento de los cultivos invernales en Entre Ríos. Incluso, el incremento de temperatura en agosto, septiembre, octubre y noviembre implicaría un aumento en la velocidad de desarrollo, o lo que es lo mismo, una reducción en la duración de ciclo y sobre todo de la etapa reproductiva de los cultivos invernales que transcurre durante esta época. Además, el aumento de las temperaturas medias podría estar relacionado con el incremento de las temperaturas mínimas (Saluso, 2007) y una mayor probabilidad de eventos de estrés térmico en cultivos adaptados a climas templados.

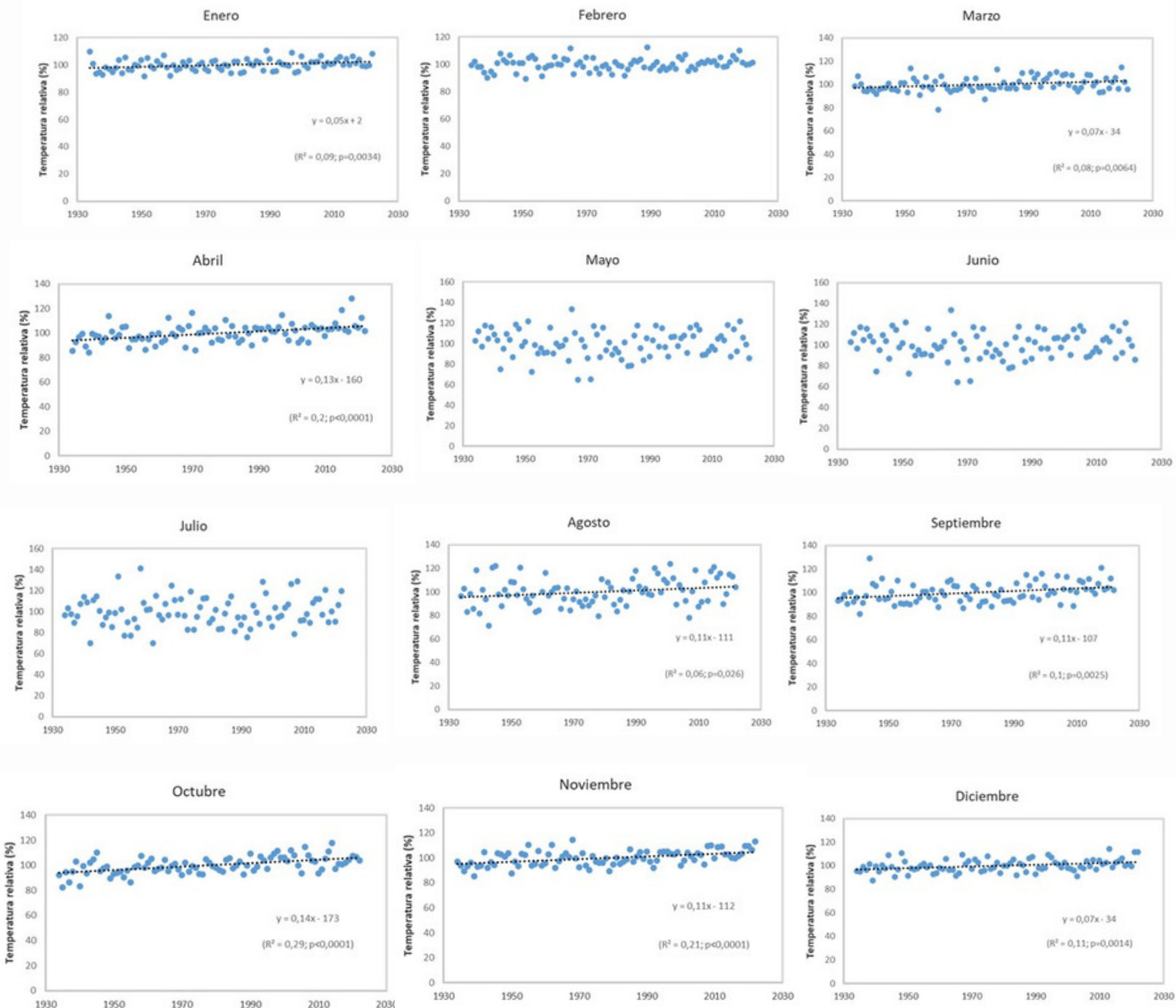


Fig. 4. Evolución de la temperatura media mensual relativa al promedio de la serie histórica 1934-2022 de la EEA Paraná del INTA. Fuente: Observatorio Agrometeorológico EEA Paraná. Sólo se muestran las regresiones significativas ($\alpha=0,05$).

Tal como se pudo constatar en los experimentos de 2014 y 2018 comparando cultivos invernales, una menor duración del ciclo de un cultivo producto del aumento de las temperaturas se relaciona generalmente con una menor captación de radiación y una reducción del crecimiento acumulado, mientras que el estrés térmico, además de afectar al crecimiento puede reducir la partición de asimilados a los granos y, en consecuencia, producir menores rendimientos. Temperaturas a partir de 27-30 °C han sido reportadas como potencialmente generadoras de estrés para trigo (Stone y Nicolas, 1994), colza (Morrison y Stewart, 2002), arveja (Bueckert et al., 2015) y cebada (Savin y Nicolas, 1996) afectando el rendimiento y la calidad.

Según Minchiotti et al. (2010), al analizar la serie climática 1934-2008 del Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná, periodos de cuatro días con al menos tres temperaturas máximas superiores a los 28 °C ocurren uno cada cuatro años en septiembre y uno cada dos años en octubre. El mayor calentamiento relativo del mes de octubre pareciera ser potencialmente más perjudicial para el cultivo de trigo que para colza o arveja, ya que éstas últimas presentan una madurez anticipada. Sin embargo, Minchiotti et al. (2010) encontraron una mayor susceptibilidad de colza con respecto a trigo y cebada frente a eventos de estrés térmico producidos artificialmente en nuestra región.

Consideraciones finales

A partir de la información analizada surge con claridad la importancia de las variables climáticas y los estreses asociados, en los rendimientos relativos de distintos cultivos invernales. Esto, sumado al incremento de las temperaturas durante el periodo reproductivo, genera inquietud acerca de la amenaza que puede representar el cambio climático para los rendimientos de los cultivos invernales y su variabilidad entre años. Además, refuerza la importancia de continuar este tipo de análisis mediante modelos de simulación de cultivos, tanto utilizando los datos históricos de clima como para escenarios hipotéticos que contemplen distintas magnitudes y momentos en el cambio de las temperaturas. Esto permitirá optimizar el ajuste de la combinación de ciclos y fechas de siembra. También, resulta evidente la importancia de continuar con la búsqueda tanto de genotipos adaptados a las mayores temperaturas, como de nuevas fuentes de tolerancia al estrés térmico en las principales especies.

Referencias

BOLSACER. 2018. Informe producción de trigo en Entre Ríos - campaña 2018/19.
<http://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?id=1066>

BUECKERT R.A., S. WAGENHOFFER HNATOWICH G. and T.D. WARKENTIN 2015. Effect of heat and precipitation on pea yield and reproductive performance in the field. *Can. J. Plant Sci.* 95:629-639.

LANCASHIRE P.D., BLEIHOLDER H., BOOM T.V.D., LANGELÜDDEKE P., STAUSS R., WEBER E. and A. WITZENBERGER 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119:561-601.

MINCHIOTTI D.R., COLL L. y O.P. CAVIGLIA 2010. Estrés por altas temperaturas en trigo, cebada y colza. Resúmenes XVIII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. La Plata 26 al 29 de septiembre de 2010. p. 255.
MORRISON M.J. and D.W. STEWART 2002. Heat Stress during Flowering in Summer Brassica. *Crop Sci.* 42:797-803.

RONDANINI D.P., GOMEZ N.V., AGOSTI M.B. and D.J. MIRALLES 2012. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades. *European journal of agronomy*, 37(1), 56-65.

SALUSO J.H. 2007. Comportamiento térmico, pluviométrico y energía erosiva de las lluvias en la EEA Paraná INTA (1934-2004). En *Agricultura Sustentable en Entre Ríos*. INTA. pp 59-65. ISBN 978-987-521-253-4.

SAVIN R. and ME NICOLAS 1996. Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology* 23, 201-210.

SERRI D.L., MEIRELES J., CONFORTO C., PÉREZ BRANDAN C., PASTOR S., GRÜMBERG B., LUNA C., LORENZON C., ARCE J., MARELLI H. and S. VARGAS GIL 2018. Incorporación de trigo en la rotación agrícola: Una herramienta para potenciar el funcionamiento del agroecosistema. *Ciencia del suelo*, 36(1), 74-87.

SLAFER G.A., MIRALLES D.J., SAVIN R., WHITECHURCH E.M. and F.G. GONZÁLEZ 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía Buenos Aires (ed), Argentina, 118-129.

STONE PJ and M.E. NICOLAS 1994. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post anthesis heat stress. *Australian Journal of Plant Physiology* 21, 887-900.

ZADOKS J.C., CHANG T.T. and C.F. KONZAK 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6), 415-4

Para más información:
coll.leonardo@inta.gob.ar

FECHA DE ESPIGAZÓN, TEMPERATURA Y COCIENTE FOTOTÉRMICO EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DE TRIGO



Coll L. (1), Gieco L. (2)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
 Estación Experimental Agropecuaria Paraná
 1Departamento Producción
 2Departamento Mejoramiento Vegetal

En Entre Ríos el rendimiento de trigo es inestable y esto amerita estudiar el acople de los procesos que generan el rendimiento con variables relacionadas con la oferta ambiental.

En este trabajo se analizan los efectos de la fecha de espigazón, la temperatura y el cociente fototérmico durante el periodo crítico en los rendimientos de trigo alcanzados en los últimos diez años.

En Entre Ríos el cultivo de trigo presenta una elevada variabilidad de los rendimientos promedios entre ciclos agrícolas (CV: 26 %, rendimiento promedio en Entre Ríos período 2000-2022, BOLSACER-SIBER, 2022), producto de diferencias en la oferta ambiental y la ocurrencia de enfermedades (Figura 1). Predecir la ocurrencia de epifitias o eventos extremos no es para nada simple, pero se puede planificar el cultivo de forma tal que pueda lograr el máximo aprovechamiento del ambiente.

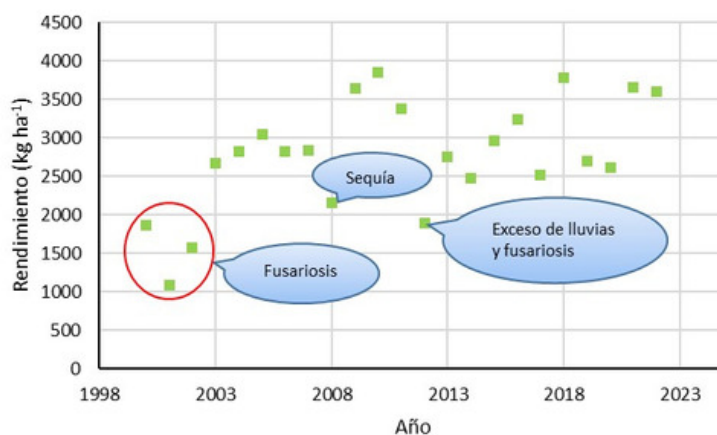


Figura 1. Rendimiento promedio de trigo en Entre Ríos durante el periodo 2000-2022, desarrollado a partir de datos de BOLSACER-SIBER (2022).

Los cultivos tienen un periodo crítico en el cual se deberían explorar las mejores condiciones ambientales para maximizar los rendimientos. En el trigo, ese periodo transcurre desde 20 días prefloración hasta 10 días postfloración (Fischer, 1985).

Un manejo que contemple una adecuada implantación, buena nutrición y el control de malezas, plagas y enfermedades permitirá que el cultivo llegue en buenas condiciones al periodo crítico.

La tasa de crecimiento durante este periodo es proporcional a la radiación, afectando el número de granos fijados, mientras que el incremento de la temperatura afecta el desarrollo del cultivo, reduciendo la duración del periodo crítico y el número de granos. Fischer (1985) propuso al cociente fototérmico (Q) como resumen del efecto de estas variables ambientales y ha sido un índice utilizado para caracterizar distintos ambientes de producción.

A nivel local, Milisich et al. (2004) sugirieron, para maximizar los rendimientos, anticipar las fechas de floración para que el período crítico ocurra con temperaturas mínimas bajas, ya que las temperaturas mínimas estuvieron correlacionadas negativamente con el Q. Además, en Australia, Flohr et al. (2017) han estudiado ventanas temporales óptimas para ubicar la floración del trigo en función del riesgo de heladas y la probabilidad de estreses hídricos o por calor.

El objetivo de este trabajo fue analizar la relación entre el rendimiento de trigo, la ubicación temporal de su periodo crítico y la variación de la temperatura y el cociente fototérmico en los últimos 10 ciclos agrícolas evaluados en la EEA Paraná del INTA.

¿Cómo se realizó el trabajo?

Se incluyeron en el análisis los datos obtenidos en los ensayos de la Red de Ensayos Territoriales (RET) de trigo con aplicación de fungicidas, entre 2012 y 2022, con la excepción de los datos de 2016, año en que no se condujeron ensayos con fungicidas. Se contó con datos de rendimiento de los cultivares de al menos dos ensayos de cada ciclo agrícola considerado (1ra y 3ra fecha de siembra, cultivares de ciclo largo e intermedio/corto, respectivamente).

De cada ensayo se consideró la fecha de plena espigazón (50 % de las espigas emergidas) y el rendimiento alcanzado por los cultivares.

Se analizaron inicialmente todos los cultivares implantados en los ensayos, y posteriormente se seleccionaron los 6 de mayor y menor rendimiento de cada ensayo para establecer la relación entre variables. Algunos cultivares fueron cambiando entre años.

Del Observatorio Agrometeorológico se consideraron: el registro de temperaturas medias durante el período crítico de cada cultivar y la radiación media diaria. Se estimó el cociente fototérmico durante el período crítico $Q = R / T$, donde: R: radiación solar media diaria ($MJ m^{-2} día^{-1}$) y T: temperatura media del período menos $4,5 °C$ (temperatura base aceptada para esta etapa del desarrollo) (Fischer, 1985).

Se realizó una valoración de los ciclos agrícolas (años) en función del rendimiento promedio obtenido y los principales factores limitantes que habrían afectado la expresión del potencial de rendimiento. Se establecieron las relaciones entre las variables consideradas mediante análisis estadísticos de regresiones y correlaciones.

El rendimiento y la ubicación temporal del período crítico

Al analizar los rendimientos de trigo de los últimos 10 años no surge claramente una tendencia que explique la variación del rendimiento en función de la fecha de espigazón (Figura 2). No obstante, cuando se analiza separadamente cada año se pueden ver tendencias y niveles de rendimiento disímiles entre años.

Factores como excesos o déficits de lluvias, estreses por calor o epifitias como fusariosis de la espiga o de roya del tallo (escasamente controladas por los fungicidas aplicados) determinaron que algunos años sean de menores rendimientos y que la relación entre el rendimiento y la fecha de espigazón sea diferente a la de aquellos años en los que se alcanzaron mayores rendimientos (Figura 3).

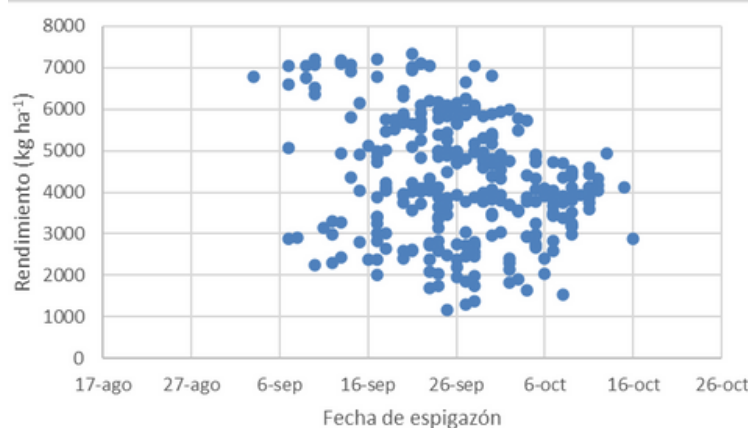


Figura 2. Rendimiento de trigo en función de la fecha de espigazón en los últimos diez ciclos agrícolas evaluados en la EEA Paraná del INTA.

Los ciclos agrícolas 2012, 2013, 2014 y 2017 pueden considerarse “años de bajos rendimientos (<4000 kg ha⁻¹; Figura 3b)” y 2015, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 como “años de altos rendimientos (>4000 kg ha⁻¹; Figura 3a). En los años de altos rendimientos, tanto los mejores cultivares como los peores parecen reducir su rendimiento con el retraso de la fecha de espigazón mientras que en los años malos esa tendencia varía y parecen ser otros factores los que regulan el rendimiento en vez del momento de ocurrencia del periodo crítico.

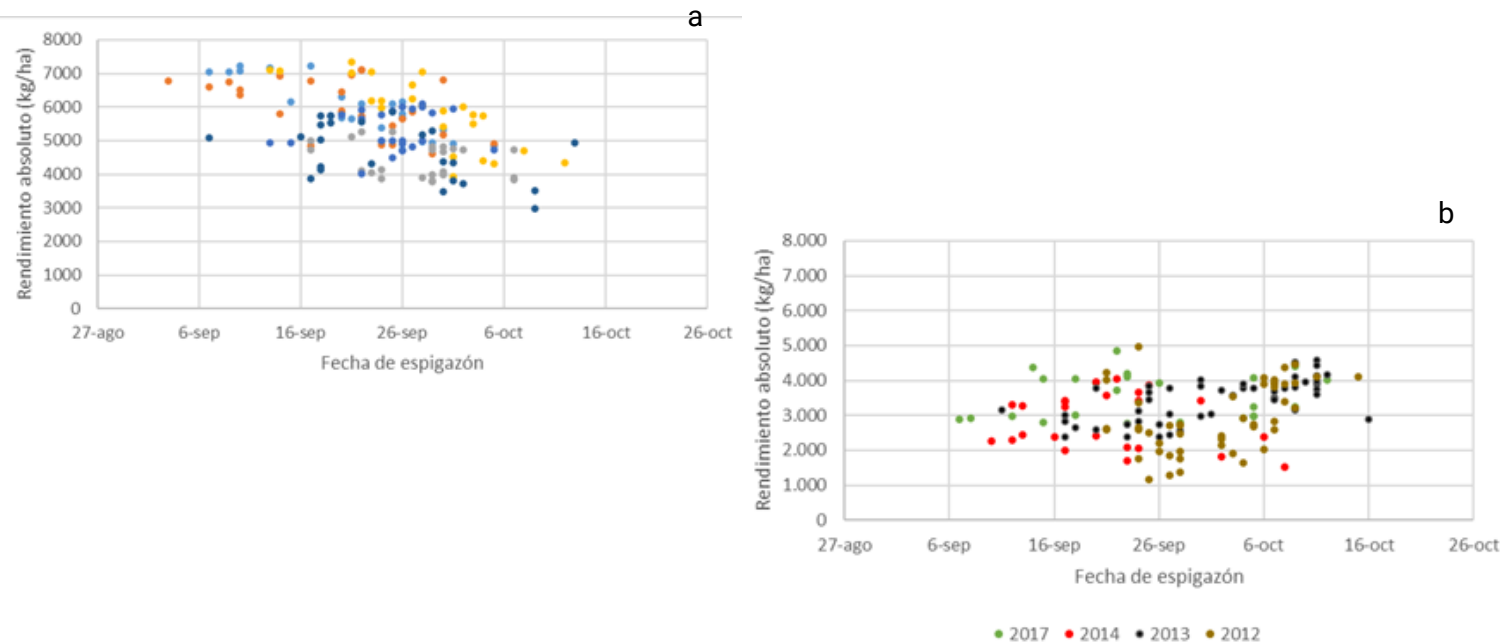


Figura 3. Rendimiento de trigo en función de la fecha de espigazón en años de altos rendimientos (a) y de bajos rendimientos (b) en la EEA Paraná del INTA.

