



XIX Reunión Argentina de Agrometeorología

“Producción Armónica y Sustentable”

Andrea I. Irigoyen – Marisa G. Cogliati – Paula A. Paez –
M. Fernanda Reyes – Leonardo Serio

Editores Responsables

RADA 2022

28 al 30 de septiembre de 2022

Neuquén, Argentina



XIX Reunión Argentina de Agrometeorología

Irigoyen, Andrea I.; Cogliati, Marisa G.; Paez, Paula A.;

Reyes, M. Fernanda; Serio, Leonardo A.

Editores Responsables

Irigoyen, Andrea I.; Reyes, M. Fernanda; Wingeyer, Ana B.

Compiladores

Asociación Argentina de Agrometeorología

Balcarce, Buenos Aires, Argentina

Asociación Argentina de Agrometeorología

XIX Reunión Argentina de Agrometeorología : Producción Armónica y Sustentable / 1a ed compendiada. - Balcarce:
Asociación Argentina de Agrometeorología, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-26317-2-7

1. Agronomía. 2. Climatología. 3. Meteorología. I. Título.

CDD 630.7

Fecha de catalogación: 27/09/2022

XIX Reunión Argentina de Agrometeorología
Producción Armónica y Sustentable
Septiembre 2022

Irigoyen, Andrea I.; Cogliati, Marisa G.; Paez, Paula; Reyes, M.F.; Serio, L.
(Editores responsables)

2022 by Asociación Argentina de Agrometeorología (AADA)
Balcarce, Argentina
correoaada@gmail.com - www.siteaada.org

ISBN: 978-987-26317-2-7

Primera edición: septiembre de 2022

Online

Equipo editorial

Sello editorial

Asociación Argentina de Agrometeorología

Editores responsables

Irigoyen, Andrea Inés (UNMdP, CIC)

Cogliati, Marisa Gloria (UNCo)

Paez, Paula Andrea (UNRN)

Reyes, María Fernanda (UNCo, CONICET)

Serio, Leonardo Ariel (UBA)

Compiladores

Irigoyen, Andrea Inés (UNMdP, CIC)

Reyes, María Fernanda (UNCo, CONICET)

Wingeyer, Ana Beatriz (INTA)

Diseño del logo del evento

Maestu, Matías

Autoridades de la AADA período 2020-2022

Presidente

Andrea Inés Irigoyen (UNMdP, CIC)

Vicepresidente

Antonio de la Casa (UNC)

Secretaria

Marisa Gloria Cogliati (UNCo)

Secretaria de Actas

Ana Beatriz Wingeyer (INTA)

Prosecretaria

Andrea del Valle Rivarola (UNRC)

Tesorero

Angel Domingo Blasón (UNLZ)

Protesorero

Matías Alejandro Cambareri (UNMdP)

Vocales Titulares

Leonardo Ariel Serio (UBA)

Silvia Ana C. Cravero (UNSa)

Vocales Suplentes

Patricia Irene Figuerola (UNdeC)

Guillermo Antonio Rondán (UNER)

Comisión Organizadora del evento RADA 2022

Presidente

Marisa Gloria Cogliati (UNCo)

Vicepresidente

Paula Andrea Paez (UNRN)

Secretario

Ricardo del Barrio (UNRN)

Tesorero

Juan Carlos Forquera (UNCo)

Protesorero

Diego Agustín González (UNCo)

Colaboradores

Marcela Filippi (UNRN)

Hugo Leonel García (UNCo)

Guillermo Antonio Rondán (CONICET, UNER)

Ana Beatriz Wingeyer (INTA)

Andrea Inés Irigoyen (UNMdP, CIC)

Comité Científico del Evento RADA 2022

Presidente

Reyes, M. Fernanda (Universidad del Comahue UNCo, CONICET)

Vicepresidente

Serio, Leonardo (Universidad de Buenos Aires UBA)

Pares evaluadores

Aguirre, César Augusto (CONICET- Universidad Nacional de Entre Ríos UNER)

Barrucand, Mariana (Universidad de Buenos Aires UBA, CONICET)

Bohn, Vanesa (CONICET, Universidad Nacional del Sur UNS)

Cambareri, Gustavo Sebastián (INTA)

Cardoso, María Betina (Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC) Centro Científico y Tecnológico CONICET, Patagonia Norte)

Carmona, Facundo (Instituto de Hidrología de Llanuras, CIC-UNCPBA-CONICET)

Caviglia, Octavio (CONICET, Universidad Nacional de Entre Ríos UNER)

Coronel, Alejandra (Universidad Nacional de Rosario UNR)

de la Casa, Antonio (Universidad Nacional de Córdoba UNC)

Degano, María Florencia (Instituto de Hidrología de Llanuras, CIC-UNCPBA-CONICET)

Della Chiesa, Tomás (Universidad de Buenos Aires UBA)

Ferrelli, Federico (Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), Centro Científico y Tecnológico CONICET (CCT Bahía Blanca)

Figuerola, Patricia (Universidad Nacional de Chilecito UNdC)

Garbi, Mariana (Universidad Nacional de La Plata UNLP)

Gassman, María Isabel (CONICET, Universidad de Buenos Aires)

Holzman, Mauro Ezequiel (Instituto de Hidrología de Llanuras, CIC-UNCPBA-CONICET)

Irigoyen, Andrea Inés (Universidad nacional de Mar del Plata, UNMdP)

Izquierdo, Natalia (Universidad Nacional de Mar del Plata UNMdP CONICET)

Martin, Paula Beatriz (Servicio de Hidrografía Naval SHN CONICET UBA)

Palese, Claudia (Universidad Nacional del Comahue UNCo)

Penalba, Olga Clorinda (Universidad de Buenos Aires UBA, CONICET)

Rivas, Raúl Eduardo (Instituto de Hidrología de Llanuras, CIC-UNCPBA-CONICET)

Serio, Leonardo Ariel (Universidad de Buenos Aires UBA)

Vinocur, Marta Graciela (Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC)

Wingeyer, Ana Beatriz (CONICET, INTA)

Zanvettor, Roberto (Universidad Nacional de Córdoba UNC)

Auspiciaron el evento

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

Ministerio de la Producción de la provincia de Río Negro

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Han declarado de interés institucional al evento RADA 2022

Universidad Nacional de Río Negro Sede Alto Valle-Valle Medio (Res. 1540/2021)

Universidad Nacional del Comahue Facultad de Ciencias Agrarias (Res. 068/2021)

Universidad Nacional del Comahue Facultad de Humanidades (Res. 0199/2021)

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia del Neuquén (Nota 01497536/2021)

Prólogo

Con cuarenta y ocho años a la fecha, la Asociación Argentina de Agrometeorología (AADA) ha fomentado el desarrollo de la Ciencia Agrometeorológica en todo el país y con sus actividades ininterrumpidas ha reunido a investigadores, docentes, estudiantes, profesionales y empresarios vinculados directa o indirectamente a ella.

En ocasión de la XIX Reunión Argentina de Agrometeorología, nos acercamos a una región tan particular en su fisonomía geográfica, productiva y cultural, como el Comahue (tierra de riquezas en la lengua nativa). La Reunión, con sede en Neuquén, fue coorganizada por docentes de dos Universidades Nacionales de dos provincias vecinas (UNCo y UNRN), involucrando un equipo interdisciplinario de tres unidades académicas. El equipo de trabajo no demoró mucho tiempo en definir un lema tan acorde con la misión de la AADA y con la Agenda Global 2030: Producción Armónica y Sustentable.

Esta publicación reúne los resúmenes extendidos presentados en la Reunión de referencia y pretende mostrar el estado de arte de la disciplina. Se agradece especialmente a la Presidencia del Comité Científico por la dedicación en la tarea realizada y a los colegas que participaron como pares evaluadores y permitieron la presentación de este documento en tiempo y forma.

En nombre de la AADA, el agradecimiento a las instituciones que auspiciaron el evento y a las Universidades que asistieron con los recursos y las capacidades disponibles. Por último, a los autores por las contribuciones que han enriquecido los conocimientos y el debate para desarrollar estrategias innovadoras en un ambiente cambiante.

Andrea I. Irigoyen, presidenta de la Asociación Argentina de Agrometeorología

Listado de Resúmenes por Área Temática
(Orden alfabético de primer autor)

Área Temática 1

Agrometeorología y Biometeorología

Código	Autores	Título	Pág.
AT1-001	Cogliati, M.G. Paez, P.A. Mut, P. Caputo, M.A. Sepúlveda, J. Tello Sandoval, M. Di Sario, L. Lopez Maldonado, P.	Mediciones de emisiones de bioaerosoles en un feedlot en Neuquén, Argentina	21
AT1-002	Crespo, C. Martínez, R.D. Wyngaard, N. Divito, G.A. Martínez Cuesta, N. Barbieri, P.	Efecto de las condiciones ambientales en la respuesta a la fertilización nitrogenada en maíz de segunda	23
AT1-003	D'Amico, M. Guaymasí, D. Saldua, V.L. Abre, M.H. Martínez, S.B. Garbi, M.	Efecto del injerto y forma de conducción de la planta sobre la fenología y acumulación térmica en tomate	25
AT1-004	Dell'Arciprete Giglio, L.A. Pinciroli, M. Sánchez de la Torre, M.E. Martínez, S.B. Garbi, M.	Días a cosecha y condiciones ambientales para un ciclo de tomate temprano en La Plata, Buenos Aires, Argentina	27
AT1-005	Figueiras, E. Lúgaro, T. Calabrese, L.D. Rossi Lopardo, M.S. Fernández Long, M.E.	Precipitación anual media en Argentina 1991 –2020 a partir de cuatro fuentes de datos	29
AT1-006	Fuente, G.E. Martín, D.M. Gallo, S.L. del Barrio, R.A.	Requerimientos térmicos para brotación y floración del pecán (<i>Carya Illinoensis (Wangench.) C. Koch</i>] en el valle inferior del Río Negro	31
AT1-007	Guaymasí, D. Saldua, V.L. Abre, M.H. D'Amico, M. Martínez, S.B. Garbi, M.	Respuesta fenológica y productiva a la poda en berenjena	33
AT1-008	Harbar, A. Padín, M.A. Rossi, C.A.	Caracterización meteorológica invernal en sistemas silvopastoriles en fajas: humedad relativa y velocidad del viento	35
AT1-009	Harbar, A. Padín, M.A. Rossi, C.A.	Caracterización térmica invernal en sistemas silvopastoriles en fajas	37
AT1-010	Iglesias, M.P. Bonelli, L.E. Irigoyen, A.I.	Estación de crecimiento de maíz tardío en el centro-sudeste bonaerense para escenarios climáticos recientes y futuros	39
AT1-011	Iglesias, M.P. Bonelli, L.E. Irigoyen, A.I.	Exposición a temperaturas mínimas de estados susceptibles de maíz tardío en el centro-sudeste bonaerense para escenarios climáticos recientes y futuros	41

AT1-012	López, A. Reyes, M.F. Blackhall, V. Guidalevich, V. Azpilicueta, M.M. Cartez, A. Forquera, J.C. Marchelli, P.	Evaluación de cuatro poblaciones de <i>Festuca pallescens</i> en un jardín común con características climáticas distintas a los sitios de origen	43
AT1-013	Masi, M.A. Pomes, J. Zanek, C. De Benedetto, J. Chale, W. Martínez, S.B.	Caracterización biometeorológica de dos híbridos de alcaucil (<i>Cynara cardunculus</i> L.) en Junín, pcia. de Bs. As.	45
AT1-014	Padín, M.A. Harbar, A. Rossi, C.A.	Caracterización meteorológica del verano en sistemas silvopastoriles en fajas: humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento	47
AT1-015	Padín, M.A. Harbar, A. Rossi, C.A.	Caracterización térmica del verano en sistemas silvopastoriles en fajas	49
AT1-016	Pereyra Iraola, M.M. Zubiri, M. Bodega, J.L. Nagore, M.L. Darwich, G.A. Martínez, R.D.	Efecto de la fecha de siembra y el cultivar sobre el desarrollo de colza 00 en el sudeste bonaerense	51
AT1-017	Pincioli, M. Puig, L. Dell'Arciprete, L. Díaz, C. Maiale, S. Garbi, M. Martínez, S.B.	Efecto del ácido salicílico sobre la respuesta al estrés y fenología de tomate	53
AT1-018	Puccetti, C. Repetto, P. Iuvaro, P. Fernández Long, M.E.	Validación de estimaciones del contenido hídrico del suelo de un modelo de balance hidrológico para el predio de la Facultad de Agronomía-UBA	55
AT1-019	Ramos, S. Garin, R.	Respuesta del crecimiento del eucalipto a las temperaturas	57
AT1-020	Rivarola, A. Brizuela, V. Llames, A. Accastello, N. Patón, L.	Comportamiento de las precipitaciones en las localidades de Río Cuarto, Laboulaye y Manfredi (Córdoba) y sus efectos para los sistemas socioecológicos agropecuarios de la región	59
AT1-021	Sierra, C. Guaymasí, D. Saldua, V.L. Puig, L. Chale, W. Martínez, S.B. Garbi, M.	Caracterización de las condiciones agrometeorológicas y producción de dos cultivares de batata en La Plata (Buenos Aires, Argentina)	61
AT1-022	Toffoli, G.D. Costamagna, D.A. Méndez, L.A. Acetta, P.M. Leva, P.E. Taverna, M.	Efecto del estrés calórico en vacas lecheras sobre el tiempo de rumia y de jadeo (Datos preliminares)	63
AT1-023	Véliz, A. Maio, S. Calabrese, L. Fernández Zapiola, G. Fernández Long, M.E.	El Balance Hidrológico Operativo para el Agro con coeficiente de cultivo y su relación con el rendimiento del maíz	65

Área Temática 2

Micrometeorología y Modelización Biofísica

Código	Autores	Título	Pág.
AT2-001	José, A.S. Anibalini, V.A. Coronel, A.S.	Estudio de la isla de calor en el mes de enero en Zavalla (Santa Fe, Argentina)	69
AT2-002	Pereyra, R. Crespi, R.J. Vinocur, M.G. Llames, A.A. Rivarola, A.	Comparación de metodologías para determinar la evapotranspiración de referencia en la zona de Río Cuarto (Córdoba)	71

Área Temática 3

Instrumental, Redes de Observación y Servicios Agroclimáticos

Código	Autores	Título	Pág.
AT3-001	Aguilera, R.B. Ahumada, G.E. Belmonte, M. Maure Russó, E.M. Martínez, M.E.	Caracterización microclimática de viñedos mediante dispositivos de software libre	75
AT3-002	Blasón, A.D. Padín, M.A. Mollá Kralj, A.	Prototipo para discriminar efectos sobre componentes del balance de energía bajo estas térmico	77
AT3-003	Forquera, J.C. González, D.A. Reyes, M.F. García, H.L.	Evapotranspiración de referencia en Cinco Saltos, Río Negro: comparación de métodos para la temporada de verano 2022	79

Área Temática 5

Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

Código	Autores	Título	Pág.
AT5-001	Barberis, J.G. Kantolic, A. Barrucand, M.	Estudio comparativo de la relación entre los rendimientos de soja y las temperaturas extremas del aire y la superficie terrestre considerando datos observados, reanálisis e información satelital	83
AT5-002	Calabrese, L.D. Fernández Zapiola, G.M. Maio, S. Véliz, A. Fernández Long, M.E.	Evaluación del modelo BHOA considerando un coeficiente de cultivo genérico estimado con sensores remotos	85
AT5-003	Cambareri, G.S. Galetti, M. Frusso, E.A.	Estimación del área de la copa arbórea de cultivares de pecán mediante el uso de fotogrametría por Vant en el sudeste bonaerense	87
AT5-004	Fernández Zapiola, G.M. Calabrese, L.D. Maio, S. Véliz, A. Fernández Long, M.E.	Comparación de dos modelos de estimación de coeficiente cultivo (Kc) a partir de NDVI	89
AT5-005	Ovando, G. de la Casa, A. Díaz, G. Díaz, P. Clemente, J. Soler, F.	Evaluación del empleo de NDVI y SIF para el monitoreo del rendimiento de soja y maíz en Córdoba	91

Área Temática 6

Variabilidad Climática y Cambio Climático, Adaptación, Mitigación y Resiliencia

Código	Autores	Título	Pág.
AT6-001	Alabar, F. Valdiviezo Corte, M. Moreno, C. Hurtado, R.	Temperaturas extremas registradas en estaciones del noroeste argentino	95
AT6-002	Anibalini, V.A. Yurun, V. Dickie, M.J.	Riesgo pasado y futuro de ocurrencia de olas de calor durante el período crítico de maíz en Zavalla, Santa Fe	97
AT6-003	Blanco, P.S. Doyle, M.E.	Evolución y tendencia de las tierras secas en Argentina durante las últimas décadas (1961-2018)	99
AT6-004	Brendel, A.S. del Barrio, R.A. Campoy, J.A.	Los agrosistemas patagónicos ante escenarios futuros de creciente escasez hídrica	101
AT6-005	de la Casa, A. Ovando, G. Díaz, G. Díaz, P. Clemente, J. Soler, F.	Tendencia de las condiciones hidrológicas en Córdoba ente 1970 y 2020: análisis preliminar con datos de Pilar, Río Segundo	103
AT6-006	Dickie, M.J. Barbero, S. Anibalini, V. Jozami, E. Coronel, A.	Análisis de la variabilidad espacio temporal de las precipitaciones en cinco localidades del sur de Santa Fe (Argentina)	105
AT6-007	Forgioni, F.P. Coronel, A. Dickie, M.J. Jozami, E.	Cambios en la relación entre el ONI y las precipitaciones del trimestre estival en la provincia de Santa Fe	107
AT6-008	Groppa, M. Llano, M.P.	Cambios en la covariabilidad entre temperatura y precipitación durante el período crítico del cultivo de maíz	109
AT6-009	Leite, F.F.G. Cambareri, G.S. Faverin, C. Beltrán, M. Frusso, E.	"Puntos fríos" y "Puntos calientes" de emisión de gases de efecto invernadero para plantaciones jóvenes de nogal pecan en el sudeste bonaense durante otoño	111
AT6-010	Llames, A.A. Vianco, A. Rivarola, A. Accastello, N. Patón, L.	Indicadores de resiliencia a la variabilidad climática en sistemas productivos del sur de la provincia de Córdoba	113
AT6-011	Penalba, O.C. Stainoh, F. Pántano, V.C.	Períodos de escasas precipitaciones que impactan en el rendimiento de trigo: contribuyendo al sistema de alerta temprana	115
AT6-012	Pérez, S.P. Cassani, M.T. Sabatté, M.L. Irigoin, J. Langoni, J. Massobrio, M.J.	Evaluación de tierras en diferentes condiciones climáticas en la subregión pampa arenosa, Argentina	117
AT6-013	Waisbein, L.D. González, M.H. Rolla, A.L. Ayala, S.N. Oliveri, P.C. Garbarini, E.M. Vita Sánchez, M.S.	Eficiencia de las técnicas de aprendizaje automático en el pronóstico probabilístico de la precipitación en el norte patagónico	119

Área Temática 7

Adversidades Agroclimáticas, Riesgo y Vulnerabilidad Socioambiental

Código	Autores	Título	Pág.
AT7-001	Accastello, N. R. Rivera J. A. Rivarola, A. del V. Llames, A.A. Patón, L.	Análisis de dos eventos de sequía y su impacto en el rendimiento de trigo en la provincia de Córdoba	123
AT7-002	Basso, C.N. Alippi, A. Lutz, M.C. Forquera, J.C. Sosa, M.C.	Consorcio bacteriano con potencial nucleador de hielo asociado a almendros en floración temprana y tardía en la norpatagonia	125
AT7-003	Castañeda, M.E. González, M.H. Spescha, L.B. Fernández Long, M.E. Rolla, A.L.	Pronóstico estadístico de la reserva de agua del suelo en la región pampeana	127
AT7-004	Castro, J.G. Caretta, A.I. Albors, C.M.	Zonificación granicera del Valle de Tulum, San Juan	129
AT7-005	Lúgaro, T. Peretti, M. Barnatán, I. Fernández Long, M.E.	¿De dónde viene el viento en Argentina?	131
AT7-006	Méndez, M. Vergara, G. Casagrande, G.	Régimen de heladas meteorológicas y agrometeorológicas para la región central del área agrícola de La Pampa	133
AT7-007	Muñoz Lorenzo, J.P. Caretta, A. Albors, C.M.	Ocurrencia de viento Zonda y el riesgo asociado en el momento de floración del pistacho	135
AT7-008	Orozco-Montoya, R.A. Penalba, O.C.	Probabilidad de lluvias extremas críticas para las plantaciones bananeras en el Caribe de Costa Rica y su relación con el ENOS	137
AT7-009	Portocarrero, R. Agüero, S. Biaggi, C. Zeman, E.	Agresividad de las precipitaciones históricas y actuales en el sur de Tucumán	139
AT7-010	Serritella, D.A. Mollá Kralj, A. Blasón, A.D.	Índice de Peligrosidad Climático de Heladas (IPCH) en la región pampeana argentina	141
AT7-011	Serritella, D.A. Mollá Kralj, A. Blasón, A.D.	Mapa del Índice de Peligrosidad anual de heladas (IPAH) en la región pampeana argentina: año 2019	143
AT7-012	Sosa, G.D. Fernández Long, M.E. Vicente-Serrano, S.M.	Comparación entre tres índices de sequía para tres localidades de la región pampeana	145
AT7-013	Valdiviezo Corte, M. Alabar, F. Moreno, C. Hurtado, R.	Régimen agroclimático de heladas en los Valles templados y cálidos de Jujuy, Argentina	147

Área Temática 8

Educación, Extensión y Sociedad

Código	Autores	Título	Pág.
AT8-001	Cravero, S.A.C.	Rediseño del dictado de Agroclimatología en la Universidad Nacional de Salta dante la pandemia	151

Listado de Autores por Orden Alfabético

A	Abre, M.H.	25,33	F	Faverin, C.	111			
	Accastello, N.R.	59,113,123		Fernández Long, M.E.	29,55,65,85,89			
	Acetta, P. M.	63			127,131,145			
	Aguero, S.	139		Fernández Zapiola, G.	65,85,89			
	Aguilera, R.B.	75		Figueiras, E.	29			
	Ahumada, G.E.	75		Forgioni, F.P.	107			
	Alabar, F.	95,147		Forquera, J.C.	43,79,125			
	Albors, C.M.	129,135		Fuente, G.E.	31			
	Alippi, A.	125		Frusso, E.A.	87,111			
	Anibalini, V.A.	69,97,105		G	Galetti, M.	87		
	Ayala, S.N.	119			Gallo, S.L.	31		
	Azpilicueta, M.M.	43			Garbarini, E.M.	119		
	B	Barberis, J.G.			83	Garbi, M.	25,27,33,53,61	
		Barbero, S.			105	García, H.L.	79	
Barbieri, P.		23	Garin, R.		57			
Barnatán, I.E.		131	González, D.A.		79			
Barrucand, M.		83	González, M.H.		119,127			
Basso, C.N.		125	Groppa, M.		109			
Belmonte, M.		75	Guaymasi, D.		25,33,61			
Beltrán, M.		111	Guidalevich, V.		43			
Biaggi, C.		139	H		Harbar, A.	35,37,47,49		
Blackhall, V.		43			Hurtado, R.	95,147		
Blanco, P.S.		99	I		Iglesias, M.P.	39,41		
Blasón, A.D.		77,141,143		Irigoin, J.	117			
Bodega, J.L.		51		Irigoyen, A.I.	39,41			
Bonelli, L.E.		39,41		Iuvaro, P.	55			
Brendel, A.S.	101	J	José, A.S.	69				
Brizuela, V.	59		Jozami, E.	105,107				
C	Cambareri, G.S.		87,111	K	Kantolic, A.	83		
	Campoy, J.A.		101		L	Langoni, J.	117	
	Calabrese, L.D.		29,65,85,89			Leite, F.F.G.	111	
	Caputo, M.A.		21			Leva, P.E.	63	
	Cartez, A.		43			Llames, A.	59,71,113,123	
	Caretta, A.I.		129,135			Llano, M.P.	109	
	Cartez, A.		43			López, A.	43	
	Casagrande, G.		133			Lopez Maldonado, P.	21	
	Cassani, M.T.		117			Lúgaro, T.	29,131	
	Castañeda, M.E.		127			Lutz, M.C.	125	
	Castro, J.G.		129			M	Maiale, S.	53
	Chale, W.		45,61				Maio, S.	65,85,89
	Clemente, J.	91,103	Marchelli, P.				43	
	Cogliati, M.G.	21	Martin, D.M.				31	
Coronel, A.S.	69,105,107	Martínez, M.E.	75					
Costamagna, D.A.	63	Martínez, R.D.	23,51					
Cravero, S.A.C.	151	Martínez, S.B.	25,27,33,45,53,61					
Crespi, R.J.	71	Martínez Cuesta, N.	23					
Crespo, C.	23	Masi, M.A.	45					
D	D'Amico, M.	25,33	Massobrio, M.J.	117				
	Darwich, G.A.	51	Maure Russó, E.M.	75				
	De Benedetto, J.	45	Méndez, L.A.	63				
	de la Casa, A.	91,103	Méndez, M.	133				
	Del Barrio, R.A.	31,101	Mollá Kralj, A.	77,141,143				
	Dell'Arciprete Giglio, L.A.	27,53	Moreno, C.	95,147				
	Díaz, C.	53	Muñoz Lorenzo, J.P.	135				
	Díaz, G.	91,103	Mut, P.	21				
	Díaz, P.	91,103						
	Dickie, M.J.	97,105,107						
	Di Sario, L.	21						
	Divito, G.A.	23						
	Doyle, M.E.	99						

N	Nagore, M.L.	51
O	Oliveri, P.C.	119
	Orozco-Montoya, R.A.	137
	Ovando, G.	91,103
P	Padín, M.A.	35,37,47,49,77
	Páez, P.A.	21
	Pántano, V.C.	115
	Patón, L.M.	59,113,123
	Penalba, O.C.	115,127
	Peretti, M.	131
	Pereyra, R.	71
	Pereyra Iraola, M.M.	51
	Pérez, S.P.	117
	Pincioli, M.	27,53
	Pomés, J.	45
	Portocarrero, R.	139
	Puccetti, C.	55
	Puig, L.	53,61
R	Ramos, S.	57
	Repetto, P.	55
	Reyes, M.F.	43,79
	Rivarola, A.d.V.	59,71,113,123
	Rivera, J.	123
	Rolla, A. L.	119,127
	Rossi, C.A.	35,37,47,49
	Rossi Lopardo, M.S.	29
S	Sabatté, M.L.	117
	Saldúa, V.L.	25,33,61
	Sánchez de la Torre, M.	27
	Sepúlveda, J.	21
	Serritella, D.A.	141,143
	Sierra, C.	61
	Soler, F.	91,103
	Sosa, G.D.	145
	Sosa, M.C.	125
	Spescha, L.B.	127
	Stainoh, F.A.	115
T	Taverna, M.	63
	Tello Sandoval, M.	21
	Toffoli, G.D.	63
V	Valdiviezo Corte, M.	95,147
	Véliz, A.	65,85,89
	Vergara, G.	133
	Vianco, A.	113
	Vicente-Serrano, S.M.	145
	Vinocur, M.G.	71
	Vita Sánchez, M.	119
W	Waisbein, L.D.	119
	Wyngaard, N.	23
Y	Yurun, V.	97
Z	Zanek, C.	45
	Zeman, E.	139
	Zubiri, M.	51

Área Temática 1

Agrometeorología y Biometeorología

MEDICIONES DE EMISIONES DE BIOAEROSOLES EN UN FEEDLOT EN NEUQUÉN, ARGENTINA

Cogliati*, M.G.¹; Paez, P.A.²; Mut, P.²; Caputo, M.A.^{2,3}; Sepúlveda, J.²; Tello Sandoval, M.²;
Di Sario, L.²; Lopez Maldonado, P.²

¹ Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén, Argentina

² Universidad Nacional de Río Negro, Centro de Investigaciones y Transferencia de Río Negro, Río Negro, Argentina

³ Comisión Nacional de Energía Atómica, Bariloche, Río Negro, Argentina

***Contacto:** marisa.cogliati@fahuncoma.com.ar

Palabras clave: ganado bovino; cría intensiva; material particulado

INTRODUCCIÓN

Los bioaerosoles son partículas de origen biológico suspendidos en el aire como: bacterias, hongos, virus, toxinas microbianas, polen, proteínas y enzimas. Tales partículas pueden estar suspendidas en el aire como organismos individuales o adheridos a partículas de polvo o diminutas gotas de agua. El 25 % del material biológico adherido al material particulado PM10 constituye un bioaerosol (Jones y Harrison, 2004). Los corrales de engorde de ganado son un sistema de producción eficiente porque la alimentación está altamente manejada y los animales aumentan de peso rápidamente. Sin embargo, debido a la densidad del número de cabezas de ganado, los corrales son fuentes de amoníaco (McGinn *et al.*, 2007), metano (McGinn *et al.*, 2008) y polvo (Sweeten *et al.*, 1988). Además, entre el 19 y 53% de las partículas (Sweeten *et al.*, 1988) son material particulado con diámetro menor a 10 μm [PM10]. Las partículas se originan principalmente al pulverizar la superficie seca y el estiércol por la acción de las pezuñas del ganado activo (Sweeten *et al.*, 1998). El presente trabajo presenta la medición de bioaerosoles en la estancia La Paisana en Añelo, Neuquén, para lo cual se plantea realizar estimaciones de emisión de bioaerosoles y muestreos *in situ* de la bacteria gram negativa *Escherichia coli* (*E. coli*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de muestreo fue la Estancia La Paisana, a 27 km de Añelo, Neuquén (Figura 1a). La estancia es un campo con 10 corrales con hacienda bovina confinada con alrededor de 600 cabezas de ganado. El feedlot realiza recolección y acopio de estiércol. Los animales cuentan con bebederos con agua limpia, zonas de sombra y un área lo suficientemente grande como para que los animales estén dispersados (Figura 1b).