En aquellos años en los que la recarga otoñal de humedad del perfil de suelo fue adecuada y las enfermedades como la fusariosis de la espiga no constituyeron factores determinantes del rendimiento fue posible encontrar una relación que explicó la variación del rendimiento de trigo en función de la fecha de espigazón. En la Figura 4 se puede ver un modelo en el cual un retraso de la fecha de espigazón produce una reducción del rendimiento relativo de trigo de 0,6 % por cada día de atraso hasta el 30 de septiembre, mientras que a partir de esa fecha cambia la tasa de reducción del rendimiento a 1,8 % por día ($p < 0,01$). Esta relación no contempla floraciones demasiado prematuras, producto de una incorrecta combinación de la fecha de siembra y el ciclo del cultivar, que expongan al cultivo a heladas que podrían afectar el rendimiento.

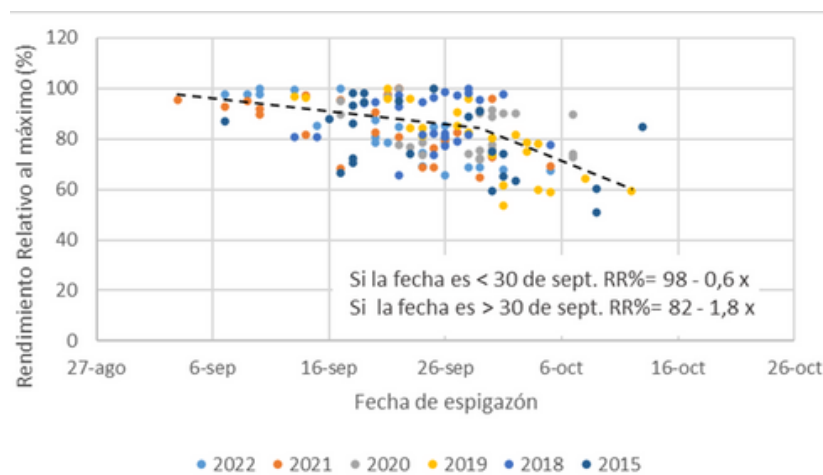


Figura 4. Rendimiento de trigo relativo al máximo en función de la fecha de espigazón en los ciclos agrícolas 2015, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 en la EEA Paraná del INTA.

La fecha de espigazón y la evolución de la temperatura y la radiación

Al analizar la relación entre la temperatura media y el cociente fototérmico durante el periodo crítico y el rendimiento (Figura 5) se encontró que sólo en “años de altos rendimientos” hubo correlación estadísticamente significativa ($r = -0,32$ y $r = 0,2$, respectivamente). En los “años de bajos rendimientos” no hubo correlación con estas variables probablemente porque las limitantes sanitarias o las provocadas por el estrés hídrico fueron determinantes del rendimiento alcanzado.

Además, en los “años de altos rendimientos” el atraso en la fecha de espigazón no sólo redujo el rendimiento del cultivo, sino que también estuvo correlacionado con el aumento de la temperatura media durante el periodo crítico ($r = 0,61$; $p < 0,0001$). Probablemente aquellos cultivares que espigaron más tarde vieron reducida la duración de su periodo crítico y en consecuencia su crecimiento, debido a las mayores temperaturas durante esa etapa. En cambio, la reducción del Q con el retraso de la fecha de espigazón no alcanzó significancia estadística.

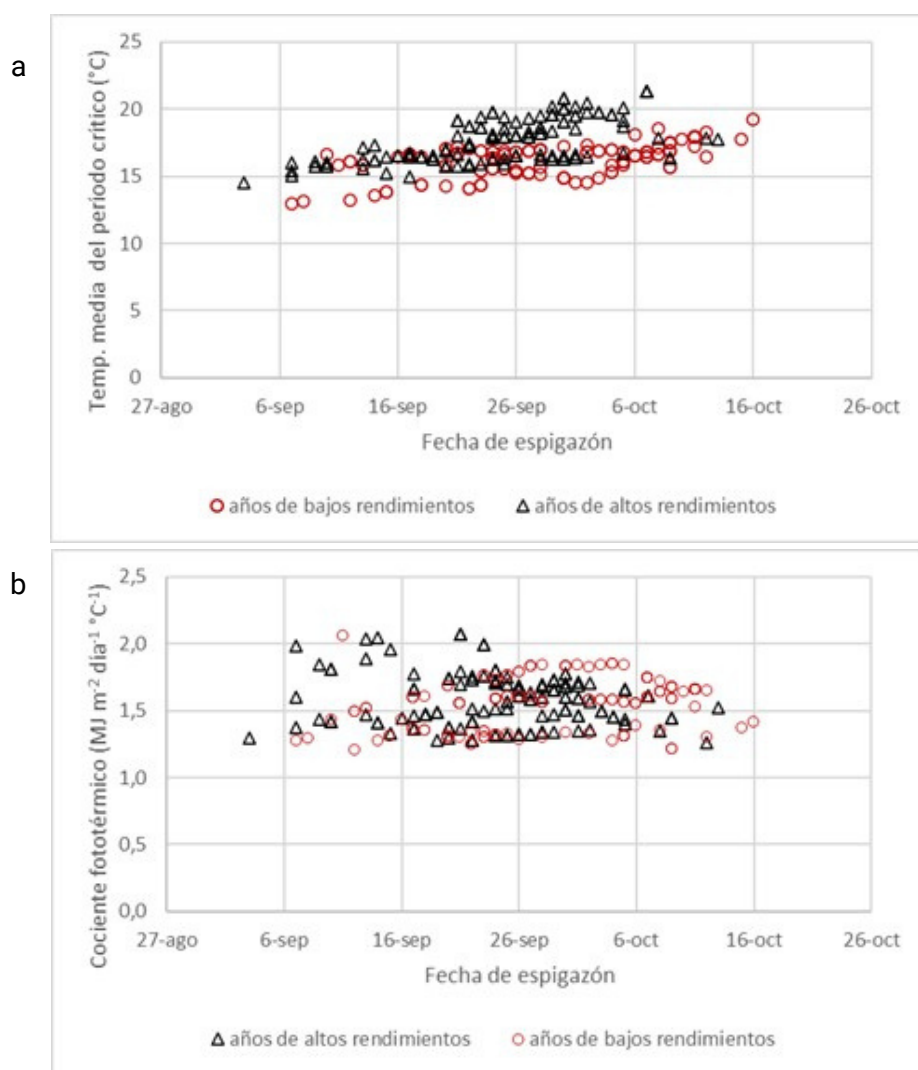


Figura 4. Temperatura media (a) y cociente fototérmico (b) durante el periodo crítico de trigo (20 días preespigazón hasta 10 días postespigazón) en la EEA Paraná del INTA (2012 hasta 2022). Años de altos rendimientos: rendimientos por encima de 4000 kg ha⁻¹; años de bajos rendimientos: rendimientos por debajo de 4000 kg ha⁻¹

Cabe destacar que este análisis sólo contempla el período crítico para la definición del número de granos, principal componente del rendimiento de trigo, sin considerar que ocurrió con la temperatura y la radiación durante el llenado de los granos. Además, sería interesante complementar este tipo de análisis con otros que, mediante el uso de modelos de simulación de cultivos, permitan explorar una serie de años más larga.

Comentarios finales

En los ciclos agrícolas con mejor ambiente para la expresión del rendimiento potencial, éste se reduciría en función del atraso en la fecha de espigazón, resultando este efecto más marcado a partir de plena espigazón en octubre. En los peores ambientes (por estreses bióticos y abióticos) no se estableció esta relación, siendo probablemente otros factores los determinantes del rendimiento.

Referencias

BOLSACER-SIBER 2022. Informe producción de trigo - campaña 2020/21.

<https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?id=1345>

FLOHR B.M., HUNT J.R., KIRKEGAARD J.A. and J.R. EVANS 2017. Water and temperature stress define the optimal flowering period for wheat in south-eastern Australia. *Field Crops Research*, 209, 108-119.

FISCHER R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *The Journal of Agricultural Science*, 105(2), 447-461.

MILISICH H., CAVIGLIA O.P. y J.H. SALUSO 2004. Evaluación de las relaciones entre el rendimiento de trigo y variables sanitarias y ambientales. VI Congreso Nacional de Trigo. Actas de congreso 1. p. 71-72.

Para más información:
coll.leonardo@inta.gob.ar

INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA Y DEL ALIMENTO EN EL DESARROLLO DE LA “ORUGA MEDIDORA” *RACHIPLUSIA NU*



Saluso A. (1), Trumper E.V. (2), Pereyra P. (3) y Cuatrin A.(1)

1INTA, Estación Experimental Agropecuaria Paraná.

2INTA, Estación Experimental Agropecuaria Manfredi

3CONICET, Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores

Rachiplusia nu, conocida comúnmente como “oruga medidora”, es una de las dos polillas plaga más importante del cultivo de soja, aunque también puede causar daño en lino, girasol y forrajeras perennes, principalmente alfalfa. Esta especie es originaria del continente americano y se distribuye desde Canadá hasta Temuco (Chile) en América del Sur (Angulo and Weigert, 1974).

La hembra, de hábito nocturno, prefiere colocar los huevos en el envés de las hojas de los estratos medio y superior de la planta, en forma aislada (Figura 1A). Las orugas transitan por 4 a 6 estadios larvales. Éstas presentan el cuerpo más grueso en la región caudal que en la cefálica y tienen tres pares de patas falsas o espuripedios desarrollados, ubicados en el 5º, 6º y 10º segmento abdominal (Figura 1B). Su característica principal se asocia a la forma en que camina, ya que arquea el cuerpo al juntar a cada paso los tres pares de patas torácicas con los tres pares abdominales y avanzar como si estuviera midiendo su marcha.

Luego del último estadio larval, se inicia una etapa llamada de prepupa en la que la larva deja de alimentarse y comienza a construir un capullo con hilos sedosos entrelazados en las hojas de la planta hospedante. La pupa presenta tegumento liso, de coloración castaña (Figura 1C y D).

Los adultos se identifican por la presencia de una mancha plateada en forma de "γ" (letra griega gamma) en el centro del par de alas anteriores, cuando las mismas se encuentran en posición de reposo (Figura 1E).

En el segundo par la coloración es predominantemente anaranjada con márgenes posteriores oscuros.

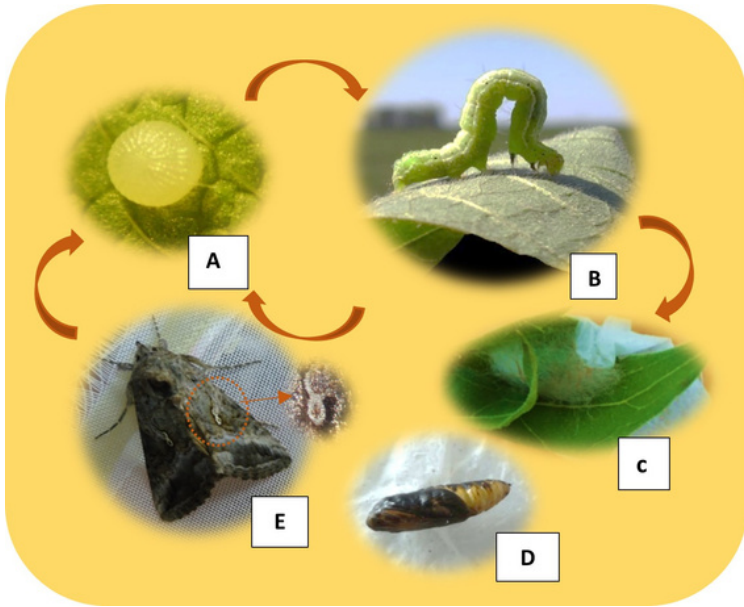


Figura 1. Huevo (A), larva (B), prepupa (C), pupa (D) y adulto (E) de *Rachiplusia nu*

Daños e impacto económico en cultivos de soja y girasol

Las larvas recién nacidas de *R. nu*, se alimentan sólo de la epidermis y parénquima del lado de la hoja en que se encuentran, dejando restos de la lámina foliar con un típico aspecto "enrejado".

Las orugas del último estadio (5to o 6to) son las responsables de causar los mayores daños en el cultivo de soja, ya que consumen de 80 a 85 % de lo ingerido en el total de su desarrollo (Aragón et al., 1997). En condiciones de laboratorio (23 ± 1 °C y 70 ± 10 % HR), puede ingerir desde 0,15 cm² en el primer estadio larval hasta 84,6 cm² en el quinto (Gamundi y Buhmann, 1983).

En soja, la larva prefiere ubicarse en el estrato inferior (Perotti y Gamundi, 2007) y la disposición espacial dentro del cultivo es aleatoria a muy baja densidad y agregada a densidades mayores (Luna y Greco, 1998). La tolerancia de la soja a la defoliación es mayor en los estados vegetativos que en los reproductivos. A su vez, los cultivares de ciclo corto (III, IV y V) son menos tolerantes que los de ciclo largo (VI y VII) (Gamundi y Perotti, 2007), lo que sustenta criterios de decisiones diferenciales.

En girasol, las larvas y pupas de *R. nu* se ubican preferentemente en los sectores medio e inferior de la planta (Sosa, 1990).

Una larva puede consumir a lo largo de su ciclo más de 40 cm² de área foliar, llegando a casos extremos de 80 cm², por lo que, en ataques severos, donde se superan los 50 individuos por planta, ésta pierde la totalidad del área fotosintetizante, con la consiguiente merma en su productividad (Salto, 1979).

Se determinó que el mayor impacto de la defoliación en el rendimiento del girasol tiene lugar en el período comprendido entre el botón floral (estado fenológico R1-R3) y el principio de floración (R5.1) (Iannone y Leiva, 1994).

Temperatura y alimento en el desarrollo de *R. nu*

Los insectos son organismos ectotérmicos por lo que su temperatura corporal depende directamente de la temperatura del ambiente donde viven. Este factor climático influye en su comportamiento, en su tasa de desarrollo, en su capacidad de alimentarse, en su supervivencia, en su reproducción, en su fenología y en su distribución. En el caso particular de *R. nu*, Fachinetti (2012) determinó que el número de estadios larvales mantuvo una relación inversa con la temperatura. A 25 y 30 °C se registró que la mitad de la población terminó su desarrollo larval en cuatro estadios, mientras que a 10 °C completó su desarrollo inmaduro al cabo de seis estadios larvales.

Otro de los factores que condiciona el desempeño de los insectos es la escasa cantidad (inanición temporaria) y la baja calidad del alimento (hojas maduras o dietas carentes de algún componente importante). Así, en *R. nu* las tasas de desarrollo larval, pupal y total y el peso de las pupas, fueron superiores cuando las larvas consumieron hojas de girasol con relación a las que se alimentaron de folíolos de soja (Saluso, 2019).

Por lo expuesto, se planteó como objetivo estudiar la influencia de la alimentación de larvas de *R. nu* con soja y girasol sobre la relación entre la temperatura y el desarrollo larval, pupal y total.

¿En qué consistió el trabajo?

En un lote de la EEA Paraná del INTA, se sembraron dos macroparcelas de 0,5 ha cada una, con cultivos puros de girasol y soja.

Para la realización de los experimentos se utilizaron larvas de una segunda generación de *R. nu* recién nacidas, provenientes de la cría, con dieta artificial, en condiciones controladas de temperatura (26 ± 3 °C) y fotoperíodo (14 Luz: 10 Oscuridad).

El diseño del experimento fue completamente aleatorizado, considerando como unidad experimental una unidad de alimentación, provista con foliolos de soja u hojas de girasol, según el tratamiento experimental.

Cada unidad de alimentación se dispuso dentro de recipientes plásticos (Figura 2A).

En su interior se colocó una larva neonata de *R. nu* sobre el sustrato vegetal correspondiente (Figuras 2B, C y D).

Las hojas de girasol y los foliolos de soja provinieron de plantas desarrolladas en el campo experimental de la EEA Paraná del INTA y en estado vegetativo. Dichas unidades de alimentación fueron transferidas a cámaras de cría con temperatura y fotoperíodo (14 h L: 10 h O) controlados.

Las temperaturas promedio consideradas en los respectivos ensayos fueron $19,7 \pm 2,2$; $24,2 \pm 0,4$; $28,0 \pm 0,9$; $31,8 \pm 0,6$ y $35,0 \pm 0,1$ °C. Cada uno de estos promedios se calculó a través de todo el período que duró la experiencia, desde el día en que el estado de desarrollo comenzó hasta el día en que el mismo finalizó.

La temperatura fue registrada cada 60 minutos mediante Data Logger de 2 canales (Cavadevices.com) y diariamente con termómetros analógicos de máxima y mínima.

La cantidad de repeticiones por tratamiento fue variable, de acuerdo con la disponibilidad de larvas de *R. nu* y de sustrato de alimentación (soja o girasol) ($19,7$ °C, n= 100; $24,2$ °C, n= 48; $28,0$ °C, n = 40; $31,8$ °C, n = 100; $35,0$ °C, n =75).

En cada unidad experimental se registraron las siguientes variables:

- Duración del período larval (DPL): Número de días comprendido entre el momento en que la larva emerge del huevo y el inicio del estado de prepupa, es decir, cuando la larva deja de alimentarse, se inmoviliza y comienza a tejer el capullo con hilos de seda.
- Duración del período pupal (DPP): Número de días comprendido entre el inicio del estado de prepupa y la emergencia del adulto.
- Duración total (DPT): Duración en días de los dos períodos anteriores. En este período no se incluye la duración del estado de huevo (desarrollo embrionario).

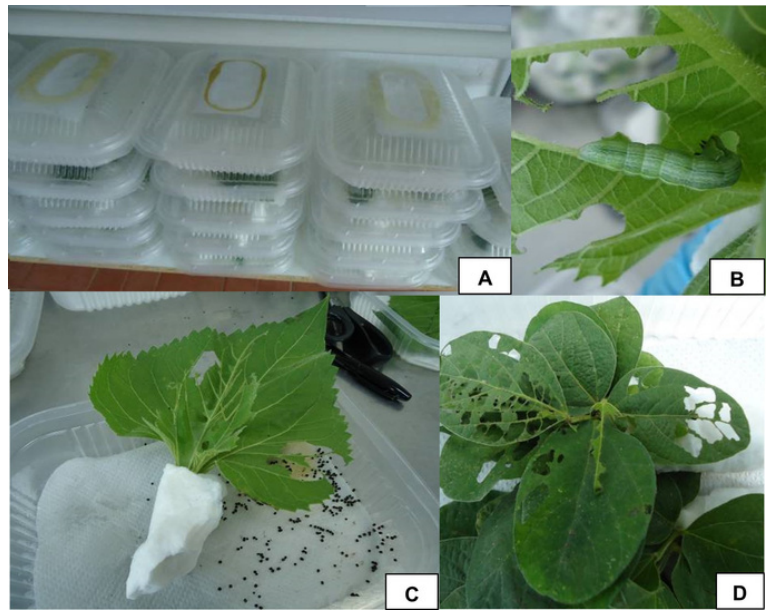


Figura 2. Recipientes plásticos utilizados en el experimento (A), larva de *R. nu* alimentándose de hojas de girasol (B), unidades de alimentación de girasol (C) y de soja (D).

¿Qué resultados se obtuvieron?

R. nu completó su desarrollo desde larva neonata a adulto en todas las temperaturas evaluadas, excepto a la temperatura promedio de 35 °C.

En el período larval y dentro del rango de temperaturas promedio evaluadas ($19,7$ - 35 °C), las larvas que consumieron girasol presentaron una mayor tasa de desarrollo en comparación con aquellas que se alimentaron de soja. A los $19,7$ °C y 28 °C, las diferencias en las tasas de desarrollo entre dietas fueron similares, mientras que a los $31,8$ °C la diferencia fue mínima, registrándose una tasa de desarrollo de $0,24$ % superior en las larvas que se alimentaron de girasol (Figura 3A).

Para la temperatura 35 °C solo se incluyó la información referida a la tasa de desarrollo de las larvas, ya que el 45 % de las que consumieron girasol y el 20 % de las que se alimentaron con soja si bien superaron esta etapa y formaron el capullo, finalmente no sobrevivieron, por lo que en los períodos pupal y total no fue posible analizar el efecto de dicha temperatura en las tasas de desarrollo.

En el período pupal, a los $19,7$ °C y $28,0$ °C las tasas de desarrollo fueron $17,05$ y $18,53$ % superiores, respectivamente, en aquellos especímenes cuyas larvas se alimentaron de hojas de girasol, mientras que, a las dos temperaturas restantes, las diferencias fueron menos acentuadas (Figura 3B). Al analizar las tasas de desarrollo en el período total, las mismas presentaron un patrón similar al descrito para el período larval (Figura 3C).

La mayor o menor duración de los estados de desarrollo de R. nu como respuesta a los cambios de temperatura, en función del tipo de alimento consumido, refleja la importancia de estos factores en su desempeño.

En base a la 3ra Comunicación Nacional de Cambio Climático (CIMA, 2015), en la mayor parte de Argentina hubo un aumento de temperatura de hasta medio grado entre 1960 y 2010, situación similar a lo acontecido a nivel global donde el incremento de la temperatura media es de 0,6°C en los últimos 100 años (IPCC, 2013).

Cualquier cambio climático que se produzca no resulta neutral para la vida de los insectos.

Un fuerte impacto negativo puede ocurrir cuando se produce una desincronización entre el ciclo de vida del insecto y la fenología de la planta hospedante.

Otro impacto se relaciona con el mayor daño potencial que los insectos plaga podrían causar a los cultivos agrícolas, a través de un incremento en el número de generaciones dentro del mismo ciclo del cultivo.

Una mayor tasa de desarrollo implica una disminución en la exposición de las plagas a sus enemigos naturales (parasitoides y predadores).

De acuerdo con 10 años de registro de captura de adultos de R. nu en la trampa de luz ubicada en la EEA Paraná del INTA, los mayores niveles de abundancia ocurren en el 50 % de los casos en el mes de febrero.

Si se analizan los datos de temperatura máxima media para dicho mes, registrados en el observatorio agrometeorológico del INTA EEA Paraná, desde 2000 a 2023, se observa un incremento estadísticamente significativo del orden de 0,07 °C por año ($p = 0,03$) (Figura 4).

Por lo expuesto, cabe esperar que ocurran alteraciones en la fenología de R. nu, principalmente como consecuencia de dicho aumento térmico, lo que afectaría la interacción insecto plaga- cultivo hospedante.

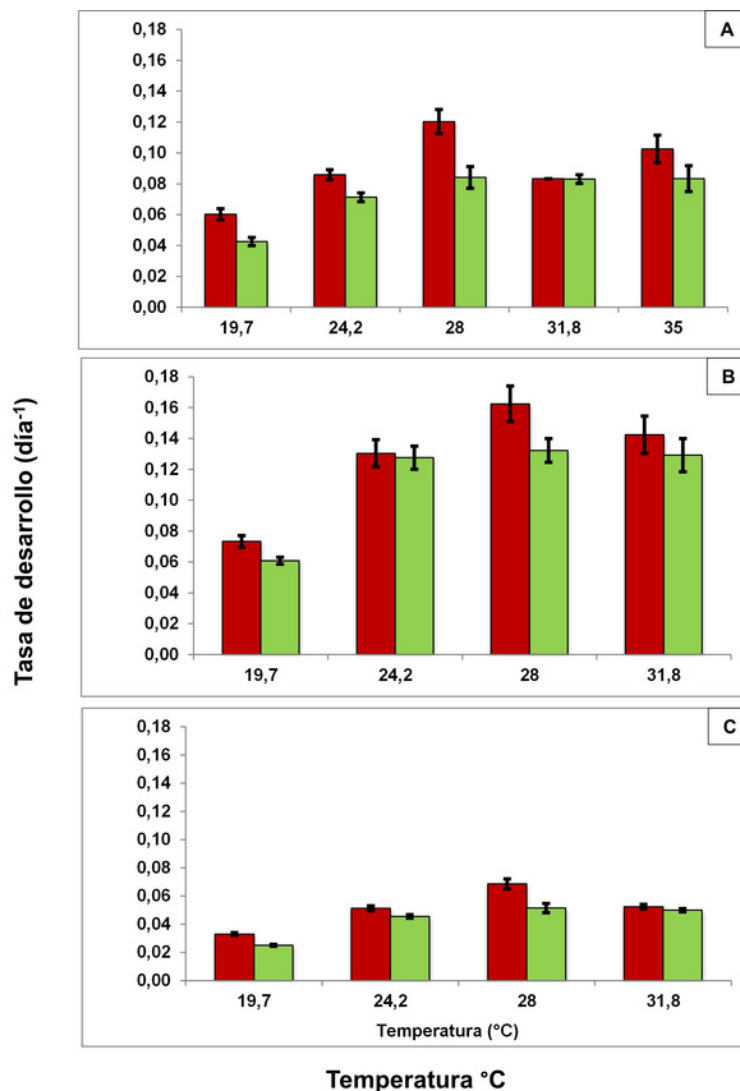


Figura 3. Tasas de desarrollo termodependiente (día⁻¹) (± E.E.) para cada alimento y período de desarrollo: larval (A); pupal (B) y total (C), consideran el rango de temperaturas promedio. Barras rojas: tasas de desarrollo de larvas alimentadas con hojas de girasol. Barras verdes: tasas de desarrollo de larvas alimentadas con folíolos de soja.

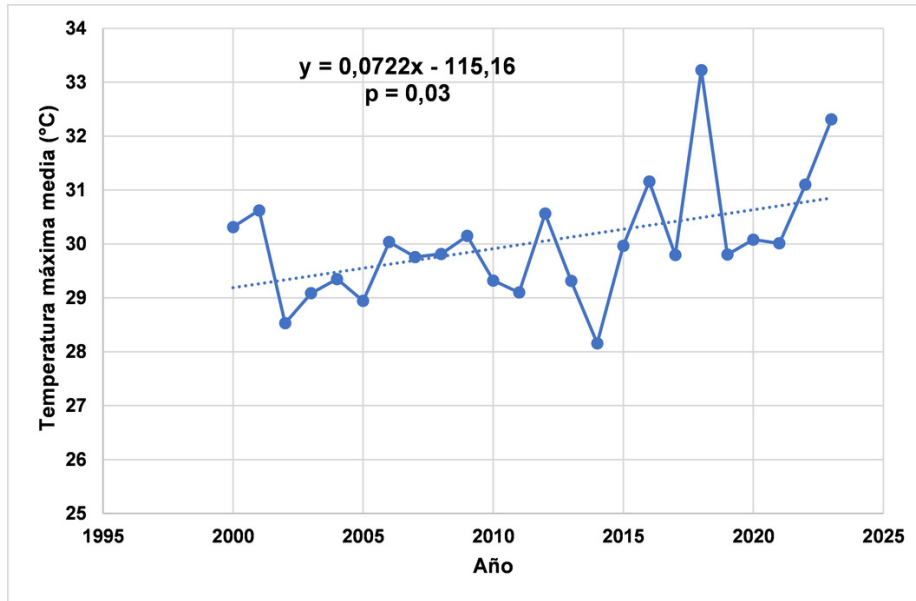


Figura 4. Evolución de las temperaturas máximas medias (°C) del mes de febrero para el período 2000-2023 de la EEA Paraná del INTA. Fuente: Observatorio Agrometeorológico EEA Paraná.

En síntesis...

La temperatura y el alimento condicionan las tasas de desarrollo de R. nu en los períodos larval, pupal y total. Por lo tanto, estos dos factores deben tenerse en cuenta para la toma de decisiones en el manejo de este insecto plaga, en los cultivos de girasol y soja. Desde el punto de vista práctico, se traduce en un incremento en la frecuencia de los monitoreos, mediante paño vertical, principalmente si los pronósticos advierten ascensos térmicos, a fin de evitar densidades poblacionales de la plaga, que comprometan el rendimiento de los cultivos.

Para seguir leyendo

ANGULO A.O. y G.TH. WEIGERT 1974. Estados inmaduros de lepidópteros noctuidos de importancia económica en Chile y claves para su determinación (Lepidoptera: Noctuidae). Sociedad de Biología de Concepción. Chile. 153 pp.

ARAGÓN, J.R, MOLINARI, A. y S. LORENZATTI 1997. Manejo integrado de plagas. El cultivo de la soja en Argentina. (ed. Giorda, L.M., & Baigorri, H.E.), INTA. Centro Regional Córdoba EEA Marcos Juárez - EEA Manfredi. pp. 248-288.

CIMA. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera 2015. 3ra Comunicación Nacional de Cambio Climático. Disponible en: <http://3cn.cima.fcen.uba.ar/> [Verificación: noviembre 2016].

FACHINETTI R. 2012. Dinámica poblacional de la oruga medidora *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesina de Grado. Carrera de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. 49 pp.

GAMUNDI J.C. y M.E. BUHMANN 1983. Algunos aspectos biológicos y consumo foliar en soja de la "oruga medidora" *Rachiplusia nu* Guenée en condiciones de laboratorio. En: V Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Rosario, Argentina. p. 108.

GAMUNDI J.C. y E. PEROTTI 2007. Manejo integrado de orugas defoliadoras y chinches. Umbrales de daño. Para Mejorar la Producción en Sistemas Sustentables. EEA Oliveros, 5-7.

IANNONE N. y P.D. LEIVA 1994. Manejo de plagas animales del girasol en la región pampeana argentina. INTA EEA Pergamino, 93 pp.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. (ed. Stocker, T.F. et al.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1535 pp.

LUNA M.G. y N.M. GRECO 1998. Disposición espacial de las larvas de *Rachiplusia nu* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de soja. *Ecología Austral*, 8, 41-47.

PEROTTI E. y J.C. GAMUNDI 2007. Evaluación del daño provocado por lepidópteros defoliadores en cultivos de soja determinados e indeterminados (GM III, IV, V) con diferentes espaciamientos entre líneas de siembra. INTA EEA Oliveros. Soja. Para mejorar la producción, 36, 119-125.

SALUSO A. 2019. Preferencias de oviposición y alimentación, parámetros poblacionales y dinámica temporal de *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae), en girasol y soja bajo distintos escenarios ecofisiológicos. Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. 222 pp.

SALTO C.E. 1979. Isoca medidora del girasol (*Rachiplusia nu* Guenée), biología e ingesta diaria en condiciones naturales. Reunión anual de actualización técnica en producción de girasol. Sección 8 (Enfermedades y Plagas) INTA EEA Balcarce. s/p.

SOSA M.A. 1990. Manejo integrado de plagas de girasol. INTA- EEA Reconquista. Información para extensión, 39, 1-7.

Para más información:
saluso.adriana@inta.gob.ar

EFECTO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ TEMPRANO EN EL CENTRO OESTE DE ENTRE RÍOS Y POTENCIAL USO PREDICTIVO DE LA SEÑAL ENOS



Pautasso J.M (1,2), Barbagelata P.A.(1,2), Giacinti S. (3)

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
EEA Paraná - Agencia de Extensión Rural Diamante

2 Universidad Nacional de Entre Ríos – Facultad de Ciencias Agropecuarias

3 Asesor privado

El maíz es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, ya sea como alimento humano y animal o como fuente de productos industriales (Hossain et al.; 2023). Argentina ha experimentado un crecimiento en superficie (MAGyP; 2023), sustentado por la generación, transferencia y adopción de tecnologías adecuadas a la diversidad de nuestros sistemas productivos (García Bernado, 2020).

El rendimiento de los cultivos presenta una importante variabilidad interanual. Para explicar esta variación en rendimiento, Rabbinge (1993) diferencia entre rendimiento potencial, alcanzable y real; donde el rendimiento potencial de una campaña en particular está determinado por factores definitorios (radiación, temperatura, genética), el rendimiento alcanzable es el que puede obtenerse en condiciones de cantidades sub óptimas de factores limitantes (agua y nutrientes) y el rendimiento real es aquel que se obtiene actualmente y está determinado por factores reductores (plagas, enfermedades y malezas). En los tres niveles de rendimiento definidos por el autor se verifica esta variación interanual.

Ray et al. (2015) estudiaron a escala global la variabilidad climática y su efecto en los rendimientos, informando que para Argentina alrededor del 40 % de la variabilidad total del rendimiento de maíz de una campaña a otra se explica por la variabilidad climática interanual. Por otro lado, la brecha que corresponde a limitaciones por nutrientes en Argentina se estima que es del 69 % en maíz (Global Yield Gap and Water Productivity Atlas, 2023).

El impacto de ENOS en la anomalía de rendimiento de los cultivos se puede analizar utilizando diferentes indicadores, como El Índice Niño Oceánico (ONI en inglés) que es una medida de la condición de ENOS y sus fases y consiste en el promedio móvil de tres meses de las anomalías de la temperatura superficial del mar estimadas a partir del producto ERSST.v5 SST en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W), basado en periodos base de 30 años y que se actualizan cada 5 años (Huang et al., 2017).

El ONI se ha convertido en el estándar de facto que utiliza la NOAA (2023) para clasificar los eventos de ENOS. Adicionalmente existen modelos dinámicos con pronósticos a mediano plazo de la condición ENOS con potencialidad de uso para la planificación agrícola (IRI, 2023).

En Argentina una de las variables meteorológicas más estudiadas por el fenómeno ENOS son las lluvias, con un impacto generalizado de El Niño en las lluvias de finales de primavera y principios de verano, hacia lluvias superiores a las normales (De la Casa et al., 2019; ORA, 2011). Esto determinaría mejores condiciones para los cultivos de verano con mayor demanda hídrica, como el maíz de siembra temprana (septiembre).

Este paradigma es más evidente cuando se verifican fases extremas (Otegui et al., 2021) donde el rendimiento aumenta durante la fase húmeda de El Niño y disminuye durante la fase seca de La Niña.

En algunas regiones de la Pampa Húmeda se han publicado modelos sencillos que utilizan la capacidad predictiva de ENOS para estimar el rendimiento de los cultivos de verano y minimizar el riesgo en la toma de decisiones (Melchiori et al., 2022; De la Casa and Díaz, 2021; Bert et al., 2006; Ferreyra et al., 2001).

Los objetivos de este trabajo son: I) relacionar el rendimiento de maíz temprano (siembra de septiembre) en el centro oeste de Entre Ríos con variables meteorológicas y eventos ENOS; II) jerarquizarlas según su impacto en el rendimiento; III) relacionar rendimiento del cultivo de maíz temprano con el índice ONI de ENOS, explorando su potencial uso predictivo.

¿En qué consistió el trabajo?

Los datos de rendimiento de maíz temprano para cada ciclo agrícola (del 2000 al 2022) se obtuvieron de dos fuentes, a) los rendimientos promedio de la base de datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos (BOLSACER, 2023), ponderando por superficie para la región centro oeste de Entre Ríos los rendimientos alcanzados para los departamentos Paraná, Nogoyá, Diamante y Victoria; b) los rendimientos de maíz sin deficiencia de nutrientes, de información publicada de ensayos de larga duración (Melchiori et al., 2022) y no publicada de ensayos de INTA de la zona; en cada ciclo agrícola con más de un ensayo se promediaron los rendimientos máximos.

Para todas las campañas se definió que el período crítico (PC) del cultivo de maíz transcurre durante el mes de diciembre y la estación de crecimiento (EC) desde la siembra a madurez fisiológica (R6), tomando los meses completos de septiembre a febrero, en base a información publicada por Maltese et al. (2019) para híbridos de maíz de ciclos intermedios y fechas de siembra temprana.

Los datos de temperatura, radiación y lluvias se obtuvieron de la estación meteorológica del INTA EEA Paraná; para lluvias también se usó la información suministrada por la red de centrales meteorológicas de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos, con 5 centrales en Paraná, 4 en Diamante, 4 en Nogoyá y 3 en Victoria.

Se tomó la evapotranspiración de referencia (ET₀) que informa a diario el Observatorio agrometeorológico del INTA EEA Paraná; la estimación de la evapotranspiración máxima (ETM) se realizó a partir de la metodología de cálculo con un coeficiente único del cultivo propuesto por FAO 56 (Allen et al., 2006) y la evapotranspiración en condiciones no estándar o ET real (ETR) se calculó según la metodología propuesta por Della Maggiora et al. (2002).

Tanto para el PC como para la EC el rendimiento de maíz de cada campaña se relacionó con las variables climáticas medidas o estimadas: lluvias, ET₀, ETR y radiación, expresadas de manera acumulada; las variables relacionadas a temperatura como promedio diario y el índice ONI como promedio mensual.

Se utilizaron los datos históricos de eventos ENOS y del indicador ONI del servicio del NOAA (2023). Para definir qué evento se presentó en el ciclo agrícola se tomó la información del "Golden Gate Weather Service" (<https://ggweather.com/enso/oni.htm>), éste sitio además clasifica el evento en diferentes grados o intensidad de ocurrencia (débil, moderado y fuerte).

Para describir y analizar las observaciones multidimensionales medidas o estimadas para cada campaña de maíz y facilitar la interpretación de las interdependencias e interrelaciones se realizaron análisis multivariados. Se utilizaron dos análisis: a) componentes principales (ACP), indicando como variables respuesta las variables de clima y de cultivo y de clasificación a cada campaña; b) de conglomerados, utilizando también como criterio de clasificación cada campaña.

El conjunto de datos se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los eventos ENOS sobre el rendimiento de maíz, tanto para los valores promedios como sin limitación por nutrientes. Cuando se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias en el ANOVA, se compararon las mismas con el Test de Tukey al 5 %.

Se modelizaron los balances de agua en el suelo tanto para las campañas con evento El Niño, Neutro y La Niña. Se realizaron según la metodología propuesta por Della Maggiora et al. (2002). Los datos de las constantes hídricas corresponden a un suelo Argiudol vértico (característico de la región bajo estudio) tomando el trabajo de Wilson et al. (2010). Para todas las campañas se fijó que el contenido de agua al inicio del cultivo era del 80 % de la lámina total.

Para las variables lluvias y radiación se realizaron regresiones para evaluar la relación entre estas variables climáticas durante EC y PC con rendimiento de maíz. También se analizó el grado de asociación entre el índice ONI con rendimiento y su potencial uso como predictor del mismo.

¿Qué resultados se obtuvieron?

En los 23 últimos ciclos agrícolas analizados para el Centro Oeste de Entre Ríos, el rendimiento promedio de maíz con limitación por nutrientes alcanzado fue de 6005 kg ha⁻¹ en promedio y el rendimiento promedio sin limitación por nutrientes fue de 8352 kg ha⁻¹, por lo que se identificó una diferencia por nutrientes de alrededor del 40 %. Durante este período se registraron 7 ciclos agrícolas El Niño, 5 Neutros y 11 La Niña.

El análisis multivariado de las variables de clima y cultivo separó claramente los eventos extremos (Niño vs Niña) tal como se informa en la Figura 1.

La Figura 1A, de componentes principales, muestra que primer componente (CP1) explica el 57 % de la variabilidad total y separa los eventos El Niño y La Niña. En general los ciclos agrícolas con evento El Niño están acompañados de mayores ET reales y mayor milimetraje de lluvias y también se verifica un mayor rendimiento del cultivo de maíz.

En cambio, la mayoría de las campañas con evento La Niña poseen una mayor demanda ambiental de agua (ET₀ PC y ET₀ EC), relacionándose también con mayores magnitudes de radiación y mayores temperaturas máximas. Los eventos Neutro no se pudieron asociar claramente con las variables estudiadas. En el análisis de conglomerados (Figura 1B) se observó que, en general, las campañas con La Niña forman un solo grupo y de manera similar las campañas con evento Niño. Las campañas Neutro no forman un conglomerado aparte, y poseen características climáticas que en algunas campañas se asemejan a un Niño y otras a una Niña.