Figura 1. a) Ubicación de la estancia La Paisana en Neuquén. b) Vista satelital ampliada de los corrales en La Paisana

Los muestreos se realizaron el 20 de febrero de 2020 y 05 de abril del 2022. Se realizaron mediciones activas con un equipo muestreador de aire Microflow α , y pasivas, instaladas en 34 puntos dentro de los corrales y a barlovento y sotavento. Las mediciones activas se hicieron con intervalos de exposición de 1 y 10 min y una medición activa adicional de 2 h para detectar el patógeno *E. coli* O157. Las mediciones pasivas fueron realizadas durante 10 min y media hora. El flujo establecido en las mediciones activas fue de 30 L/min, y las muestras impactaron en placas de Petri con CHROMagar (Figura 2a y 2b). La bacteria gram negativa *E. coli* tiene entre 1,1 y 1,5 μm en su eje menor y entre 2,0 y 6,0 μm en su eje mayor, por lo que se los pudo clasificar como PM10 para la comparación con la bibliografía. Con el objeto de detectar la presencia del patógeno *E. coli* O157 en los sitios de muestreo se realizaron las determinaciones siguiendo el protocolo de la técnica ISO 16654:2001, el cual fue realizado de manera íntegra en el Laboratorio de Salud Ambiental de la provincia de Río Negro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zona de estudio se encuentra en un ambiente árido con poca humedad y suelo con poca cobertura vegetal como se puede observar en la Figura 1, lo que favorece la incorporación de partículas al aire. En ambos eventos el viento presentó intensidades entre 1,0-4,0 m/s con un período de 7,0 a 11,0 m/s en el día 20 de febrero, ambas situaciones presentaron cielo despejado y humedad relativa menor a 20%. Días anteriores al muestreo del 05/04/2022 se registró precipitación de 2,1 mm. En la Tabla 1 se resumen los datos meteorológicos obtenidos del Global Data Assimilation System (GDAS). Los resultados de los muestreos activos *in situ* de la bacteria *E. coli* se informan como recuento de UFC *E. Coli* por m³ de aire muestreado. En ambos muestreos los mayores recuentos de *E. Coli* fueron mayores en el interior de los corrales (Figura 2a y 2b). El máximo para intervalos de 1 min fue de 2967 UFC/m³ para el 20/02/2020. A una distancia de 100 m y 300 m de los corrales con confinamiento se registró un recuento de hasta 111 UFC/m³ y de 20 UFC/m³ para 3 min y 5 min respectivamente; (sotavento de la emisión). El 05/04/2022 el máximo fue 33 UFC/m³, no observándose recuentos en lugares alejados de los corrales. De los muestreos pasivos realizados para la fecha del 05/04/2022 el mayor recuento de colonias (15 UFC) se obtuvo en el interior de los corrales, en cercanía del corral denominado C6 (Figura 1b). En las muestras analizadas y con el procedimiento utilizado no se encontró presencia del patógeno *E. coli* O157.

Tabla 1. Parámetros meteorológicos durante los experimentos de campo en La Paisana. Precipitación (P, mm), estabilidad atmosférica (EA, Pasquill), velocidad del viento (v, m/s), dirección del viento (DD), temperatura media del aire (T, °C) (Fuente: NOAA Air Resources Laboratory). La precipitación corresponde al día 03/04/2022.

	20/02/2020	05/04/2022
DD	ENE a E	NO a OSO OSO a S
V (m/s)	1,0 – 4,0 7,0 – 11,0	1,0 – 4,0 < 1,0
EA	C - A	F - E
P (mm)	.	2,1 (03/04/2022)
T (°C)	19,9	15,0



Figura 2. a) Corrales y muestreo activo Microflow α . b) Placas de Petri con CHROMagar Muestreo La Paisana. 20/02/2020. c) muestreo pasivo.

CONCLUSIONES

En ambos casos se detectó la presencia de colonias de bacterias de *E. coli* en el interior de los corrales obteniéndose un mayor recuento el día 20/02/2022 fecha en la cual no se registró precipitación los días previos al muestreo y las temperaturas de muestreo fueron más elevadas. En la misma fecha se obtuvo a sotavento de los corrales recuento de colonias *E. coli*, con distintas concentraciones, que se asociaría a las condiciones atmosféricas, por lo que es importante la realización de un mayor número de muestreos para completar el análisis espacial de los bioaerosoles en zonas cercanas al feedlot. Con respecto a la detección de la presencia del patógeno *E. coli* O157 en experimentos posteriores se realizará la caracterización molecular de factores de virulencia ya que los resultados en esta etapa no son concluyentes.

REFERENCIAS

- Jones, A.M.; Harrison, R.M. 2004. The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations—a review. *Sci.Total Environ.* 326(1-3):151–180.
- ISO 16654. 2001. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para la detección de *Escherichia coli* O157.
- McGinn, S.M.; Chen, D.; Loh, Z.; Hill, J.; Beauchemin, K.A.; Denmead, O.T. 2008. Methane emissions from feedlot cattle in Australia and Canada. *Aust. J. Exp. Agric.* 48:183–185.
- McGinn, S.M.; Flesch, T.K.; Crenna, B.P.; Beauchemin, K.A.; Coates, T. 2007. Quantifying ammonia emissions from a cattle feedlot using a dispersion model. *J. Environ. Qual.* 36:1585–1590.
- Sweeten, J.B.; Parnell, C.B.; Etheredge, R.S.; Osborne, D. 1988. Dust emissions in cattle feedlots. In *Veterinary Clinics of North America. Stress and disease in cattle.* Food Anim. Practice 4:557–578.

EFFECTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LA RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ DE SEGUNDA

Crespo, C.^{1,2}; Martínez*, R.D.¹; Wyngaard, N.^{1,2}; Divito, G.A.³; Martínez Cuesta, N.^{1,2}; Barbieri, P.^{2,4}

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta 226 km 73.5, Balcarce, Argentina

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

³ Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), Buenos Aires, Argentina

⁴ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: rmartinez@mdp.edu.ar

Palabras clave: precipitaciones; rendimiento; dosis de nitrógeno

INTRODUCCIÓN

El doble cultivo se ha propuesto como una estrategia para promover la intensificación ecológica en sistemas de agricultura extensiva. En regiones templadas, el maíz (*Zea mays* L.) podría ser una opción viable para el doble cultivo como cultivo de segunda, después de un cultivo invernal. Sin embargo, falta información sobre cómo se adapta el maíz a las condiciones ambientales que conlleva la siembra tardía. En los sistemas de cultivo de secano, la lluvia y la disponibilidad de agua se encuentran entre los factores limitantes más importantes (Hall *et al.*, 1992). Cuando la disponibilidad de agua es adecuada, el nitrógeno (N) se considera el factor más limitante para maximizar el rendimiento de maíz. La tasa de absorción de N tiende a aumentar a través del ciclo (Ciampitti y Vyn, 2012), siendo máxima la tasa de absorción en la etapa cercana a la floración (Mohkum *et al.*, 2011). Dado que la disponibilidad de N del suelo y su absorción por las plantas varía según las condiciones edafoclimáticas, la dosis óptima de fertilización nitrogenada puede cambiar según el sitio y el año (Zhu *et al.*, 2009). El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta del maíz de segunda a la fertilización con N en Molisoles del sudeste bonaerense y relacionarla con las condiciones meteorológicas durante el período crítico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron once experimentos en campos de socios de diversas regionales de AAPRESID en el sudeste bonaerense entre 2018 y 2021, todos ellos en Argiúdoles Típicos con menos del 2% de pendiente. En cada sitio se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron cinco dosis de N (0, 30, 60, 90 y 120 kg N ha⁻¹), aplicadas al voleo en V3-V4 en forma de CAN (27-0-0). En todos los sitios se sembró el maíz en parcelas de 26 m² aproximadamente desde mediados de diciembre hasta mediados de enero bajo siembra directa sobre residuos de cebada o trigo. La densidad de siembra promedio fue de 45.000 plantas ha⁻¹ siendo el híbrido en cada sitio a elección del productor. Se cosechó manualmente cada ensayo y los rendimientos obtenidos se expresaron a un contenido de humedad de 14%. Para la determinación de la respuesta a la fertilización se utilizó la diferencia entre el rendimiento a dosis máxima y el rendimiento del testigo sin fertilizar. Usando un modelo calibrado localmente para el maíz (Della Maggiora *et al.*, 2002), se calculó un balance de agua del suelo para cada sitio a partir de datos de precipitaciones y evapotranspiración de referencia de estaciones meteorológicas ubicadas en los sitios experimentales o cerca (<10 km) de ellos. Con el modelo, se calcularon el contenido de agua del suelo a intervalos de 10 días para una profundidad de suelo de 120 cm, y los déficits de agua como la diferencia entre la evapotranspiración máxima del cultivo y la evapotranspiración real del cultivo, determinada a partir de la evapotranspiración de referencia y los coeficientes del cultivo de maíz (Allen *et al.*, 1998). En cada sitio, los resultados se analizaron mediante análisis de varianza, evaluando el efecto de las dosis de N en el rendimiento de grano. Las medias se compararon mediante la prueba de diferencia mínima significativa (LSD, p<0,05). Se realizaron análisis de correlación de Pearson entre las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo del maíz variaron entre 207 y 560 mm, excepto en el sitio 1, donde ocurrieron condiciones de sequía extrema (Tabla 1). En general, las precipitaciones fueron similares o mayores a la precipitación media histórica (1988–2018) (374 mm durante el periodo de análisis) en la región estudiada. Sin embargo, todos los sitios presentaron un balance hídrico negativo alrededor del período crítico. El rendimiento en grano de maíz varió entre sitios y años, oscilando entre 2754 y 9036 kg ha⁻¹ (Tabla 2). Se determinó un aumento significativo en el rendimiento provocado por la fertilización con N en ocho sitios. Los aumentos en el rendimiento debido a la fertilización con N variaron de 15 a 50%, con respuestas que llegaron hasta los 3014 kg ha⁻¹. De este modo, la dosis de N influyó directamente en el rendimiento como ha sido reportado previamente (Akmal *et al.*, 2010). Se determinó una correlación positiva entre la lluvia desde la siembra hasta floración y la respuesta del rendimiento del maíz a la fertilización con N ($r = 0,57$, $p < 0,001$, Figura 1a). Además, se determinó una correlación negativa entre el déficit hídrico en el período crítico y la respuesta del rendimiento del maíz a la fertilización con N ($r = -0,35$, $p < 0,05$, Figura 1b). Por el contrario, la temperatura del aire no se correlacionó con el rendimiento del maíz (datos no mostrados).

Tabla 1. Precipitaciones totales durante el ciclo del cultivo de maíz en cada sitio experimental. Celdas sombreadas indican el período crítico del cultivo (15 días antes y 15 días después de emisión de estigmas) en intervalos de 10 días (indicados como 1, 2 y 3). Valores entre paréntesis indican el déficit hídrico en cada período.

Mes	Dec	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
feb	3	56 (36) _b	83 (18)									
mar	1	11 (18)	37 (6)	0 (12)	0 (15)	3 (19)		0 (2)	7 (12)			14 (21)
	2	9 (6)	45 (5)	46 (10)	83 (13)	38 (15)	45 (12)	30 (8)	29 (10)	47 (11)	58 (14)	30 (14)
	3			84 (5)	45 (3)	22 (11)	22 (9)	38 (10)	32 (8)	20 (6)	78 (4)	4 (14)
abr	1						65 (1)			30 (5)	1 (0)	
Total		207 (110)	383 (105)	560 (59)	469 (48)	469 (94)	504 (64)	473 (67)	458 (102)	382 (123)	354 (144)	335 (161)

Tabla 2. Rendimiento en grano de maíz para cada dosis de nitrógeno (N) y sitio. Para cada sitio, letras diferentes indican diferencias entre tratamientos según la prueba LSD ($p < 0,05$). Valores entre paréntesis indican error estándar.

Sitio/ Dosis (kg N ha ⁻¹)	Rendimiento en grano (kg ha ⁻¹)									
	0	30	60	90	120					
S1	2754 (204)	b	3655 (245)	A	3235 (262)	a	3494 (223)	a	3694 (25)	a
S2	7624 (882)	a	7724 (308)	A	7310 (251)	a	8318 (538)	a	7883 (331)	a
S3	4333 (31)	c	4998 (289)	Cd	5966 (113)	bc	7297 (335)	a	6826 (578)	ab
S4	4728 (292)	d	6784 (401)	B	8376 (300)	a	8705 (52)	a	8814 (191)	a
S5	5272 (352)	c	5821 (93)	Bc	6100 (422)	abc	6795 (458)	ab	7084 (217)	a
S6	3737 (511)	a	4928 (139)	A	4445 (267)	a	5288 (413)	a	4638 (543)	a
S7	5713 (576)	c	6487 (635)	Bc	7453 (175)	ab	7811 (530)	a	7230 (345)	a
S8	4252 (483)	c	6109 (1093)	Bc	7795 (545)	ab	8135 (452)	ab	8586 (445)	a
S9	4073 (477)	c	5308 (309)	B	5956 (354)	ab	6537 (119)	a	6422 (387)	a
S10	3194 (223)	a	3900 (191)	A	3932 (45)	a	4033 (290)	a	3615 (262)	a
S11	6022 (608)	c	6218 (341)	C	7360 (287)	b	7792 (341)	b	9036 (324)	a

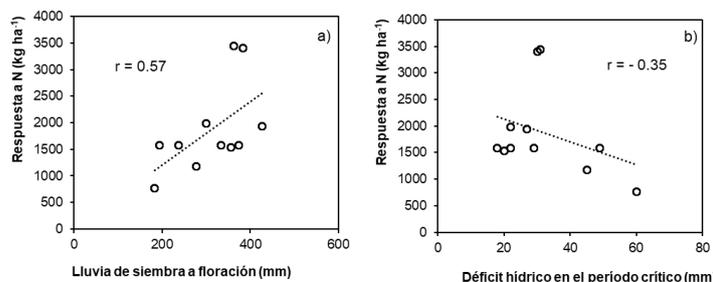


Figura 1. Relación entre la respuesta en rendimiento a la fertilización con N y a la lluvia desde la siembra a la floración (a) y el déficit hídrico en el período crítico (b).

CONCLUSIONES

El rendimiento del maíz de segunda manifestó respuesta a la fertilización nitrogenada en la mayoría de los sitios. Cuando las condiciones ambientales no limitaron el crecimiento se alcanzaron respuestas a la aplicación de N de hasta el 50%. Esto se explicó mediante las relaciones entre las lluvias y el déficit hídrico, con la respuesta a la fertilización.

REFERENCIAS

- Allen, R.G.; PL, S.; Raes, D.; Martin, S. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig Drain Pap 56:1–15.
- Akmal, M.; Rehman, H.; Farhatullah, D.; Asim, M.; Akbar, H. 2010. Response of maize varieties to nitrogen application for leaf area profile, crop growth, yield and yield components. *Pakistan Journal Botanical* 42:1941–1947.
- Ciampitti, I.A.; Vyn, T.J. 2012. Physiological perspective of changes over time in maize grain yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Res.* 133:48–67.
- Della Maggiora, A.I.; Irigoyen, A.I.; Gardiol, J.M.; Caviglia, O.; Echarte, L. 2002. Evaluación de un modelo de balance de agua en el suelo para el cultivo del maíz. *Revista Argentina de Agrometeorología* 2:167–176.
- Hall, A.J.; Rebella, C.M.; Ghersa, C.M.; Cullot, J.P. 1992. Field crop systems of the Pampas. En: Pearson C.J. (ed) *Ecosystems of the world. Field crops ecosystems*. Elsevier scientific. New York, NY. Pp 413–450.
- Mohkum, H.; Ahmad, A.; Wajid, A.; Akhter, J. 2011. Maize response to time and rate of nitrogen application. *Journal Botanical Pakistan* 43:1935–1942.
- Zhu, Q.; Schmidt, J.P.; Lin, H.S.; Sripada, R.P. 2009. Hydrogeological processes and their implications for nitrogen availability to corn. *Geoderma* 154:111–122.

EFFECTO DEL INJERTO Y FORMA DE CONDUCCIÓN DE LA PLANTA SOBRE LA FENOLOGÍA Y ACUMULACIÓN TÉRMICA EN TOMATE

D'Amico, M.¹; Guaymasí, D.¹; Saldúa, V.L.²; Abre, M.H.¹; Martínez, S.B.¹; Garbi*, M.¹

¹Climatología y Fenología Agrícola, ²Genética, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP. Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: mariana.garbi@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: grados-día; floración; fructificación

INTRODUCCIÓN

En tomate (*Solanum lycopersicum*), el uso de plantas injertadas puede producir un retraso en la floración que se atribuye a la interrupción temporaria del crecimiento y prolongación de la fase vegetativa producida por el injerto (Maurya *et al.*, 2019). El crecimiento vigoroso que otorgan los pies permite la conducción de las plantas a más de una rama, modalidad tradicional en las plantas sin injertar. Los productores adoptan mayoritariamente la conducción de plantas injertadas a dos ramas, pero hay una tendencia a incrementar este número para disminuir costos de implantación (Mourão *et al.*, 2015). Existen antecedentes locales que reportan un retraso en la floración y fructificación de las diferentes inflorescencias en tomates injertados (Martínez *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2014). Sin embargo, los resultados no permiten diferenciar si la respuesta se debe al injerto o a la conducción de la planta. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del injerto y del número de ramas por planta sobre la cantidad de días y grados-día acumulados para alcanzar el inicio de fases reproductivas en las distintas inflorescencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo se condujo en un invernadero parabólico de 960 m², ubicado en la E.E. Ing. Agr. Julio Hirschhorn, FCAyF, UNLP (34°58'S, 57°59'O). El trasplante se realizó el 02/11/2021 sobre lomos a 80 cm. Se utilizaron dos tipos de plantas: injertadas y sin injertar, usando Etereí (Seminis®) como copa y Maxifort (Seminis®) como pie, conduciendo las plantas a una (1R), dos (2R) y cuatro (4R) ramas, con distancia entre plantas de 25, 50 y 100 cm, respectivamente (4 ramas.m⁻¹). En el invernadero se registró, cada 30 minutos, la temperatura del aire con una estación meteorológica automática Davis.

Se observó fecha de inicio de floración y fructificación hasta sexto racimo, sobre el tallo principal; considerando inicio de las fases cuando en el 20% de las plantas de cada parcela se produjo la apertura de al menos una flor en la inflorescencia, y la fructificación cuando ocurrió el cuajado de frutos en las flores observadas previamente. Se calcularon la cantidad de días entre el trasplante y el inicio de cada fase y grados-día (GD) acumulados para cada periodo, utilizando el método residual, con una temperatura base de 10 °C. El diseño fue en bloques completos aleatorizados con arreglo factorial 2x3 y tres repeticiones, en parcelas de 3 m. Se aplicó análisis de la varianza y prueba de Tukey (p<0,05), previa verificación del cumplimiento de supuestos requeridos, utilizando el software estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El inicio de floración no fue significativamente modificado por el uso de plantas injertadas ni por el número de ramas por planta en el primer racimo (16 a 23 días y 192 a 280 GD). En el tercer, cuarto y sexto racimo, las plantas injertadas presentaron más tardíamente y con mayor acumulación de GD el inicio de floración (Tabla 1). Además, en el cuarto racimo la floración se retrasó significativamente en 2R, diferenciándose de 1R. En el segundo y quinto racimo, la respuesta fue significativamente modificada por la interacción entre factores: en el segundo racimo, en 4R, el injerto incrementó los días y GD en forma significativa (31 vs. 25 días; p=0,0267 y 364,4 vs. 303,3 GD; p=0,0279); mientras que, en el quinto racimo, en plantas sin injertar, hubo un incremento significativo en 2R (54 días, 674,3 GD), respecto a 1R (49 días, 633,7 GD).

El inicio de fructificación no fue afectado en el segundo racimo; mientras que el injerto incrementó significativamente el inicio de fructificación en el primer, tercer y cuarto racimo (Tabla 2). Se observó, además, un efecto significativo del número de ramas en el cuarto racimo, en el que 2R fue menos precoz que 1R (54 vs. 51 días y 673,8 vs. 628,3 GD). En el quinto racimo se observó interacción significativa entre tratamientos, requiriéndose mayor cantidad de días y GD (62 vs. 55 días; CV=4,02; R²=0,80; p=0,0494 y 806,0 vs. 684,2 GD; CV=5,50; R²=0,80; p=0,0494) en plantas sin injertar a 2R, en relación con plantas a 1R; mientras que en 1R, el injerto incrementó significativamente los requerimientos (61 vs. 55 días; CV=2,11; R²=0,95; p=0,0267 y 788,7 vs. 684,2 GD; CV=2,88; R²=0,95; p=0,0264). En el sexto racimo, la interacción entre tratamientos aumentó los días a fructificación, siendo significativamente mayores en 2R y 4R (68 y 66 días), respecto a 1R (63 días); mientras que la acumulación calórica fue mayor por el injerto (925,0 vs. 861,7 GD; CV=4,68; R²=0,65; p=0,0092). En coincidencia con estos resultados, diversas copas injertadas sobre distintos pies, conducidas a 2R o 4R retrasaron la floración

respecto a híbridos sin injertar a 1R (Martínez *et al.*, 2012, 2014; Oyarzun, 2018). Mourão *et al.* (2015) tampoco observaron diferencias significativas en los días a floración del primer racimo, conduciendo plantas injertadas a dos, tres y cuatro ramas, aunque no las compararon con 1R; señalando que puede darse competencia entre tallos soportados por una misma raíz, situación que puede ser modulada por las condiciones edáficas y provisión de agua, lo que podría explicar el menor impacto del número de ramas sobre la respuesta de la planta.

Tabla 1. Número de días y grados-día acumulados desde el trasplante hasta inicio de floración de tercer, cuarto y sexto racimo en tomate cv. Etereí injertado sobre Maxifort y sin injertar. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2021-2022.

Tipo de planta	3° racimo		4° racimo		6° racimo	
	Días	GD	Días	GD	Días	GD
Sin injertar	33	381,4	43	508,2	57	727,2
Injertadas	38*	443,3*	47*	567,2*	62*	803,9*
CV	9,24	9,92	3,98	4,71	3,11	4,22
R ²	0,68	0,65	0,82	0,81	0,82	0,81
p tipo de planta	0,0062	0,0093	0,3754	0,0006	0,0005	0,0005
p N° ramas	0,0808	0,1050	0,0231	0,0239	0,0892	0,0956
p interacción	0,3883	0,4836	0,1294	0,1492	0,0545	0,0556

*indica diferencia significativa en la columna según análisis de varianza (p<0,05)

Tabla 2. Número de días y grados-día acumulados desde el trasplante hasta inicio de fructificación de primer, tercer y cuarto racimo en tomate cv. Etereí injertado sobre Maxifort y sin injertar. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2021-2022.

Tipo de planta	1° racimo		3° racimo		4° racimo	
	Días	GD	Días	GD	Días	GD
Sin injertar	26	305,9	41	476,2	51	622,9
Injertadas	29*	338,4*	46*	545,5*	54*	674,5*
CV	10,16	9,02	7,83	8,95	2,71	3,37
R ²	0,57	0,56	0,66	0,66	0,83	0,83
p tipo de planta	0,0376	0,0393	0,0094	0,0093	0,0006	0,0005
p N° ramas	0,6929	0,7908	0,0902	0,0874	0,0132	0,0142
p interacción	0,4342	0,4509	0,4138	0,4093	0,1513	0,1489

*indica diferencia significativa en la columna según análisis de varianza (p<0,05)

CONCLUSIONES

En las condiciones de ensayo, las plantas injertadas retrasaron el inicio de floración y fructificación, observándose una incidencia menos frecuente del número de ramas o de la interacción entre factores. Es de interés profundizar las evaluaciones para comprender la respuesta diferencial entre las inflorescencias.

REFERENCIAS

- Martínez, S.; Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Somoza, J.; Morelli, G.; Cerisola, C. 2014. Evaluación de la respuesta agronómica de plantas de tomate injertadas en cultivo bajo invernadero. *Revista de la Facultad de Agronomía* 113: 218–223.
- Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G.; Andreau, R.; Garello, F. 2012. Response of Elpida tomato grafted on different rootstocks. En: 6th International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops. Brasilia, Brasil. 2012.
- Maurya, D.; Pandey, A.K.; Kumar, V.; Dubey, S.; Prakash, V. 2019. Grafting techniques in vegetable crops: A review. *International Journal of Chemical Studies* 7(2): 1664–1672.
- Mourão, I.; Brito, L.M.; Moura, L.; Ferreira, M.E.; Costa, S.R. 2015. The effect of pruning systems on yield and fruit quality of grafted tomato. *Horticultura Brasileira* 35 (2): 247–251.
- Oyarzun, M.A. 2018. Fenología, biometeorología y productividad de dos híbridos de tomate injertados, según forma de conducción de la planta. Trabajo Final. FCAyF, UNLP, La Plata, Buenos Aires. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70266>, consultado: 08/06/2022.

DÍAS A COSECHA Y CONDICIONES AMBIENTALES PARA UN CICLO DE TOMATE TEMPRANO EN LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Dell'Arciprete Giglio, L.A.^{1,2}; Pinciroli, M.²; Sánchez de la Torre, M.E.²; Martínez, S.B.²; Garbi*, M.²

¹ *Becaria de Iniciación en la Investigación, UNLP*

² *Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP. Calles 60 y 119 s/n (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina*

***Contacto:** mariana.garbi@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: grados-día; temperatura del aire; temperatura del suelo

INTRODUCCIÓN

En el cinturón hortícola platense, el primer ciclo de plantación de tomate (*Solanum lycopersicum*) se inicia en junio, con el fin de obtener frutos precozmente (octubre/noviembre) (Barón, 2016). Sin embargo, la evaluación de tres fechas de trasplante, entre julio y septiembre, demostró que no hubo un adelantamiento significativo de la cosecha, obteniéndose, además, mayor cantidad de frutos pequeños (Cremaschi *et al.*, 2012). Para alcanzar las diferentes fases fenológicas el cultivo necesita acumular una determinada cantidad de grados-día, siendo éste un índice adecuado para estimar fechas de cosecha; habiéndose observado una relación lineal entre días transcurridos desde el trasplante, acumulación de grados-día y la tasa de aparición de racimos (Garbi *et al.*, 2006). Este trabajo tuvo como objetivos estimar los días a cosecha según seis fechas de trasplante para un ciclo de tomate temprano y analizar las condiciones térmicas imperantes para la temporada de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con datos meteorológicos registrados desde 01/01/2016 hasta 31/12/2021 obtenidos cada 30 minutos con una estación meteorológica automática Davis Perception II, ubicada en el centro de un invernadero parabólico de 24 x 60 m y 6 m de altura, con orientación N-S, situado en la E. E. Ing. Agr. Julio Hirschhorn (FCAyF, UNLP; 34°59' S/57°59' W/45 m.s.n.m).

Para la evaluación se siguió la siguiente metodología: 1) se consideraron trasplantes quincenales entre el 15/06 y el 30/08; 2) se tomaron valores de grados-día (GD) acumulados desde trasplante a inicio de cosecha informados en trabajos previos para diversos híbridos, en el mismo sitio y época de producción, obteniendo como valor promedio de referencia 837 GD (Grimaldi *et al.*, 2003; Oyarzun, 2018; Garbi *et al.*, 2018; Dell'Arciprete, 2020); 3) para cada año y fecha de trasplante, se calculó la cantidad de días requeridos para alcanzar la acumulación de grados-día referida, a partir de los grados-día acumulados (GD) calculados por el método residual: $GD = \sum T_m - T_b$, donde T_m = temperatura media diaria y T_b = temperatura base (10 °C); 4) se calculó temperatura media, media máxima y mínima, temperatura media del suelo, cantidad de horas con temperatura inferior a 10 °C y valor medio de las mismas.

El diseño fue enteramente aleatorizado con cinco repeticiones. La cantidad de días se sometió a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Las variables ambientales se evaluaron por análisis de varianza y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Se utilizó el programa estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estimación realizada en este trabajo permite observar que fechas de trasplante hasta el 15/07 inclusive producen una prolongación significativa del ciclo respecto a trasplantes del 30/08, obteniéndose 18 días de diferencia en el inicio de la cosecha, cuando el adelanto de la siembra es de 45 a 75 días (Tabla 1). Cremaschi *et al.* (2012) evaluando cuatro híbridos de tomate cultivados bajo invernadero en La Plata, también observaron una reducción significativa en la cantidad de días a cosecha, al retrasar el trasplante del 25/07 al 18/09.

En este trabajo, el trasplante del 30/08 proporciona a las plantas una mayor disponibilidad calórica, dadas las temperaturas significativamente superiores, que además se encuentran más próximas a los valores considerados óptimos para la especie, que según Perry *et al.* (1997) los ubican en 18 a 27 °C (día) y 15 a 18 °C (noche). La fecha de trasplante más tardía presenta una cantidad de horas con temperaturas inferiores a 10 °C significativamente más baja que las fechas previas al 15/07, con valores que para todo el ciclo se ubican entre 6,4 y 7,2 °C; correspondientes al mínimo reportado como cero vegetativo para la especie, que es según distintos autores de 6 °C a 12 °C (Warnock, 1969; Tesi, 1973).

La temperatura del suelo se ubicó dentro del rango de 15 a 18 °C indicado como óptimo para el cultivo de tomate, aunque temperaturas del sustrato en el orden de los 25 °C incrementaron la precocidad y producción en tomate, al mejorar la absorción de nutrientes y agua (Sas *et al.*, 2014), por lo que trasplantes más tardíos podrían aportar este beneficio al cultivo. Cabe señalar que la obtención de cosechas tempranas tiene un valor importante en la zona, por lo que, a pesar de la prolongación en el tiempo de ocupación del terreno, los trasplantes tempranos podrían responder

a este requerimiento. Sin embargo, los resultados obtenidos son variables entre años, e implican inversiones en materiales de protección y mano de obra para mejorar las condiciones ambientales del cultivo.

Tabla 1. Días estimados a primera cosecha (acumulando 837 GD) temperatura del aire y del suelo según fecha de trasplante para un ciclo temprano de tomate. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2016 – 2021.