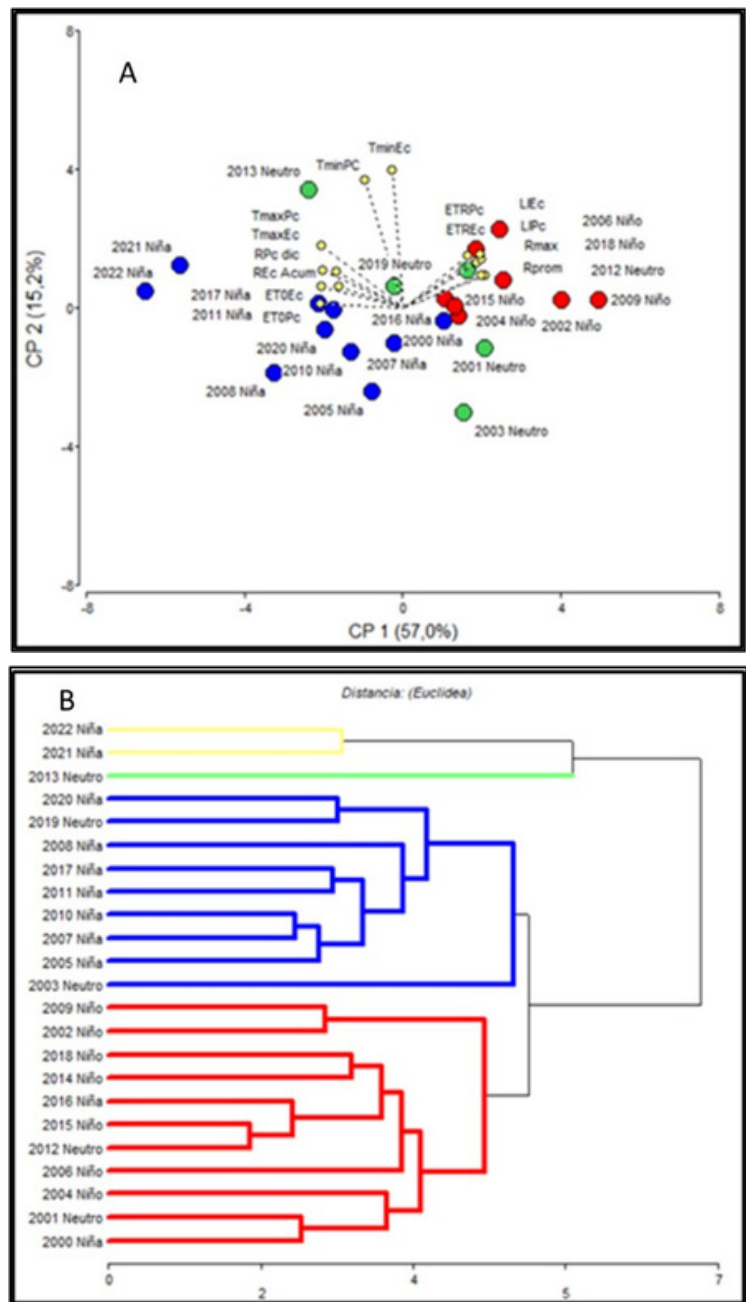


Figura 1. A): Análisis de componentes principales (PCA). Combinaciones de 23 campañas analizadas (círculo rojo para Niño, verde para Neutro y azul para Niña) según variables climáticas y de cultivo. B): Dendrograma con las combinaciones de variables climáticas y del cultivo de 23 campañas analizadas para diferentes campañas.

Tabla 1. Vectores (variables)

Vector	Símbolos
Temperatura máxima durante la EC	TmaxEC
Temperatura máxima durante el PC	TmaxPC
Temperatura mínima durante la EC	TminEC
Temperatura mínima durante el PC	TminPC
ET de referencia durante la EC	ET0EC
ET de referencia durante el PC	ET0PC
ET en condiciones no estándar durante la EC	ETREC
ET en condiciones no estándar durante el PC	ETRPC
Radiación durante la EC	REc
Radiación durante el PC	RPc
Lluvias durante la EC	Llec
Lluvias durante el PC	LIPc
Rendimiento promedio	Rprom
Rendimiento sin limitación nutrientes	Rmax

En la Figura 2 se muestra el efecto de las diferentes fases, definido como evento ENOS (Figura 2A) y según la intensidad de dicho evento (Figura 2B). El rendimiento del cultivo de maíz en el centro oeste de Entre Ríos es mayor cuando se presenta un evento El Niño, rindiendo un 59 % más que los eventos Niña. En una campaña con evento Neutro el rendimiento promedio de maíz no se diferencia de lo observado en El Niño, pero sí de los de La Niña. Considerando la intensidad de los eventos, hay una fuerte tendencia a que Niño débil y moderado son los que presentan las mejores condiciones para que el cultivo de maíz exprese su potencial productivo.

Las variables climáticas que no tuvieron efecto significativo en función de ENOS fueron la temperatura máxima promedio en la EC ($p = 0,08$); temperatura mínima promedio durante la EC ($p = 0,66$); temperatura mínima promedio durante el PC ($p = 0,99$); radiación acumulada durante la EC ($p = 0,28$).

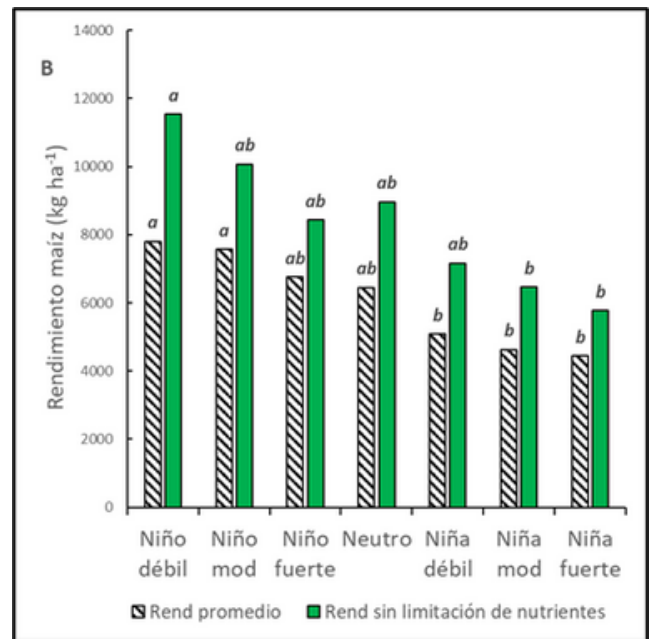
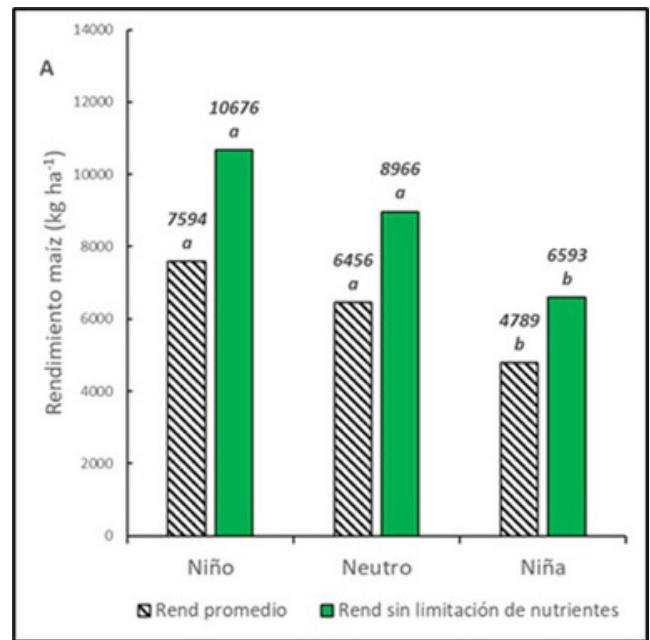
La temperatura máxima y la radiación durante el PC fueron significativamente diferentes según el evento ENOS; las lluvias, tanto durante el PC como durante la EC, fueron mayores en evento Niño frente a una Niña (Tabla 2).

Tabla 2. ANAVA de temperatura máxima, radiación y lluvias en función de ENOS.

Evento ENOS	T. máx. (°C)		Radiación (MJ m ⁻²)		Lluvias (mm)			
	PC	p= 0,04	PC	p= 0,05	EC	p= 0,001	PC	p= 0,001
El Niño	29.1	b	708	b	905	a	206	a
Neutro	29.9	ab	761	ab	679	ab	154	ab
La Niña	31,0	a	766	a	538	b	78	b

Para cada variable, medias con una letra común no son significativamente diferentes.

Figura 2. Rendimiento de maíz en función de: A) Evento ENOS; B) Intensidad del evento. Para una misma categoría de rendimiento, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).



Para cada evento ENOS, en la Figura 3 (A, B y C) se muestra el balance de agua en el suelo promedio estimado para los ciclos agrícolas analizados.

Mientras que en los ciclos agrícolas donde se pronosticó El Niño, en promedio no hubo déficit hídrico, en los Neutro y La Niña sí, siendo el mismo de 126 mm y 194 mm, respectivamente.

De igual manera Otegui et al. (2021) informan que el grado de estrés hídrico varía a lo largo de los años, siendo mayor durante los correspondientes a la fase seca (La Niña) que durante la fase húmeda (El Niño) del fenómeno ENOS.

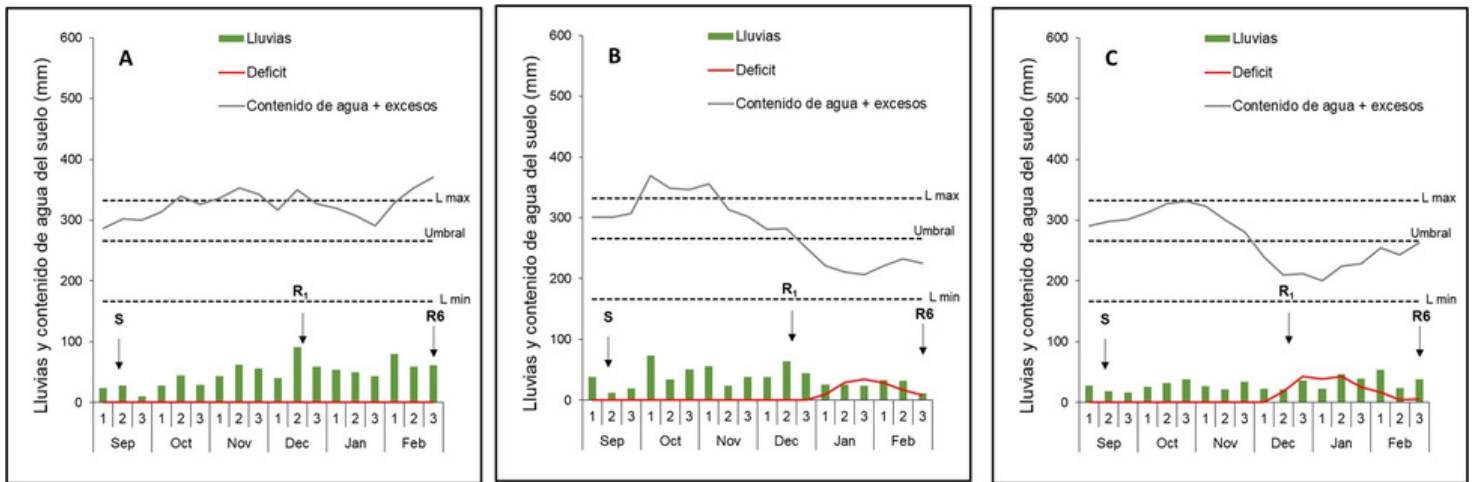


Figura 3. Balance de agua en el suelo en función del evento: A) El Niño; B) Neutro; C) La Niña.

El rendimiento de maíz y la radiación durante el PC presentaron una relación negativa significativa, pero con baja bondad de ajuste ($r^2 = 21\%$; $p < 0,05$).

La relación entre las Lluvias acumuladas durante la EC y el rendimiento de maíz, tanto en situaciones promedio como sin limitación de nutrientes, presentaron un buen ajuste. El ajuste mejora cuando se considera sólo la lluvia acumulada durante diciembre (PC), explicando una mayor parte de la variabilidad de los rendimientos de maíz en el centro oeste de Entre Ríos (Figura 4 A y B).

Estas relaciones sugieren que la principal limitante en la región está relacionada al agua y no a la radiación.

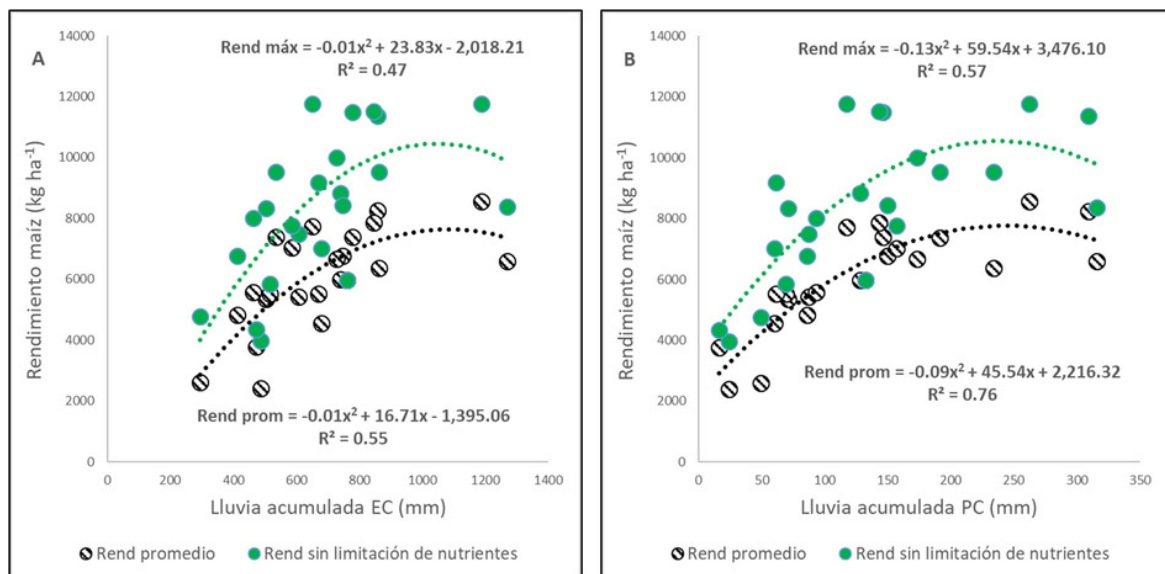


Figura 4. Relación entre el rendimiento de maíz y la lluvia acumulada durante el ciclo agrícola: A) El Niño; B) Neutro; C) La Niña.

El índice ONI, promediado durante toda la EC como el registrado durante el PC, tuvo también un ajuste aceptable con el rendimiento logrado (Figura 5 A y B).

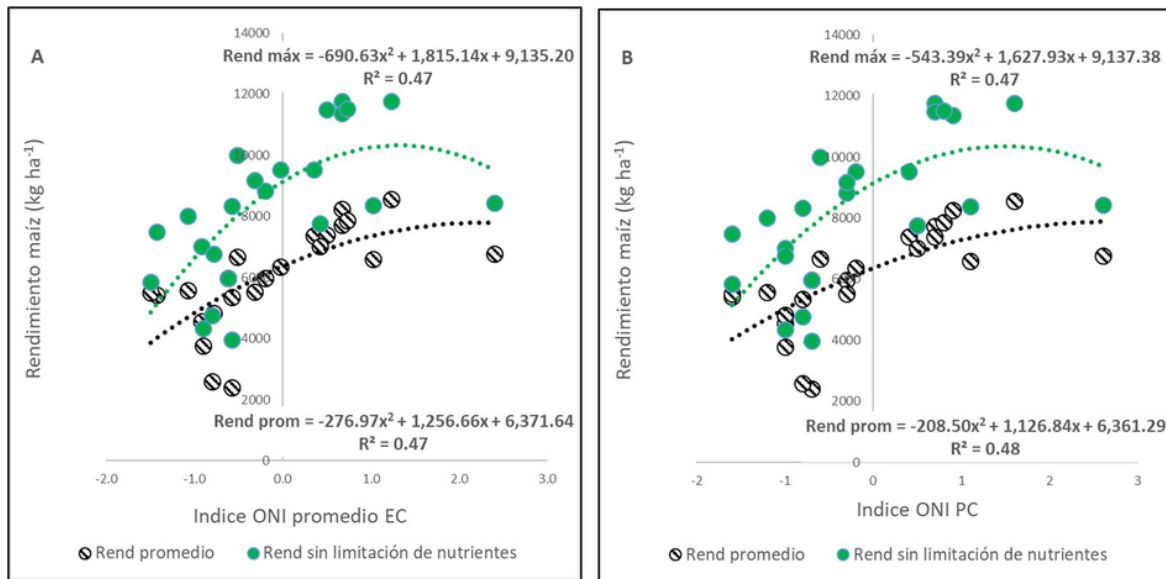


Figura 5. Rendimiento de maíz en función de: A) las lluvias durante la EC; B) durante el PC.

La lluvia acumulada durante el PC del maíz se asoció, con ajustes aceptables, al índice ONI, tal como se puede observar en la Figura 6.

Debido a la estrecha relación encontrada entre este índice en agosto (mes anterior a la siembra del cultivo) y el verificado en diciembre (Figura 7) alienta a su uso como un estimador del rendimiento posible a alcanzar cada campaña.

Melchiori et al. (2022) analizando menos años también encontraron una relación similar entre el índice ONI de diciembre en función del de agosto.

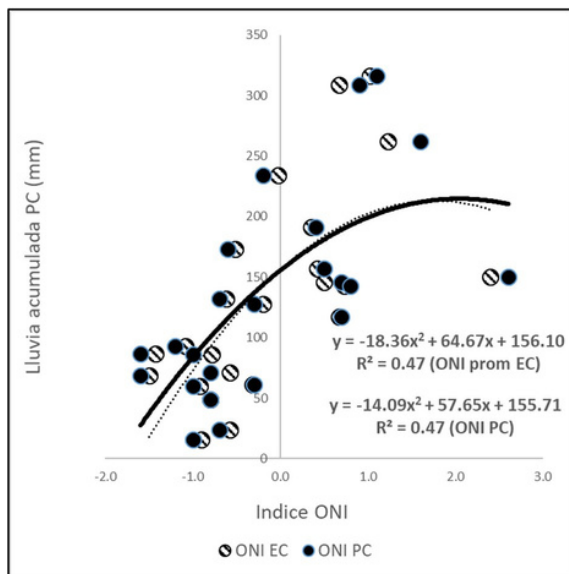


Figura 6. Lluvia acumulada durante diciembre en función del índice ONI.

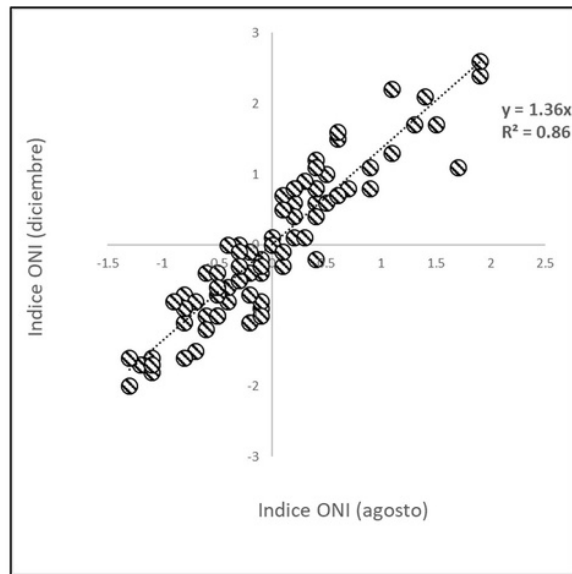


Figura 7. Índice ONI en diciembre en función del mismo índice en agosto. Desde 1950 al 2022.

En síntesis....

El fenómeno ENOS tiene un fuerte impacto en el rendimiento del cultivo de maíz en el centro oeste de Entre Ríos. Eventos ENOS extremos generaron una brecha de alrededor del 60 % en el rendimiento de maíz. Los rendimientos obtenidos sin deficiencia de nutrientes en contraste con los obtenidos en promedio fueron un 40 % superiores, dicha brecha fue similar para todos los eventos.

La variable climática que generó mayor efecto en el rendimiento fue la lluvia, fundamentalmente la acumulada durante diciembre. Los déficits hídricos registrados durante los eventos La Niña condicionan el aprovechamiento de la mayor radiación medida en dichas campañas. El 47 % de la variabilidad de las lluvias, tanto durante la estación de crecimiento como durante el período crítico del cultivo, se explicó por el índice ONI.

Como aporte, el presente estudio permitiría a productores y técnicos anticiparse, utilizando un indicador muy simple, como es ONI al momento de la siembra del cultivo de maíz, lo que permitiría ajustar el paquete tecnológico según un rango de rendimiento esperado.

Para seguir leyendo...

ALLEN R.G., PEREIRA L.S., RAES D. y M. SMITH 2006. FAO 56: Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Roma, 2006. ISBN 92-5-304219-2

ANDERSON W., SEAGER R., BAETHGEN W. and M. CANE 2017. Crop production variability in North and South America forced by life-cycles of the El Niño Southern Oscillation. *Agricultural and Forest Meteorology*. Volume 239, 2017. Pages 151-165. ISSN 0168-1923. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.03.008>. [Verificación: agosto de 2023].

ANDERSON W., SEAGER R., BAETHGEN W. and CANE M 2018. Trans-Pacific ENSO teleconnections pose a correlated risk to agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*. Volume 262, 2018, Pages 298-309. ISSN 0168-1923. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.07.023>. [Verificación: agosto de 2023].

BOLSACER 2023. Bolsa de Cereales de ER. Proyecto SIBER. <https://www.bolsacer.org.ar/Fuentes/estadisticas.php>[Verificación: agosto de 2023].

BARROS V.R., BONINSEGNA J.A., CAMILLONI I.A., CHIDIAC M., MAGRÍN G.O. and M. RUSTICUCCI 2015. Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *WIREs Clim Change* 2015, 6:151–169. doi: 10.1002/wcc.316

BERT F.E., SATORRE E.H., RUIZ TORANZO F. and G. P. PODESTÁ 2006. Climatic information and decision-making in maize crop production systems of the Argentinean Pampas. *Agricultural Systems*. Volume 88, Issues 2–3, 2006, Pages 180-204. ISSN 0308-521X. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.03.007>.

DELLA MAGGIORA A.I., IRIGOYEN A., GARDIOL J.M., CAVIGLIA O. y ECHARTE L. 2003. Evaluación de un modelo de balance de agua en el suelo para el cultivo de maíz. *Revista Argentina de Agrometeorología*, 2(2), 167-176.

DE LA CASA A. and G.O. Díaz. 2021. Linking data of ENSO, NDVI-MODIS and crops yield as a base of an early warning system for agriculture in Córdoba, Argentina. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Volume 22, 2021, 100480, ISSN 2352-9385, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100480>.

DE LA CASA A.C., G.G. OVANDO and G.L. DÍAZ 2019. Interannual variability of seasonal rainfall in Cordoba, Argentina, evaluated from ENSO and ENSO Modoki signals and verified with MODIS NDVI data. *SN Apl. ciencia* 1, 1624 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1650-6>

ECHEVERRÍA H. y H. SAINZ ROZAS 2015. Nitrógeno. p. 189 - 228. En: Echeverría H. y F. García (Eds.). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.

FERREYRA R.A., PODESTÁ G.P., MESSINA C.D., LETSON D., DARDANELLI J., GUEVARA E. and S. MEIRA 2001. A linked-modeling framework to estimate maize production risk associated with ENSO-related climate variability in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology*. Volume 107, Issue 3, 2001, Pages 177-192. ISSN 0168-1923. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00240-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00240-9).

GARCÍA B.R. 2020. Impacto del modelo productivo agrario en la industria química argentina en los años recientes (2006-2017). *H-industri@* 26: 85-108. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/H-ind/article/view/1774> [Verificación: agosto de 2023].

GLOBAL YIELD GAP AND WATER PRODUCTIVITY ATLAS 2023. URL disponible: www.yieldgap.org [Verificación: agosto de 2023].

HOSSAIN. F., ZUNJARE R., MUTHUSAMY V., KUMAR A., MADHAVAN J., GOPINATH I., KATRAL A., TALUKDER M., CHHABRA R., CHAND G., BHATT V., GUL I., MISHRA S., DUO H., DUTTA S., GAIN N., CHAUHAN P., MAMAN S., SHASHIDHAR B.R. and R. KASANA 2023. Genetic Improvement of Specialty Corn for Nutritional Quality Traits. S. H. WANI et al. (eds.), *Maize Improvement*, https://doi.org/10.1007/978-3-031-21640-4_11

HUANG B., THORNE P.W., BANZON V.F., BOYER T., CHEPURIN G., LAWRIKORE J.H., MENNE M.J., SMITH T.M., VOSE R.S. and H. ZHANG 2017. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *American Meteorological Society*. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1.

IPCC 2022. Cambio Climático 2022: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [Pörtner H.O., Roberts D.C., Tignor M., Poloczanska E.S., Mintenbeck K. Alegría A., Craig M., Langsdorf S., Löschke S., Möller V., Okem A. and B. Rama (eds.)]. Prensa de la Universidad de Cambridge. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., 3056 págs., doi:10.1017/9781009325844.

IRI. 2023. <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/> [Verificación: agosto de 2023].

IRIGOYEN A.I., PANUNZIO MOSCOSO M.P., CAMBARERI M.A., HOLZMAN M.E., ECHARTE L. and R.E. RIVAS 2020. Soil water during the critical period for yield definition of maize in center-southeastern of Buenos Aires. *RADA XI*: 17-32.

MADDONNI G.A., PARCO M. y D.H. ROTILI 2021. Manejo de la estructura del cultivo de maíz en ambientes marginales de argentina. *Rev. Facultad de Agronomía UBA*, 41 (2) 90-105, 2021.

MELCHIORI R., MALTESE N., CORRENDO A., NOVELLI L. y O. CAVIGLIA 2022. Cómo decidir la fertilización nitrogenada en maíz en escenarios de incertidumbre. ISSN 0325 – 8874. Serie de Extensión INTA EEA Paraná. MALTESE N., MELCHIORI R.J.M., MADDONNI G.A., FERREIRA M. and O.P. CAVIGLIA 2019. Nitrogen economy of early and late-sown maize crops. *Field Crops Research*; Amsterdam; Año: 2019 vol. 231 p. 40 – 50. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.007>

MAGyP. 2023. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Estimaciones agrícolas. <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar> [Verificación: agosto de 2023].

NOAA. AÑO https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php [Verificación: agosto de 2023].

ORA 2011. Oficina de riesgo climático. Impacto de EL NIÑO Y LA NIÑA sobre la precipitación estacional. Disponible en http://www.ora.gob.ar/enso_precipitacion.php [Verificación: agosto de 2023].

OTEGUI M.E., RIGLOS M. and J.L. MERCAU 2021. Genetically modified maize hybrids and delayed sowing reduced drought effects across a rainfall gradient in temperate Argentina. *Journal of Experimental Botany*, volumen 72, número 14, 10 de julio de 2021, páginas 5180–5188, <https://doi.org/10.1093/jxb/erab139>

RABBINGE R. 1993. The Ecological Background in Food Production. In Crop Protection and Sustainable Agriculture. John Wiley and Sons. Symp. 177, Chicester (págs. 2 a 29).

RAY D., GERBER J., MACDONALD G. and P. WEST 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. Nat. Commun. 6:5989 doi: 10.1038/ncomms6989

ROSSINI M.A., MADDONNI G.A. and M.E. OTEGUI 2016. Multiple abiotic stresses on maize grain yield determination: additive vs multiplicative effects. Field Crops Research; Amsterdam; Año: 2016 vol. 198 p. 280 – 289.

WILSON M., OSZUST J., SASAL M.C., SCHULZ G., GVOZDENOVICH J. y C. PIOTO 2010. Muestreador columnar de suelos. Alternativas de uso con fines edafológicos. 1.- densidad aparente y agua útil. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. En: Rosario – Argentina.

Para más información:
pautasso.juan@inta.gob.ar

COMPARACIÓN ENTRE LA SEQUÍA “HISTÓRICA” DE 2017/18 Y EL CICLO AGRÍCOLA 2022/23: DINÁMICA METEOROLÓGICA Y RENDIMIENTOS DE SOJA EN LA RECISO



Santos D.J.1, Wingeyer A.2

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agropecuaria Paraná.

1 Departamento Producción

2 Departamento Recursos Naturales y Gestión Ambiental

En agricultura en secano, la presencia de lluvias suficientes y bien distribuidas en el ciclo de los cultivos es vital para su implantación y producción. El agua es un factor limitante del crecimiento y del rendimiento y, como tal, su suministro define el nivel alcanzable de ellos. El propósito de esta comunicación es comparar brevemente la magnitud y duración de las condiciones climáticas sufridas en la Pampa Húmeda, y en Entre Ríos especialmente en el reciente ciclo agrícola con una sequía previa considerada “histórica”.

El fenómeno ENSO (El Niño Oscilación Sur) influye fuertemente en la cantidad y distribución de las lluvias en la Región Pampeana argentina, incluyendo la provincia de Entre Ríos. El principal factor determinante del fenómeno ENSO es la temperatura de la superficie del Océano Pacífico rodeando la latitud 0°, línea del Ecuador. El monitoreo de los desvíos trimestrales de dicha temperatura respecto a una media histórica indica, y va anticipando, en qué fase del ENSO nos encontramos y/o se aproxima (Tabla 1). Las fases negativas (desvíos menores a -0,5 °C) indican fenómeno de La Niña, con desarrollo de sequías en nuestra región, en tanto que fases positivas (desvíos mayores a 0,5 °C) indican fenómeno de El Niño con excesos hídricos primavera-estivo-otoñales de importancia.

Tabla 1. Desvíos de temperatura de la superficie del océano Pacífico Ecuatorial se reflejan, a través de promedios trimestrales móviles en los últimos 26 años (<https://origin.cpc.ncep.noaa.gov>). Números rojos y azules indican desvíos positivos y negativos significativos, respectivamente. Sombreado en azul, ciclo La Niña. Verificado 4/9/2023.

Año	Desvíos de temperatura de la superficie del océano Pacífico Ecuatorial (promedio trimestrales móviles)											
	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
2000	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0,0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,8
2006	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9
2007	0,7	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6
2008	-1,6	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0,0	0,3	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4	1,6
2010	1,5	1,2	0,8	0,4	-0,2	-0,7	-1,0	-1,3	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
2011	-1,4	-1,2	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,0	-1,1	-1,0
2012	-0,9	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7
2015	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,4	2,6	2,6
2016	2,5	2,1	1,6	0,9	0,4	-0,1	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1,0
2018	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8
2019	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5
2020	0,5	0,5	0,4	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-1,2	-1,3	-1,2
2021	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0	-1,0
2022	-1,0	-0,9	-1,0	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-0,9	-0,8
2023	-0,7	-0,4	-0,1	0,2	0,5	0,8	1,1					

Balance hídrico

El balance hídrico preliminar, se obtiene restando a la entrada de agua al sistema (lluvias), la salida (evapotranspiración potencial). Este balance estimado para intervalos de 10 días (Figura 1), cuando indica excesos y déficit.

La comparación propuesta, focalizando tres bimestres (octubre a abril), muestra que en primavera y otoño el balance hídrico del ciclo agrícola 2022/23 fue más deficitario para los cultivos que en 2017/18:

- Octubre - noviembre: los primeros 40 días (de 1/oct hasta 10/nov) fueron mucho más lluviosos en 2017/18 que en 2022/23;
- Enero - febrero: el ciclo agrícola 2017/18 sumó 34 mm de lluvia en ese bimestre; en 2022/23, en cambio, 74 mm.
- Marzo - abril: en 2017/18 la sequía finalizó en marzo, con excesos notables en abril. En 2022/23, sólo se registraron lluvias en la tercera década de marzo, y abril fue un mes seco.

La dinámica diaria del agua en los sistemas para ambos ciclos agrícolas se presenta en la Figura 2, con la acumulación a paso diario de la evapotranspiración potencial (ETP) y la lluvia (PP). Si bien en ambos ciclos el déficit general fue muy marcado, en 2022/23 el déficit inició antes, y la situación de reserva de agua en el suelo se encontraba comprometida por los déficits hídricos de los ciclos agrícolas anteriores, donde el balance julio-junio fue -581 mm (2019/20), -432 mm (2020/21) y -629 mm (2021/22).

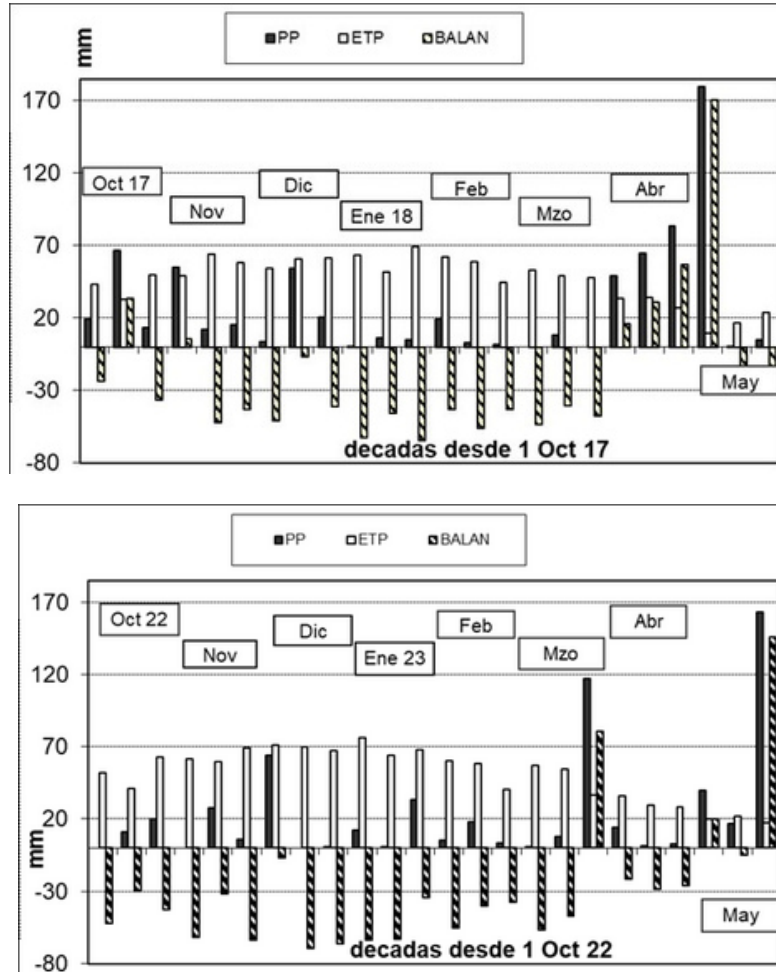


Figura 1. Balances hídricos decádicos ("BALAN", acumulación cada 10 días) resultantes de la resta entre lluvias (PP) y evapotranspiración potencial (ETP) en INTA EEA Paraná, comparando los ciclos agrícolas 2017/18(izq.) y 2022/23 (der.); período 1/10 al 31/5 de cada ciclo agrícola.

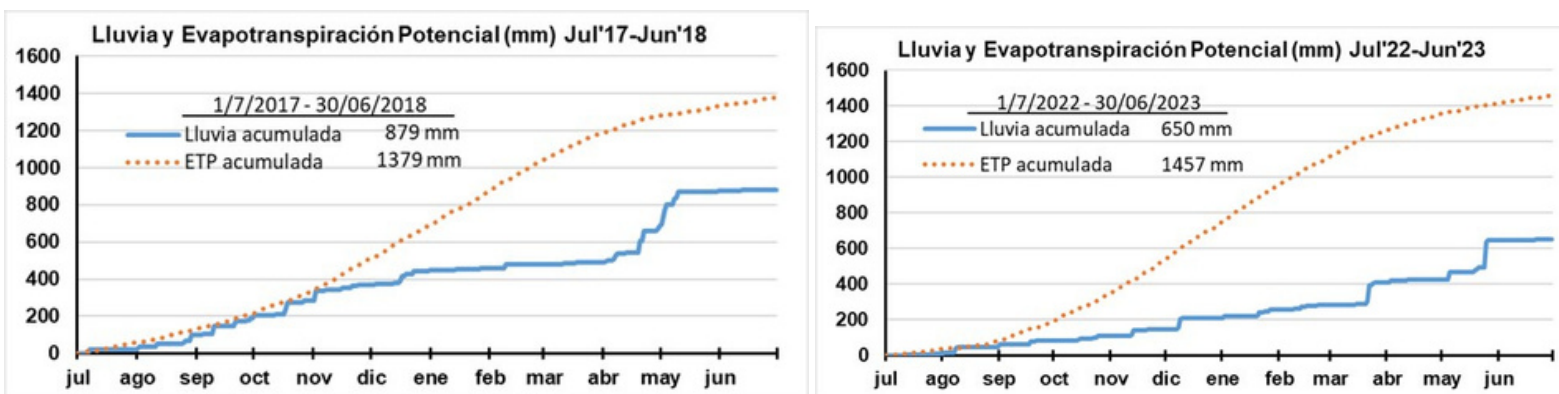


Figura 2. Periodo comprendido entre el 1 de julio y el 30 de mayo de los ciclos agrícolas 2017/18 (izq) y 2022/23 (der): acumulación de lluvias y ETP durante todo el periodo

Temperatura

Se observaron diferentes patrones restrictivos de temperatura para el crecimiento de los cultivos entre los ciclos agrícolas (Figura 3). El verano 2017/18 tuvo mayoría de días con temperaturas mínimas en la franja de 15 a 20 °C, y temperaturas máximas en la franja de 30 a 35 °C, con pocos eventos mayores a 35 °C. En el verano 2022/23, las temperaturas mínimas y máximas fueron mayores, con 30 días seguidos de mínimas en la franja 20 a 25 °C y máximas en la franja 35 a 40 °C entre el 24/11 y el 20/3/23.

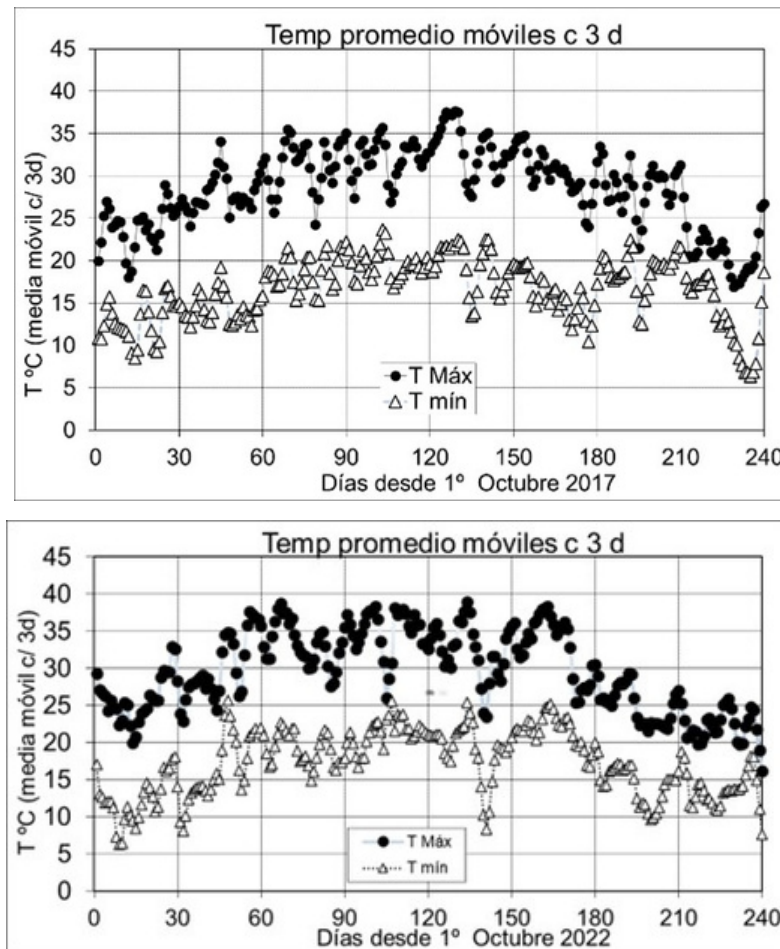


Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas desde 1 de octubre hasta el 31 de mayo del año siguiente, para los ciclos agrícolas 2017/18 (izquierda) y 2022/23 (derecha).

Ensayos RECSO: implantación y rendimientos

La Red de Cultivares de Soja (RECSO), consta de ensayos de cultivares de diferentes Grupos de Madurez (GM). Estos ensayos se replican en varios ambientes dentro del área de influencia.

En el ciclo agrícola 2017/18 el plan RECSO en Entre Ríos incluyó las localidades de Paraná, con siembra de primera sobre barbecho (GMs III Corto a VIII), y siembra de segunda sobre trigo (GMs IV Largo a VIII); Victoria (GMs IV Corto a V Largo); General Almada, dpto. Gualguaychú (GMs III Largo a VI); Villa Mantero, dpto. Uruguay (GM III Largo a VIII) y San Salvador (GMs IV Corto a VIII). (Informe RSCO 2018)

De un total de 37 ensayos, todos se llegaron a sembrar. Terminado el verano, se cosecharon 32, teniendo pérdida de ensayos o muy bajos rendimientos en los grupos más largos (Figura 4).