Trasplante	1° cosecha			Temperatura del aire (°C)					Temp. suelo (°C)
	Días	D.E.	Fecha	Media	Máx. media	Mín. media	Horas T<10 °C	Media T< 10 °C	
15/06	155 d	11,3	16/11	15,2 a	15,8 a	14,2 a	513 c	6,4	15,4 a
30/06	143 cd	10,8	20/11	15,6 ab	16,2 ab	14,7 ab	448 c	6,4	15,9 ab
15/07	131 bcd	10,9	22/11	16,2 abc	16,9 abc	15,3 abc	372 bc	6,4	16,6 abc
30/07	119 abc	10,5	25/11	16,9 bcd	17,7 bcd	16,0 bcd	294 abc	6,7	17,4 bcd
15/08	106 ab	10,3	29/11	17,7 cd	18,4cd	16,8 cd	223 ab	6,9	18,3 cd
30/08	96 a	9,1	04/12	18, 6 d	19,4 d	17,7 d	154 a	7,2	19,4 d
p	<0,0001			0,0002	0,0005	0,0003	0,0006	ns	0,0016
CV	-----			3,72	4,69	4,20	26,32	8,00	7,15
R ²	-----			0,82	0,80	0,80	0,71	0,29	0,60

Medias con una letra diferente en la columna difieren significativamente según prueba de Kruskal-Wallis para datos de cosecha y prueba de Tukey para datos de temperatura ($p < 0,05$)

CONCLUSIONES

En la zona de La Plata no sería recomendable el trasplante de tomate antes del 15/07 inclusive. Debe señalarse la importancia de validar estas estimaciones con ensayos de campo, aunque esta información puede ayudar a dar una respuesta inicial a una problemática de la región.

REFERENCIAS

- Barón, C. 2016. Boletín Electrónico de Tomate nro. 35. Gerencia de Calidad y Tecnología - CMCBA. http://www.mercadocentral.gob.ar/sites/default/files/docs/tomate35_0.pdf Consultado 07/06/2022.
- Cremaschi, G.; Andreau, R.; Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G.; Bidondo, D. 2012. Effect of transplanting date on the phenology and production of 4 tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hybrids grown under greenhouse. Acta Horticulturae 927:301–308.
- Dell’Arciprete, L. 2020. Caracterización bioclimatológica, fenológica y productiva de dos híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Tesis de grado, FCAyF, UNLP, La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111463>, Consultado: 07/06/2022.
- Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.B.; Gimenez, D. 2006. Relaciones entre el desarrollo del cultivo de tomate, la cantidad de días desde el trasplante y la suma de temperatura acumulada. Revista Brasileira de Agrometeorología 14 (2):168–173.
- Garbi, M.; Carbone, A.; Puig, L.; Martínez, S.B. 2018. Fenología, tiempo térmico e intercepción de radiación fotosintéticamente activa en tomate injertado conducido a dos y cuatro ramas. En: XVII Reunión Argentina de Agrometeorología, 2018, Villa de Merlo, Argentina.
- Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Garbi, M. & Morelli, G. 2003. Unidades calóricas acumuladas en un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero plástico. Revista Brasileira de Agrometeorología 11(2):379-383.
- Oyarzun, M. 2018. Fenología, biometeorología y productividad de dos híbridos de tomate injertados, según forma de conducción de la planta. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70266>, Consultado: 07/06/2022.
- Perry, K.B.; Wu, Y.; Sanders, D.C.; Garret, T.; Decoteau, D.R.; Nagata, R.T.; Dufault, R.J.; Batal, K.D.; Granberry, D.M.; McLaurin, W.J. 1997. Heat units to predict tomato harvest in the southeast USA. Agricultural and Forest Meteorology 84:249–254.
- Tesi, R. 1983. Influencia dei bassi regimi termici nelle colture di pomodoro e zucchini. Colture Protette 6:17–22.
- Sas, L.; Trzcinski, P.; Bakalarska, M.; Holownicki, R.; Konopacki, P.; Treder, W. 2014. The influence of heated soil in crop of “Tamaris” tomato plants on the biological activity of the rhizosphere soil. Advances in Microbiology 4: 191–211.
- Warnock, S.L. 1969. A linear heat unit system for tomato in California. Journal of the American Society for Horticultural Science 94 (6):677–678.

PRECIPITACIÓN ANUAL MEDIA EN ARGENTINA 1991 – 2020 A PARTIR DE CUATRO FUENTES DE DATOS

Figueiras*, E.¹; Lúgaro, T.¹; Calabrese, L. D.¹; Rossi Lopardo, M.S.¹; Fernández Long, M.E.¹

¹UBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola FAUBA, Av. San Martín 4453 CABA Argentina

*Contacto: efigueiras@agro.uba.ar

Palabras clave: AgERA5; CHIRPS; NASA POWER

INTRODUCCIÓN

La precipitación es un fenómeno irregular, que se distribuye heterogéneamente en el espacio y en el tiempo. Esta variabilidad se encuentra asociada a factores climáticos como el relieve, la distancia al mar o la circulación atmosférica (Cravero *et al.*, 2017). La cordillera de los Andes intercepta el cinturón ecuatorial de bajas presiones, el área subtropical de altas presiones y los vientos extratropicales del oeste; dando lugar a la diagonal árida de América del Sur, que se extiende de NO a SE (Seluchi *et al.*, 2003). Entre 5° y 30° S prevalecen condiciones áridas a lo largo de la costa del Pacífico, mientras que las condiciones húmedas y lluviosas prevalecen en las laderas orientales. Este gradiente se invierte al sur de los 35°S, con sectores lluviosos en los que predomina la vegetación boscosa en el Sur de Chile y precipitaciones máximas sobre la vertiente occidental de los Andes, mientras que las condiciones semiáridas están presentes hacia el este, lo que determina la estepa de la Patagonia argentina (Garreaud, 2009). En el Noreste Argentino y la Región Pampeana la humedad proviene del Anticiclón del Atlántico Sur, como también del continente húmedo tropical, generando un gradiente de precipitación que disminuye en sentido noreste – sudoeste (Barros, 2008). Por último, la región de las Yungas constituye una franja angosta con intensas precipitaciones orográficas como consecuencia del gradiente altitudinal y la formación de bajas presiones estacionales durante el verano (Grau, 2004; Bianchi y Cravero, 2010).

En Argentina, la baja densidad de estaciones meteorológicas en la mayor parte del país limita la descripción de la distribución espacial de las precipitaciones y los gradientes de precipitación. En este sentido, las observaciones satelitales constituyen una herramienta que permite obtener datos de precipitación de todo el país con altas resoluciones espaciales y temporales (Kidd, 2001). Sin embargo, existen diversas fuentes de error que pueden afectar los valores de precipitación captados por los satélites (Tian *et al.*, 2009). Si bien se encontraron trabajos que comparan datos de precipitación observados con datos obtenidos de productos satelitales, los mismos no analizan la totalidad del territorio argentino, sino algunas regiones como Cuyo, la Cuenca del Plata y el Norte Patagónico argentino (Rivera *et al.*, 2018; Loaiza Cerón *et al.*, 2020; García Bu Bucogen *et al.*, 2022). El objetivo de este trabajo fue comparar cualitativamente la precipitación anual media en Argentina obtenida a partir de cuatro fuentes de datos tanto observados como satelitales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de precipitación diarios obtenidos de cuatro fuentes de datos. Los datos observados se obtuvieron de la red de observaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de 123 estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio argentino. Los datos satelitales utilizados en este trabajo, corresponden a (i) POWER del Centro de Investigación Langley de la NASA (LaRC), de la base de datos “Agroclimatology”, de resolución espacial 0,5° y temporal diaria; (ii) AgERA5, proveniente de la quinta generación de reanálisis climáticos del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF), de resolución espacial 0,1° y temporal diaria; y (iii) CHIRPS (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations), generados a partir de información satelital y observaciones realizadas por servicios meteorológicos nacionales y regionales, con una resolución espacial de 0,05° y extensión de 50°S – 50°N (Funk *et al.*, 2015). Se realizó un mapa de precipitación anual para cada fuente de datos, realizados para el período 1991-2020, utilizando el sistema de gestión de base de datos PostgreSQL y el software QGIS. Para la generación del mapa de los datos provenientes del SMN se realizó una interpolación con el método “lineal no sesgado” (Ordinary Kriging) incluido en el software SAGA GIS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mapas realizados con datos satelitales (Figura 1. b, c y d) permiten visualizar el efecto de la cordillera sobre las precipitaciones en el Sur del país, a diferencia del mapa realizado con datos del SMN (Figura 1. a). Puede observarse que Ag-ERA5 (Figura 1. c) sobreestima la extensión e intensidad de las precipitaciones en la región de bosques andino – patagónicos entre los 40° y 55° S, con respecto a NASA POWER y CHIRPS (Figura 1. c y d). En la región de Cuyo, se puede observar que Ag-ERA5, presenta mayores valores de precipitación, en comparación con el resto de los mapas. Esta región se caracteriza por ser una de las más secas del país, formando parte de la diagonal árida. Por lo tanto, ERA5 podría estar sobreestimando la precipitación en esta región del país. En la Región Pampeana y Noreste del país no se observan grandes diferencias entre las distintas bases de datos, lo que probablemente se deba a la alta densidad de estaciones meteorológicas en estas regiones. La Región de las Yungas no puede distinguirse en los mapas de SMN y

NASA POWER, pero sí en los mapas de Ag-ERA5 y CHIRPS, que presentan mayor resolución espacial. Sin embargo, se observan diferencias en la intensidad de la precipitación captada en esta zona por ambos conjuntos de datos. En cuanto a los valores máximos de precipitación registrados en cada base de datos, se encontró una gran variabilidad. En NASA POWER, el valor máximo es de 1900 mm en la Provincia de Misiones; en CHIRPS, es de 3300 mm en la región de Bosques andino - patagónicos en la Provincia de Río Negro y en Ag – ERA5 es de 5500 mm al sudoeste de la Provincia de Santa Cruz. Estos dos últimos valores resultaron mayores que el máximo observado en el mapa del SMN, que es de 2100 mm en la Provincia de Misiones, mientras que el valor máximo de NASA POWER resultó menor.

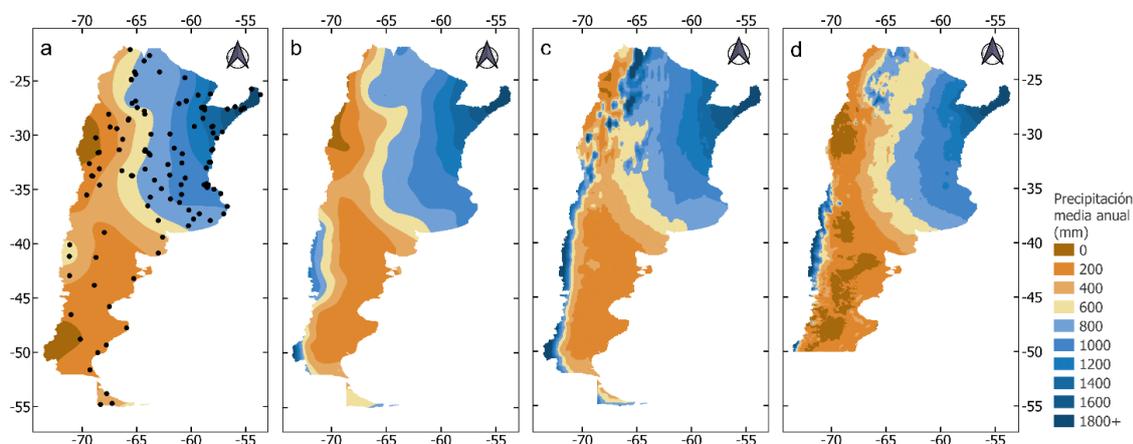


Figura 1. Precipitación Anual Media (mm) para el período 1991-2020 con datos obtenidos de a) SMN, b) NASA POWER, c) AgERA5 y d) CHIRPS. Los puntos en el mapa a) corresponden a las estaciones meteorológicas utilizadas.

CONCLUSIONES

La utilización de datos satelitales permite cartografiar patrones de precipitación en zonas donde la densidad de estaciones meteorológicas es baja, como en Patagonia y la Región de las Yungas, así como obtener mayor resolución espacial en zonas productivas donde la precipitación es una variable esencial para el sector agropecuario. Existen diferencias entre las distintas fuentes de datos satelitales, siendo Ag-ERA5 la que presenta patrones de precipitación más diferentes. Sin embargo, en el Noreste Argentino y Región pampeana las cuatro fuentes de datos mostraron una distribución e intensidad similares de la precipitación anual media. En este trabajo se realizó un análisis preliminar descriptivo, por lo que a futuro se plantea evaluar estadísticamente las diferencias en la precipitación obtenida a partir de las distintas fuentes de datos y con distintas escalas temporales, como mensual, estacional, semestral y anual.

REFERENCIAS

- Barros, V.R. 2008. Capítulo 3: El Cambio Climático en Argentina en Solbrig, O. T.; Adámoli, J. (Eds.), *Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable*. Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.
- Bianchi, A.R.; Cravero, S.A.C. 2010. *Atlas Climático Digital de la República Argentina*. (INTA), Buenos Aires.
- Cerón, W.L.; Molina-Carpio, J.; Ayes Rivera, I.; Andeoli, R.V.; Toshie Kayano, M.; Canchala, T. 2020. A principal component analysis approach to assess CHIRPS precipitation dataset for the study of climate variability of the La Plata Basin, Southern South America. *Nat Hazards* 103:767–783.
- Cravero, S.A.C.; Bianchi, C.L.; Elena, H.J.; Bianchi, A.R. 2017. *Clima de Argentina: Mapas digitales mensuales de precipitación y precipitación menos evapotranspiración potencial*. Adenda del Atlas climático digital de la República Argentina; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Funk, C.; Peterson, P.; Landsfeld, M.; Pedreros, D.; Verdin, J.; Shukla, S.; Husak, G.; Rowland, J.; Harrison, L.; Hoelln, A.; Michaelsen, J. 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Sci Data* 2, 150066.
- García Bu Bucogen, G.; Piccolo, M.C.; Bohn, V.Y. 2022. Implementación de datos meteorológicos modelados en el norte patagónico argentino (1982-2017). *Investigaciones Geográficas* (78):67–87.
- Garreaud, R.D. 2009. The Andes climate and weather. *Adv. Geosci.* 7:1–9.
- Grau, R. 2004. Dinámica de Bosques en el gradiente altitudinal de las Yungas Argentinas. *Ecología y Manejo de los Bosques de Argentina*. 30 p.
- Kidd, C. 2001. Satellite rainfall climatology: a review. *Int. J. Climatol.* 2:1041–1066.
- Rivera, J.A.; Marianetti, G.; Hinrichs, S. 2018. Validation of CHIRPS precipitation dataset along the Central Andes of Argentina. *Atmospheric Research* 213:437–449.
- Seluchi, M.E.; Saulo, A.C.; Nicolini, M.; Satyamurty, P. 2003. The Northwestern Argentinean Low: A Study of Two Typical Events. *Monthly Weather Review* 131(10):2361–2378.
- Tian, Y.; Peters-Lidard, C.D.; Eylander, J.B.; Joyce, R.J.; Huffman, G.J.; Adler, R.F.; Hsu, K.; Turk, F.J.; Garcia, M.; Zeng, J. 2009. Component analysis of errors in satellite-based precipitation estimates, *J. Geophys. Res.* 114:D24101.

REQUERIMIENTOS TÉRMICOS PARA BROTAÇÃO Y FLORACIÓN DEL PECÁN (*Carya illinoensis* (WANGENH.) C. KOCH] EN EL VALLE INFERIOR DEL RÍO NEGRO

Fuente*, G.E.¹; Martín, D.M.^{1,2}; Gallo, S.L.¹; del Barrio, R.A.²

¹ EEA. Valle Inferior del Río Negro, INTA, Km 971, Camino 4, Viedma, CP 8500, Argentina

² Sede Atlántica, Universidad Nacional de Río Negro, Viedma 8500, Argentina

*Contacto: fuente.gaston@inta.gob.ar

Palabras clave: frutos secos; Patagonia; necesidades de frío; acumulación de calor

INTRODUCCIÓN

En las condiciones climáticas de la región Norpatagónica, el desarrollo de una fruticultura regional intensiva debe sustentarse en la suplementación hídrica vía riego y en la evaluación de las disponibilidades calórico-energéticas, para una sincronización ajustada fenología-ambiente en función de los requerimientos ecofisiológicos de la especie considerada (Polgar and Primack, 2011). La mayoría de los árboles frutales de hojas caducas requieren temperaturas frías durante el invierno seguidas de condiciones térmicas cálidas en primavera temprana para romper la dormición y la posterior brotación. Las necesidades de frío y los requerimientos de calor juegan entonces un rol fundamental al momento de seleccionar una especie y cultivar para una ubicación geográfica determinada (Okie and Blackburn, 2011).

En el valle inferior del río Negro, el cultivo de frutos secos tales como el nogal (*Juglans regia* L.) o el avellano (*Corylus avellana* L.) son las actividades frutícolas de mayor crecimiento desde el inicio de este siglo (Bouhier, 2018; Rolka et al., 2014). Recientemente, el cultivo de pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C.Koch], ha cobrado importancia relevante como alternativa productiva en Argentina, evaluándose la aptitud agroclimática de distintas regiones de nuestro país (Conti *et al.*, 2008) y la fenología de diversas variedades (Bouhier y Martín, 2016; Delgado y Carabajal, 2018). El propósito de este trabajo fue determinar las necesidades de frío para la brotación y las necesidades de calor para florecer (inicio de emisión de polen y receptividad de estigmas) en cuatro variedades de pecán en el Valle Inferior del Río Negro, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios fenológicos se realizaron sobre las variedades de pecán Harris Super, Pawnee, Starking y Stuart implantadas en la Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior del Río Negro (EEAVI), Convenio Prov. de Río Negro-INTA, ubicadas a 40° 45'LS y 63° 17' LW y 6 msnm. Durante 6 años (2015-2020) se registraron las fechas de brotación y durante 3 años (2018-2020) las fechas de inicio de la floración femenina (estigma receptivo) e inicio de la floración masculina (liberación de polen). La metodología de observación fenológica siguió los lineamientos de Frusso (2007), con una periodicidad semanal. Las necesidades de frío invernal se cuantificaron mediante tres modelos de acumulación: horas de frío (HF), unidades de frío de Utah (UF) y porciones de frío del modelo Dinámico (MD) (del Barrio *et al.*, 2022). La fecha inicial de acumulación de frío se determinó a partir del valor mínimo de acumulación de frío en el UF, y cuando comienza la acumulación efectiva de porciones de frío en el MD (Luedeling, 2012), considerándose satisfechas las mismas cuando se alcanzaron las fechas de brotación. Los requerimientos de calor se calcularon mediante la suma de temperaturas horarias acumuladas en grados de crecimiento (GDH) propuestos por Richardson *et al.* (1974) y Anderson et al. (1986) desde el primero agosto hasta las fechas de inicio de floración femenina y masculina para cada variedad. Los registros de temperaturas se obtuvieron de una estación meteorológica automática con certificación ISO 9001 MB3LR, marca Davis Instruments® modelo Vantage Pro2, ubicada a 300 m de la parcela experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran las fechas de brotación y las necesidades de frío para las variedades evaluadas. La variedad de pecán más temprana en brotar fue Harri Super y presentó en los diferentes modelos requerimientos promedio de 1259 HF, 1578 UF y 95,3 MD. La variedad Stuart fue la más tardía en brotar y requirió, en promedio, de 1338 HF, 1558 UF y 98,3 MD. El método MD mostró la menor variabilidad.

En las Tablas 2 y 3 se muestran las fechas de inicio de la floración femenina y masculina, respectivamente, y la acumulación de calor correspondiente a cada estadio fenológico de cada variedad. Las variedades evaluadas iniciaron la floración femenina antes que la masculina (protandria), excepto Pawnee. Los valores de acumulación de calor para el inicio de la floración femenina oscilaron entre 19662 y 20377 GDH de acuerdo con el método Richardson y de 18987 a 19670 GDH para el método Anderson. Para el caso del inicio de la floración masculina, las variedades evaluadas mostraron valores en el rango de 19526 a 22652 GDH en el método Richardson y rango de 18857 a 21691

GDH según el método de Anderson. La variabilidad entre años del requerimiento de calor fue menor en el modelo de Anderson.

Tabla 1. Fecha de brotación y necesidades de frío de cuatro variedades de pecán. Valores medios y coeficiente de variación (CV) de 6 años de estudio.

Variedad	Fecha de brotación	HF		UF		MD	
		Media	CV	Media	CV	Media	CV
Harris Super	30/09	1259	8,0	1578	5,3	95,3	5,0
Pawnee	01/10	1258	8,8	1585	6,8	95,8	5,2
Starking	04/10	1280	9,0	1601	6,8	97,0	5,3
Stuart	11/10	1338	11,8	1558	10,5	98,3	5,3

Tabla 2. Fecha de inicio de floración femenina (IFF) y acumulación de calor de 4 variedades de pecán. Valores medios y coeficiente de variación (CV) de tres años de estudio.

Variedad	Fecha de IFF	Método Richardson		Método Anderson	
		Media	CV	Media	CV
Harris Super	12-nov	20277	20,7	19519	18,5
Pawnee	12-nov	19990	6,9	19335	5,4
Starking	11-nov	19662	6,0	18987	5,5
Stuart	13-nov	20377	5,7	19670	4,9

Tabla 3. Fecha de inicio de floración masculina (IFM) y acumulación de calor de 4 variedades de pecán. Valores medios y coeficiente de variación (CV) de tres años de estudio.

Variedad	Fecha de IFM	Método Richardson		Método Anderson	
		Media	CV	Media	CV
Harris Super	16-nov	21091	3,1	20418	1,6
Pawnee	11-nov	19526	3,3	18857	1,9
Starking	18-nov	22068	2,6	21216	3,5
Stuart	20-nov	22652	2,9	21691	2,0

CONCLUSIONES

Este estudio documenta los primeros valores de requerimientos térmicos de diferentes variedades de pecán para la región del VIRN, que resultan útiles para la simulación, con base ecofisiológica, de las fases fenológicas estudiadas para otros años y para distintas condiciones agroclimáticas.

REFERENCIAS

- Bouhier, R.; Martín, D. 2016. Evaluación varietal de Pecán en el Valle Inferior del Río Negro. Memoria técnica 2013-2015. Pág. 56-57. Edición INTA. Estación Experimental Valle Inferior del Río Negro. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_memoria_tecnica.pdf
- Bouhier, R. 2018. El Nogal en la Norpatagonia. 1a.Ed. ed. Ediciones INTA. Viedma. Río Negro. Argentina.36 p.
- del Barrio R.A., Orioli G.A., Brendel, A.S., Lindström L.I., Pellegrini C.N.; Campoy, J.A. 2022. Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Bud Dormancy Dynamics in Northern Patagonia, Argentina. *Front. Plant Sci.* 12:803878. doi: 10.3389/fpls.2021.803878.
- Delgado, E.; Carabajal, D. 2018. Evaluación fenológica del nogal pecán en la provincia de Catamarca. *Revista del CIZAS* 19 (1y 2):7-15.
- Frusso, E.A. 2007. Características morfológicas y fenológicas del pecán. Guía fenológica ampliada y resumida. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_2018_caracteristicas_morfologicas_y_fenologicas_del_pecan_gui_a_fenologica_ampliada_y_resumida.pdf
- Okie, W.R.; Blackburn, B. 2011. Increasing chilling reduces heat requirement for floral budbreak in peach. *HortScience* 46:245-252. doi: 10.21273/hortsci.46.2.245.
- Polgar, C.A.; Primack, R.B. 2011. "Leaf-out Phenology of Temperate Woody Plants: From Trees to Ecosystems." *New Phytol* 191(4): 926-41. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21762163>.
- Richardson, E.A.; Seeley, S.D.; Walker, D.E. 1974. A model for estimation of rest for Redhaven and Elberta peach trees. *HortScience* 1:331-332.
- Rolka J.P.; Ferracuti, W.A.; Martín, D.M. 2014. Manual de pautas tecnológicas para la producción de avellanos en Río Negro. INTA EEA Valle Inferior del Río Negro. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_manual_de_pautas_tecnologicas_para_la_produccion_de_avellanos_en_rio_negro.pdf

RESPUESTA FENOLÓGICA Y PRODUCTIVA A LA PODA EN BERENJENA

Guaymasí, D.¹; Saldua, V.L.²; Abre, M.H.¹; D'Amico, M.¹; Martínez, S.B.¹; Garbi*, M.¹

¹Climatología y Fenología Agrícola, ²Genética, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: mariana.garbi@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: grados-día; ramas; horticultura

INTRODUCCIÓN

La berenjena (*Solanum melongena* L.) se encuentra entre las hortalizas de fruto de mayor importancia, entre los cultivos en invernadero del cinturón hortícola platense (Fernández Lozano, 2012). En esta forma de cultivo es habitual reducir el número de ramas por la planta, controlando el desarrollo vegetativo y reproductivo, para mejorar la calidad de los frutos y la precocidad, además de favorecer la aireación y disminuir problemas sanitarios (Taboada Arias *et al.*, 2011). El conocimiento de la fenología de un cultivo es importante para su manejo correcto e interpretar cambios debidos a factores bioclimáticos; y el tiempo térmico es un índice útil para predecir el crecimiento, con el fin de implementar prácticas de manejo y estimar fechas de cosecha (Moreno Pérez *et al.*, 2011; Sadek *et al.*, 2013).

En berenjena, la información disponible sobre su respuesta bioclimática es escasa, y si bien se encuentra entre las solanáceas hortícolas más tolerantes al calor (Maroto, 1992), las condiciones ambientales que se producen en los invernaderos de La Plata pueden hacer necesaria la poda de la planta para mejorar las condiciones de aireación en el cultivo. Además, resulta importante conocer la respuesta de híbridos aún no difundidos ampliamente en la región. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento fenológico, y productivo de un híbrido de berenjena blanca, conducido con poda a tres y cuatro ramas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en la Estación Experimental Ing. Agr. Julio Hirschhorn (FCAyF, UNLP; 34°59' S; 57°59' O; 45 m s.n.m.), en un invernadero parabólico de 960 m² (24 m x 40 m y 6 m de altura en la cumbre), cubierto con polietileno térmico de 150 µm. El 02/11/2021 se trasplantaron plantines con cuatro hojas verdaderas del híbrido de berenjena blanca Bibo F1 (Semini®), conduciendo las plantas a tres y cuatro ramas, en forma vertical con hilo. El marco de plantación fue de 1 m entre lomos y 0,50 m entre plantas, cubriendo el suelo con lámina de polietileno negro y riego por goteo.

Se registró la fecha de inicio de floración y fructificación hasta el quinto racimo inclusive, primera y última cosecha, calculando la cantidad de días transcurridos desde el trasplante hasta el inicio de cada fase. El inicio de fase se definió cuando el 20 % de las plantas de la parcela presentaron la apertura de al menos una flor (de la inflorescencia correspondiente), y la fructificación cuando se produjo el cuajado de frutos en las flores observadas previamente. Durante todo el periodo de ensayo se registró la temperatura del aire cada 30 minutos con una estación meteorológica automática Davis, ubicada en el centro del invernadero, con el sensor colocado a 1,5 m desde el nivel del suelo. Se calculó la temperatura media, media máxima, media mínima, y la acumulación térmica desde trasplante a inicio de cada fase, utilizando el método residual con una temperatura base de 11 °C (Guaymasí *et al.*, 2018). La cosecha se extendió desde el 21/12/2021 al 08/03/2022, registrándose el rendimiento total.

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con ocho repeticiones, utilizándose cinco plantas por parcela. Los datos correspondientes a número de días se sometieron a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) y la acumulación térmica y rendimiento se evaluaron por análisis de la varianza ($p < 0,05$). Se utilizó el software estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de ensayo la temperatura media fue de 23,3 °C, con temperaturas medias máximas y mínimas de 24,0 °C y 22,6 °C, respectivamente; encontrándose dentro del rango de 20 a 30 °C mencionado como óptimo para la especie durante la etapa de pleno crecimiento (Maroto, 1992). El tipo de poda realizado no produjo modificaciones significativas en la cantidad de días (Tabla 1) ni en la acumulación de grados-día (Tabla 2) requeridos para alcanzar el inicio de floración, fructificación o cosecha. Guaymasí *et al.* (2018), tampoco observaron diferencias significativas en la cantidad de días y grados-día acumulados desde el trasplante a inicio de floración y fructificación del primer al cuarto racimo, al comparar los híbridos de berenjena morada Barcelona (Fito®) y Monarca (Rijk Zwaan®) cultivados en La Plata, aunque la primera floración y fructificación se dieron 56 y 64 días después del trasplante, tras la acumulación de 495 a 614 GD.

Las diferencias en relación a este trabajo, además de las exigencias y tolerancias que puedan ser propias de cada híbrido, pueden estar dadas por el hecho de que la siembra se realizó en agosto, registrándose durante los primeros tres meses de cultivo temperaturas inferiores a las óptimas (12,5 a 17,9 °C). El número de ramas por planta no

produjo modificaciones significativas en el rendimiento, registrándose 4,05 kg.pl⁻¹ en la conducción a tres ramas y 3,98 kg.pl⁻¹ en la conducción a cuatro ramas (CV=11,81; R²=0,71; p=0,1851); resultado equivalente al observado por Taboada Arias *et al.* (2011).

Tabla 1. Número de días desde el trasplante hasta inicio de floración y fructificación de primer a quinto racimo, y primera y última cosecha en berenjena Bibo F1 con poda a tres y cuatro ramas. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2021-2022.

Poda	Inicio de floración					Inicio de fructificación					Cosecha	
	Racimo					Racimo					Primera	Última
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°		
3 ramas	24	38	52	69	83	31	46	65	79	94	49	131
4 ramas	25	38	51	68	82	31	45	63	78	95	49	130
p	0,3911	0,4862	0,9556	0,3897	0,7262	0,8695	0,7388	0,6735	0,6870	0,1713	---	>0,9999

Tabla 2. Grados-día acumulados desde el trasplante hasta inicio de floración y fructificación de primer a quinto racimo, y primera y última cosecha en berenjena Bibo F1 con poda a tres y cuatro ramas. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2021-2022.

Poda	Inicio de floración					Inicio de fructificación					Cosecha	
	Racimo					Racimo					Primera	Última
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°		
3 ramas	268,1	405,5	592,6	847,9	1053,7	327,6	508,8	759,6	1001,2	1194,7	543,0	1535,4
4 ramas	273,1	398,4	576,4	831,1	1047,0	328,4	497,5	782,9	985,2	1208,0	543,0	1556,7
CV	1,95	4,85	5,92	5,60	4,68	4,72	4,44	5,03	4,17	2,25	---	2,76
R ²	0,86	0,84	0,80	0,53	0,34	0,69	0,93	0,71	0,60	0,38	---	0,82
p	0,1025	0,4877	0,3813	0,4980	0,7944	0,9206	0,3483	0,2685	0,4634	0,3595	---	0,3506

CONCLUSIONES

En las condiciones de ensayo, se concluye que el híbrido de berenjena Bibo F1 puede conducirse indistintamente con poda a tres o cuatro ramas en condiciones de invernáculo en La Plata (Buenos Aires, Argentina), sin que se afecte su precocidad, duración del periodo productivo ni rendimiento.

REFERENCIAS

- Fernández Lozano, J. 2012. La producción de hortalizas en Argentina. https://campus.mec.gob.ar/pluginfile.php/180309/mod_resource/content/1/La%20Producci%C3%B3n%20de%20Hortalizas%20en%20Argentina.pdf, consultado: 7/06/2022.
- Guaymasí, D.; Garbí, M.; Morelli, G.; Martínez, S. (*Ex aequo*). 2018. Días y tiempo térmico a floración y fructificación en solanáceas cultivadas en invernadero en La Plata. *Horticultura Argentina* 37 (92):34-41.
- Maroto, J.V. 1992. *Horticultura Herbácea Especial*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 568 pp.
- Moreno Pérez, E.; Mora Aguilar, R.; Sánchez del Castillo, F.; García-Pérez, V. 2011. Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 17:5-18.
- Sadek, I.I.; Mostafa, D.M.; Yousry, M.M. 2013. Appropriate six equations to estimate reliable growing degree-days for eggplant. *American-Eurasian Journal Agricultural & Environmental Sciences* 13 (9): 1187-1194.
- Taboada Arias, A.; Salleres Neira, B.; Iglesias Eirin, A.X.; Rivera Martínez, A. 2011. Efecto de la poda en el rendimiento de la berenjena em invernadero en Galicia. En: XLI Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Gijón, España, 2013. <http://www.chil.org/rural/group/centro-nacional-de-capacitacion-agraria/document/efecto-de-la-poda-en-el-rendimiento-de-la-berenjena-en-invernadero-en-galicia-2011>, consultado: 7/06/2022.

CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA INVERNAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES EN FAJAS: HUMEDAD RELATIVA Y VELOCIDAD DEL VIENTO

Harbar*, A.; Padín, M.A.; Rossi, C.A.

Facultad de Ciencias Agrarias - IIPAAS CIC de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta Pcial. 4 y Av. Juan XXIII, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: analiaharbar@hotmail.com

Palabras clave: bienestar animal; estrés por frío; hipotermia

INTRODUCCIÓN

La Temperatura Efectiva (TE) está conformada en base a la interacción entre los meteoros Temperatura del Aire (TA), Humedad Relativa (HR) y Velocidad del Viento (VV), y es el aspecto que mejor representa la sensación térmica del animal en un sistema de producción pecuaria extensiva expuesto a las condiciones climáticas. El papel del viento en el desempeño productivo y bienestar de los animales ha sido largamente reconocido por los investigadores (National Research Council, 1981). Durante el período invernal, el viento tiene un efecto negativo ya que incrementa la pérdida de calor. Fox y Tytlutki (1988) señalaron que los requerimientos de mantención del ganado en invierno se ven negativamente afectados por este meteor. La VV tiene, además, un efecto depresivo en el consumo diario de agua, afectando la productividad según lo postulado por Loneragan *et al.* (2001).

La humedad relativa ambiente actúa sobre el intercambio calórico entre el entorno y el animal; según Young (1981) posee una acción conjunta con el viento, desapareciendo o disminuyendo la capacidad termoaislante de la cobertura pilosa de un animal, e incrementando el área corporal de intercambio de calor. Una cobertura pilosa humedecida, ya sea por la lluvia, por nieve derretida, o por el rocío no sólo reduce la capacidad aislante de la misma, sino que por medio del calor latente de la fusión y vaporización puede incrementar notablemente la demanda térmica por el animal. El Sistema Silvopastoril (SSP) representa una estrategia positiva para combatir los efectos negativos de las adversidades climáticas sobre la producción y el bienestar animal. Aportando información pocas veces encontrada en la caracterización de SSP, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar, evaluar y comparar el comportamiento de las variables meteorológicas Humedad Relativa (HR) y Velocidad del Viento (VV) en el período invernal en dos ambientes con y sin árboles: Silvopastoril (SSP) y Sistema a Cielo Abierto (SCA).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en el Establecimiento “La Negra” ubicado en el partido de Suipacha, provincia de Buenos Aires. Para el registro de los datos se utilizaron dos Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) instaladas en un potrero destinado a ganadería de 75 ha identificado como “Taper 7” localizado a 34.62° S y 59.81° O a 50 m.s.n.m. Las 2 EMAs fueron instaladas en ambientes representativos, una en un ambiente a cielo abierto (SCA) y la otra en un Sistema Silvopastoril (SSP). El SSP fue plantado en 2017 con estacas de *Eucalyptus* sp. en un diseño espacial de 5 fajas de 15 m de ancho y 500 m de largo, con 40 m de pastizal entre las fajas. Dentro de cada faja existen 6 líneas de árboles distanciadas 2,5 m cada una. Cada árbol dentro de la línea está separado 3 m.

Las EMAs están provistas con sensores de humedad relativa del aire (HIH 4000-003, marca Honeywell) y velocidad del viento (TS 231, marca Tecmes). La ubicación de los equipos de medición es bajo condiciones representativas para cada ambiente, la EMA correspondiente al SCA estaba a la intemperie y alejado 10 veces la altura del objeto más cercano para evitar distorsiones en la medición y valorar mejor el ambiente; mientras que el equipo del SSP fue ubicado en el centro de la faja. Los sensores están instalados a la altura estándar de comparación homologada por el SMN de 1,5 m sobre el suelo.

Las EMAs poseen una frecuencia de registro cada 10 min, lo que permite obtener 144 registros diarios. Las variables meteorológicas se caracterizaron para representar de la mejor forma los efectos diarios del invierno que más influyen en el estrés; de esta forma se abstraieron las siguientes variables: Humedad Relativa Media (HRM [%]), promedio de los 144 datos diarios; y Velocidad del Viento Máxima (VVMáx [ms⁻¹]), valor más alto de los 144 datos diarios. Las repeticiones del ensayo son n días de datos completos (144 registros) del período invernal (01/06/2021 al 31/08/2021), de esta forma el n utilizado fue de 38 días para SCA y 46 para SSP, debido a que existieron problemas con la alimentación eléctrica (baterías) y las EMAs quedaron apagadas.

Se consideró un modelo de un solo efecto fijo, el Ambiente (SCA y SSP). Para la diagnosis del modelo utilizó el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) para estimar las varianzas asociadas y se comprobó la existencia de heteroscedasticidad en las variables analizadas y fueron incluidas en el modelo utilizando el paquete “varIdent”. También se utilizó el paquete de correlaciones temporales “corCARI” que permite estimar e incluir al modelo de estimación los fenómenos de autocorrelación diaria no equidistanciada entre muestras. Se probaron todos los modelos posibles eligiendo el que menor valor de Akaike (AIC) posee, manifestando un mejor ajuste de las

variables a los efectos fijos para la heteroscedasticidad y autocorrelación. Las pruebas de comparaciones múltiples de medias utilizadas fueron por el método DGC. Para el análisis se empleó el módulo de modelos lineales generales mixtos de Infostat 2016, que incorpora el paquete “nlme” de R. Fue utilizada una significancia del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para ambos parámetros analizados existen diferencias significativas en los ambientes comparados. Como se puede ver en la Tabla 1, la humedad relativa es significativamente mayor en el SSP. En la Tabla 2 se observa que la velocidad del viento es significativamente menor en el SSP. Las varianzas totales para HRM y VVMáx fueron 54,9081 % y 6,3001 [m/s] respectivamente. La falta de homogeneidad de varianzas observada en el SSP fue un 27 % mayor para la humedad relativa y un 33 % menor para la velocidad del viento.

Tabla 1. HRM (%) - Prueba de comparaciones múltiples DGC con valores Medios ajustadas y errores estándares (E.E.) para cada ambiente (Alfa=0,05).

Ambiente	Media	E.E.	
SSP	84,49	2,10	A
SCA	77,53	1,81	B

Letras distintas significativamente diferentes.

Tabla 2. VVMáx (m/s) - Prueba de comparaciones múltiples DGC con valores Medios ajustadas y errores estándares (E.E.) para cada ambiente (Alfa=0,05).

Ambiente	Media	E.E.	
SCA	4,69	0,41	A
SSP	3,38	0,25	B

Letras distintas significativamente diferentes.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Wilson y Ludlow (1991) respecto a que los árboles contribuyen en reducir significativamente las velocidades del viento. En tanto que, para la humedad relativa, los resultados del actual ensayo coinciden con los obtenidos por Padín (2020), a pesar de haber contado con una estructura de SSP diferente y no haber incluido el análisis de autocorrelación para la HR y en el trabajo actual, el valor de Phi fue 0,41. En general son escasos los trabajos que brindan información meteorológica de este tipo sobre otros parámetros que nos sean los térmicos.

La estructura de SSP analizada propicia un ambiente más húmedo y de menor influencia advectiva en cuanto a las ráfagas de viento, este hecho puede mantener una correlación que será estudiada en instancias posteriores. Desde el concepto de TE y según lo observado por Mader (2006), el SSP como reparo del viento es deseable para que el animal no pierda calor en forma excesiva. Sumando a este concepto, un ambiente con mayor HR demandaría una menor cantidad de agua cedida por el animal en los procesos respiratorios.

CONCLUSIONES

Un SSP con el diseño y las características estructurales evaluadas propicia un ambiente más húmedo y menos ventoso en invierno.

REFERENCIAS

- Fox, D.G.; Sniffen, J.; O'Connor, J.D. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *Journal of Animal Science* 66:1475–1495.
- Fox, D.G.; Tylutki, I.P. 1998. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 81:3085–3095.
- Loneragan, G.H.; Wagner, J.J.; Gould, D.H.; Garry, F.B.; Thoren, M.A. 2001. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *Journal of Animal Science* 79:2941–2948.
- National Research Council (US) Subcommittee on Environmental Stress. 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academies Press (US). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25121307/>, Consultado 20/07/2022.
- Mader, T.L.; Davis, M.S.; Brown-Brandl, T. 2006. Factores ambientales que influyen en el estrés por calor en el ganado de engorde. *Revista de Ciencia Animal* 84 (3):712–719.
- Padín, M.A.; Fernández, E.N.; Harbar, A.; Rossi, C. 2020. Comparación de parámetros meteorológicos humedad relativa y velocidad del viento en dos sistemas ganaderos: SSP y Sistema Pastoril a Cielo Abierto en los Esteros de Iberá, Corrientes, Argentina. En: XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología, 2020.
- Wilson, J.R.; Ludlow, M.M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. In: Shelton, H.M.; Stur, W.W. (Eds). *Forages for plantation crops*. Centre for International Agricultural Research. Canberra, Australia. 10–24.
- Young B.A. 1981. *Journal Of Animal Science* Vol. 52 (1).

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA INVERNAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES EN FAJAS

Harbar*, A.; Padín, M.A.; Rossi, C.A.

Facultad de Ciencias Agrarias - IIPAAS CIC de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta Pcial. 4 y Av. Juan XXIII, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: analiaharbar@hotmail.com

Palabras clave: bienestar animal; abrigo meteorológico; bajas temperaturas

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción animal, cualquiera sea la especie, raza o línea considerada, el resultado observado en un individuo deviene de la acción conjunta de sus genes, del ambiente en el que se desarrolla y adicionalmente de la interacción entre ambas variables (Falconer y Mackay, 1996)

Tanto la Temperatura del Aire (TA), la Humedad Relativa (HR) y la Velocidad del Viento (VV) entre otros, conforman el concepto de “Temperatura Efectiva” (TE) sobre los animales, entendiéndose la misma como la sensación de calor o frío que resulta de la interacción de las variables mencionadas (Padín *et al.*, 2021). Cuando la TE excede los límites de la zona termoneutral animal, se activan una serie de mecanismos físicos y fisiológicos por parte de este para contrarrestar el incremento o descenso calórico. Estos mecanismos, que implican un gasto energético, podrían repercutir tanto en los niveles productivos como sobre el Bienestar Animal (BA).

Dentro de este marco, la TA es una de las variables más utilizadas para valorar el efecto que tiene el ambiente sobre los animales. Así, algunos autores han destacado la importancia que posee la TA en condiciones invernales sobre la producción animal. Un ejemplo de lo citado, según Murphy *et al.* (1983) es que la temperatura mínima es uno de los factores que influye directamente en el consumo diario de agua (CDA) en vacas lecheras. De igual forma, Arias (2006) reportó que la temperatura mínima fue también un factor de importancia en el CDA en ganado bovino de carne. Por otro lado, según Johnson (1986), cuando las temperaturas mínimas son extremas, éstas producen menores ganancias de peso en bovinos, se prolonga el período de engorde, se reduce la conversión de alimento y la cantidad de leche producida.

Una de las estrategias utilizadas actualmente para promover el BA en las producciones extensivas son los Sistemas Silvopastoriles (SSP). Estos sistemas foresto-ganaderos, son una combinación de árboles (leñosas nativas, especies forestales comerciales, frutales o leñosas forrajeras) con animales en forma simultánea o secuenciada en el tiempo, sobre la misma unidad de tierra (King, 1987).

Según la WMO (World Meteorological Organization), el método de medición que se utiliza para registrar la TA es el registro tomado desde el abrigo meteorológico, el cual está diseñado para proteger a los sensores de medición de la TA del efecto de la RS, la contra radiación terrestre, y factores como la precipitación y condensación, a la vez que para proveer una adecuada y homogénea ventilación. Sabiendo que la TA es un importante componente de la TE, es menester contar con las herramientas adecuadas que mejor expliquen el comportamiento de dicho meteor. El objetivo de estudio fue evaluar en invierno la TA en 2 condiciones del sensor: con y sin abrigo meteorológico; y en dos ambientes: Sistema Silvopastoril (SSP) y Sistema a Cielo Abierto (SCA).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en el Establecimiento “La Negra” ubicado en el partido de Suipacha, provincia de Buenos Aires. Para el registro de los datos se utilizaron dos Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) instaladas en un potrero destinado a ganadería de 75 ha identificado como “Tapera 7” localizado a 34.62° S y 59.81° O a 50 m.s.n.m. Las 2 EMAs fueron instaladas en ambientes representativos, una en un ambiente a cielo abierto (SCA) y la otra en un Sistema Silvopastoril (SSP). El SSP fue plantado en 2017 con estacas de *Eucalyptus* sp. en un diseño espacial de 5 fajas de 15 m de ancho y 500 m de largo, con 40 m de pastizal libre entre las fajas. Dentro de cada faja hay 6 líneas de árboles distanciadas 2,5 m entre una y otra. Los árboles en la línea están separado 3 m entre sí.

Las EMAs están provistas con sensores de temperatura del aire con y sin abrigo meteorológico (Termoresistencia de platino de 100 ohm, marca Celsius) La ubicación de los equipos de medición fue bajo condiciones representativas para cada ambiente, la EMA correspondiente al SCA estaba a la intemperie y alejada 10 veces la altura del objeto más cercano para evitar distorsiones en la medición y valorar mejor el ambiente; mientras que el equipo del SSP fue ubicado en el centro de la faja. Los sensores se instalaron a la altura estándar de comparación homologada por el SMN (Servicio Meteorológico Nacional) de 1,5 m sobre el suelo. Las EMAs poseen una frecuencia de registro cada 10 min, lo que permite obtener 144 registros diarios. Las variables meteorológicas se caracterizaron para representar de la mejor forma los efectos diarios del invierno que más influyen en el estrés; se abstraieron las siguientes variables: Temperatura Mínima Absoluta (Tmín, °C), valor más bajo de los 144 datos diarios; y Temperatura Media (TMed; °C), promedio de los 144 datos diarios. Las repeticiones del ensayo son n días de datos completos (144 registros) del período invernal

(01/06/2021 al 31/08/2021), de esta forma el n utilizado fue de 38 días para SCA y 46 para SSP, debido a que existieron problemas con la alimentación eléctrica (baterías) y las EMAs quedaron apagadas.

Se consideró un modelo de efectos fijos con arreglo factorial que incluyó los factores: Ambiente (SCA y SSP), Estructura (Abrigo e Intemperie) y su interacción. Para la diagnosis del modelo se utilizó el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) para estimar las varianzas asociadas y se comprobó la existencia de heteroscedasticidad en las variables analizadas, estas fueron incluidas en el modelo utilizando el paquete “*varIdent*” También se utilizó el paquete de correlaciones temporales “*corCARI*” que permite estimar e incluir al modelo de estimación los fenómenos de autocorrelación diaria no equidistanciada entre muestras. Se probaron todos los modelos posibles eligiendo el que menor valor de Akaike (AIC) posee, denotando un mejor ajuste de las variables a los efectos fijos para la heteroscedasticidad y autocorrelación. Las pruebas de comparaciones múltiples de medias utilizada fueron por el método DGC. Para el análisis se empleó el módulo de modelos lineales generales mixtos de Infostat 2016, que incorpora el paquete “nlme” de R. Fue utilizada una significancia del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas para ninguno de los efectos analizados sobre la temperatura mínima absoluta diaria ni la temperatura media diaria. En la Tabla 1 pueden observar los valores medios. La varianza total de las estimaciones fue de 20,5209 y 13,69 °C, respectivamente.

Tabla 1. Valores medios del período analizado para cada variable meteorológica en el Sistema Silvopastoril (SSP) y Sistema a Cielo Abierto (SCA).

Variable	SCA-abrigo	SCA-intemperie	SSP-abrigo	SSP-intemperie
T° Med (°C)	9,97	10,84	9,60	9,64
T° Mín (°C)	1,89	1,52	3,06	2,93

Dados los resultados, no se coincide con lo publicado por Wilson y Ludlow (1991) quienes afirman que la protección del estrato arbóreo en SSP aumenta las temperaturas mínimas en invierno. En este caso, el resultado puede estar condicionado por el diseño de un SSP en fajas y que estas sean muy angostas para lograr modificar la Tmín.

CONCLUSIONES

Se concluye que no es necesario utilizar sensores extra o fuera de los estándares de medición para captar mejor el entorno ambiental que proveen los árboles; de la misma forma se concluye que la estructura del SSP en fajas (15 m en este caso) no generaron diferencias térmicas respecto al SCA, que propicien un entorno menos frío en invierno.

REFERENCIAS

- Arias, R.A. 2006. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. Master Thesis, University of Nebraska-Lincoln, Nebraska, USA.
- Falconer, D.S.; Mackay, T.F.C. 1996. Introduction to quantitative genetics. Longmans Green, Harlow, Essex, UK. 280.
- Johnson, H.D. 1986. The effects of temperature and thermal balance on milk production. In: G.P. Moberg (Ed). Limiting the effects of stress on cattle. Western Regional Research Publication #009 and Utah Agricultural Experimental Station Research Bulletin 512.
- King, K.F.S. 1987. The history of agroforestry. In: H.A. Stepler; P.K.R. Nair (Eds.). Agroforestry a decade of development. ICRAF. pp 3–12.
- Murphy, M.R.; Davis, C.L.; McCoy, G.C. 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. Journal of Dairy Science 66:35-38.
- Padín, M.A.; Harbar, A.; Peña Godoy, M.; Rossi, C.A. 2021. Comparación de la Radiación Solar bajo canopia y afuera de un Sistema Silvopastoril de los Esteros de Iberá Corrientes. 44° Congreso Argentino de Producción Animal, 25 al 27 de Noviembre 2021.
- Wilson, J.R.; Ludlow, M.M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. In: Shelton, H.M.; Stur, W.W. (Eds). Forages for plantation crops. Centre for International Agricultural Research. Camberra, Australia. pp. 10–24.

ESTACIÓN DE CRECIMIENTO DE MAÍZ TARDÍO EN EL CENTRO-SUDESTE BONAERENSE PARA ESCENARIOS CLIMÁTICOS RECIENTES Y FUTUROS

Iglesias, M.P.¹; Bonelli, L.E.^{1,2}; Irigoyen*, A.I.^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata (FCA, UNMDP) Balcarce, 7620, Argentina

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

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina

*Contacto: airigoyen@mdp.edu.ar

Palabras clave: ciclo corto de madurez; fechas de siembra; tiempo térmico

INTRODUCCIÓN

La duración de la estación de crecimiento (EC) en un cultivo anual como el maíz (*Zea mays*) es fundamental en la determinación del rendimiento. Las prácticas de manejo agronómico que modulan la exposición del cultivo a diferentes temperaturas y, de esa forma, la tasa de crecimiento y desarrollo (*i.e.* elección de la fecha de siembra y del ciclo de madurez) son el punto focal en las evaluaciones para la adaptación a ambientes cambiantes.

En el centro-sudeste bonaerense para escenarios agrícolas simulados con series históricas (Panunzio Moscoso *et al.*, 2016) no fueron detectadas diferencias significativas en la duración de la EC entre algunas localidades (*i.e.* Mar del Plata, Tandil y Balcarce), pero sí entre éstas y Azul, donde la EC fue más corta para seis fechas de siembra (desde fines de setiembre a mediados de noviembre) y los tres ciclos de madurez evaluados. El manejo agrícola afectó la duración de los subperíodos vegetativo y reproductivo, así el subperíodo vegetativo se redujo con relación al subperíodo reproductivo al atrasar la fecha de siembra. A su vez, el rendimiento potencial del cultivo aumentó en forma lineal con la duración relativa del subperíodo vegetativo a la EC (Irigoyen *et al.*, 2018). Cuando se evaluaron los mismos escenarios de manejo en ambientes térmicos recientes y futuros (2015-2039) de moderada emisión (RCP 4.5, modelo CCSM4) se observó, respecto a las series del pasado, una menor duración de la EC y de los subperíodos vegetativo y reproductivo, siendo este último afectado en mayor medida (Iglesias *et al.*, 2020). Algunos productores atrasan la siembra intentando desacoplar el período crítico (PC) para la definición del número de granos del momento de mayor demanda atmosférica. Sin embargo, se produce una reducción en el potencial de rendimiento, ya que el PC y el llenado de granos ocurren durante un periodo con deterioro progresivo del ambiente foto-termal (Bonelli *et al.*, 2016). El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos de la variación de temperatura en los escenarios climáticos recientes y futuros (2015-2039) de emisión moderada (RCP 4.5, modelo CCSM4) sobre la duración de la EC y de los subperíodos vegetativo y reproductivo de un ciclo corto tardío.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos empleada para representar los escenarios recientes y futuros de moderada emisión (RCP 4.5, 2015-2039) fue suministrada por el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, 2015). En la elección del modelo CCSM4 se consideró la validación reportada para la región (CIMA, 2015), con errores menores a 0,5°C en la temperatura media anual, cualquiera sea el modelo. Las series contienen las variables temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación obtenidas con diferentes modelos climáticos. Se extrajeron de la base aquellos puntos próximos a las localidades de Azul (-36,75, -59,65), Tandil (-37,25, -59,25), Balcarce (-37,75; -58,25) y Mar del Plata (-38,25; -58,25), sitios de referencia que fueron evaluados con series del pasado (Panunzio Moscoso *et al.*, 2016) y recientes y futuras, para siembras no tardías (Iglesias *et al.*, 2020). La EC fue evaluada para escenarios agrícolas que combinaron dos fechas de siembra (5-01 y 15-01) y un ciclo corto de madurez. La EC de cada escenario agrícola fue simulada por cada localidad y cada campaña agrícola (2015-2016 a 2038-2039), mediante un modelo de desarrollo del cultivo basado en el concepto de tiempo térmico (Ritchie y NeSmith, 1991). Se siguió la escala de Ritchie *et al.* (1997) para indicar los estados fenológicos de interés. La duración (en días) de la EC para cada fecha de siembra y cada campaña agrícola quedó definida como el período comprendido entre la siembra (S) y la fecha estimada de madurez fisiológica (R6) y la de los subperíodos vegetativos y reproductivos como S a R1 (floración) y R1 a R6, respectivamente. Se consideraron requerimientos de 630°Cd y 1400°Cd para estimar las fechas de ocurrencia de R1 y R6 para un ciclo corto con menor duración que los ciclos cortos evaluados previamente para fechas no tardías. La duración relativa del subperíodo vegetativo a la estación de crecimiento (DRVEC) fue calculada como el cociente entre la duración del subperíodo vegetativo y la duración de la EC. Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de cada una de las series. Se realizaron comparaciones estadísticas entre las localidades para cada fecha de siembra y entre las dos fechas de siembra para cada localidad. Se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis ($p < 0,05$) para evaluar diferencias entre localidades y la prueba Tukey cuando se detectaron diferencias entre los grupos. Al comparar las dos fechas de siembras en cada localidad se siguió la prueba no paramétrica Wilcoxon para muestras apareadas. Se testeó la prueba de correlación por rangos de Spearman ($p < 0,05$) para evaluar si había tendencias significativas a través de la serie 2015 a 2039.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La EC simulada en la región varió entre 100 y 136 días según los escenarios de manejo agrícola evaluados. En la Tabla 1 se presentan los valores de las medianas de la duración de la EC y de los subperíodos vegetativo y reproductivo, así como de la relación adimensional DRVEC. En Azul y Tandil se obtuvieron, en cada fecha de siembra, las EC simuladas de menor y mayor duración, respectivamente. La duración del subperíodo vegetativo mostró un patrón más homogéneo en la región que la duración del subperíodo reproductivo. El subperíodo vegetativo en Azul fue más corto que en las demás localidades. El subperíodo reproductivo fue más extenso en Tandil. La DRVEC mostró el mismo patrón regional en cada fecha de siembra, siendo menor en Tandil que en las otras localidades (sin diferencias entre sí). En cada localidad, la fecha más tardía (15-01) extendió la EC y más marcadamente el subperíodo reproductivo. El subperíodo vegetativo mostró igual mediana en las dos fechas de siembra, pero la distribución de frecuencias fue diferente, excepto en Tandil. No fueron significativas las diferencias de DRVEC entre fechas de siembra, en contraste con lo observado para siembras no tardías (Irigoyen *et al.*, 2018, Iglesias *et al.*, 2020). Según la correlación de Spearman, en Azul y Tandil se observó una tendencia significativa en cada fecha de siembra a aumentar la duración del subperíodo vegetativo (S-R1) desde la campaña agrícola 2015 a 2039, mientras que en Balcarce solamente para la fecha de 15-01. Por su parte, no se verificó tendencia en la DRVEC en las fechas de siembra y localidades evaluadas.

Tabla 1. Mediana de la duración de la estación de crecimiento (EC) de maíz, del subperíodo vegetativo (S-R1), del subperíodo reproductivo (R1-R6) y de la relación DRVEC para ciclo corto en dos fechas de siembra (FS).

Localidad	FS	EC (días)		S-R1 (días)		R1-R6 (días)		DRVEC (adimens.)	
Azul	05-01	100	B b	40	B b	60	B b	0,35	A a
	15-01	110	B a	41	B a	71	B a	0,36	A a
Tandil	05-01	112	A b	43	A a	69	A b	0,31	B a
	15-01	136	A a	44	A a	94	A a	0,31	B a
Balcarce	05-01	110	AB b	45	A a	67	B b	0,37	A a
	15-01	120	AB a	45	A b	74	BC a	0,38	A a
Mar del Plata	05-01	110	AB b	44	A a	67	B b	0,37	A a
	15-01	118	AB a	44	A b	73	BC a	0,38	A a

Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre localidades para la misma fecha de siembra

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre fechas de siembra en la misma localidad

CONCLUSIONES

Ante el escenario climático evaluado, la estación de crecimiento (EC) de maíz tardío en la región centro-sudeste bonaerense puede extenderse al atrasar la siembra desde inicios a mediados de enero, principalmente por el aumento de la duración del subperíodo reproductivo, sin modificar la relación DRVEC.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue realizado en el marco del proyecto “Maíz en el centro-sudeste de la provincia de Buenos Aires: enfrentando escenarios climáticos actuales y futuros” (UNMDP-AGR620/20). M.P. Iglesias es estudiante de la carrera de ingeniería agronómica (FCA-UNMDP) y becaria en categoría Estudiantes Avanzados de la UNMDP. L.E. Bonelli es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). A.I. Irigoyen es investigador (INAs) de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC).

REFERENCIAS

- Bonelli, L.E.; Monzón, J.P.; Cerrudo, A.; Rizzalli, R.A. 2016. Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date. *Field Crops Research* 198:215–225.
- Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). 2015. Datos climáticos de la 3ra. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. <http://3cn.cima.fcen.uba.ar/>. Consultado 10/05/2019.
- Iglesias, M.P.; Panunzio Moscoso, M.P.; Irigoyen, A.I. 2020. Estación de crecimiento de maíz en el centro-sudeste bonaerense para escenarios climáticos recientes y futuros. XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología. 25 a 27 de noviembre de 2020. Modalidad virtual (Argentina).
- Irigoyen, A.I.; Panunzio Moscoso, M.P.; Cambareri, M.A.; Echarte, L. 2018. Hacia el pronóstico anticipado del rendimiento potencial de maíz en el centro-sudeste bonaerense: relaciones con la duración de los subperíodos vegetativo y reproductivo. *Revista Argentina de Agrometeorología* IX:31–45.
- Panunzio Moscoso, M.P.; Irigoyen, A.I.; Della Maggiora, A.I.; Rizzalli, R.H. 2016. Riesgos climáticos para el cultivo de maíz en el centro-sudeste bonaerense: a. Temperaturas extremas. *Revista Argentina de Agrometeorología* VII:41–56.
- Ritchie, S.W.; Hanway, J.H.; Benson, G.O. 1997. How a corn plant develops. Ames: Coop. Extension Service. 21p.
- Ritchie, J.T.; NeSmith, D.S. 1991. Temperature and crop development. Modeling plant and soil systems. *Agronomy Monograph* 31:5–29.