Los rendimientos en 2017/18, oscilaron entre los 800 y 3600 kg ha⁻¹, con una clara caída de rendimiento con GMs superiores e, incluso, pérdida de ensayos dentro de ellas (Figura 4).

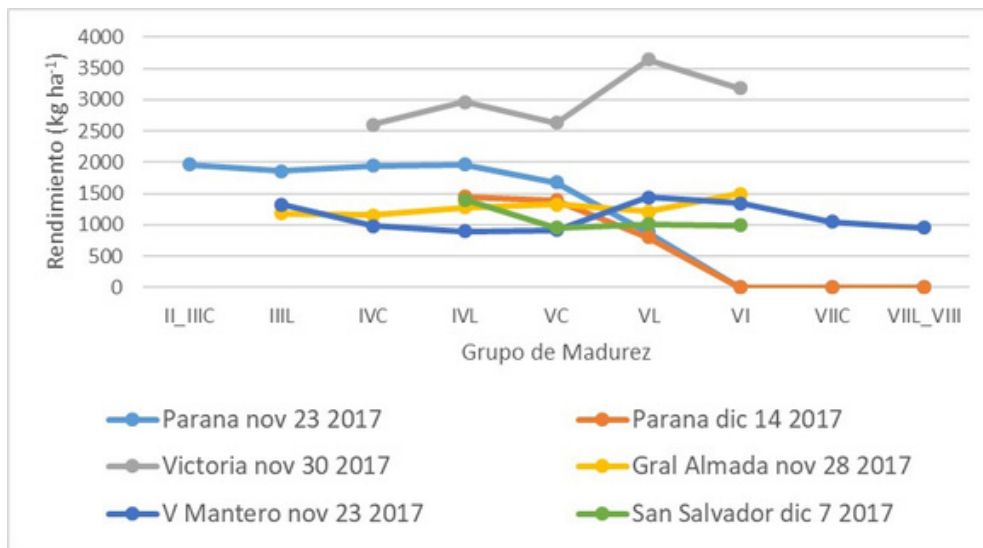


Figura 4. Rendimientos promedio para cada GM y ambiente, ciclo agrícola 2017/18

En el ciclo agrícola 2022/23 el plan de siembra de ensayos RECSO en Entre Ríos preveía 45 ensayos: El Redomón, dpto. Concordia (GMs IV Largo a VII_VIII); La Paz (GMs V Corto a VII_VIII); Gral. Almada (GMs III Largo a VI Largo); Concepción del Uruguay (GMs III Largo a VII_VIII); Paraná siembra de primera (GMs III Corto a VII_VIII); Paraná siembra de segunda (GMs IV Largo a VII_VIII); Victoria (GMs IV Largo a VI Corto). (Informe RECSO 2023)

En El Redomón no se llegó a sembrar; Paraná de segunda se sembró, pero solo nacieron pocas plantas que, en días, se secaron; Victoria se sembró y nació, prosperó correctamente en su estado vegetativo, floreció, pero no cuajó: ninguna parcela dio más que unos pocos granos chuzos. El resto de los ensayos (29) se llegaron a cosechar, aunque, muchos de ellos, con bajísimos rendimientos (Figura 5). Los rendimientos oscilaron, entre los 550 y 1600 kg ha⁻¹. En referencia al efecto de la madurez, la tendencia fue inversa a la del ciclo 2017/18: los rendimientos crecieron con la madurez de los cultivares (Figura 5).

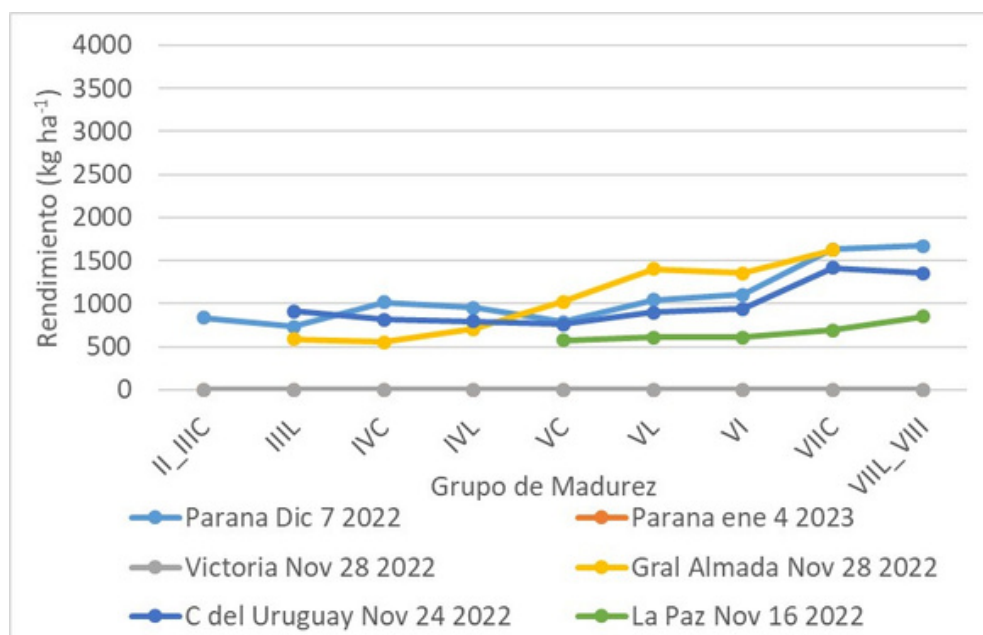


Figura 5. Rendimientos promedio para cada GM y ambiente, Ciclo agrícola 2022/23. Rendimiento "0" Victoria nov 28 y Paraná ene 4, ensayos no cosechados

En síntesis....

El ciclo agrícola 2022/23 fue el más restrictivo para el crecimiento y rendimiento del cultivo de soja, en el presente siglo, en la Provincia de Entre Ríos. En comparación con el ciclo 2017/18, la escasez de lluvias mayor, y las temperaturas fueron las principales limitantes.

Una importante pérdida de ensayos poco después de la siembra ha sido característico de la temporada 2022/23; entre los ensayos que llegaron a cosecha, los rendimientos no superaron en su mayoría los 1500 kg ha-1. Mientras que en la sequía de 2017/18 se vieron afectados los grupos de madurez mayores, en la última fueron los de ciclo medio y corto.

Para seguir leyendo...

Informe RECSO. 2018. INTA Marcos Juarez Región Norte. Impreso, 350 pp.

Informe RECSO. 2023. INTA Marcos Juarez Región Norte:

https://drive.google.com/drive/folders/1J0G_qEB3ZiCnGeXFtRduHv0SggeE0Uy_?usp=sharing [Verificación: mes y año].

Informe RECSO. 2023. INTA Marcos Juarez Región Pampeana Norte y Sur: <https://bit.ly/InformeRECSO> [Verificación: mes y año].

National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service. Climate Prediction Center. Cold & Warm Episodes by Season https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php [Verificación: 09/2023].

Para más información:
santos.diego@inta.gob.ar

COMPARACIÓN DEL PROGRESO DEL CULTIVO DE SOJA EN LOS CICLOS AGRÍCOLAS 2021/22 Y 2022/23 (CICLO AGRÍCOLA CON EVENTO “LA NIÑA”)



Vicentin I.G.¹, Cuatrín A.², Santos D.J.³, Gallardo M.¹, Polliti M.¹ y Formento A.N.³

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Estación Experimental Agropecuaria Paraná.

¹Departamento Mejoramiento

²Departamento Economía Agraria

³Departamento de Producción

La soja es el principal cultivo oleaginoso a nivel país en superficie implantada y producción. El registro de la producción y comportamiento de los cultivares en diferentes zonas de producción como en distintos ciclos agrícolas permite obtener información esencial del comportamiento de cada cultivar, para su uso por los productores y para el progreso del cultivo en general.

La soja es uno de los principales cultivos extensivos de la provincia de Entre Ríos y del país. El ciclo agrícola 2022/23 estuvo afectado por un periodo prolongado con lluvias insuficientes para el crecimiento adecuado del cultivo, que trajo aparejado diversos problemas desde la siembra hasta la cosecha.

Una consecuencia directa fue que, de 16 millones de ha sembradas en el país, solo se cosecharon 12,3 millones de ha, con un rendimiento promedio de 17,5 q ha⁻¹, alcanzando una producción estimada de 21,5 millones de toneladas (BCR-GEA, 2023).

En este trabajo se planteó como objetivo analizar, con imágenes, con los datos de producción y de calidad de grano el efecto climático sobre diferentes genotipos agrupados según su Grupo de Madurez (GM), comparando el presente ciclo agrícola 2022/23 con el ciclo agrícola 2021/22.

¿En qué consistió el análisis?

Se seleccionaron 49 cultivares de soja que representaban GM del IV al VIII presentes durante los ciclos agrícolas 2021/22 y 2022/23 en diferentes ensayos comparativos de rendimiento.

Los ensayos se condujeron en la EEA Paraná (31° 50' S, 60° 31' O, 110,5 msnm) durante los ciclos agrícolas 2021/22 y 2022/23, en siembra directa. Se implantaron en parcelas de 10 m² (4 surcos de 5 m y 0,52 m entre surcos) respetando un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, en lotes con suelo molisol (Argiudol ácuico, serie Tezanos Pinto).

Las fechas de siembra fueron 09/11/2021, sobre rastrojo de un trigo como cultivo de cobertura y 18/11/2022, sobre barbecho de maíz. La inoculación se realizó a la siembra en el surco con Rizoliq-surco®. Para el control de orugas defoliadoras y chinches fitófagas se realizaron aplicaciones con imidacloprid 20 % + lambdacialotrina 7,5 % + bifentrin 5 %. Para el control de trips y arañuelas en el ciclo agrícola 2022/23, se realizaron aplicaciones con un producto que combinó una concentración de 4,5 g clorantraniliprole + 1,8 g abamectina.

En el ciclo agrícola 2022/23, se registró semanalmente la evolución del cultivo de acuerdo con la escala de Fehr y Caviness (1977) y mediante fotografías se registraron anomalías asociadas a la sequía.

Para determinar el rendimiento de granos se cosecharon 5 m de los 2 surcos centrales de cada parcela y se corrigió al 13 % de humedad. Se determinó el peso de 100 granos (P100) en gramos y el contenido de proteína y aceite en grano se determinó mediante un instrumento monocromador NIRS DS-2500TM, expresando el resultado en porcentaje de proteína y aceite en base seca.

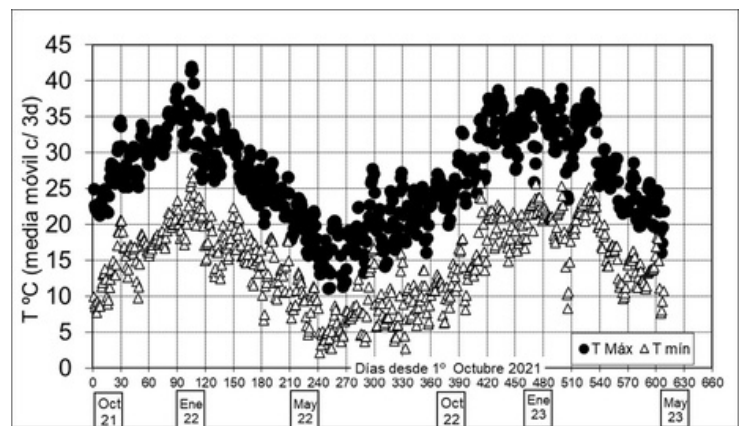
Los resultados se agruparon por GM y se realizó un análisis de la varianza por modelos mixtos de las variables de rendimiento (kg ha⁻¹), P100 (g), proteína (%) y aceite (%).

Comparación de las condiciones climáticas de los ciclos agrícolas 2021/22 y 2022/23

Comparando las temperaturas del último ciclo agrícola con las del anterior, las temperaturas de los ciclos agrícolas fueron diferentes y se observaron patrones restrictivos para el cultivo en el ciclo 2022/23.

En el ciclo agrícola 2021/22, tanto las temperaturas mínimas como máximas, con picos superiores a 40 °C mostraron una distribución más “triangular” antes de fines de año y en los primeros 20 días de enero. Sin embargo, en el verano 2022/23 no se observó un “pico”, sino una “meseta” de altas temperaturas entre el 24/11 y el 20/3/23 momento de formación y llenado de granos, aproximadamente 120 días continuos de máximas que superaron los 30° C (Fig. 1).

Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas desde el 01/10/2021 hasta el 31/05/2023. Fuente: Observatorio Agrometeorológico INTA EEA Paraná.



En cuanto a la evolución del agua, el balance entre la entrada (lluvias) y salida (evapotranspiración potencial, ETP), se observó que todas las semanas de octubre de 2022 fueron deficitarias, comparadas con octubre de 2021. Por otro lado, la primera quincena de noviembre de 2021 estuvo más provista que noviembre de 2022, momento de emergencia del cultivo. Los meses de diciembre fueron similares, con un déficit extremo mayor en la última semana del año de 2021, comparada con la de 2022. El mes de enero de 2022 presentó suficientes lluvias en su segunda quincena para el crecimiento del cultivo, no así en enero de 2023, donde la soja se encontraba en pleno crecimiento vegetativo y los cultivares de GM IV comenzaban o estaban en plena floración. Luego del mes de febrero con valores similares en ambos ciclos, el mes de marzo de 2022 fue lluvioso, a diferencia de marzo de 2023, con una primera quincena muy deficitaria y lluvias que recién ocurrieron luego del 20 de marzo; en este mes la mayoría de los cultivares del GM IV al V se encontraban finalizando el llenado de granos, mientras que los cultivares de los GM VI, VII y VIII estaban en inicio y pleno llenado de granos. Abril contó con balances positivos en 2022 pero no en 2023, momento en que finalizaba el llenado de granos de la mayoría de los cultivares de los GM VI y VII y VIII (Fig. 2).

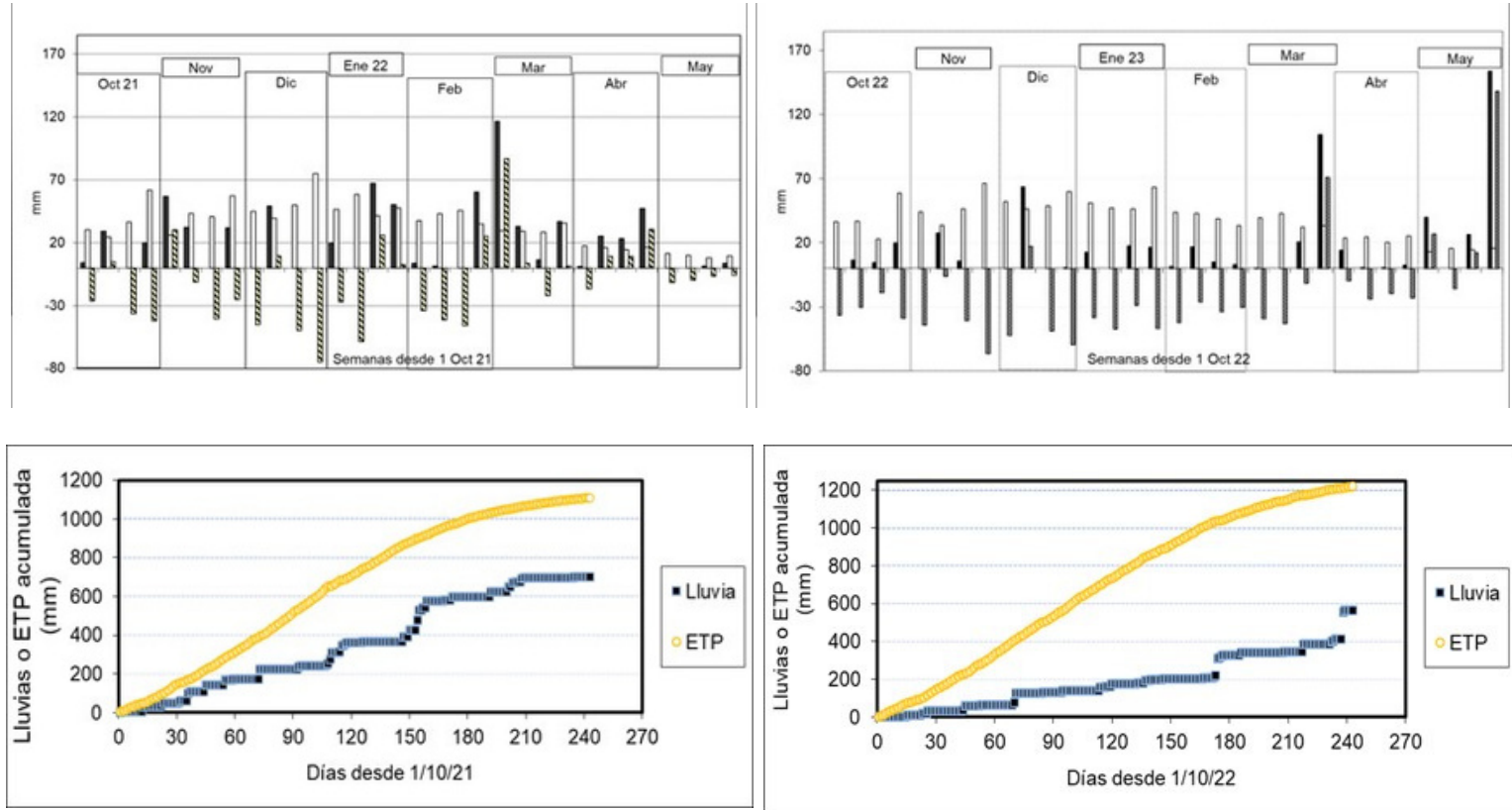


Figura 2. Periodo comprendido entre el 01/10 y el 31/05 de los ciclos agrícolas 2021/22 (izq.) y 2022/23 (der.): lluvias (barras negras), evapotranspiración potencial (ETP, barras blancas) y balance hídrico semanal (barras jaspeadas) (arriba) y acumulación de Lluvias y ETP durante todo el periodo (debajo). Fuente: Observatorio Agrometeorológico INTA EEA Paraná.

¿Qué resultados se obtuvieron?

Se encontraron diferencias significativas entre los GM y los ciclos agrícolas 2021/22 y 2022/23, demostrándose que los GM manifestaron un comportamiento desigual para las variables estudiadas en los dos ciclos agrícolas.

En el ciclo agrícola 2021/22, tanto la implantación de los ensayos como la emergencia de las plantas se desarrollaron sin inconvenientes. Por el contrario, en el ciclo agrícola 2022/23 la emergencia del cultivo se vio afectada por la escasez de agua, presentándose una emergencia despereja que resultó en desuniformidad en el número final de plantas por m lineal de surco (Fig. 3 A y B).

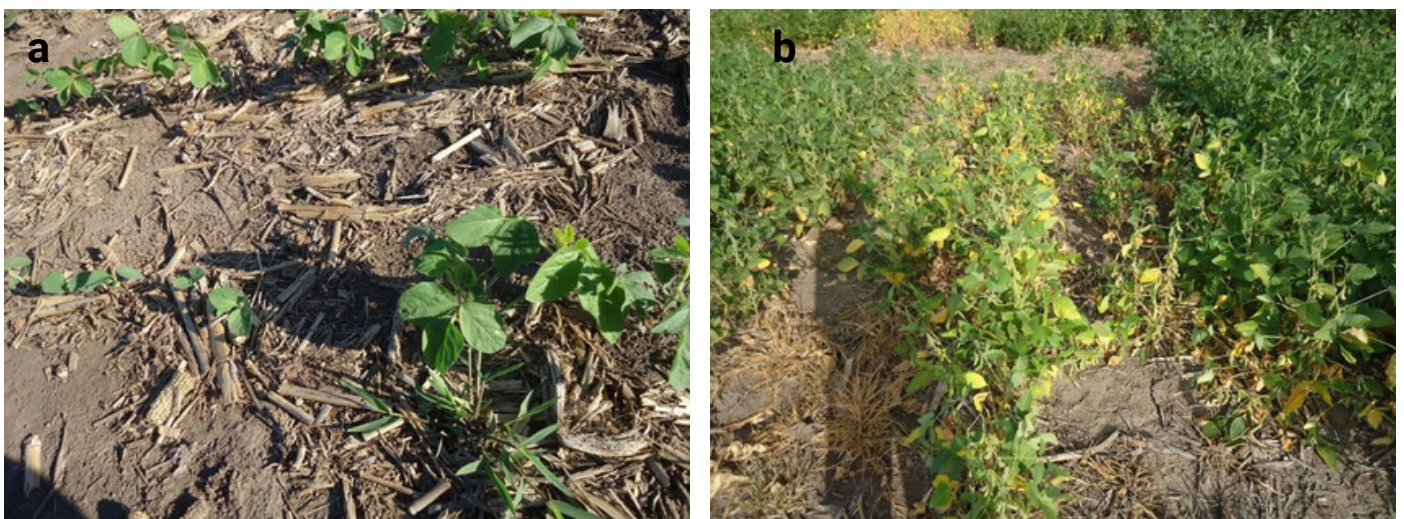


Figura 3. A) Desuniformidad en la emergencia, plantas sembradas en la misma fecha en estadios fenológicos V2 (primera hoja trifoliada) y V1 (primera hoja unifoliada); B) Fallas en la emergencia y bajo número de plantas por metro lineal de surco en estado avanzado del cultivo. Ciclo agrícola 2022/23, INTA EEA Paraná.