EXPOSICIÓN A TEMPERATURAS MÍNIMAS DE ESTADOS SUSCEPTIBLES DE MAÍZ TARDÍO EN EL CENTRO-SUDESTE BONAERENSE PARA ESCENARIOS CLIMÁTICOS RECIENTES Y FUTUROS

Iglesias, M.P.¹; Bonelli, L.E.^{1,2}; Irigoyen*, A.I.^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata (FCA, UNMDP)
Ruta Nac. 226 km 73,5, CC 276, Balcarce, 7620, Argentina

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

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina

*Contacto: airigoyen@mdp.edu.ar

Palabras clave: ciclo corto de madurez; fechas de siembra; heladas

INTRODUCCIÓN

En un ambiente cambiante, las decisiones de manejo agrícola deben ajustarse periódicamente, aún para aquellos cultivos que se reconocen como adaptados al clima de una región. En evaluaciones de prácticas de manejo para el maíz (*Zea mays*) en la región centro-sudeste bonaerense, con escenarios climáticos del pasado (Panunzio *et al.*, 2016), se verificó que quedaba libre de la exposición a heladas tardías en los estados tempranos susceptibles (con el ápice de desarrollo ubicado por encima de la superficie) con siembras a mediados de noviembre. Por su parte, las fechas de siembra tardías (noviembre) de ciclos largos exponían al cultivo a heladas tempranas y así, a una finalización anticipada del llenado de granos. Cuando se evaluaron los mismos manejos agrícolas (fecha de siembra x ciclo de madurez) para escenarios recientes y futuros (2015-2039) de moderada emisión se observó, por un lado, el adelanto en las fechas de ocurrencia de los estadios susceptibles y por otro, una reducción de la probabilidad de la ocurrencia de amenazas, resultando en una menor exposición del cultivo a temperaturas mínimas (Iglesias *et al.*, 2020). La implementación de la práctica de maíz tardío (con siembras durante el mes de enero) lleva al desarrollo de gran parte de la estación de crecimiento (EC) durante el otoño y por esa razón es relevante evaluar las condiciones de bajas temperaturas a las que se expone el cultivo de siembra tardía en los escenarios de cambio climático. El objetivo del trabajo fue evaluar el grado de exposición a las temperaturas mínimas extremas con manejos agrícolas de fechas de siembra tardías y ciclo corto de madurez en la región centro-sudeste bonaerense para los escenarios climáticos (2015-2039) proyectados con moderada emisión (RCP 4.5, modelo CCSM4).

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos empleada para representar los escenarios recientes y futuros de moderada emisión (2015-2039, RCP 4.5) fue suministrada por el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, 2015). En la elección del modelo CCSM4 se consideró la validación reportada para la región (CIMA, 2015) que indica errores menores a 0,5°C en la temperatura media anual cualquiera sea el modelo. Las series contienen las variables temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación. Se extrajeron de la grilla de puntos aquellos más próximos a cuatro localidades del centro-sudeste de Buenos Aires: Azul (-36,75, -59,65), Tandil (-37,25, -59,25), Balcarce (-37,75; -58,25) y Mar del Plata (-38,25; -58,25), sitios de referencia en evaluaciones de riesgos climáticos basados en series del pasado (Panunzio Moscoso *et al.*, 2016). Para caracterizar la variabilidad de la amenaza se determinaron, para cada localidad, la fecha extrema (FE) de últimas (U) y primeras (P) heladas meteorológicas (HM, temperatura mínima $\leq 0^\circ\text{C}$) y agrometeorológicas (HAM, temperatura mínima $\leq 3^\circ\text{C}$) de la serie. La EC fue simulada para escenarios agrícolas que combinaron dos fechas de siembra, de principios y mediados de enero (5-01 y 15-01) y un ciclo corto. La EC fue obtenida para cada localidad y cada campaña (2015-2039) mediante un modelo de desarrollo basado en el concepto de tiempo térmico (Ritchie y NeSmith, 1991), tal como se detalla en Iglesias *et al.* (2022). El ciclo corto hipotético simulado alcanza la madurez fisiológica (R6) a los 1400°Cd. Experimentalmente, se han evaluado en la región siembras tardías de ciclos más cortos en campañas muy recientes (Rizzalli, com. pers., 2022), pero de los cuales aún no se puede describir la estabilidad del rendimiento. La exposición del cultivo a bajas temperaturas en estos manejos de siembra tardía fue descrita en este trabajo según la frecuencia relativa de ocurrencia de HM y HAM antes de R6.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la variabilidad interanual de la ocurrencia de R6 para los escenarios evaluados. El estado R6 fue alcanzado antes de la ocurrencia de heladas meteorológicas tempranas (FEPHM) en Balcarce y Mar del Plata. La ocurrencia de R6 después de la FEPHM (indicador de riesgo) para la fecha de principios de enero tuvo una frecuencia relativa de 0,38 y 0,88 para Azul y Tandil, respectivamente (Tabla 1). Por su parte, esa frecuencia relativa fue igual a 1,0 en el caso de HAM para esas localidades y aproximada a 0 para Balcarce y Mar del Plata. Con siembras de mediados de enero es muy baja la frecuencia de ocurrencia de R6 después de HM en Balcarce y Mar del Plata. Por su parte, en esas localidades aumenta significativamente la exposición a heladas agrometeorológicas si se siembra a mediados de enero.

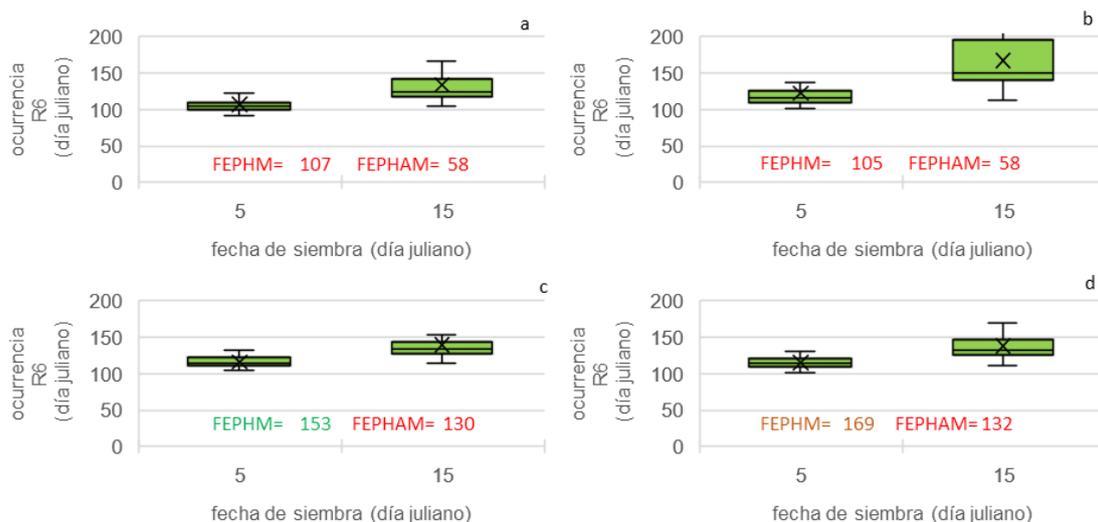


Figura 1. Variabilidad interanual de las fechas de ocurrencia del estado de madurez fisiológica de maíz (R6) según fecha de siembra y localidad (serie 2015-2039). a. Azul. b. Tandil. c. Balcarce. d. Mar del Plata. FEPHM: fecha extrema de primera helada meteorológica. FEPHAM: fecha extrema de primera helada agrometeorológica (en color verde cuando todos los escenarios evaluados quedaron libres de exposición).

Tabla 1. Frecuencia relativa de ocurrencia de madurez fisiológica (R6) después de la fecha extrema de primera de helada meteorológica (FEPHM) y helada agrometeorológica (FEPHAM) según fecha de siembra y localidad (serie 2015-2039).

Localidad	FS	Frecuencia relativa de ocurrencia de R6 después FEPHM	Frecuencia relativa de ocurrencia de R6 después de FEPHAM
Azul	05-01	0,38	1,00
	15-01	0,92	1,00
Tandil	05-01	0,88	1,00
	15-01	1,00	1,00
Balcarce	05-01	0,00	0,08
	15-01	0,13	0,63
Mar del Plata	05-01	0,00	0,00
	15-01	0,04	0,58

CONCLUSIONES

Ante el escenario de cambio climático evaluado, las siembras tardías de ciclos cortos (1400 °Cd hasta madurez fisiológica) aún expondrían al cultivo a heladas agrometeorológicas en casi toda la región y a heladas meteorológicas en Azul y Tandil. Se deduce por el riesgo de daños por heladas proyectado que, en esas localidades, sería recomendable emplear ciclos más cortos que el simulado (menor potencial de rendimiento) para siembras tardías o adelantar la siembra de este ciclo a mediados o fines de diciembre, situación que se considera factible con la cosecha anticipada del cultivo antecesor bajo el escenario de cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue realizado en el marco del proyecto “Maíz en el centro-sudeste de la provincia de Buenos Aires: enfrentando escenarios climáticos actuales y futuros” (UNMdP-AGR620/20). M.P. Iglesias es estudiante de la carrera de ingeniería agronómica (FCA-UNMdP) y becario en la categoría Estudiantes Avanzados de la UNMdP. L.E. Bonelli es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). A.I. Irigoyen es investigador (INAs) de la Comisión de Investigaciones Científicas de la pcia de Buenos Aires (CIC).

REFERENCIAS

- Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). 2015. Datos climáticos de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. <http://3cn.cima.fcen.uba.ar/> Consultado 10/05/2019.
- Iglesias, M.P.; Panunzio Moscoso, M.P.; Irigoyen, A.I. 2020. Estación de crecimiento de maíz en el centro-sudeste bonaerense para escenarios climáticos recientes y futuros. XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología. 25 a 27 de noviembre de 2020. (Argentina).
- Iglesias, M.P.; Bonelli, L.E.; Irigoyen, A.I. 2022. Estación de crecimiento de maíz tardío en el centro-sudeste bonaerense: escenarios climáticos recientes y futuros. XIX Reunión Argentina de Agrometeorología, setiembre de 2022. (Argentina).
- Panunzio Moscoso, M.P.; Irigoyen, A.I.; Della Maggiora, A.I.; Rizzalli, R.H. 2016. Riesgos climáticos para el cultivo de maíz en el centro-sudeste bonaerense: a. Temperaturas extremas. Revista Argentina de Agrometeorología VII:41–56.
- Ritchie, J.T.; NeSmith, D.S. 1991. Temperature and crop development. Modeling plant and soil systems. Agronomy Monograph 31:5–29.

EVALUACIÓN DE CUATRO POBLACIONES DE *Festuca pallescens* EN UN JARDÍN COMÚN CON CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DISTINTAS A LOS SITIOS DE ORIGEN

López, A.¹; Reyes*, M.F.^{2,3}; Blackhall, V.^{2,4}; Guidalovich, V.¹; Azpilicueta, M.M.¹; Cartez, A.²; Forquera, J.C.²; Marchelli, P.¹

¹ EEA Bariloche, IFAB, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche (INTA-CONICET), Modesta Victoria, Bariloche (8400), Río Negro, Argentina

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Ruta 151, Km 12,5, Cinco Saltos (8303), Río Negro, Argentina

³ Universidad Nacional del Comahue (UNCo)-CONICET, Argentina

⁴ IBAC- CITAAC (UNCo-CONICET), Ruta 151, Km 12,5, Cinco Saltos (8303), Argentina

***Contacto:** maria.reyes@faca.uncoma.edu.ar

Palabras clave: forraje; domesticación; jardín común

INTRODUCCIÓN

En la Región Patagónica la ganadería extensiva con suplementación en períodos críticos, la baja cobertura vegetal del suelo y el efecto de vientos fuertes aumentan el riesgo de degradación de los pastizales, el principal recurso forrajero de la región. Con el objetivo de mejorar la productividad y la recuperación de pastizales, se trabaja en la domesticación de especies nativas forrajeras, buscando un alto rendimiento del forraje, buena producción de semillas, una alta calidad nutricional y tolerancia al estrés biótico y abiótico. Una de las especies forrajeras nativas de interés es *Festuca pallescens* debido a que es palatable, constituye más del 20% en la dieta de ovinos, bovinos y caprinos en la región, produce gran cantidad de semillas y se encuentra en una amplia variedad de ambientes cubriendo un amplio gradiente pluviométrico, desde 200 a 2000 mm/año. Además, posee alta diversidad genética y tiene rangos de tolerancia al estrés hídrico que permitirían su implantación en ambientes adversos (López et al. 2020).

El seguimiento de esta especie nativa fuera de su ambiente natural es fundamental para evaluar su potencialidad como especie forrajera a ser incorporada en sistemas productivos de la región. En este sentido, las características climáticas del sitio en el que se sembraría la especie resultan limitantes para su instalación efectiva y desarrollo, mientras que las características del ambiente de origen podrían ser fundamentales para determinar el éxito de la población a utilizar.

Con el fin de evaluar el comportamiento de *F. pallescens* fuera de su nicho ecológico, sembramos semillas de cuatro poblaciones de la especie provenientes de diferentes ambientes en un ensayo de jardín común en la Facultad de Ciencias Agrarias de Cinco Saltos. Dado que este sitio posee características climáticas distintas a los sitios de origen de cada población, el objetivo de este trabajo fue describir climáticamente los orígenes de cada población y de Cinco Saltos y vincular dichas variables con el desempeño en términos de producción de materia seca para cada población en el jardín común.

MATERIALES Y MÉTODOS

En octubre de 2019, en el marco del programa de domesticación de *F. pallescens* se realizó un ensayo de siembra manual con riego inicial en la Facultad de Ciencias Agrarias (FaCA) de la Universidad Nacional del Comahue en una parcela de 42 m² (Cinco Saltos, Río Negro). Las semillas de cuatro poblaciones (Tabla 1), se sembraron en tres rectángulos de 2 m² dispuestos al azar, con riego por inundación durante los primeros 6 meses de instalación. Luego de dos años se determinó la biomasa aérea en subparcelas de 1m² y la biomasa subterránea de volúmenes de suelo obtenidos con barreno de 8 cm de diámetro y 15 cm de profundidad.

Se realizó un análisis de componentes principales con las variables de clasificación (los sitios de origen y jardín común, Cinco Saltos) y las variables ambientales: altitud, precipitación anual, evapotranspiración potencial anual y temperatura media anual (Tabla 1). Los datos se estandarizaron y se trabajó sobre una matriz de covarianza 4x4, guardando dos ejes que se utilizan luego en la confección del gráfico de dispersión de datos. Este análisis permite identificar asociaciones entre las variables de clasificación y las variables climáticas seleccionadas. Además, se evaluó con un análisis de la varianza (ANOVA) las diferencias entre la producción de biomasa aérea y subterránea, y la relación entre ambas (S/A) con el software Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales con las variables climáticas de los lugares de origen y del jardín común indicó que las dos primeras componentes (CP1 y CP2) explicaron el 96.8% de la variación total. La mayor variabilidad entre sitios se explica por la precipitación anual y la temperatura media anual, separando los dos sitios de origen

ubicados en la Distrito Sub-andino Estepa herbácea del resto de los sitios. La altitud es la variable climática más relacionada con Pilcaniyeu mientras que la temperatura es más relacionada a Cinco Saltos, lo que indica que en el jardín común se dan las temperaturas medias más altas. Ing. Jacobacci no registra la influencia de alguna variable en particular. Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre la producción de biomasa aérea, subterránea y en S/A entre las poblaciones en el jardín común ($F=0,24, p=0,86$; $F=0,68, P=0,59$; $F=0,18, P=0,90$ respectivamente; Figura 1). Estos resultados indican que en Cinco Saltos las poblaciones de *F. pallescens* producen cantidades similares de materia seca (kg.MS.ha^{-1}), con lo cual, las condiciones climáticas de Cinco Saltos no favorecen diferencialmente a ninguna de las poblaciones.

En términos de productividad forrajera, Cinco Saltos sería un sitio climáticamente favorable para la especie. Estos resultados respaldan estudios previos, que indican que la especie tiene un buen desempeño en ambientes por fuera de su área de distribución (Marchelli et al. 2021) y aportan a que un ambiente con temperaturas mayores a las de origen es favorable para la instalación (con riego) y crecimiento de la especie.

Tabla 1. Caracterización ambiental de cada sitio de origen de las poblaciones de *F. pallescens* y jardín común en Cinco Saltos.

Lugar	Ubicación	Altura (msnm)	Eco región	IA ^{*2}	Ppt ^{*3} (mm)	PET ^{*4} (mm)	Balance Hídrico (mm)	TmA ^{*5} (°C)	Días con helada (núm)
Origen	Pilcaniyeu	41°04' S 70°34'O	Patagonia Extra-andina occidental	0,24	264,1	1120,7	-856,6	8,0	91
	Ing. Jacobacci	41°55' S 69°12'O		0,15	167,8	1120,7	-952,9	9,4	102
	Cronómetro	43°14' S 71°04'O	Distrito Sub-andino Estepa herbácea	0,42	477,9	1139,4	-661,4	8,6	88
	Yagüe	42°57' S 71°12'O		0,44	503,6	1139,4	-635,8	8,1	99
Jardín común	Cinco Saltos	38°50' S 68°04'O	Monte de llanuras y mesetas ^{*1}	0,16	197,5	1081	-883,4	14,5	51

Fuentes de estadísticas climáticas: FAO New Loc_Clim - FAOCLim 2.0, Vivero Forestal Jacobacci periodo 2009-2020, Estación INTA EEA Pilcaniyeu periodo (1978-2009).^{*1} Ambiente modificado con riego ^{*2} IA: índice de aridez según UNEP 1992. ^{*3} Ppt: Precipitación anual. ^{*4} PET: Evapotranspiración anual según Penman-Monteith. ^{*5} TmA: Temperatura media anual.

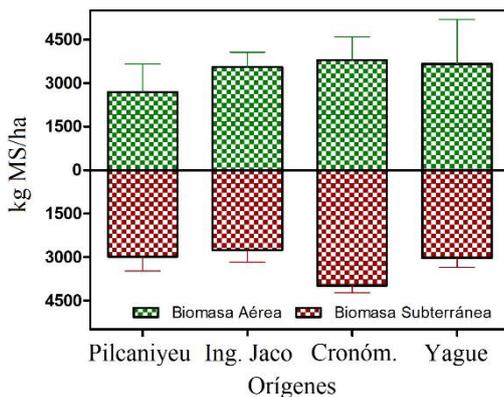


Figura 1. Biomasa aérea y subterránea de *F. pallescens* creciendo en el jardín común, según el origen de las poblaciones.

CONCLUSIONES

Cinco Saltos es un ambiente favorable para la instalación y el crecimiento de las poblaciones evaluadas de *Festuca pallescens*, con necesidad de riego solamente durante los primeros meses de instalación. Estos resultados son promisorios para su utilización en sistemas productivos y posiblemente para su uso en restauración ecológica. Los próximos pasos apuntan a evaluar la producción de semillas y la capacidad germinativa de las poblaciones sembradas en el jardín común.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades y al personal de la Facultad de Cinco Saltos. Este trabajo fue financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (PICT 2019-520 y PICT 2019-01468), por INTA PE-EG- I142 y por la UNCo, PIN 2, 2021-04/A151.

REFERENCIAS

- Food & Agriculture Organization of the United Nations. 2005. Software Local Climate Estimator (New_LocClim), Environment and Natural Resources, Working paper No. 20.
- López, A.S.; López, D.R.; Caballé, G.; Siffredi, G.L.; Marchelli, P. 2020. Local adaptation along a sharp rainfall gradient occurs in a native Patagonian grass, *Festuca pallescens*, regardless of extensive gene flow. Environmental and Experimental Botany 171:103933.
- Marchelli, P.; López, A.; Azpilicueta, M.M.; Nagahama, N.; López, D.R.; Caballé, G.; Guidalevich, V.; Angeli, J.P.; Aparicio, A.; Ugarte, C.C.; Beider, A.; Siffredi, G. 2021. Pastizales patagónicos: avances en la domesticación del coirón blanco con fines productivos y de restauración ecosistémica. IDIA 21:55–60.

CARACTERIZACIÓN BIOMETEOROLÓGICA DE DOS HÍBRIDOS DE ALCAUCIL (*Cynara cardunculus* L.) EN JUNÍN, PCIA. DE BS. AS.

Masi, M.A.^{1,3}; Pomes, J.^{1,3}; Zaneck, C.^{1,3}; De Benedetto, J.²; Chale, W.³; Martínez*, S.^{1,3}

¹ Climatología Agrícola, ² Microbiología, ³ Horticultura. Escuela de Ciencias Agraria, Naturales y Ambientales Universidad Nacional del Noroeste (UNNOBA), Roque Saenz Peña 456 (7000) Junín, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: sbmartinez@comunidad.unnoba.edu.ar

Palabras clave: alcachofa; horas de frío; fenología

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Junín siguiendo la línea del surgimiento de una consciencia “naturalista”, con revaloración de los productos naturales es que se propone la producción de alcauciles como alternativa para mantener franjas productivas verdes sustentables, como zona de transición hacia los cultivos extensivos, creándose un cinturón hortícola generador de puestos de trabajo y productos. El alcaucil es una hortaliza de invierno, con una temperatura óptima de crecimiento entre 16 y 18 °C y como toda planta en roseta necesita recibir una apropiada vernalización o acumulación de horas de frío para pasar del estado vegetativo al reproductivo, siendo las temperaturas de 8-9 °C las que marcarían el cambio de fase (García *et al*, 2007). Es de resaltar las incontables propiedades medicinales del alcaucil, reconocidas desde tiempos remotos. Múltiples investigaciones han demostrado que el alcaucil posee propiedades antioxidantes, hepatoprotectoras, coleréticas e hipocolesterolemias (García *et al*, 2012). Además de su valor nutritivo y curativo, los residuos no comestibles tienen numerosos destinos industriales que fácilmente podrían insertarse en el mercado local. Es por ello que el objetivo del trabajo fue caracterizar dos híbridos comerciales y evaluar su comportamiento en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujo un ensayo en el Campo Experimental “Las Magnolias” perteneciente a la UNNOBA de dos híbridos comerciales obtenidos por semilla: uno violeta Opal (A) y otro blanco Madrigal (B). El trasplante se realizó el 27 de junio de 2020 a 0,80 m entre hileras y 0,50 m entre plantas. a los que se registraron a lo largo de su cultivo, el número de días entre el trasplante y cosecha (TR-CO). Para evaluar la precocidad y el crecimiento hasta la formación de la primera inflorescencia fue contabilizado el número de hojas. Paralelamente se registraron las temperaturas máximas (TM) y mínimas (Tm) con un Datta Logger Wash –Dog para estimar las horas de frío durante la vernalización utilizando el modelo de Crossa-Reynaud al que se le modificó la temperatura base de 7°C original del modelo por 4°C que corresponde al del cultivo de alcaucil, la fórmula aplicada fue $HF = 24 \cdot (4 - T_m) / (T_m - T_m)$. Se analizó el rendimiento y el número de capítulos. El diseño fue de bloques aleatorizados con 12 repeticiones. Para comparar las medias obtenidas se aplicó el test de Tukey al 0,05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 (A) se presentan las curvas de crecimiento de las dos F1 realizadas a través del número de hojas, evaluándose los promedios hasta la aparición del primer capítulo del ensayo. En este sentido, el híbrido Madrigal F1 fue el primero en llegar a fructificación presentando un promedio de 6 hojas por planta, poniendo en evidencia la desuniformidad del cultivo si tomamos en cuenta a aquellas plantas que pasaron al estado reproductivo con 10 hojas desplegadas. Cabe remarcar que desde el día del trasplante los plantines estuvieron expuestos a heladas continuas durante prácticamente dos semanas, repercutiendo sobre la tasa de crecimiento, ya que cuando la temperatura desciende por debajo de los 5°C, el alcaucil detiene su desarrollo (Bertini, 2011) Asimismo sostiene el autor que esta especie no tolera temperaturas de congelación; sus estructuras aéreas se destruyen con temperaturas de -2°C a -4°C. Esta situación presentada durante el trasplante evidencia la destrucción de los órganos aéreos lo que podría haber provocado un retraso en la expansión foliar, manifestado por una marcada desuniformidad en el momento de fructificación. Sin embargo, el cultivo demostró una alta capacidad de recuperación. En este ensayo cabe señalar que con las 3 hojas verdaderas desplegadas al momento del trasplante, el cultivo pudo recibir efectivamente la inducción vernalizante. De allí que toma relevancia la estimación de las horas de frío acumuladas durante la vernalización las cuales alcanzaron 252 horas para la región, habiendo sido suficientes para llegar a cosecha. Es de resaltar que Madrigal F1 cumplió su ciclo hasta cosecha en 172 días desde el trasplante mientras que Opal F1 (B) lo hizo en 185 días rectificando la precocidad de Madrigal F1(A).

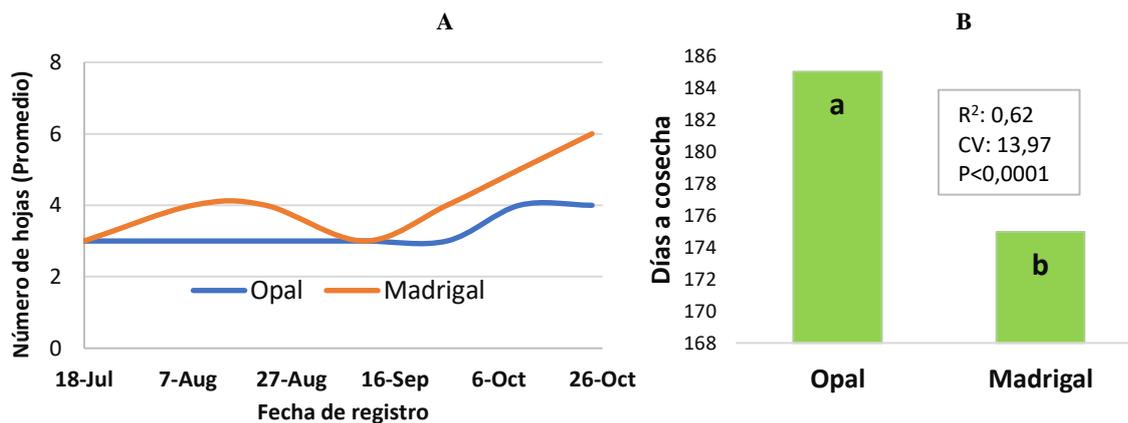


Figura 1. (A) número promedio de hojas (TR-CO; (B) número de días hasta primera cosecha. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La mayor precocidad mostrada por Madrigal F1 (Figura 1 B) permitió entrar en producción de forma adelantada y mantener el estado reproductivo de la planta durante un mayor período de tiempo, lo que se tradujo en un mayor número de frutos (Figura 2 A) y finalmente (Figura 2 B), un mayor rendimiento de Madrigal F1 (blanco) por sobre Opal F1 (violeta). Rojo Valenzuela (2004), señalan que existe una competencia por los nutrientes entre órganos vegetativos y reproductivos, y que los factores que estimulan el crecimiento del sistema aéreo pueden retardar el desarrollo de flores y frutos. Esto explicaría los resultados obtenidos para la fecha de iniciación del cultivo en nuestra región.

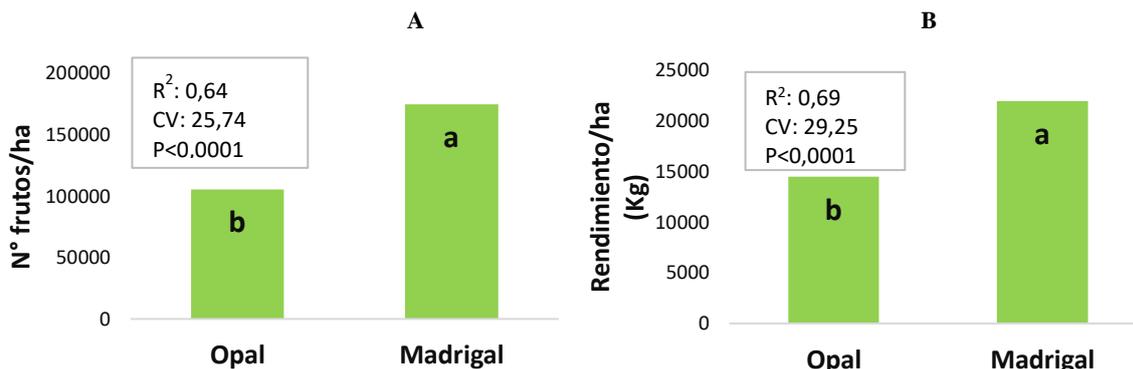


Figura 2. (A) Número de frutos por ha y (B) Rendimiento total por ha. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que a pesar de la época de plantación Madrigal (blanco) se comportó con mayor precocidad mientras que Opal (violeta) retrasó su producción. Madrigal resultó promisorio para la localidad de Junín

REFERENCIAS

- García, S.; Escalante, A.; Rotondo, R.; Firpo, I.; Cravero, V.; López Anido, F.; Cointry, E. 2012. El poder del alcaucil. Rosario, Argentina: Revista Agromensajes n° 34. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario (UNR).
- García, S. M.; Cointry, E.L. 2007. Determinación de la fecha óptima de siembra en alcaucil. Horticultura Argentina 26(61):5–11.
- Bertini, C. 2011. Cultivo de alcachofa (*Cynara cardunculus* sub. *scolymus* L.). Rosario, Argentina: Informativo INIA Ururi N° 56, Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR. Distribución gratuita. ISSN:16698584.
- Rojo Valenzuela, L. 2004. Desarrollo de un sistema de producción forzada de alcachofa mediante vernalización artificial y GA3 (Tesis). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile) <http://repositorio.ucv.cl/handle/10.4151/78467> Consultado 14/06/22.

CARACTERIZACIÓN METEOROLÓGICA DEL VERANO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES EN FAJAS: HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN SOLAR Y VELOCIDAD DEL VIENTO

Padín*, M.A.; Harbar, A.; Rossi, C.A.

Facultad de Ciencias Agrarias - IIPAAS CIC. de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta Pcial. 4 y Av. Juan XXIII, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: martinpadin81@gmail.com

Palabras clave: bienestar animal; estrés calórico; hipertermia

INTRODUCCIÓN

La Temperatura Efectiva (TE) está conformada en base a la interacción entre los meteoros Radiación Solar (RS), Temperatura del Aire (TA), Humedad Relativa (HR) y Velocidad del Viento (VV). Este es el aspecto que mejor representa la sensación térmica de un animal bajo un sistema de producción extensivo, es decir, expuesto a las condiciones climáticas. El presente trabajo se centró, para la época estival, en las variables HR, VV y RS; esta última representada por la Radiación Global (RG).

Según Da Silva (2006) la HR con valores cercanos al punto de saturación es considerada un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas. Los principales efectos de la HR están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Renaudeau, 2005) y están negativamente asociados al consumo diario de agua (Meyer *et al.*, 2004). El rol del viento en el bienestar y desempeño productivo de los animales ha sido largamente reconocido por investigadores (National Research Council, 1981). Según Mader *et al.* (2006), el mismo ayuda a reducir los efectos del estrés por calor durante el verano mejorando los procesos de disipación de calor por vías evaporativas; también menciona y estudia el efecto sinérgico que posee la RS en el concepto de TE. La radiación solar (directa e indirecta) es considerada como uno de los factores más importantes que afectan el balance térmico en el ganado (National Research Council, 1981); según Mader *et al.* (1999), posee un fuerte impacto en la carga total de calor y, por lo tanto, en el estrés calórico en los animales. Asimismo, se ha demostrado que la RS tiene un efecto directo en la temperatura rectal y la tasa respiratoria (Brosh *et al.*, 1998). El Sistema Silvopastoril (SSP) representaría una estrategia adecuada para combatir los efectos negativos de las adversidades climáticas sobre la producción y el Bienestar Animal (BA).

Aportando información pocas veces encontrada en la caracterización de SSP, el objetivo del presente trabajo es caracterizar, evaluar y comparar las variables meteorológicas Radiación Solar (RS), Humedad Relativa (HR) y Velocidad del Viento (VV) en el período estival en dos ambientes con y sin árboles: Sistema Silvopastoril (SSP) y Sistemas a Cielo Abierto (SCA).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue desarrollado en el Establecimiento “La Negra” ubicado en el partido de Suipacha, provincia de Buenos Aires. Para el registro de los datos se utilizaron dos Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) instaladas en un potrero destinado a ganadería de 75 ha identificado como “Tapera 7” localizado a -34.62° S y -59.81° O a 50 m.s.n.m. Las dos EMAs fueron instaladas en ambientes representativos, una en un ambiente a cielo abierto (SCA) y la otra en un Sistema Silvopastoril (SSP).

El SSP fue plantado en 2017 con estacas de Eucaliptus en un diseño espacial de 5 fajas de 15 m de ancho y 500 m de largo, con 40 m de pastizal entre las fajas. Dentro de cada faja existen 6 líneas de árboles distanciadas 2,5 m cada una. Cada árbol dentro de la línea está separado 3 m. Las EMAs están provistas con sensores de: humedad relativa del aire (HIH 4000-003, marca Honeywell), velocidad del viento (TS 231, marca Tecmes) y radiación solar (TS 304, fotovoltaico, marca Tecmes). La ubicación de los equipos de medición es bajo condiciones representativas para cada ambiente, el correspondiente al SCA se encuentra a la intemperie y alejado por lo menos 10 veces la altura del objeto más cercano para evitar distorsiones en la medición y valorar mejor el ambiente. Mientras que el equipo del SSP está ubicado en el centrado de la faja arbórea. Los sensores están instalados a la altura estándar de comparación homologada por el SMN (Servicio Meteorológico Nacional) de 1,5 m sobre el suelo. Las EMAs poseen una frecuencia de registro cada 10 min., lo que permite obtener 144 registros diarios. Las variables meteorológicas se caracterizaron para representar de la mejor forma los efectos diarios del verano que más influyen en el estrés; se abstrajeron las siguientes variables: Humedad Relativa Media (HRM, %), promedio de los 144 datos diarios; Velocidad del Viento Máxima (VVMáx, m/s), valor más alto de los 144 datos diarios; y Radiación Global Total (RGT, W/m²), sumatoria de los 144 datos diarios. Las repeticiones del ensayo son la cantidad de días en que existieron datos de estas variables, de esta forma el n utilizado fue de 90 días. Las repeticiones del ensayo son n días de datos completos (144 registros) del período estival (1/12/2021 al 28/02/2022). Se consideró un modelo de un solo efecto fijo, el Ambiente (SCA y SSP). Para la diagnosis del modelo se utilizó el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) para estimar las

varianzas asociadas y se comprobó la existencia de heteroscedasticidad en las variables analizadas y fueron incluidas en el modelo utilizando el paquete “*varIdent*” También se utilizó el paquete de correlaciones temporales “*corCARI*” que permite estimar e incluir al modelo de estimación los fenómenos de autocorrelación diaria no equidistanciada entre muestras. Se probaron todos los modelos posibles eligiendo el que menor valor de Akaike (AIC) posee, manifestando un mejor ajuste de las variables a los efectos fijos para la heteroscedasticidad y autocorrelación. Las pruebas de comparaciones múltiples de medias utilizada fueron por el método DGC. Para el análisis se empleó el módulo de modelos lineales generales mixtos de Infostat 2016, que incorpora el paquete “nlme” de R. Fue utilizada una significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Humedad Relativa Media Diaria no tuvo diferencias significativas entre los dos ambientes evaluados, siendo sus valores medios 77% y 84% para SCA y SSP respectivamente. La Velocidad del Viento Máxima (VVMáx) que pudo registrarse durante el día fue significativamente menor en el SSP (Tabla 1). La cantidad total diaria de Radiación Solar (RGT) recibida fue significativamente menor en el SSP (Tabla 2). La falta de homogeneidad de varianzas observada en el SSP fue un 16% menor para la VVMáx, y un 81 % menor para RGT. Los valores Phi de autocorrelación resultaron en 0,31; 0,44 y 0,71 para VVMáx, RGT y HRM respectivamente.

Tabla 1. VVMáx (m/s) - Prueba de comparaciones múltiples DGC con valores Medios ajustadas y errores estándares para cada ambiente (Alfa=0,05).

Ambiente	Medias	E.E.
SCA	4,59	0,24 A
SSP	3,14	0,20 B

Letras distintas significativamente diferentes.

Tabla 2. RGT (W/m²)- Prueba de comparaciones múltiples DGC con valores Medios ajustadas y errores estándares para cada ambiente (Alfa=0,05)

Ambiente	Medias	E.E.
SCA	39967,88	2161,28 A
SSP	4498,87	409,97 B

Letras distintas significativamente diferentes.

Existe escasa referencia bibliográfica sobre diferencias de estas variables bajo tratamientos similares. Es reconocido el efecto de disminuir la velocidad del viento por los árboles, pero no se han encontrado referencias sobre los vientos de máxima intensidad (ráfagas de viento). De la misma forma, no se encuentran publicaciones donde se detalle que la Radiación Global sea medida bajo el canopeo arbóreo; si bien los resultados son más que elocuentes, era necesario sentar las bases demostrativas con un análisis de este tipo. Respecto de la HR y lo analizado por este grupo de trabajo en 2020, fue coincidente el resultado obtenido anteriormente; más allá de ser un SSP totalmente distinto y en otra localidad, estadísticamente ahora fue incorporada la autocorrelación. Esta situación evaluada podría no ser del todo favorable para el confort animal ya que, el SSP es un reparo de la carga radiativa y del viento, en cambio, si la HR se mantiene elevada reduce la efectividad de un mecanismo de disipación, los procesos evaporativos como la sudoración y la perspiración. En general, son escasos los trabajos que brindan información meteorológica sobre otros parámetros que no sean exclusivamente los térmicos. Según Mader (2006), el viento tiene un gran impacto en la disipación de calor, siendo que ésta reparada por el SSP podría generar un entorno más “cálido” desde el concepto de TE si factores como la HR y TA se mantienen elevadas. Actualmente, se trabaja en evaluar la combinación de estos factores en un solo índice que represente la situación global y la verdadera valoración del SSP desde el concepto de TE.

CONCLUSIONES

Un SSP con las características estructurales evaluadas propicia un ambiente más sombreado y menos ventoso en verano, no existiendo diferencias en el contenido de humedad del aire.

REFERENCIAS

- Brosh, A.; Aharoni, Y.; Degen, A.A.; Wright, D.; Young, B.A. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermo-regulatory responses and energy balance in cattle. *J. Anim. Sci.* 76: 2671–2677.
- Da Silva, R.G. 2006. Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO-No.134.
- Mader, T.L.; Dahlquist, J.M.; Hahn, G.L.; Gaughan, J.B. 1999. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 77: 2065–2072.
- Mader, T.L, Davis, M.S.; Brown-Brandl, T. 2006. Factores ambientales que influyen en el estrés por calor en el ganado de engorde. *Revista de Ciencia Animal* 84 (3):712–719.
- Meyer, U.; Everinghoff, M.; Gädeken, D.; Flachowsky, G. 2004. Investigations on the water intake of lactating cows. *Livest Prod Sci.* 90:117–121.
- National Research Council. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals, pp: 75-84. Washington: National Academy Press.
- Padín, M.A.; Fernández, E.N.; Harbar, A.; Rossi, C. 2020. Comparación de parámetros meteorológicos humedad relativa y velocidad del viento en dos sistemas ganaderos: SSP y Sistema Pastoril a Cielo Abierto en los Esteros de Iberá, Corrientes, Argentina. XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología. Paraná, Entre Ríos, Argentina. Pág. 181.
- Renaudeau, D. 2005. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. *Anim. Res.* 54: 81–93.

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DEL VERANO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES EN FAJAS

Padín*, M.A.; Harbar, A.; Rossi, C.A.

Facultad de Ciencias Agrarias - IIPAAS – CIC de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta Pcial. 4 y Av. Juan XXIII, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: martinpadin81@gmail.com

Palabras clave: bienestar animal; temperatura intemperie; estrés calórico

INTRODUCCIÓN

En sistemas de producción animal, cualquiera sea la especie, raza o línea considerada, el resultado observado en un individuo deviene de la acción conjunta de sus genes, del ambiente en el que se desarrolla y adicionalmente de la interacción entre ambas variables (Falconer y Mackay, 1996). Tanto la Radiación Solar (RS), la Temperatura del Aire (TA), la Humedad Relativa (HR) y la Velocidad del Viento (VV), conforman el concepto de “Temperatura Efectiva” (TE) sobre los animales, entendiéndose la misma como la sensación de calor o frío que resulta de la interacción de las variables mencionadas (Padín *et al.*, 2021). Cuando la TE excede los límites de la zona termoneutral animal, se activan una serie de mecanismos físicos y fisiológicos por parte de este para contrarrestar el incremento o descenso calórico. Estos mecanismos, que implican un gasto energético, podrían afectar el Bienestar Animal (BA) y los niveles productivos. Dentro de este marco, la TA es una de las variables más estudiadas para valorar el efecto que tiene el ambiente sobre los animales. Así, algunos autores han destacado la importancia que posee la TA en condiciones estivales sobre la producción pecuaria. Algunos de los efectos inmediatos del estrés térmico son la disminución en la ingesta de alimento, ingesta de agua y nivel de producción láctea (Johnson *et al.*, 1963). Según Putney *et al.* (1988) la mayor parte de la evidencia sugiere que los fallos reproductivos, como la muerte embrionaria, están asociados a la hipertermia en ganado bovino.

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) han demostrado tener un impacto benéfico sobre las condiciones ambientales para los animales. Un efecto particular es morigerar las elevadas temperaturas de verano, causantes del estrés calórico. Los SSP vienen siendo utilizados estratégicamente para complementar los sistemas ganaderos con producción arbórea que aportan beneficios a los animales (Rossi y González, 2014; Navas, 2016).

La TA es un importante componente de la TE, y es necesario contar con los instrumentos adecuados que expliquen el comportamiento de dicha variable. Actualmente el método de medición que se utiliza para ello es el registro tomado desde el abrigo meteorológico bajo las recomendaciones de la World Meteorological Organization (WMO, 2011), el cual está diseñado para proteger a los sensores de medición de la TA del efecto de la radiación solar, la contra radiación terrestre, y factores como la precipitación y condensación; también proporciona una adecuada y homogénea ventilación. Nuestro objetivo de estudio fue evaluar en verano la TA en dos condiciones del sensor: con y sin abrigo meteorológico; y en dos ambientes: Sistema Silvopastoril (SSP) y Sistema a Cielo Abierto (SCA).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en el Establecimiento “La Negra” ubicado en el partido de Suipacha, provincia de Buenos Aires. Para el registro de los datos se utilizaron dos Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) instaladas en un potrero destinado a ganadería de 75 ha identificado como “Tapera 7” localizado a -34,62° S y -59,81° O a 50 m.s.n.m. Las dos EMAs fueron instaladas en ambientes representativos del estudio, una en un ambiente a cielo abierto (SCA) y la otra en un Sistema Silvopastoril (SSP) (Figura 1a). El SSP fue plantado en 2017 con estacas de Eucaliptus en un diseño espacial de 5 fajas de 15 m de ancho y 500 m de largo, con 40 m de pastizal libre entre las fajas. Dentro de cada faja hay seis líneas de árboles distanciadas 2,5 m entre una y otra. Los árboles en la línea están separados 3 m entre sí.

Las EMAs están provistas con sensores de temperatura del aire con y sin abrigo meteorológico (Termoresistencia de platino de 100 ohm, marca Celsius). La ubicación de los equipos de medición fue bajo condiciones representativas para cada ambiente, la EMA correspondiente al SCA estaba a la intemperie y alejada 10 veces la altura del objeto más cercano para evitar distorsiones en la medición y valorar mejor el ambiente; mientras que el equipo del SSP fue ubicado en el centro de la faja. Los sensores se instalaron a la altura estándar de comparación homologada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de 1,5 m sobre el suelo.

Las EMAs poseen una frecuencia de registro cada 10 min, lo que permite obtener 144 registros diarios. Las variables meteorológicas se caracterizaron para representar de la mejor forma los efectos diarios del verano que más influyen en el estrés; se abstrajeron las variables: Temperatura Máxima Absoluta (TM_{máx}, °C), valor más alto de los 144 datos diarios y Temperatura Media (T_{med}, °C), promedio de los 144 datos diarios. Las repeticiones del ensayo son la cantidad de días en que existieron datos de estas variables, de esta forma el n utilizado fue de 90 días. Las repeticiones del ensayo son n días de datos completos (144 registros) del período estival (1/12/2021 al 28/02/2022).

Se consideró un modelo de efectos fijos con arreglo factorial que incluyó los factores: Ambiente (SCA y SSP), Estructura (Abrigo e Intemperie) (Figura 1b) y su interacción. Para la diagnosis del modelo se utilizó el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) para estimar las varianzas asociadas y se comprobó la existencia de heteroscedasticidad en las variables analizadas; estas fueron incluidas en el modelo utilizando el paquete “varIdent”. También se utilizó el paquete de correlaciones temporales “corCARI” que permite estimar e incluir al modelo de estimación los fenómenos de autocorrelación diaria no equidistanciada entre muestras. Se probaron todos los modelos posibles eligiendo el que menor valor de Akaike (AIC) posee, denotando un mejor ajuste de las variables a los efectos fijos para la heteroscedasticidad y autocorrelación. Las pruebas de comparaciones múltiples de medias utilizada fueron por el método DGC. Para el análisis se empleó el módulo de modelos lineales generales mixtos de Infostat 2016, que incorpora el paquete “nlme” de R. Fue utilizada una significancia del 5%.

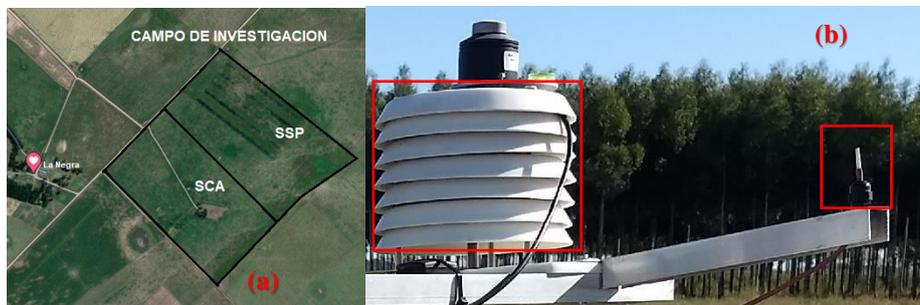


Figura 1a. Imagen aérea de los dos ambientes. **1b.** Sensor de Temperatura dentro del abrigo (Izq.) y a la intemperie (Der.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No existieron diferencias significativas para ninguno de los efectos analizados sobre la temperatura máxima absoluta diaria ni la temperatura media diaria. La varianza total de las estimaciones fue de 23,8144 y 12,3904 °C² respectivamente. En la Tabla 1 se pueden observar los valores medios de cada variable. Los valores Phi de autocorrelación fueron 0,70 y 0,74 para TMáx y TMed respectivamente.

Tabla 1. Valores medios de temperatura media (TMed) y máxima (TMáx) durante el período analizado en abrigo e intemperie para los Sistema Silvopastoril (SSP) y Sistema a Cielo Abierto (SCA).

VARIABLE	SCA-ABRIGO	SCA-INTEMPERIE	SSP-ABRIGO	SSP-INTEMPERIE
TMED (°C)	23,28	23,66	23,32	23,31
TMÁX (°C)	31,18	33,05	30,12	30,50

Según Navas (2016) y Rossi & González (2014) las altas temperaturas en verano serían amortiguadas como uno de los beneficios del SSP. Sin embargo, los resultados obtenidos no concuerdan con lo anteriormente mencionado, aunque el SSP puede estar condicionado por el diseño en fajas, siendo estas sean muy angostas como para lograr modificar la Tmáx.

CONCLUSIONES

Concluimos que no es necesario utilizar sensores extra, o fuera de los estándares de medición para captar mejor el entorno ambiental que proveen los árboles. La estructura del SSP de *Eucalyptus sp.* de 5 años en fajas no genera diferencias térmicas que propicien un entorno más fresco en verano.

REFERENCIAS

- Falconer, D.S.; Mackay, T.F.C. 1996. Introduction to quantitative genetics. Longmans Green, Harlow, Essex, UK. 280.
- Johnson, H.D.; Ragsdale, A.C.; Berry, I.L.; Shanklin, M.D.; McLaren, S. 1963. Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals. LXVI, Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle. Research Bulletin N° 846. University of Missouri College of Agriculture Agricultural Experiment Station. Columbia, Missouri.
- Navas, A. 2016. Sistemas silvopastoriles. Bogotá: Tropenbos Internacional Colombia & Fondo Patrimonio Natural. ISBN 978-958-9015-00-1
- Padín, M.A.; Harbar, A.; Peña Godoy; Rossi, C.A. 2021. Comparación de la Radiación Solar bajo canopia y afuera de un Sistema Silvopastoril de los Esteros de Iberá Corrientes. 44° Congreso Argentino de Producción Animal. 25 al 27 de Noviembre 2021.
- Putney, D.J.; Malayer, J.R.; Gross, T.S.; Thatcher, W.W.; Hansen, P.J.; Drost, M. 1988. Heat stress-induced alterations in the synthesis and secretion of proteins and prostaglandins by cultured bovine conceptuses and uterine endometrium. Biology of Reproduction 39(3):717–728.
- Rossi, C.A.; González, G.L. 2014. Sistemas silvopastoriles: Una propuesta productiva agropecuaria racional frente a los problemas ambientales. Rev. Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Fac. Ciencias Agrarias de la UNLZ:3–9.
- WMO. 2011. Guía de prácticas climatológicas. OMM–N.º 100. Ginebra. Suiza. 128 p.

EFEECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA Y EL CULTIVAR SOBRE EL DESARROLLO Y EL RENDIMIENTO DE COLZA 00 EN EL SUDESTE BONAERENSE

Pereyra Iraola, M.M.; Zubiri, M.; Bodega, J.L.; Nagore, M.L.; Darwich, G.A.; Martínez*, R.D.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta 226 km 73.5, Balcarce, Argentina

*Contacto: rmartinez@mdp.edu.ar

Palabras clave: fenología; vernalización; Balcarce

INTRODUCCIÓN

La elección de la fecha de siembra y el tipo de cultivar es clave para optimizar la productividad del cultivo de colza. Existen dos tipos de cultivares de colza: invernales, que se siembran más temprano dado que necesitan vernalizarse (acumular bajas temperaturas para que se induzca la floración) y su área de producción está restringida a ambientes donde se cumplan las condiciones de temperatura que necesitan; y primaverales que no tienen necesidad de vernalización, los cuales se siembran en fechas posteriores a los cultivares invernales (Iriarte y López, 2014). La fecha óptima será la que permita ubicar el período crítico del cultivo en el momento de mejor oferta ambiental. El período crítico comienza a partir de floración y tiene una duración aproximada de cuatro semanas, cuando se está definiendo el número de silicuas por planta y el nivel de aborto de flores (Mingreau, 1974) aunque también es relevante la primera mitad del llenado de granos (Permingeat, 2013). En base a esta información, surge la necesidad de evaluar cómo las diferentes fechas de siembra modifican la fenología y ubicación de las etapas del cultivo de colza utilizando cultivares primaverales e invernales. Se realizó el presente trabajo con el objetivo de caracterizar los cambios en la fenología de la colza al variar la fecha de siembra para determinar el momento de la ocurrencia del período crítico en cultivares invernales y primaverales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el ciclo agrícola 2015/2016 en el campo de la Unidad Integrada Balcarce, Provincia de Buenos Aires, Argentina, ubicado a 37° 45' de latitud sur y 58° 18' de longitud oeste y a una altitud de 130 m.s.n.m. Se sembraron dos variedades, una de tipo invernal (Vectra, de la empresa QualityCrops) y una de tipo primaveral (Bioaureo 2386, de la empresa Nuseeds). Así, quedaron establecidas ocho fechas de siembra correspondientes a distintos días del año (dda): 23 de abril de 2015 (F1: dda 113), 13 de mayo de 2015 (F2: dda 141), 1 de junio de 2015 (F3: dda 152), 24 de junio de 2015 (F4: dda 175), 10 de julio de 2015 (F5: dda 191), 5 de agosto de 2015 (F6: dda 217), 27 de agosto de 2015 (F7: dda 239) y 14 de septiembre de 2015 (F8: dda 257). El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se realizó un seguimiento de la fenología monitoreando el ensayo dos veces por semana, haciendo hincapié en los estadios roseta con 4 (B4) a 6 (B6) hojas desarrolladas, inicio de elongación (D1), floración (F1) y madurez fisiológica (MF) según la clasificación fenológica europea INRA-CETIOM (Arnoud, 1989). El ensayo fue monitoreado semanalmente con el objetivo de mantenerlo libre de enfermedades y malezas. Además de la fenología se analizó el rendimiento de cada tratamiento. Finalizado el ciclo de cultivo se procedió a cosechar 1 m de longitud de los 3 surcos centrales de las parcelas, para su posterior procesado con una trilladora estática, las semillas obtenidas de este proceso se pesaron para calcular el rendimiento por hectárea en base a la superficie cosechada (7,35 m²). Se llevó a cabo un análisis de varianza y se utilizó el test de Mínima Diferencia Significativa (LSD de Fisher) de comparación de medias, con un nivel de significancia $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la medida que se retrasó la fecha de siembra se tendieron a acortar los ciclos del cultivar primaveral (Figura 1a). El cultivar invernal tendió en general a tener un ciclo más largo y a partir de la sexta fecha de siembra no completó su ciclo. Se observó que el período crítico se ubicó en diferentes fechas al cambiar la fecha de siembra y modificar el cultivar. Estos resultados coinciden con trabajos previos en la campaña 2008/2009 en Paraná donde existió también interacción entre ambos factores, es decir que los cultivares se comportaron en forma diferente frente al atraso de la fecha de siembra (Coll y Larrosa, 2010).

En el cultivar invernal, a partir de la quinta fecha de siembra el ciclo pasó de reducirse a alargarse debido a que no fueron cubiertos sus requerimientos de vernalización. Se asume que cultivares que requieren vernalización la tasa de desarrollo se acelera por acumulación de temperaturas en el rango de 4 °C a 9 °C. Desde el día del año 250 (coincidente con la emergencia del cultivar invernal sembrado en la sexta fecha de siembra) se observó una marcada disminución en la cantidad de días con temperaturas mínimas por debajo de 7 y 9 °C (Figura 1b). Así, el cultivar invernal no floreció en siembras posteriores al mes de julio.

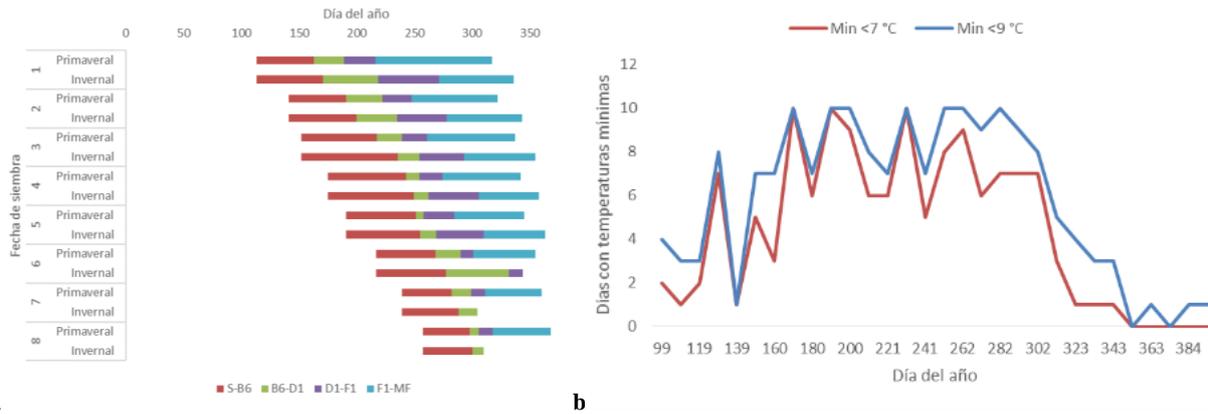


Figura 1a. Duración de las etapas Siembra-6 hojas (S-B6 en rojo), 6 hojas-aparición de inflorescencia (B6-D1 en verde), aparición de la inflorescencia- inicio de floración (D1-F1 en violeta) y floración- madurez fisiológica (F1-MF en celeste) expresado en días del año para los dos cultivares analizados y las ocho fechas de siembra evaluadas. **1b** Número de días por década con temperaturas mínimas por debajo de 7 (rojo) y 9 °C (azul) para el año 2015.

Las fechas de siembra que presentaron los mayores rendimientos fueron: mayo (F2) para invernales y fin de junio (F4) para primaverales (Figura 2). En las condiciones en que se llevó a cabo el experimento se observó una ventana ambiental óptima para la siembra de cualquiera de los dos tipos de cultivares de colza desde fin de abril hasta julio. El cultivar invernal no floreció en siembras tardías, mientras que el primaveral presentó mermas de rendimiento por heladas en siembras tempranas. Estos resultados coinciden con trabajos previos donde los rendimientos de granos que se obtuvieron con cultivares primaverales se incrementaron en fechas de siembra posteriores a abril (Iriarte, 2014), mientras que en fechas de siembra posteriores el mayor rendimiento correspondió al cultivar de ciclo más corto, como en uno de los trabajos previos consultados (Coll y Larrosa, 2010).

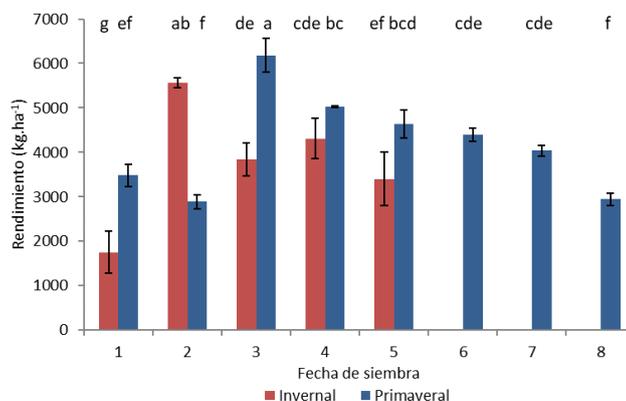


Figura 2. Rendimiento en grano (kg por hectárea en base seca) para los dos cultivares analizados (invernal en rojo y primaveral en azul) y las ocho fechas de siembra evaluadas. Cada punto representa la fecha promedio de las tres repeticiones. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($P < 0,05$).

CONCLUSIONES

Cambios en la fecha de siembra presentaron diferencias tanto en ubicación temporal como duración de las etapas vegetativas y reproductivas, tendiendo a acortar su ciclo. Sin embargo, en siembras tardías los cultivares invernales alargaron su ciclo a punto tal de no alcanzar la floración durante la estación de crecimiento.

En las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, se observó una ventana ambiental óptima para la siembra de cualquiera de los dos tipos de cultivares de colza desde fines de abril hasta julio.

REFERENCIAS

- Arnoud, F. 1989. Colza: selection, variétés. Cahier Technique. CETIOM. París, Francia. 28 p.
- Coll, L.; Larrosa, L.M. 2010. Efecto de la fecha de siembra y el ciclo sobre el rendimiento de colza. Actualización Técnica N°1, EEA INTA Paraná. 36 p.
- Iriarte, L.B. 2014. Cultivo de colza: fecha de siembra, densidad y distancia entre surcos. INTA Barrow. 11 p.
- Iriarte, L.B.; López, Z.B. 2014. El cultivo de colza en Argentina. Situación actual y perspectivas. 1° Simposio Latinoamericano de Canola. Passo Fundo, Brasil, pp:1-7.
- Mingeau, M. 1974. Comportement du colza e printemps a la sécheresse. Informations Techniques (Paris, France) 36:1-11.
- Permingeat, M.P. 2013. Rendimiento de colza 00: determinación del período crítico. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 20 p.

EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO SOBRE LA RESPUESTA AL ESTRÉS Y FENOLOGÍA DE TOMATE

Pincioli, M.¹; Puig, L.^{1,2}; Dell'Arciprete, L.¹; Díaz, C.¹; Maiale S.²; Garbi, M.¹; Martínez*, S.¹

¹*Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Calles 60 y 119 s/n (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina*

²*Instituto Tecnológico de Chascomús, CONICET- Universidad Nacional de San Martín, Argentina*

***Contacto:** smarti@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: FRAP; ciclo; grados día

INTRODUCCIÓN

En el cinturón hortícola platense, los cultivares de tomate de ciclo tardío más utilizados en la zona pueden quedar sujetos a condiciones estresantes para el cultivo, como es la ocurrencia de temperaturas medias máximas con valores próximos a los 43 °C (Garbi *et al.*, 2002). El ácido salicílico (AS) es una hormona vegetal que actúa promoviendo el metabolismo secundario, y protegiendo a la célula vegetal de situaciones de estrés producidas por factores bióticos y abióticos. Aplicaciones en tomate han incrementado la supervivencia de las plantas en condiciones de estrés por enfriamiento, calor o sequía; siendo efectivas para aliviar el efecto del estrés oxidativo producido por déficit hídrico y salinidad (Hayat *et al.*, 2010). No obstante, Martínez *et al.* (2018) observaron que esta práctica redujo el número de hojas a primer racimo, lo que podría implicar una modificación en las fases fenológicas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la forma de aplicación de ácido salicílico sobre la capacidad antioxidante, la fenología y la acumulación térmica en un cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo se condujo en un invernadero parabólico de 24 m x 40 m y 6 m de altura en la cumbre, ubicado en la Estación Experimental Ing. Agr. Julio Hirschhorn (FCAyF, UNLP), La Plata, Buenos Aires, Argentina (34°58'S, 57°59'W). Se utilizó el híbrido de tomate Yigido F1 (Seminis®), realizándose los siguientes tratamientos, 24 horas previas al trasplante: 1 ml AS 0,1 mM en drench (ASd); AS 0,1 mM asperjado hasta goteo (ASa), 1 ml agua+Tween 20 en drench (Td), agua+Tween 20 asperjado hasta goteo (Ta), Testigo absoluto (Tt). Td y Ta fueron tratados con agua+Tween 20 para replicar el efecto mecánico de la aplicación de AS, preparado en una solución acuosa con Tween 20 como adyuvante. El trasplante se realizó el 24/01/2022 a 0,80 m entre lomos y 0,25 m entre plantas. Se registró la temperatura del aire cada 30 minutos con una estación meteorológica automática Davis, ubicada en el centro del invernadero y sensor a 1,5 m desde el nivel del suelo. Se registraron las fechas de inicio de floración y fructificación hasta quinto racimo, calculándose la cantidad de días transcurridos desde el trasplante hasta el inicio de cada fase y el tiempo térmico (TT) utilizando como temperatura base $T_b = 10\text{ °C}$. A los 30 días después del trasplante se determinó la capacidad antioxidante (FRAP) en la tercera hoja inferior al primer racimo. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, y 10 plantas por parcela. Se realizó análisis de la varianza a una vía, mediante el programa Infostat Estudiantil® 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia se evaluó la capacidad antioxidante (FRAP) entre tratamientos con y sin aplicación de AS y se observaron diferencias significativas (Tabla 1). Los tratamientos con aplicación de AS 0,1 mM en ambas formas presentaron menores valores de FRAP diferenciándose en un 50 y 59 % los tratamientos ASd y ASa, con respecto al Tt. Esto indicaría un estado más reducido del metabolismo celular, relacionado a un menor nivel de estrés oxidativo resultado del control hormonal. Leyva *et al.* (2012) también observaron una reducción en los valores de FRAP medidos en plantas de tomate cultivadas en condiciones de menor estrés, por el uso de mallas de sombreo y sistemas de nebulización. Paralelamente se pudo observar que la aplicación de AS, si bien produjo diferencias en la duración del ciclo y, por lo tanto, en el tiempo térmico a floración y fructificación (Tablas 2 y 3), estas diferencias no alcanzaron a ser significativas según el test estadístico utilizado (Tukey $p \leq 0,05$). Los días y TT para floración y fructificación del primer racimo son semejantes a los observados para dos híbridos de tomate cultivados en La Plata, trasplantados en noviembre (Dell'Arciprete *et al.*, 2020), siguiendo un ritmo de floración y fructificación equivalente al reportado por Guaymasí *et al.* (2018). Durante el ciclo productivo desde trasplante hasta última cosecha la temperatura media diaria fue de 19,0 °C, registrándose una T_{min} de 8,0 °C y una T_{max} diaria de 32,4 °C. En sólo 2 días la temperatura media fue inferior a 10 °C (T_b) y en ningún día fue superior a 35 °C (temperatura umbral para el cultivo).

Tabla 1. Capacidad antioxidante (FRAP) en tomate cv. Yígido según tratamiento con ácido salicílico. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2022.

Tratamiento	FRAP ($\mu\text{mol equiv. Ac. ascórbico.g}^{-1}$)
ASd	0,48 b
ASa	0,57 b
Td	0,96 a
Ta	0,96 a
T	0,98 a

Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey $p \leq 0,05$)

Tabla 2. Días requeridos desde trasplante a floración y fructificación del primer al quinto racimo en tomate cv. Yígido según tratamiento con ácido salicílico. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2022.

Tratamiento	Floración - Racimos					Fructificación - Racimos				
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°
ASd	22	42	50	63	65	32	50	58	63	71
Asa	22	37	45	61	61	30	44	52	61	69
Td	22	36	44	60	60	32	44	52	60	68
Ta	22	36	44	63	63	30	44	52	63	70
T	22	35	44	62	62	32	43	54	62	71
p	-	0,5564	0,4728	0,3041	0,5199	0,4682	0,5088	0,5232	0,7437	0,4762

Tabla 3. Tiempo térmico requerido desde trasplante a floración y fructificación del primer al quinto racimo en tomate cv. Yígido según tratamiento con ácido salicílico. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2022.

Tratamiento	Floración - Racimos					Fructificación - Racimos				
	1°	2°	3°	4°	5°	1°	2°	3°	4°	5°
ASd	282	539	635	682	778	415	626	642	762	821
Asa	282	479	577	655	742	393	574	651	739	804
Td	282	469	570	655	734	403	573	653	728	800
Ta	282	474	571	682	764	393	570	648	759	814
T	282	453	572	675	752	412	558	664	747	819
p	-	0,4755	0,8570	0,7390	0,5198	0,4683	0,5664	0,8633	0,7343	0,4699

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo son de carácter preliminar, pero permiten considerar el uso de ácido salicílico como una opción viable para mejorar la respuesta de la planta a condiciones de estrés abiótico, ya que se pudo observar una diferencia en el estrés oxidativo a nivel celular aún con dosis muy bajas aplicadas, pero se espera poder profundizar las evaluaciones para poder recomendar la práctica en la zona de influencia.

REFERENCIAS

- Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.B.; Carbone, A. 2003. Influencia de invernaderos sobre la temperatura estival en el cinturón hortícola platense. *Revista Brasileira de Agrometeorología* 10 (1): 27–31.
- Guaymasí, D.; Garbi, M.; Morelli, G.; Martínez, S. Ex aequo. 2018. Días y tiempo térmico a floración y fructificación en solanáceas cultivadas en invernadero en La Plata Horticultura Argentina 37 (92):34–41.
- Hayat, Q.; Hayat, S.; Irfana, M.; Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany* 68:14–25.
- Leyva, R.; Suárez-Rey, E.M.; López-Pérez, L.; Romero-Gámez, M.; Castilla, N.; Ruíz, J.M.; Soriano, T. 2012. Comparación microclimática, productiva y de calidad del cultivo estival de tomate cherry bajo malla con equipamientos complementarios del control de clima. Estudio preliminar. En: XIII Congreso Nacional De Ciencias Hortícolas. 2012, Almería, España. http://www.sech.info/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=28&Itemid=36, Consultado: 13/06/2022.
- Martínez, S.; Garbi, M.; Masi, A.; Morelli, G.; Cerisola, M.C.; Carbone, A.; Grimaldi, M.C. 2018. Evaluación de técnicas combinadas en la producción de tomate protegido sobre suelos con nemátodos. Utilizando de portainjertos, biofumigación, aplicación de hormonas vegetales y biocontroladores. En: Garbi, M.; Sangiacomo, M.A. (Coords.). Buenas prácticas en producciones horti-florícolas en áreas periurbanas. EdUNLu. Luján, Buenos Aires. pp: 86–99.

VALIDACIÓN DE ESTIMACIONES DE CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO DE UN MODELO DE BALANCE HIDROLÓGICO PARA EL PREDIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA-UBA

Puccetti*, C.; Repetto, P.; Iuvaro, P.; Fernández Long, M.E.

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453 (1417). CABA, Argentina

*Contacto: puccetti@agro.uba.ar

Palabras clave: balance hídrico; Estación Meteorológica Automática; regresión lineal

INTRODUCCIÓN

El contenido de agua en el suelo es un factor determinante para el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales y otras formas de vida. Depende de aspectos meteorológicos, tales como la precipitación y evapotranspiración, así como edáficos, entre los que se encuentran la textura, estructura y porosidad del suelo. Su medición puede realizarse por métodos directos, a través de gravimetría, o indirectos, mediante el uso de instrumental especializado (Quiroga *et al.*, 2018). También puede ser estimado a partir de diferentes modelos de Balance Hidrológico (Fernández Long *et al.*, 2019). Entre estos últimos, el Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) (Fernández Long *et al.*, 2012) es un modelo que permite cuantificar el contenido de agua presente en el suelo y la que se encuentra disponible para las plantas en la zona radicular. Es una herramienta útil para la toma de decisiones en el sector agrícola a escala regional y en tiempo real, y permite generar una base de datos disponible para el sector académico y productivo (Fernández Long *et al.*, 2019).

El objetivo de este trabajo consiste en evaluar el grado de ajuste entre estimaciones de contenido hídrico del suelo realizadas por el BHOA para el predio de la Facultad de Agronomía de la UBA (FAUBA), en el período comprendido entre septiembre de 2021 y junio de 2022, utilizando como datos de entrada las mediciones de variables meteorológicas realizadas por la Estación Meteorológica Automática (EMA) instalada dentro del mismo predio. Para ello, se realizará un análisis de regresión entre datos estimados por el BHOA y los datos de humedad del suelo medidos por la EMA de forma horaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de Estación Meteorológica corresponde a iMetos 3.3, la cual cuenta con distintos sensores de medición. Entre ellos, dos son específicos para humedad del suelo y corresponden al tipo Decagon (USA), ubicados a 10 y a 50 cm de profundidad. Estos operan de forma horaria y registran el contenido de agua del suelo como porcentaje de humedad volumétrica, en un rango entre 20% y 40%.

En primera instancia, se obtuvieron y analizaron los datos horarios de diferentes variables meteorológicas provenientes de la EMA para evidenciar posibles errores y/o datos nulos. Estos se ingresaron al modelo del BHOA y se corrió el mismo para valores de capacidad de campo de 400 mm y punto de marchitez de 250 mm. Así, se obtuvieron las estimaciones de contenido hídrico del suelo de forma horaria para todo el perfil. Dichos resultados fueron expresados como porcentaje de humedad volumétrica.

Luego, con los registros propios de humedad del suelo medidos por los sensores de la EMA, se calculó el promedio horario entre ambas y se obtuvo un único valor de humedad del suelo para cada hora. Estos valores, también expresados como porcentaje de humedad volumétrica, fueron los utilizados para hacer luego el análisis de regresión con los datos estimados por el BHOA. Se calculó la recta de ajuste y el coeficiente de determinación R^2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró una relación directa y significativa entre las mediciones de la EMA y las estimaciones del BHOA (Figura 1). Sin embargo, el rango de valores explorado por ambas variables fue diferente. Como puede verse, la variación de las estimaciones de contenido hídrico realizadas por el BHOA se distribuye en un rango de humedad volumétrica entre 21,00 y 33,00%. Por su parte, la variación entre las mediciones promedio de humedad del suelo de ambas profundidades realizadas por la EMA se encuentran dentro de un rango más acotado, entre 28,00 y 35,00%.

El análisis de regresión muestra un coeficiente asociado de determinación R^2 entre ambas variables de 0,539, lo cual indica que prácticamente la mitad de la variación de las estimaciones realizadas por el BHOA es explicada por las mediciones de la EMA. La falta de ajuste puede deberse a un sesgo en la estimación de la capacidad de campo y punto de marchitez que podría mejorarse realizando la determinación en laboratorio. Sin embargo, la escasa variabilidad de las mediciones de humedad de la EMA podría estar indicando un funcionamiento defectuoso de alguno de los sensores; esto implicaría realizar algún otro tipo de determinación. Por este motivo, se prevé realizar un muestreo continuo de suelo para determinar el contenido hídrico de las muestras. Asimismo, efectuar mediciones con

un Diviner, que es un equipo que está conformado por una sonda y una unidad de visualización, que permite medir el grado de humedad en el suelo de manera inmediata.

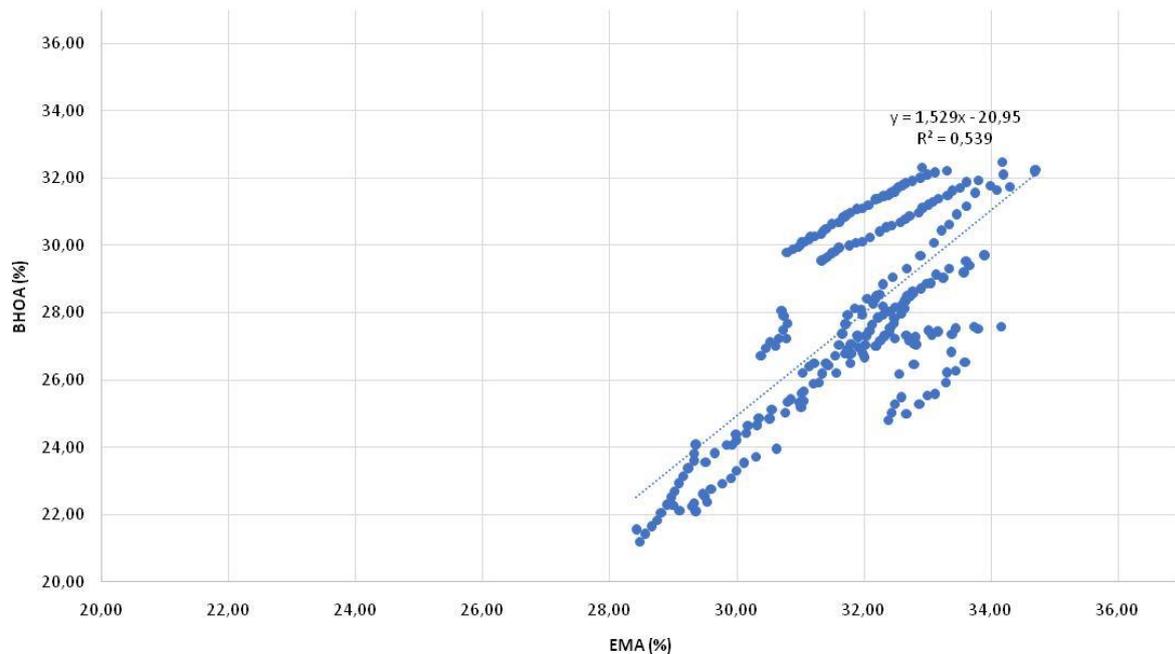


Figura 1. Análisis de regresión lineal entre las estimaciones de contenido hídrico del suelo realizadas por el BHOA vs. las mediciones de humedad del suelo realizadas por la EMA para el período septiembre 2021-junio 2022, expresados en humedad volumétrica (%). La línea negra representa el modelo lineal que mejor se ajusta a los datos, y se muestra la ecuación y el valor de ajuste R^2 .

CONCLUSIONES

El BHOA es un modelo que permite estimar el contenido de agua en el suelo y la que se encuentra disponible para las plantas. En este trabajo, se lo utilizó para estimar el contenido hídrico del suelo en el predio de la FAUBA durante septiembre de 2021 y junio de 2022, utilizando como datos de entrada las mediciones de distintas variables meteorológicas realizadas por la EMA. Los resultados de la regresión indicaron un ajuste aceptable entre ambas variables. Queda pendiente mejorar los valores de capacidad de campo y punto de marchitez permanente utilizados por el BHOA y la medición del contenido de agua del suelo utilizando otro tipo de metodología, como gravimetría, para analizar si de esta forma disminuye la variabilidad de los datos y mejora el grado de ajuste.

REFERENCIAS

- Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). *Rev. Agronomía y Ambiente* 32(1-2):31–47.
- Fernández Long, M.E.; Hurtado, R.; Pérez, S.; Spescha, L. 2019. Balance Hidrológico Operativo para el Agro. Versión estudiantil (BHOAe). *Rev. Agronomía y Ambiente* 39(1):33–44.
- Quiroga, A.; Fernández, R.; Álvarez, C. 2018. Análisis y evaluación de propiedades físico-hídricas de los suelos. Ediciones INTA. Anguil, La Pampa, Argentina. 132 pp.

RESPUESTA DEL CRECIMIENTO DEL EUCALIPTO A LAS TEMPERATURAS

Ramos*, S.; Garin, R.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta Prov. 22 y FFCC, Concordia s/n, 3200, Argentina

*Contacto: ramos.sergio@inta.gob.ar

Palabras clave: grados día; *Eucalyptus grandis*; *Eucalyptus camaldulensis*; clones

INTRODUCCIÓN

La temperatura tiene una directa influencia en los procesos fisiológicos de las plantas, su variación espacial y temporal es determinante para el establecimiento, crecimiento y desarrollo de las plantas

El género *Eucalyptus* comprende más de 700 especies y tienen una amplia distribución espacial lo que refleja su capacidad de adaptación a diferentes climas (González-Orozco *et al.*, 2014). Sin embargo, la adaptabilidad se restringe a nivel de especie, en particular *Eucalyptus grandis*, la especie más plantada en Argentina, en su ámbito natural crece y se desarrolla en climas subtropicales sin estación seca marcada (FAO, 1981) lo que se corresponde a las condiciones de nuestra Mesopotamia, lugar donde encontramos las mayores áreas de plantación del país (MinAgri, 2022). En este trabajo se evaluó la influencia de la temperatura en el crecimiento de clones comerciales de eucalipto plantados en el campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En un lote plantado con dos clones de eucalipto, se tomaron al azar cinco plantas de cada clon sobre las que se midió la altura cada dos-tres semanas desde abril a diciembre de 2021. Se determinó el incremento medio diario como:

$$Im = \frac{H_a - H_{a-1}}{\Delta t}$$

Im = incremento medio diario (cm)

H_a = altura actual (cm)

H_{a-1} = altura anterior (cm)

Δt = número de días entre la medición actual y la anterior

Paralelamente se obtuvieron datos diarios de temperatura del observatorio convencional de la EEA Concordia a unos 15 km del lote evaluado (Tabla 1)

Tabla 1. Fuente de datos y variables analizadas.

Sitio	Ubicación	Características	Variables
Lote comercial clones: GC24 INTA y EG36. Campo INTA El Alambrado EEA INTA Concordia	31°16'27.70"S 57°58'49.38"O	Plantación: oct-2019 Marco: 4x3m Suelo: arenoso	Altura (cm); incremento medio diario (Im)
Observatorio meteorológico EEA INTA Concordia	31°22'24.35"S 58° 7'1.54"O	Estación meteorológica convencional	Temperaturas mínima, máxima y media (°C) diaria; grados-día (°C-día)

Se ajustó una regresión lineal del incremento medio diario en función de la temperatura media diaria y se determinó la temperatura basal de crecimiento. Se calcularon los grados-día acumulados entre cada medición con el método residual:

$$Gd = \sum \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - Tb$$

Gd = grados-día

T_{max} = Temperatura máxima (°C)

T_{min} = Temperatura mínima (°C)

Tb = temperatura base (°C)

Se ajustó nuevamente una regresión lineal que relaciona los incrementos a los grados-día acumulados durante el período entre mediciones. Los datos fueron analizados estadísticamente con modelos lineales mixtos utilizando el software estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento de ambos clones tuvo un comportamiento parecido a lo largo del período evaluado con mínimos en invierno y máximos a fines de primavera. Sin embargo, GC24 tuvo mayores crecimientos que EG36 en general a excepción de mediados de otoño y primavera. En general GC24 mostró mejores crecimientos con temperaturas frías que EG36, lo que era esperable ya que GC24 es un híbrido entre *Eucalyptus grandis* y *E. camaldulensis* lo que, entre otras cosas, le confiere una mayor adaptación a bajas temperaturas y se diferencia de EG36 que es un clon puro de *E.*

grandis. No hubo crecimiento por debajo de 10°C en ambos clones. Los crecimientos bajaron bruscamente en diciembre probablemente debido a una sequía excepcional que se prolongó desde septiembre y alcanzó mínimas absolutas de precipitaciones con solo 2 mm en diciembre (Ramos, 2022) (Figura 1).

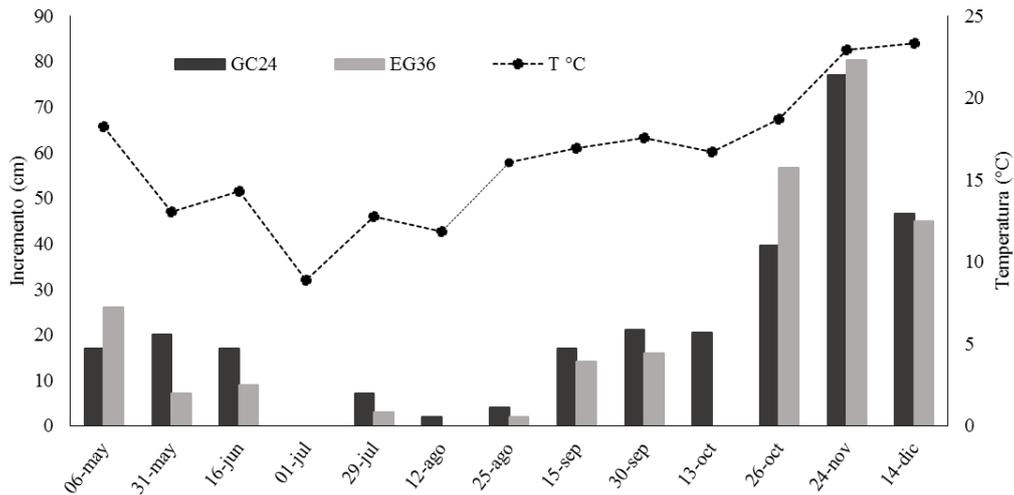


Figura 1. Incremento promedio de los clones de eucalipto GC24 y EG36 en el período evaluado.

El crecimiento mostró un buen ajuste lineal para el rango de temperaturas ($R^2 = 0,61$). La temperatura base, es decir aquella en la que no hay crecimiento, fue de $\sim 9,5^\circ\text{C}$ por lo que se tomó como temperatura base el valor de 10°C , comúnmente utilizado en especies subtropicales para el cálculo de grados-día. Tempranos estudios de crecimiento en *E. regnans* mostraron resultados de comportamiento estacional similares, aunque con temperaturas base menores a 10°C de media por tratarse de una especie de climas templado-fríos (Cremer, 1975)

La regresión ajustada por los grados-día mejoró respecto de la ajustada por temperatura logrando explicar 75% de la variabilidad ($R^2 = 0,75$) (Tabla 2). Esto lo convierte en un mejor indicador del crecimiento y podría ser utilizado para el monitoreo del estado vegetativo a lo largo del año. También como indicador de anomalías térmicas especialmente durante el invierno ya que los tejidos en crecimiento son especialmente vulnerables a las heladas.

Tabla 2. Coeficientes de los parámetros de la regresión ajustada \pm error estándar, coeficientes de determinación R^2 y valor p de la regresión

Variable	β_0 (cm)	β (cm. $^\circ\text{C}^{-1}$) (cm. $^\circ\text{C-día}^{-1}$)	R^2	p-valor
Temperatura	$-23,75 \pm 2,76$	$2,51 \pm 0,23$	0,61	<0,0001
Grados-día	$-4,79 \pm 1,63$	$0,2 \pm 0,18$	0,75	<0,0001

CONCLUSIONES

En el trabajo se determinó que el crecimiento en altura de los clones de eucalipto GC24 y EG36 aumentó proporcionalmente con la temperatura desde aproximadamente los 10°C , no manifestándose crecimiento por debajo de esa temperatura. En base a ello es posible utilizar las sumas térmicas o grados-día como una herramienta para el seguimiento del estado vegetativo del eucalipto a lo largo del año.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se llevó a cabo con aportes del proyecto disciplinario “Caracterización diagnóstica de la variabilidad climática actual y de la vulnerabilidad de las producciones agropecuarias por efecto del Cambio Climático 2019-PD-E3-I061-001”.

REFERENCIAS

- Cremer, K.W. 1975. Temperature and other climatic influences on shoot development and growth of *Eucalyptus regnans*. Australian Journal of Botany 23(1) 27 – 44
- Food & Agriculture Organization of the United Nations. 1981. Eucalypts for Planting (FAO Forestry Series No 11 F126 FAO)
- González-Orozco, C.E.; Thornhill, A.H.; Knerr, N.; Laffan, S.; Miller, J.T. 2014. Biogeographical regions and phytogeography of the eucalypts. Diversity Distrib. 20: 46–58.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca 2022. Forestales - Inventario nacional de plantaciones por superficie. <https://datos.magyp.gob.ar/dataset/inventario-nacional-plantaciones-forestales-por-superficie>, Consultado 02/07/2022
- Ramos, S. 2022. Sequía e incendios en el noreste de Entre Ríos 2021-22. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_sequias_e_incendios_en_el_noreste_de_entre_rios_2021-22.pdf

COMPORTAMIENTO DE LAS PRECIPITACIONES EN LAS LOCALIDADES DE RÍO CUARTO, LABOULAYE Y MANFREDI (CÓRDOBA) Y SUS EFECTOS PARA LOS SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS AGROPECUARIOS DE LA REGIÓN

Rivarola*, A.; Brizuela, V.; Llames, A.; Accastello, N.; Paton, L.

Agrometeorología. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. N° 36 km 601, Río Cuarto, XYB, Argentina

*Contacto: arivarola@ayv.unrc.edu.ar

Palabras clave: lluvias; variabilidad estacional; sistemas productivos agropecuarios

INTRODUCCIÓN

En los sistemas socio-ecológicos (SSE) agropecuarios y considerando las variables físicas que intervienen en el sistema, las precipitaciones y su variabilidad representan un elemento preponderante de la disponibilidad hídrica y de las diferencias sustanciales que se observan en la productividad de los cultivos (Evans y Caylor, 2008). Cuando las anomalías hídricas ocurren en la época de siembra, genera el atraso de la fecha de siembra y alejándose de las fechas indicadas como óptimas, produciendo disminuciones en el rendimiento final de los cultivos (Andrade y Cirilo, 2002). En Argentina se han observado cambios en el clima desde la segunda mitad del siglo pasado que, de acuerdo con las proyecciones de los modelos climáticos, en general se intensificarían o al menos no se revertirían en este siglo (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015). Investigaciones realizadas por Gay *et al.*, (2006), Vinocur (2011), Rivarola (2011) para el centro-sur de la provincia de Córdoba muestran evidencias de la variabilidad interanual que presentan las precipitaciones relacionadas al cambio climático global. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar el comportamiento de las precipitaciones de tres localidades de la región centro sur de Córdoba y generar conocimiento de base para la gestión sostenible de los SSE agropecuarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se localiza geográficamente en el centro-sur de la provincia de Córdoba y comprende el análisis del comportamiento de las precipitaciones estacionales en la región. Para su desarrollo se obtuvieron datos de diarios de lluvias, que luego fueron procesados a valores mensuales de las estaciones meteorológicas de Río Cuarto (Universidad Nacional de Río Cuarto-UNRC), Manfredi (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA) y Laboulaye (Servicio Meteorológico Nacional-SMN), de la serie 1976-2013. Los datos pluviométricos mensuales de cada una de las series originales fueron procesados para obtener series de precipitaciones estacionales (primavera, verano, otoño e invierno) y anuales. Posteriormente se calcularon medias móviles, en períodos de diez años, de cada una de las series y series de coeficiente de variación (CV), asociados a los mismos períodos móviles para analizar la variabilidad en las series. Las series anuales y estacionales de precipitación fueron analizadas con el Test de Mann-Kendall (MK) y su versión Secuencial (Sneyers, 1990). Este test es un método no paramétrico para la detección de la tendencia de los valores de las series de tiempo y de sus estadísticos. Además, se determinó para cada localidad el inicio de la temporada de lluvias utilizando el criterio propuesto por Iñiguez-Covarrubias *et al.* (2014) definiendo la fecha de inicio del período de lluvia a aquella que acuse un acumulado de 20 milímetros o más en un periodo de 3 días a partir del 1 de agosto de cada año y en los treinta días siguientes no se presenten períodos secos de más de siete días, para evitar falsos inicios del período de lluvias. Posteriormente con las fechas obtenidas para cada año de la serie considerada se confeccionaron nuevas series de datos correspondientes a fechas de inicio del período de lluvias, para cada localidad con el objetivo de buscar evidencia si la variabilidad de las precipitaciones afecta el comienzo de la estación de crecimiento de los cultivos agrícolas estivales.

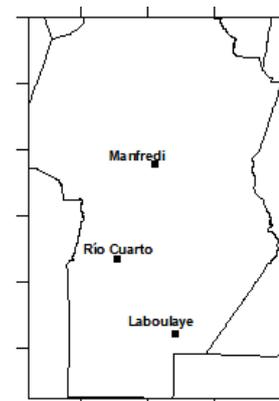


Figura 1. Área de estudio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del procesamiento estadístico muestran una tendencia negativa en el tiempo, aunque no significativa de las precipitaciones anuales de la región. Las precipitaciones estacionales presentan un comportamiento similar ya que la mayoría tienen tendencias negativas sin alcanzar niveles significativos. Se diferencian Laboulaye en primavera y Río Cuarto en otoño con tendencias positivas de las lluvias. Estos resultados indican que en general, para el área de estudio y el período de tiempo analizado, una disminución temporal de las lluvias anuales y estacionales (Tabla 1). El comportamiento de la variabilidad de las precipitaciones estacionales, expresadas a través de las series de CV, muestran para Río Cuarto y Laboulaye un aumento de la variabilidad con el tiempo, en primavera, verano y otoño, mientras que

disminuye en el invierno. En el caso de Manfredi, muestra un comportamiento contrario a las demás localidades, a excepción de la primavera (Tabla 2).