En el ciclo agrícola 2022/23 la muerte de plantas se observó desde la emergencia en forma aislada y luego en forma generalizada a partir de los estados fenológicos R4 (plena fructificación) y R5 (comienzo de llenado de granos) entre los meses de febrero y marzo (Fig. 4 A). Y hacia finales de marzo y mediados de abril, momento de maduración de la mayoría de los cultivares evaluados, la maduración fue despareja, observándose plantas con vainas secas, pero con retención de hojas y tallos verdes y, en algunos casos, distinto grado de desarrollo, llenado y madurez de vainas en una misma planta (Fig. 4 B)



Figura 4. A) Muerte de plantas, amarillamiento y caída prematura de hojas en estados reproductivos avanzados; B) Madurez despareja de plantas con retención foliar, tallo verde y desuniformidad en el desarrollo y madurez de vainas en una misma planta. Ciclo agrícola 2022/23, INTA EEA Paraná.

Al finalizar el llenado de granos, a fines de marzo y comienzo de abril, se observó en general para todos los cultivares, que las vainas poseían 1 y 2 granos, y muchas presentaban el espacio de un segundo o tercer grano que había abortado (Fig.5 A). Al momento de la cosecha, principalmente los cultivares de GM IV, presentaron granos en los cuales se observó la interrupción abrupta del llenado de estos, quedando muchos deformados, aplastados y con retención de pigmentos verdes (Fig. 5 B).

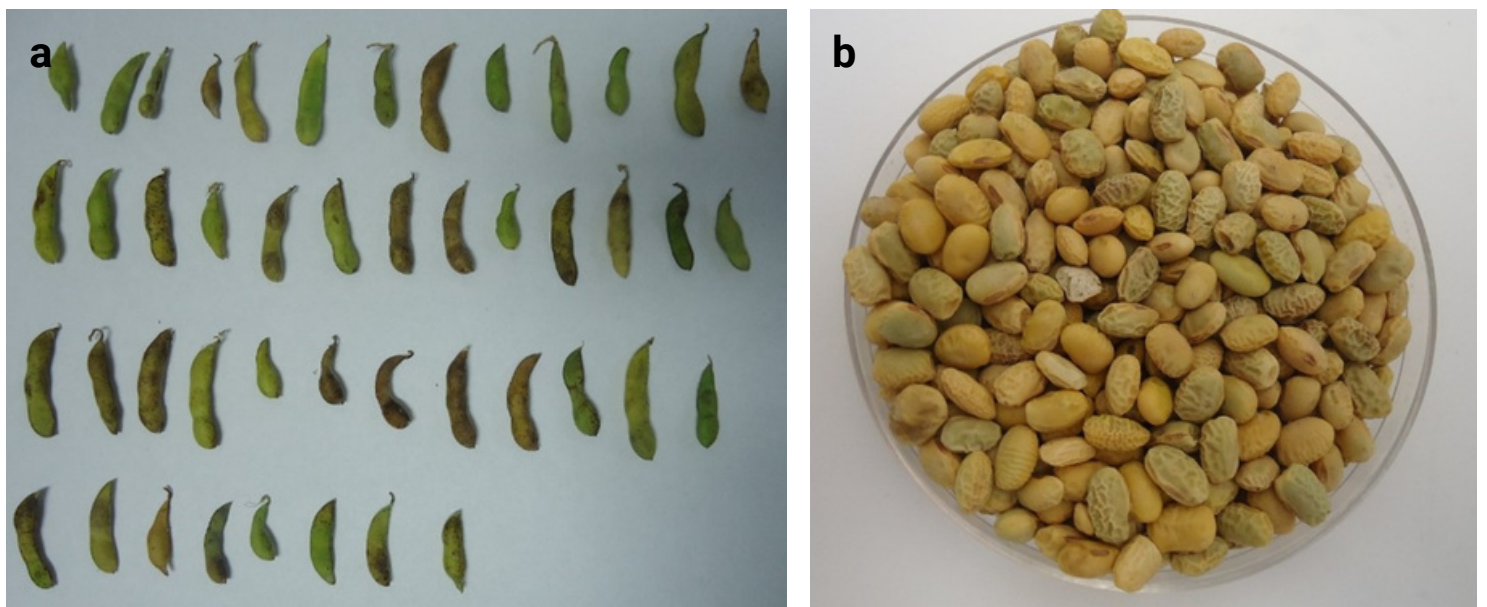


Figura 5. A) Vainas de uno o dos granos y con aborto de granos; B) Granos deformados y con retención de pigmentos verdes en un cultivar de GM IV. Ciclo agrícola 2022/23, INTA EEA Paraná.

En cultivares de los GM V, VI, VII y VIII, no se observó la retención de pigmentos verdes, pero si hubo deformación de granos, y granos más chicos en comparación al ciclo agrícola 2021/22 (Fig. 6).

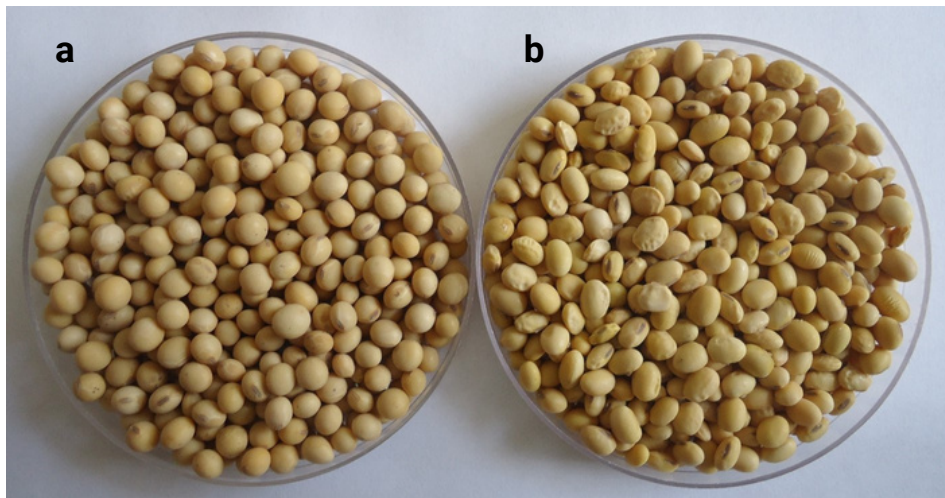


Figura 6. Cultivar del GM V largo. A) Granos normales del ciclo agrícola 2021/22 y; B) Granos con deformaciones por interrupción del llenado y de menor peso del ciclo agrícola 2022/23.

Los rendimientos de los cultivares de soja dentro de cada GM y cada ciclo agrícola (Tabla 1) muestran que en el último ciclo agrícola 2022/23 fueron inferiores comparados con los de 2021/22. Esto se debió principalmente al déficit hídrico, aun cuando difirieron en el barbecho, cultivo antecesor y unos 9 días en la fecha de siembra. Algo similar se puede observar con el P100, asociado directamente con el rendimiento.

Sin embargo, para el GM VII y VIII se observó un valor mayor de P100 respecto al ciclo agrícola anterior, posiblemente se puede asociar esto al incremento de lluvias hacia el final del ciclo del cultivo (fines de abril), lo que permitió compensar con un mayor crecimiento de granos. Valores similares de disminución de rendimiento y peso de semillas también fueron observados en trabajos como el de Vicentin y Gallardo (2018) cuando se compararon diferentes cultivares de soja y su desempeño en los ciclos agrícolas 2016/17 y 2017/18 con régimen hídrico contrastante.

En el caso de los porcentajes de aceite y proteína en grano, los valores fueron variables de acuerdo con el GM y ciclo agrícola. En el caso de los cultivares de los GM IV corto, IV largo y V corto, se registraron en general valores más bajos que los del GM V largo en adelante, debido a que el crecimiento de granos ocurrió en momentos con condiciones climáticas menos favorables para el desarrollo de los granos.

Tabla 1. Rendimiento, peso de 100 granos (P100), contenido de aceite y proteína, error estándar y p-valor de la apertura de la interacción para los ciclos agrícolas 2021/22 y 2022/23. INTA EEA Paraná.

	Grupo de madurez						
	IV corto	IV largo	V corto	V largo	VI corto	VI largo	VII y VIII
Rendimiento (kg ha ⁻¹)							
2021/2022	3088	3719	4086	4099	3668	3797	3540
2022/2023	1652	1818	1418	1554	1334	1558	1998
EE	9,256	12,254	15,566	14,201	12,366	14,427	8,170
p-valor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
P100 (g)							
2021/2022	14,7	15,7	15,4	16,1	15,8	16,5	16,6
2022/2023	11,9	13,3	11,8	12,6	12,7	15,2	17,2
EE	0,403	0,403	0,460	0,466	0,544	0,403	0,544
p-valor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0032	0,2701
Aceite (%)							
2021/2022	26,4	27,3	24,6	25,1	23,4	23,1	22,6
2022/2023	25,3	26,9	25,2	26,7	24,8	23,7	23,1
EE	0,299	0,299	0,341	0,346	0,404	0,299	0,404
p-valor	0,0004	0,1592	0,0683	<0,0001	0,0009	0,0365	0,2453
Proteína (%)							
2021/2022	35,0	33,7	35,0	35,0	36,4	35,0	35,0
2022/2023	34,6	33,4	35,9	35,0	37,2	37,8	37,8
EE	0,409	0,409	0,464	0,472	0,542	0,409	0,542
p-valor	0,4328	0,4499	0,0500	0,8680	0,1384	<0,0001	<0,0001

En síntesis...

Las condiciones climáticas del ciclo agrícola 2022/23 afectaron fuerte y diferencialmente a los cultivares de distintos GM, asociado principalmente al momento en el cual ocurrió el déficit hídrico y/o estrés térmico y el momento del desarrollo de granos dentro de cada GM.

Los pronósticos climáticos extendidos y el conocimiento del comportamiento de los cultivares dentro de cada GM, disponibles en las bases de datos de la RECSO y de empresas comerciales, son herramientas útiles que podrían permitir seleccionar los cultivares y GM de soja más adecuados para mitigar los efectos de futuros ciclos agrícolas con eventos extremos.

Para seguir leyendo ...

BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO (BCR) - GUÍA ESTRATÉGICA PARA EL AGRO (GEA) 2023. Informe especial mensual sobre cultivos - Año XII - N° 160. https://www.bcr.com.ar/sites/default/files/2023-05/informe_especial_160_2023_05_10_2.pdf [Verificación: njuño 2023].

FEHR W. and C. CAVINESS. 1977. Stages of soybean development. Iowa Agricultural experimental Station. Special Report No. 80. <https://core.ac.uk/download/pdf/83024475.pdf> [Verificación: julio 2021].

VICENTIN I.G. y M.A. GALLARDO 2018. Rendimiento y calidad del cultivo de soja en dos ciclos agrícolas con régimen hídrico contrastante en Entre Ríos Actualización Técnica Soja. Serie Extensión N° 83. p. 63-67

Para más información:
vicentin.ignacio@inta.gob.ar

IMPACTO DEL FENÓMENO DE LA NIÑA EN UNA UNIDAD DE MONITOREO AGROAMBIENTAL DE LA EEA PARANÁ DESDE EL 2019 AL 2022



Melgares E., Pighini R., Pioto C., Velázquez S., Seehaus M. Van Opstal N.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agropecuaria Paraná
Departamento Recursos Naturales y Gestión Ambiental

En estos últimos años, el fenómeno climático de La Niña ha provocado sequías problemáticas al modificar negativamente las variables climáticas, reduciendo por ejemplo las lluvias en áreas vulnerables, desequilibrando los ecosistemas, la agricultura y el abastecimiento de agua. La aridez persistente refuerza la urgencia de adaptación y preparación del sector agropecuario ante estos eventos climáticos extremos, vital para el hombre y el medio ambiente.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue medir la altura de la napa freática en la microcuenca de la unidad de monitoreo ambiental de la EEA Paraná desde 2019 al 2022

Unidad de monitoreo agroambiental

El sitio de estudio es una unidad de monitoreo agroambiental ubicada en la EEA Paraná del INTA, Entre Ríos, en una microcuenca de 29 ha donde se realizan cultivos tradicionales de la zona (maíz, trigo, soja) bajo siembra directa. La unidad de monitoreo abarca un lote de 16 ha, sistematizado, con dos laderas con pendientes de 4 % (oeste) y 8 % (este) que desaguan a un canal central conectado con un embalse artificial con terraplén de 1 ha. El clima es subhúmedo templado, con lluvias anuales promedio de 1000 mm y temperatura promedio anual de 18,3 °C. En la microcuenca predominan suelos Argiudoles ácuicos finos, illíticos y térmicos (US Soil Taxonomy) de la Serie Tezanos Pinto (Luvic Phaeozem, WRB).

En diciembre de 2008 se instaló en el sitio una unidad de monitoreo de calidad de agua consistente en 8 pozos (3 alrededor del embalse, 3 en posiciones medias de ambas laderas y 2 en la posición alta del lote) perforados para monitoreo del nivel freático de una napa colgante (o libre) cercana a la superficie que actúa por flujo local (Figura 1). Además, se colocó una regla limnimétrica para medir el nivel de agua superficial en el embalse. Se registra el nivel freático y del embalse con frecuencia quincenal aproximada.



Figura 1. Localización de pozos para monitoreo de nivel freático en microcuenca de la EEA Paraná. Los pozos 9, 8 y 6 corresponden a la parte alta o loma del microrelieve, los pozos 4, 7 y 5 corresponden a la parte media o media loma del microrelieve, los pozos 1, 2 y 3 corresponden a la parte baja del microrelieve.

La unidad de monitoreo se complementa con el Observatorio Agrometeorológico situado a 200 m de donde se extraen los registros climáticos de lluvias, evaporaciones, temperaturas, vientos, entre otros. En el mismo sitio se ubicó un pozo de referencia alejado del lote bajo estudio.

Variación de las lluvias

Si bien las lluvias entre 2015 y 2018 han superado el promedio anual histórico (≈ 1095 mm), desde principios del año 2019 las lluvias fueron disminuyendo, encontrándose por debajo de los valores normales. Esta disminución fue atribuible al fenómeno meteorológico de “La Niña” que se ha instalado en la región, y afectó los últimos 3 ciclos agrícolas (2019/2020, 2020/2021 y 2021/2022).

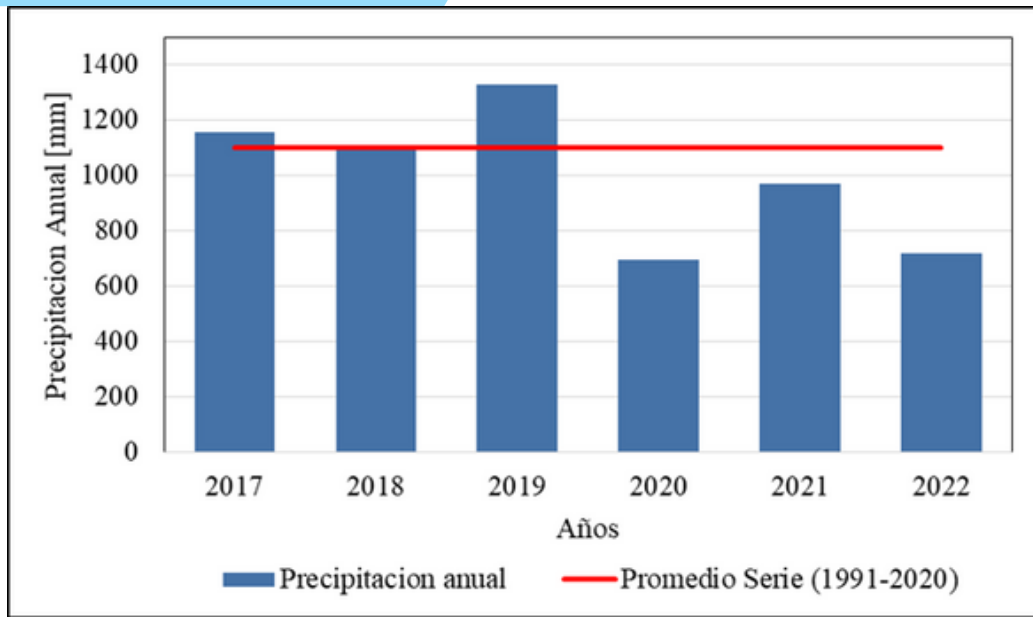


Figura 2: Lluvias anuales (mm) para los últimos 6 años. Observatorio agrometereológico INTA EEA Paraná.

La Figura 2 marca que el déficit hídrico comenzaría en el año 2020 que es cuando las lluvias se encuentran por debajo del promedio histórico. Sin embargo, si se analiza la distribución mensual (Figura 3) del año 2019 se observa que el mes de enero tuvo un valor de lluvias muy por encima del promedio (251 mm) lo que hace que este año supere el promedio histórico, luego en los meses de abril, octubre y noviembre (meses en donde las precipitaciones recargan el perfil edáfico) los valores de lluvias se encontraron por debajo de lo normal.

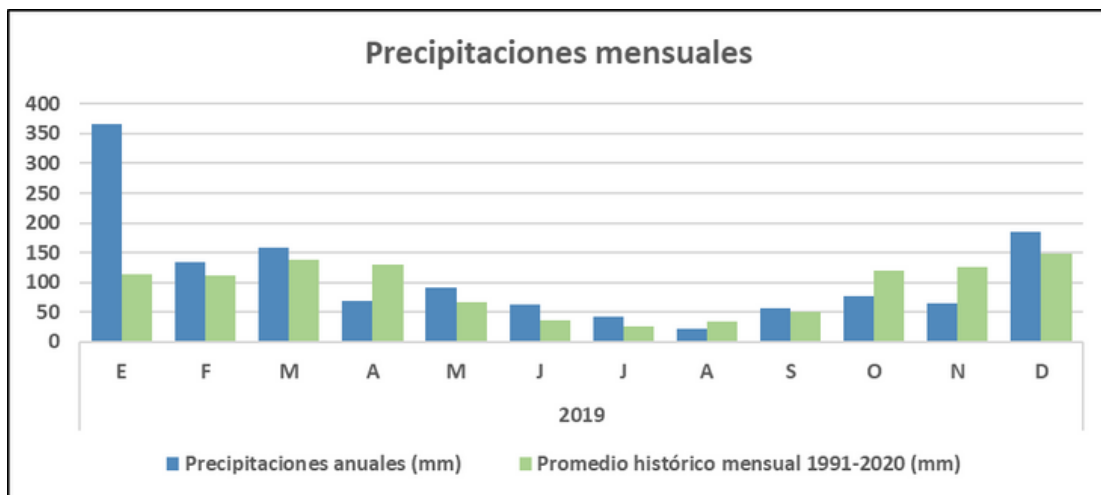


Figura 3. Lluvias mensuales del 2019 (mm) y promedio histórico mensual 1991-2020 (mm)

Variación de los niveles freáticos

Entre 2015 y 2018, el nivel del embalse recolector del agua excedente de la microcuenca osciló entre las cotas 96,4 y 96,8 msnm (niveles superiores no son posibles debido a la presencia de un canal aliviador que permite no comprometer el terraplén).