Tabla 1. Tendencias y niveles de significancia según el test Mk, de las precipitaciones anuales y estacionales.

Estación	anual	prim.	ver.	oto.	inv.
Río Cuarto (UNRC)	-1,13	-0,97	-0,68	0,41	-1,66
Laboulaye (SMN)	-0,70	1,36	-1,36	-0,23	-1,48
Manfredi (INTA)	-1,01	-0,39	-1,13	-0,03	-1,01

* Nivel de confianza al 95% $\alpha=0,05$

** Nivel de confianza al 99% $\alpha=0,01$

Tabla 2. Tendencias y niveles de significancia según el test Mk, de la variabilidad de las lluvias estacionales.

Estación	prim.	ver.	oto.	inv.
Río Cuarto (UNRC)	4,56**	2,12*	3,81**	-4,13**
Laboulaye (SMN)	2,89**	5,67**	2,14*	-4,28**
Manfredi (INTA)	0,77	-2,27*	-0,96	-4,07**

* Nivel de confianza al 95% $\alpha=0,05$

** Nivel de confianza al 99% $\alpha=0,01$

Los resultados del procesamiento estadístico del inicio del período de lluvias para las tres localidades se presentan en la Tabla 3. Se observa que las localidades Río Cuarto y Manfredi presentan las fechas más tardías de inicio del período de lluvias, ubicándose en la segunda década del mes de noviembre, marcando el comienzo de la estación de crecimiento para los cultivos estivales. En el caso de Laboulaye presenta un inicio del período de lluvias mucho más temprano, anticipándose unos 25 días (tercera década del mes de octubre) con relación a Río Cuarto y Manfredi. Al comparar estos resultados con el estudio realizado por De la Casa *et al.* (1996) que determina la duración del ciclo de lluvias para provincia de Córdoba en período 1968-1987, se observa un retraso en el inicio de las lluvias de 11 días para Río Cuarto y de 9 días para Laboulaye, en concordancia con el patrón observado en el comportamiento estacional de las lluvias. Para Manfredi, el retraso en el inicio del período de lluvias primaverales es de sólo 3 días.

Tabla 3. Inicio del período de lluvias, expresados en días julianos, para las localidades de Río Cuarto, Manfredi y Laboulaye.

Parámetros	Río Cuarto	Manfredi	Laboulaye
n	28	25	28
Media	320 (16 de noviembre)	319 (15 de noviembre)	295 (22 de octubre)
Desvío Estándar	27	26,8	27
Valor Min. serie	269 (26 de septiembre)	263 (20 de septiembre)	248 (5 de septiembre)
Valor Max. serie	365 (31 de diciembre)	364 (30 de diciembre)	334 (30 de noviembre)

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten detectar que para la región centro-sur de Córdoba existe un aumento significativo de la variabilidad de las lluvias, asociada a su vez a una tendencia decreciente de las precipitaciones a lo largo de la serie. Además, se visualiza un claro retraso en el inicio de las lluvias para la serie analizada en el sector SW de la provincia. Estos resultados podrían implicar un impacto importante en las decisiones productivas de la región y puede ofrecer la oportunidad de intervenir en los SSE agropecuarios, mediante innovaciones para mejorar su resiliencia a los impactos del clima, o incorporando diferentes estrategias de manejo del agua disponible para la producción agropecuaria.

REFERENCIAS

- Andrade, F.H.; Cirilo, A.G. 2002. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. En Andrade F.; Sadras, V. (Eds.). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. EEA INTA Balcarce. Argentina. pp:137–156.
- Evans, T.; Caylor, K. 2008. Spatial Resilience in Social-Ecological Systems: Household-level Distribution of Risk Exposure and Coping Strategies in Eastern Province (Zambia). Inter-University research institute Corp. National Institutes for the Humanities, Japan.
- De la Casa, A.; Rodríguez, A.; Ovando, G. 1996. Duración del ciclo de lluvias en la provincia de Córdoba (Argentina) y su empleo en la elección de cultivos alternativos. Agriscientia. Vol XIII:31–39.
- Gay, C.; Conde, C.; Vinocur, M.; Seiler, R.; Wehbe, M.; Eakin, H. 2006. Informe Técnico final Proyecto AIACC La- 29. Vulnerability and adaptation to climate variability and change: the case of farmers in Mexico and Argentina. 38–69, 99–114.
- Iñiguez-Covarrubias M.; Ojeda-Bustamantes, W.; Díaz-Delgado, C.; Sifuentes-Ibarra, E. 2014. Análisis de cuatro variables del período de lluvias asociadas al cultivo maíz de temporal. Rev. Mexicana de Ciencias Agrícola5:101–114.
- Rivarola, A. 2011. Vulnerabilidad agroclimática a las sequías: el caso de la región centro-sur de la provincia de Córdoba, Argentina. Verlag: Editorial Académica Española. Alemania, 140 pp.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2015. Tercera Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ed. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 282 pp.
- Sneyers, R. 1990. On the statistical analysis of series of observations. Technical Notes N° 143, vol. 415. WMO. Geneva.
- Vinocur, M.G. 2011. Cambio Climático y Variabilidad Climática en Córdoba, Argentina. Valoración de sus efectos sobre la producción de maíz y maní y evaluación de estrategias de adaptación. Verlag: Editorial Académica Española. 172 pp.

CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES AGROMETEOROLÓGICAS Y PRODUCCIÓN DE DOS CULTIVARES DE BATATA EN LA PLATA (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Sierra, C.¹; Guaymasí, D.¹; Saldúa, V.L.²; Puig, L.¹; Chale, W.³; Martínez, S.B.¹; Garbi*, M.¹

¹Climatología y Fenología Agrícola, ²Genética, ³Riego y Drenaje, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: mariana.garbi@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: rendimiento; ambiente; *Ipomoea batatas*

INTRODUCCIÓN

En la última década se ha revalorizado el cultivo de batata (*Ipomoea batatas* (L.) LAM.), por su aporte como fuente económica de hidratos de carbono, así como de fibras y antioxidantes (Martí, 2018). En la Argentina, se estimaron, para el 2021, unas 8957-9357 ha plantadas, distribuidas en 14 provincias. En Buenos Aires se destacan Hilario Ascasubi, Mercedes y San Pedro, zonas caracterizadas por una marcada diferencia agroecológica (Kirschbaum y Piola, 2021). Esta amplia distribución responde a que, por tratarse de una raíz engrosada, puede continuar creciendo siempre que se den condiciones apropiadas. Para completar su ciclo requiere al menos cinco meses libres de heladas, temperatura promedio de 24 °C, amplitud térmica diaria, y 14 a 16 °C en el suelo. La planta deja de crecer por debajo de los 10 °C, citándose 7 o 12 °C como temperatura base (Bisognin *et al.*, 2008; Miguel y Marsal, 2008). Para lograr óptimos rendimientos, deben alcanzarse 500 mm de precipitación durante el ciclo de cultivo. Requiere también intensidades relativamente altas de radiación, y los días cortos promueven la formación de raíces tuberosas, aunque hay diferencias entre cultivares (Martí, 2018). La batata no es un cultivo común en el cinturón hortícola platense, pero su incorporación a la producción es una alternativa interesante para la diversificación, por lo que conocer su adaptabilidad a las condiciones locales sería una contribución. Este trabajo tiene como objetivo caracterizar las condiciones ambientales de La Plata durante el ciclo dos cultivares de batata, y estudiar su efecto sobre el rendimiento y la eficiencia de uso de la radiación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en la Estación Experimental Ing. Agr. Julio Hirschhorn (FCAyF, UNLP; 34°59' S/57°59' O/ 45 m s.n.m.). El 25/11/2021 se trasplantó batata de los cultivares Morada INTA y Boni INTA, a 0,80 m entre camellones y 0,35 m entre plantas. La cosecha se realizó el 02/05/2022, registrando el rendimiento total. Se utilizaron datos meteorológicos de una estación automática Davis Instruments Vantage Pro2 (Sección Agrometeorología, E.E. Ing. Agr. Julio Hirschhorn). Se calcularon valores medios decenales de la temperatura media, máxima y mínima del aire, temperatura del suelo (-0,05 m), humedad relativa, y la suma decenal de precipitaciones y evapotranspiración de referencia (Método de Penman Monteith). La acumulación térmica desde trasplante a cosecha se calculó por el método residual: $GDA = \sum T_m - T_b$, donde GDA=grados-día acumulados; T_m =temperatura media diaria y T_b =temperatura base (12 °C). Se computó la radiación global, multiplicándola por 0,45 para estimar la radiación fotosintéticamente (PAR); y se calculó la eficiencia del uso de la radiación (EUR), $EUR = \text{rendimiento} / \text{PAR}$ acumulada durante el ciclo de cultivo (Morales-Rosales *et al.*, 2006). Se usó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, en parcelas de 3 m, cosechándose para la evaluación las plantas ubicadas 1 m del centro de la parcela. Los datos se sometieron a análisis de la varianza ($p < 0,05$), utilizando el software estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fecha de cosecha estuvo determinada por las primeras heladas agrometeorológicas, el 29 y 30 de abril (1,8 °C y 2,9 °C, respectivamente). El ciclo de cultivo fue de 158 días, duración que se corresponde con la indicada para Morada INTA (150 días), pero excede la reportada para Boni INTA (110 a 120 días), con rendimientos de 25 a 35 t.ha⁻¹; pero pudiendo alcanzar las 50 t.ha⁻¹ a los 150 días (Martí, 2018). Entre trasplante y cosecha la acumulación calórica fue de 1363 GD. Miguel y Marsal (2008), evaluando tres cultivares, encontraron que se requirieron 900 a 1000 GD para una producción adecuada. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento entre cultivares (Morada INTA =3,74 kg.m⁻²; Boni INTA=3,68 kg.m⁻²; CV=25,40; R² =0,44; p=0,9457); siendo estos valores compatibles con los de otras zonas productoras (Barreto *et al.*, 2020). Durante todo el ciclo, la temperatura del suelo se mantuvo por encima de 16 °C, ubicándose durante los primeros 110 días dentro del rango adecuado (20–30 °C) para promover la formación de raíces tuberosas (Martí, 2018). Los valores más elevados de temperatura media del aire se obtuvieron a los 40-60 días posteriores al trasplante, sin exceder los 26 °C; mientras que el resto del periodo los registros se mantuvieron entre los 18 y 22 °C, rango reportado como óptimo por Bisognin *et al.* (2008) para que el cultivo presente adecuados crecimiento y partición de asimilados. La diferencia entre temperaturas

máximas y mínimas denotan la ocurrencia de amplitud térmica, necesaria para promover el rendimiento (Martí, 2018). Las precipitaciones fueron de 358,4 mm, no llegando a satisfacer la exigencia del cultivo (500 mm), además de registrarse una evapotranspiración de referencia de 586,0 mm. Cabe señalar que el valor de precipitación registrado en el periodo se encontró por debajo de los valores históricos reportados para La Plata, para los meses de verano y otoño, informándose para el período 1989-2018 una precipitación de 589 mm entre diciembre y mayo, valor que representa el 56 % de la precipitación anual (Pinciroli *et al.*, 2021). La radiación global acumulada durante el ciclo de cultivo fue de 3209,1 MJ.m⁻², sin diferencias significativas en la EUR entre cultivares (2,55 g.MJ⁻¹ en Morada INTA y 2,59 g.MJ⁻¹ en Boni INTA). Una vez formados los órganos de consumo, su crecimiento depende de la cantidad de radiación interceptada. Comparando cultivos primaverales y otoñales, Bisognin *et al.* (2008) atribuyeron la disminución del crecimiento a la menor radiación recibida, al variar de 1025,82 MJ.m⁻² a 743,38 MJ.m⁻² entre estaciones.

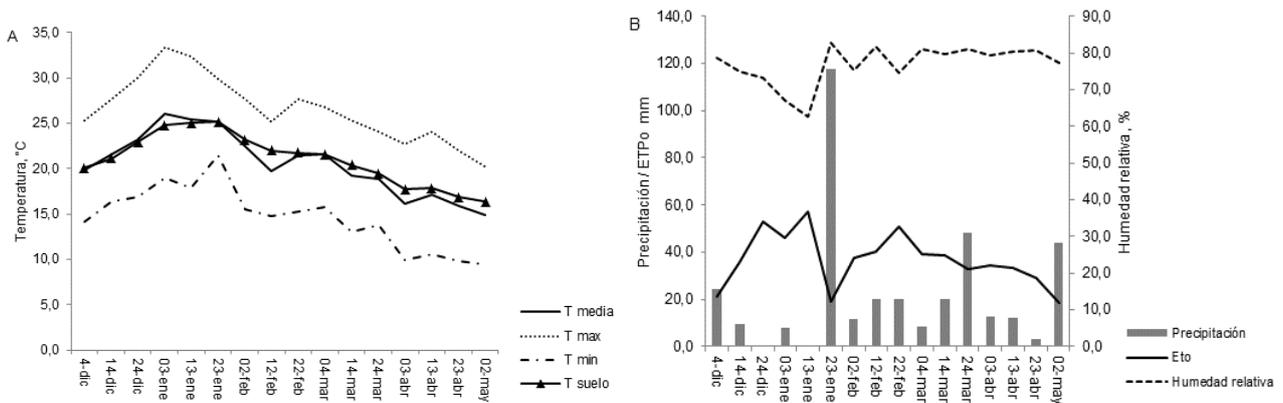


Figura 1. A. Temperatura (T) media, máxima, mínima y del suelo (promedio decenal) y B. Precipitación, evapotranspiración de referencia (ETo) (suma decenal) y humedad relativa (promedio decenal) para el periodo de cultivo de batata. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 2021-2022.

CONCLUSIONES

En las condiciones de ensayo, los cultivares de batata Morada INTA y Boni INTA se adaptan a las condiciones ambientales de La Plata, siendo factible alcanzar rendimientos compatibles con los de zonas productoras. Un factor limitante podría ser la disponibilidad hídrica, debiendo preverse el riego complementario, al menos durante la primera semana posterior al trasplante.

REFERENCIAS

- Barreto, C.H.; Burns, J.A.; Pereyra, M.A. 2020. Cómo lograr un buen rendimiento en batata. INTA. <https://inta.gob.ar/noticias/como-lograr-un-buen-rendimiento-de-batata>, Consultado: 30/05/2022.
- Bisognin, D.A.; Müller, D.R.; Streck, N.A.; Andriolo, J.L.; Sausen, D. 2008. Desarrollo e rendimiento de clones de batata na primavera e no outono. *Pesq. Agropec. Bras.* 43 (6): 699-705.
- Kirschbaum, D.S.; Piola, M. 2021. Estimación de la superficie cultivada con batata en Argentina al 2021. Ficha técnica del Programa Nacional de Hortalizas, Flores, Aromáticas y Medicinales del INTA N° 1. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/10463>, Consultado: 30/05/2022.
- Martí, H.R. 2018. Producción de batata. Ediciones INTA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 104 p.
- Miguel, A.; Marsal, J.I. 2008. Fechas de plantación y recolección de boniato. En: XI Jornadas del Grupo Horticultura. SECH, 2008, Valencia, España.
- Morales-Rosales, E.J.; Escalante-Estrada, J.A.; Tijerina-Chávez, L.; Volke-Haller, V.; Sosa-Montes, E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra Latinoamericana* 24 (1): 55-64.
- Pinciroli, M.; Sánchez de la Torre, M.E.; Pardi, M. 2021. Caracterización climática regional. En: Martínez, S.; Carbone, A., Garbi, M. (Coords.). Producción hortícola periurbana. Aspectos técnicos y laborales. Edulp, La Plata, Argentina. 186 p. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120969>, consultado: 31/05/2022.

EFECTO DEL ESTRÉS CALORICO EN VACAS LECHERAS SOBRE EL TIEMPO DE RUMIA Y DE JADEO (DATOS PRELIMINARES)

Toffoli*, G.D.¹; Costamagna, D. A.¹; Méndez, L.A.¹; Acetta, P. M.¹; Leva, P. E.¹; Taverna, M.²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. R. P. Kreder 2805. 3080. Esperanza, Santa Fe, Argentina

² INTA EEA Rafaela, Ruta 34, km 227. 2300. Rafaela, Santa Fe, Argentina

*Contacto: gtoffoli@fca.unl.edu.ar

Palabras clave: ganadería de precisión; collares; bienestar animal

INTRODUCCIÓN

El estrés por calor es una preocupación creciente tanto para los bovinos de leche como para los bovinos de carne, dado que afecta negativamente la producción y el bienestar (Garner *et al.*, 2017). El estrés calórico ocurre cuando la carga excesiva de calor no puede ser suficientemente disipada (Brown-Brandl *et al.*, 2005), lo cual provoca el aumento de la temperatura corporal más allá del rango normal (Gaughan *et al.*, 2008).

La fisiología de la hipertermia o estrés por calor en los mamíferos es compleja, es una condición totalmente sistémica que involucra todos los órganos, tejidos y fluidos corporales. La naturaleza y la magnitud de la respuesta están influenciadas por las características específicas del animal (edad, dieta, condición corporal, género, etapa reproductiva), el medio ambiente y el manejo del animal. Las respuestas de las vacas al estrés térmico por calor son cuantiosas, por ejemplo, aumento en las tasas respiratorias, jadeo y sudoración (Berman *et al.*, 1985). También se ha informado una disminución de la actividad de alimentación y de rumia en vacas en condiciones de estrés por calor (Soriani *et al.*, 2013). A pesar de la importancia del tiempo de rumia para el bienestar del ganado, existen pocos estudios sobre el impacto durante período de estrés por calor (Moretti *et al.*, 2017).

Dada la naturaleza multifacética del estrés por calor en vacas lecheras, es difícil encontrar medidas apropiadas para manejarlo. La implementación de sistemas de enfriamiento ayuda a aliviar los efectos del estrés calórico, pero podrían ser costosos si se usan de manera no adecuada. Los sistemas de monitoreos electrónicos en los animales permitiría establecer bases para futuras investigaciones utilizando la relación calor/rumia/jadeo para generar sistemas de alertas optimizando la utilización de las herramientas de mitigación al estrés calórico y de esta forma aliviar de manera más eficiente este problema. Esto se ha convertido en un desafío urgente a medida que se intensifican los sistemas de producción en un contexto de calentamiento global.

El objetivo de este trabajo fue profundizar en el conocimiento de los efectos del estrés por calor sobre el tiempo de rumia (TR) y el tiempo jadeo (TJ) para poder ser utilizados como indicadores de falta de bienestar en las vacas y hacer más eficiente los métodos de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Sistema de Ordeño Voluntario (VMS) del INTA Rafaela, localizada a los 61° 29' 12,12" Longitud W y 31° 15' 1,19" Latitud S en el oeste de la provincia de Santa Fe, durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (2021- 2022). El estudio se realizó con 33 vacas Holando Argentino que se encontraban en el primer tercio de la lactancia y contaban con collares de monitoreo automático mediante el sistema SenseHub (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel). Mediante puertas inteligentes se manejan los permisos de acceso a los distintos sectores: desde las 07:00 hasta las 20:00 h, las vacas permanecieron en el patio de alimentación, provisto de media sombra de 4 m² por animal y sistema de refrigeración automático. El corral de espera también contaba con este sistema que se acciona cuando el índice de temperatura y humedad (ITH) es mayor a 68, siendo este considerado el límite de confort y no confort (Hahn *et al.*, 2003). Desde las 22:00 hasta las 07:00 h accedieron a la pastura. Una vez por día se suministró alimento con mixer (07:30 h).

El sistema SenseHub, para monitorear tiempo de rumia, está compuesto por un collar con una etiqueta que contiene un micrófono para monitorear la rumia y un acelerómetro para cuantificar la actividad. Para el tiempo de jadeo el sistema SenseHub reconoce la magnitud, el ritmo y la dirección de los movimientos que realiza el animal en una respiración agitada, según un algoritmo que refleja la duración y el patrón relativo a otros tipos de movimientos. El reporte obtenido del SenseHub, es un promedio diario de las conductas (minutos/día), de las diferentes categorías que conforman un tambo. En este estudio solo se incluyeron las vacas en ordeño en su primer tercio de la lactancia. Las condiciones ambientales fueron suministradas por la estación Agrometeorológica INTA Rafaela. Con los datos diarios de temperatura del aire y humedad relativa se calcularon los ITH (Thom, 1959) según la siguiente expresión:

$$ITH = 1,8 * t_a + 32 - (0,55 - 0,055 * HR) * (1,8 * t_a - 26)$$

donde: ITH: índice de temperatura y humedad; Ta: temperatura del aire en °C; HR: humedad relativa en porcentaje.

De acuerdo con lo propuesto por Hahn *et al.*, (2003) se utilizaron seis umbrales ITH para la clasificación del estrés por calor a saber: seguro ($ITH < 68$), leve ($68 \leq ITH < 72$), no confortable ($72 \leq ITH < 75$), alerta ($75 \leq ITH < 79$), peligro ($79 \leq ITH < 84$) y emergencia ($ITH \geq 84$). La correlación entre ITH y el tiempo de rumia y tiempo de jadeo se calculó utilizando la función "cor" en R (R Core Team, 2022) y la significancia estadística de la correlación se calculó con la función "cor.test" Test de Correlación de Pearson. Estos análisis se realizaron con el paquete R Core Team (2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los meses que se llevó a cabo el estudio el ITH promedio fue de $73,2 \pm 5,6$. El mes que presentó mayor cantidad de días con ITH en desconfort y alerta fue el mes de diciembre con 14 y 17 días respectivamente. La producción lechera fue de $37,7 \text{ L/V} \pm 2,6$. La correlación entre ITH y tiempo de jadeo fue de $r=0,61$. Esta correlación fue estadísticamente significativa ($p < 1,244 \text{ E-}13$). En cambio, con relación al TR e ITH la correlación fue negativa ($r = -7,11\%$) pero no significativa ($p=0,4386$). Esta correlación negativa entre ITH y TR coincide con lo reportado por Moretti *et al.*, (2017) y Soriani *et al.*, (2013) aunque en el presente estudio las diferencias no fueron significativas, lo cual se podría explicar debido a que estos animales tenían sistemas de refrigeración en el corral de espera y en los comederos. En la Figura 1 se observa el tiempo de rumia y tiempo de jadeo en relación al ITH.

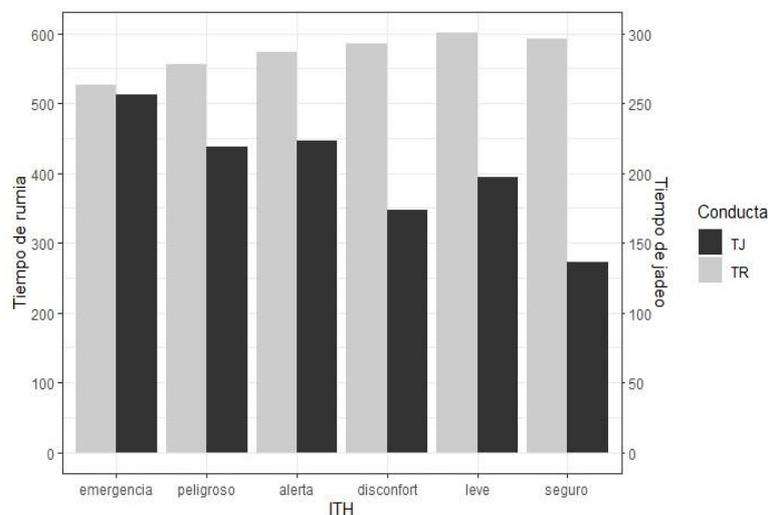


Figura 1. Tiempo de rumia (TR, minutos/día) y tiempo de jadeo (TJ, minutos/día) en función a las diferentes categorías del índice de temperatura y humedad (ITH) a saber: seguro ($ITH < 68$), leve ($68 \leq ITH < 72$), no confortable ($72 \leq ITH < 75$), alerta ($75 \leq ITH < 79$), peligro ($79 \leq ITH < 84$) y emergencia ($ITH \geq 84$).

CONCLUSIONES

Se puede concluir que existe una relación entre los tiempos de rumia y jadeo, y por lo tanto pueden ser utilizados como indicadores del esfuerzo del animal para poder mantener su temperatura corporal. Estos son resultados preliminares, de un solo verano y un solo tambo. El estudio se continuará con el análisis que incluirá más estaciones cálidas y un mayor número de establecimientos.

REFERENCIAS

- Berman, A.; Folman, Y.; Kaim, M.; Mamen, M.; Herz, Z.; Wolfenson, D.; Arieli, A.; Graber, Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science* 68: 1488–1495.
- Brown-Brandl, T.M.; Eigenberg, R.A.; Nienaber, J.A.; Hahn, G.L. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analysis of indicators. *Biosyst. Eng.* 90:451–462.
- Garner, J.B.; Douglas, M.; Williams, S.R.O.; Wales, W.J.; Marett, L.C.; DiGiacomo, K.; Leury, B.J.; Hayes, B.J. 2017. Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers. *Anim. Prod. Sci.* 57:1233–1241. <https://doi.org/10.1071/AN16472>.
- Gaughan, J.; Mader, T.L.; Holt, S.; Lisle, A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. of Animal Science* 86 (1): 226–234.
- Hahn, G.L.; Mader, T.L.; Eigenberg, R.A. 2003. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. In *Interactions between climate and animal production* (ed. N Lacetera, U Bernabucci, HH Khalifa, B Ronchi and A Nardone), p. 31044. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Moretti, R.; Biffani, S.; Chessa, S.; Bozzi, R. 2017. Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal* (2017), 11:12, pp 2320–2325 © The Animal Consortium 2017, doi:10.1017/S1751731117001173.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Soriani, N.; Panella, G.; Calamari, L. 2013. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science* 96: 5082–5094.
- Thom, E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12:57–59.

EL BALANCE HIDROLÓGICO OPERATIVO PARA EL AGRO CON COEFICIENTE DE CULTIVO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ

Veliz*, A.; Maio, S.; Calabrese, L.; Fernández Zapiola, G.; Fernández Long, M.E.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Av. San Martín 4453 - C1417 DSE CABA, Argentina

*Contacto: veliz@agro.uba.ar

Palabras clave: Región Pampeana; almacenaje; período crítico

INTRODUCCIÓN

El balance operativo para el agro (BHOA) (Fernández Long *et al.*, 2012; 2019) es un modelo que permite conocer en tiempo y forma el agua almacenada en el suelo. Sin embargo, en la actualidad, este modelo no considera el coeficiente de cultivo (kc) para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc). El kc varía durante la estación de crecimiento, ya que expresa la relación entre las necesidades de agua del cultivo en particular y la evapotranspiración de referencia, por lo que está íntimamente asociado a la fenología.

El rendimiento del maíz se ve afectado por la disponibilidad del agua almacenada durante el período crítico alrededor de floración (Satorre *et al.*, 2004); es por ello por lo que, a partir de prácticas de manejo y conociendo el estado hídrico del suelo, es posible evitar momentos de menor disponibilidad hídrica en el período crítico.

Diversos trabajos han mostrado la posibilidad de estimar el kc a partir de información obtenida con sensores remotos como el índice de vegetación normalizado, NDVI (Cuesta *et al.*, 2005; Kamble *et al.*, 2013; González *et al.*, 2015). Este índice se emplea en el seguimiento de la vegetación, en la evaluación del rendimiento de los cultivos y en la detección de sequías (Sellers, 1985; Justice y Tounshend, 2002).

El objetivo de este trabajo es evaluar el BHOA incorporando un kc estimado con sensores remotos a través de la asociación del almacenaje de agua del suelo durante el período crítico de la floración con los rendimientos de maíz en algunas localidades de la región Pampeana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estimaron los kc diarios según el modelo de Kamble *et al.* (2013), ecuación 1, para diez localidades de la Región Pampeana (General Pico, Junín, Paraná, Pehuajó, Pergamino, Pigüé, Río Cuarto, Tandil, Tres Arroyos y Venado Tuerto) y se incorporaron al cálculo del balance. Se trabajó con datos de precipitación observada, evapotranspiración de referencia estimada por el modelo Penman-Monteith a partir de datos horarios y los coeficientes hídricos del suelo correspondientes. Por otro lado, se utilizaron los datos de rendimientos de maíz de las campañas 2016-2017 hasta 2019-2020 de cada uno de los departamentos donde se encuentran las estaciones meteorológicas (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2022).

$$Kc (Kamble) = 1,4571 * NDVI - 0,1725 \quad (1)$$

dónde: Kc: coeficiente de cultivo y NDVI: índice de vegetación normalizado.

Se determinó el período crítico del maíz para cada campaña y localidad, analizando los informes semanales de Estimaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, buscando la fecha de floración en la cual superaba el 50% de superficie del área sembrada. A partir de esa fecha, se tomaron 15 días previos y posteriores para el cálculo de almacenaje promedio. Se realizó una tabla de contingencia para analizar la relación entre: las anomalías de los almacenajes resultantes durante el período crítico, y las anomalías de los rendimientos de cada localidad. Además se analizó la correlación entre dichas series y, dado que la humedad del suelo no suele tener una distribución normal (Mo, 2008), se utilizó la correlación no paramétrica de Spearman. La métrica de correlación de Spearman es esencialmente un coeficiente de correlación de Pearson pero calculado utilizando los rangos de los datos (Wilks, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra como ejemplo la evolución del almacenaje de agua en el suelo resultante del BHOA, teniendo en cuenta el kc diario estimado para las cuatro campañas en Río Cuarto, mostrando en la zona remarcada el ciclo del maíz. El análisis de relación entre las anomalías del rendimiento y las anomalías del almacenaje del agua en el suelo durante floración en las cuatro campañas de las diez localidades da como resultado la distribución de los 40 casos estudiados en la tabla de contingencia (Tabla 1). El 70% (28 casos) demuestran tener una asociación perfecta entre estas variables, mientras que solamente el 5% (2 casos) no manifiestan dicha asociación, correspondientes a las campañas 2016/2017 en Tres Arroyos y 2019/2020 en Pehuajó. El coeficiente de correlación de Spearman evidencia un valor de 0,65, confirmando la asociación positiva significativa (Figura 2).