La profundidad de la napa freática también osciló de la misma forma según la posición de los pozos en el paisaje durante ese tiempo (Figuras 4 y 5), confirmando que la recarga de esta napa colgante es de tipo local, y que el escurrimiento generado en épocas de mayor frecuencia y volumen de lluvias está directamente relacionado al nivel del embalse.

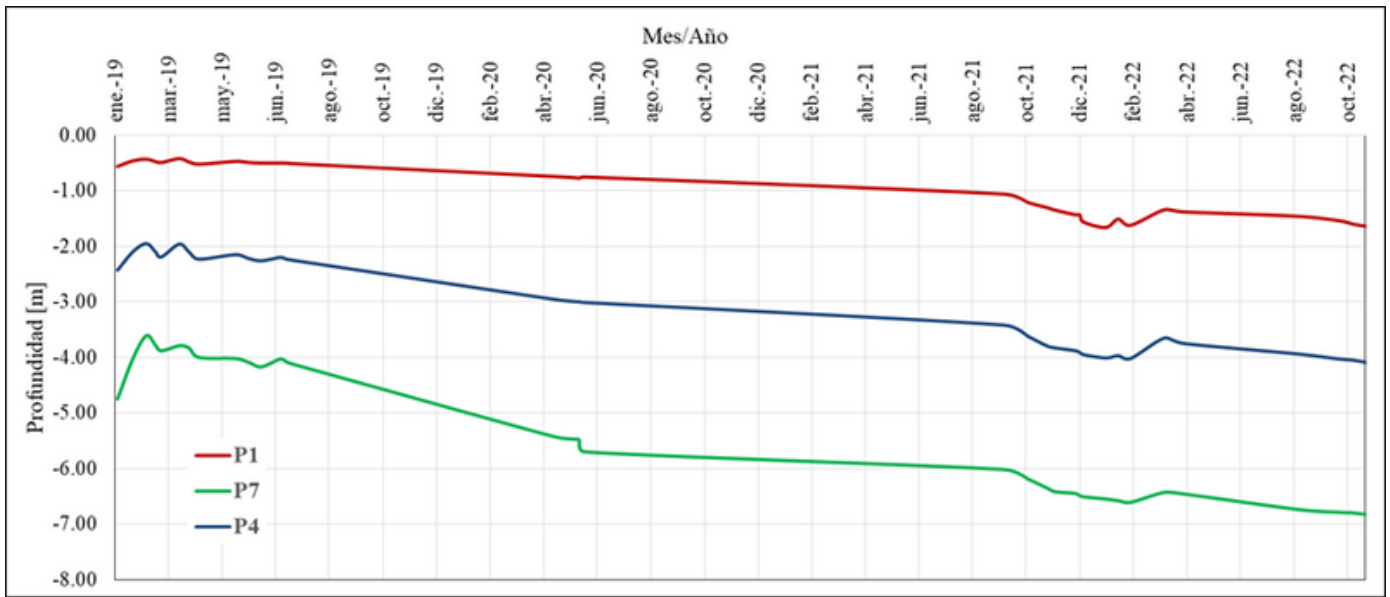


Figura 4. Nivel de napa freática (m) en 3 pozos de observación (P1, P4 y P7).

El nivel de agua se mantuvo relativamente estable durante el año 2019, pero a partir de principios del año 2020 el nivel freático (y por ende el nivel del embalse) comenzó a descender hasta secar los pozos de observación en el año 2023.

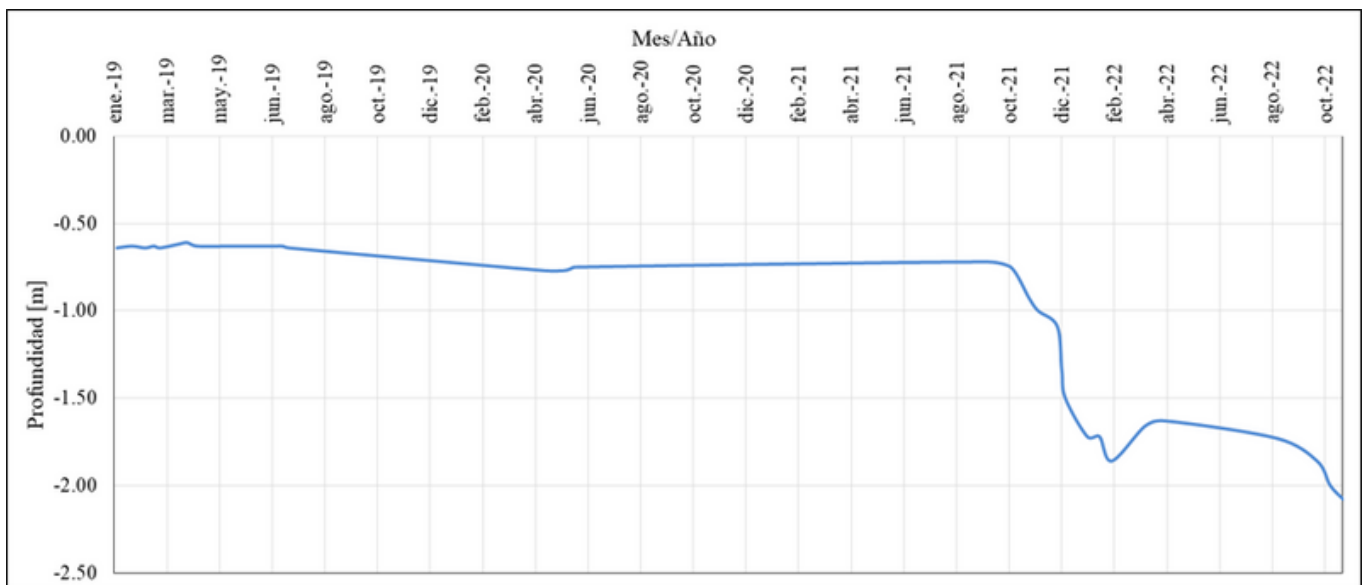


Figura 5. Nivel de superficie de agua del embalse en la unidad de monitoreo agroambiental.

En el transcurso de escasos dos años, la sequía severa de la región dejó al descubierto el lecho del embalse, hecho que no se había registrado anteriormente (Figura 6). Dicho embalse se encuentra conectado a los elementos lineales de conectividad para la conservación de la biodiversidad en la EEA Paraná y con los establecimientos vecinos.



Figura 6. Embalse antes (izquierda, año 2020) y durante (derecha, año 2022) la sequía.

Comentarios finales

Este episodio subraya no solo la fragilidad de los ecosistemas acuáticos, sino también la severidad de los impactos del cambio climático con una Niña seca muy acentuada, impulsada por patrones climáticos alterados por la actividad humana. Similar descenso de la napa que se mide en esta microcuenca, fue reportado en varios lugares de la provincia, donde los pozos de agua para el ganado y las viviendas rurales también sufrieron los impactos de la sequía. El destino acontecido por este embalse es un recordatorio de nuestra responsabilidad colectiva para mitigar el cambio climático y preservar ecosistemas vulnerables, como también para desarrollar herramientas y tecnologías para la adaptación a las nuevas frecuencias y magnitudes de los eventos extremos.

Para seguir leyendo...

Van Opstal, N.V.1, Seehaus, M.S.1, Primost, J.2, Gabioud, E.A.1, Wilson, M.G.1, Wingeyer, A.B.1 y Sasal, M.C1. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS EN SUELOS DE MICROCUENCA AGRÍCOLA DECLARADA ZONA DE RESGUARDO AMBIENTAL. XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Buenos Aires 2022. Suelos saludables, sustento de la sociedad y el ambiente". 15 al 17 noviembre de 2022. Tomo 3. <https://congreso2022.suelos.org.ar/wp-content/uploads/2022/11/TOMO3-XXVIIIACS2022.pdf>

J.E. Primost, M.S. Seehaus, N.V. Van Opstal, E.A. Gabioud, M.G. Wilson, A.B. Wingeyer, C.A. Bonetto, H.D. Mugni, M.C. Sasal. Plaguicidas en humedales. Presencia, retención y compartimentalización en una microcuenca agrícola. XI Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo (UMS 2021). ¿Cómo dejamos el suelo a las próximas generaciones? Bahía Blanca (edición Argentina). Dic. 2021. <https://ums2021.suelos.org.ar/wp-content/uploads/2021/11/A3-Primost-1.pdf>

Para más información:
vanopstal.natalia@inta.gob.ar

ESCURRIMIENTOS Y PÉRDIDAS DE SUELO EN SECUENCIAS AGRÍCOLAS DURANTE 3 CICLOS AGRÍCOLAS CON DÉFICIT HÍDRICOS



Seehaus M.S., Gabioud E.A., Wingeyer A.B., Maffini G.D., Capellacci M., Van Opstal N., Wilson M.G., Sasal M.C, Melgares E., Velazquez S.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agropecuaria Paraná
Departamento Recursos Naturales y Gestión Ambiental

Desde el año 1971, la Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA en Entre Ríos (EEA Paraná) realiza la medición de escurrimientos y pérdidas de suelo de acuerdo con la metodología propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Las parcelas diseñadas para tal fin tienen una superficie de 100 m² con 3,5 % de pendiente y permiten controlar los ingresos de agua de las lluvias y la medición de los excedentes hídricos por escurrimiento debido a que cuentan con una mampostería perimetral y un sistema de piletas de captación de los escurrimientos. En estas parcelas se estudian variables agronómicas y ambientales en distintas secuencias de cultivos bajo siembra directa y se cuenta además con parcelas de referencia de una situación de pastizal natural y de suelo desnudo, este último caso, laboreado 2 veces al año (Figura 1).

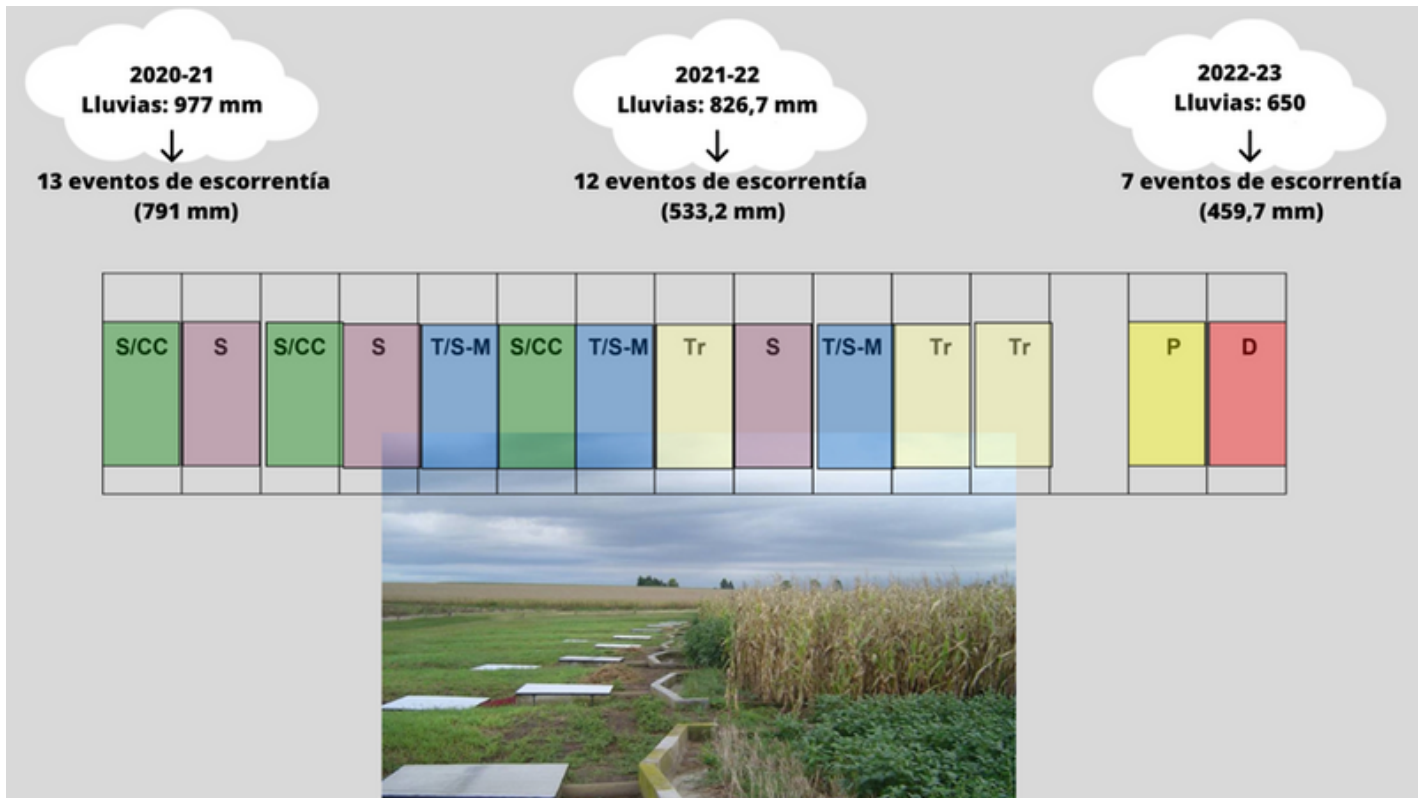


Figura 1. Esquema de dispositivo experimental y datos sobre lluvias acumuladas y eventos de escorrentía para el periodo 2020-2023. S/CC = soja con trigo como cultivo de cobertura; S = monocultivo de soja; T/S-M = rotación trigo/soja-maíz; Tr = parcelas en transición agroecológica, con menor uso de insumos de síntesis química; P = pastizal natural; D = suelo desnudo.

A su vez, dentro de la EEA Paraná se cuenta con un Observatorio Agrometeorológico que releva datos desde 1934, los 365 días del año, 3 veces al día (9, 15 y 21 h) y que brinda información importante de soporte para este tipo de ensayos de larga duración.

El análisis de los datos históricos en las parcelas de escorrentía, estiman un número de 20 a 30 eventos por año que generan escorrentía durante un ciclo agrícola con lluvias cercanas a la media histórica (aproximadamente 1000 mm anuales). Wingeyer et al. (2023) analizaron datos de lluvias durante los últimos 3 años (2020-2022) y afirman que estos años están caracterizados por déficit hídricos comparándolos al periodo de referencia (1991-2020). Este déficit pudo evidenciarse en las parcelas, donde se registraron cantidades menores de eventos que generaron escorrentía y lluvia acumulada (Figura 1).

Respecto a las pérdidas de agua vía escurrimiento, un análisis previo realizado entre 2010 y 2016 (Seehaus et al., 2018) señala diferencias importantes en cuanto a las pérdidas de agua por escurrimiento entre secuencias, con diferencias entre el monocultivo de soja y la secuencia maíz-trigo/soja. Para el periodo tomado en este estudio (2020-2023), caracterizado por déficit hídrico, se obtuvieron valores menores de escurrimiento anuales en las secuencias analizadas (Tabla 1). Cabe destacar que, en este periodo, la secuencia trigo/soja presente en el periodo 2010-2016, pasó a un manejo con menor uso de insumos de síntesis química (denominada “transición agroecológica”- “Tr”), por lo cual no se cuenta con datos previos de referencia. En este manejo, se han realizado cultivos de cobertura como trigo y vicia, interrupción mecánica de los mismos, y cultivos de cosecha (soja, maíz).

Tabla 1. Esgurrimientos en el periodo de estudio y periodo 2010-16 para las parcelas de escorrentía.

Secuencia	Esgurrimiento o Esgorrentía			
	(media anual 2020-23, mm)	Esgurrimiento/ llluvias 2020-23 (%)	(media anual 2010-16, mm)	Esgurrimiento/ llluvias 2010-16 (mm)
S	32,2	4,2	109,7	10
S/CC	25,9	2,9	103,7	9,5
Tr	16,5	1,8	----	----
T/S-M	9,1	1	49,7	4,5
P	6,7	0,8	18	1,6
D	52,6	6,3	247,3	22,6

Los resultados obtenidos en cuanto a pérdida de suelo en promedio para los tres ciclos agrícolas (2020-23) mostraron valores superiores para monocultivo de soja y suelo desnudo respecto de las restantes secuencias (Tabla 2).

Tabla 2. Pérdidas de suelo en el periodo de estudio (2020-23) y periodo 2010-16 para las parcelas de escorrentía.

Secuencia	Suelo (t ha ⁻¹) (media anual 2020-23)	Suelo (t ha ⁻¹) (media anual 2010-16)
S	3,40	1,80
S/CC	0,50	1,30
Tr	0,08	---
T/S-M	0,03	0,40
P	0,09	0,05
D	3,05	24,90

En general, al igual que para la variable esgurrimientos, los valores medios de pérdida de suelo en el periodo de estudio 2020-23 fueron menores que el promedio anual del periodo 2010-16, sin embargo, queremos destacar lo ocurrido para el tratamiento monocultivo de soja. Al mirar cada ciclo agrícola se observa que los valores de pérdida de suelo y agua vía esgurrimiento durante 2020-21 y 2021-22 fueron menores respecto a los registrados en 2022-23 (Tabla 3), incluso este último con menor volumen de llluvias acumuladas y eventos que generaron esgorrentía. Observando en detalle el comportamiento de cada evento durante 2022-23, pudo identificarse uno en particular, ocurrido en mayo de 2023, que disparó las pérdidas, tanto de agua como de suelo en este tratamiento. Se destaca que este evento registró 180,5 mm acumulados en un momento donde el suelo de esta secuencia se encontraba en barbecho. Si bien la parcela de suelo desnudo tampoco tenía cobertura, presentaba un laboreo reciente (10 días previos) que favoreció la infiltración. Estos factores explicarían los valores hallados.

Tabla 3. Pérdidas de agua y suelo durante los ciclos agrícolas en estudio para monocultivo de soja (S).

Ciclo agrícola	Monocultivo de soja	
	Esgurrimiento (mm)	Suelo (t ha ⁻¹)
2020-21	35,2	0,4
2021-22	16	0,2
2022-23	45,4	9,7

Comentarios finales

Los ensayos de larga duración y el soporte que brindan los datos meteorológicos contribuyen a la toma de decisiones para mejorar la gestión integral de los sistemas agrícolas. Los resultados que aquí se muestran estiman valores de pérdidas de suelo y agua para diferentes secuencias de cultivo en un periodo reciente marcado por lluvias inferiores a las normales. Sin embargo, si bien en general los valores son menores comparados con ciclos agrícolas "normales", algunos eventos marcados por condiciones desfavorables (lluvia acumulada, barbecho, suelo con escaso rastrojo) pueden generar pérdidas muy importantes y disparar los valores medios anuales. Lo hallado, sustenta a las recomendaciones de implementar secuencias más intensificadas, que mantengan el suelo con cobertura vegetal la mayor parte del año, para mitigar el impacto de eventos extraordinarios y contribuir a la sustentabilidad de las producciones agrícolas.

Para seguir leyendo...

WINGEYER A.B., MELGARES E., GABIOUD E.A., SEEHAUS M.S.y MAFFINI G.D. 2023. Temperaturas y precipitaciones en 2022 en el área de influencia del INTA EEA Paraná. Serie Extensión INTA Paraná N° 89, pág.76-79

SEEHAUS M, GABIOUD E., VAN OPSTAL N., OSZUST J.D., WILSON M., BEGHETTO S. y M.C. SASAL 2018. Escurrimiento superficial y pérdidas de fósforo y nitrógeno asociadas a secuencias de cultivo en siembra directa. En Actas del XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Tucumán, Argentina, pag 1656-1661

Para más información:
seehaus.mariela@inta.gob.ar

ISSN 0325 - 8874
SERIE DE EXTENSIÓN INTA PARANA n° 91

Especial 90 Aniversario Observatorio Agrometeorológico del INTA Paraná

Con motivo de la conmemoración de los 90 años del Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná, se elaboró esta edición especial de la Serie de Extensión donde los investigadores de la Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA ponen en valor la información meteorológica para los diferentes sistemas productivos.

La obtención y registro de la información meteorológica permite, no solo la evaluación de los fenómenos ocurridos, las mediciones de los presentes sino también la estimación de posibles escenarios futuros a través de la implementación de distintos modelos de predicción.

Para la región, eventos extremos como inundaciones, sequías, altas temperaturas y tormentas intensas están aumentando su frecuencia y magnitud, imponiendo mayor presión sobre los sistemas agroalimentarios.

En esta edición se presentan resultados de la magnitud e impacto de algunos de estos desafíos sobre los cultivos y los recursos naturales.

#somosINTA Paraná



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina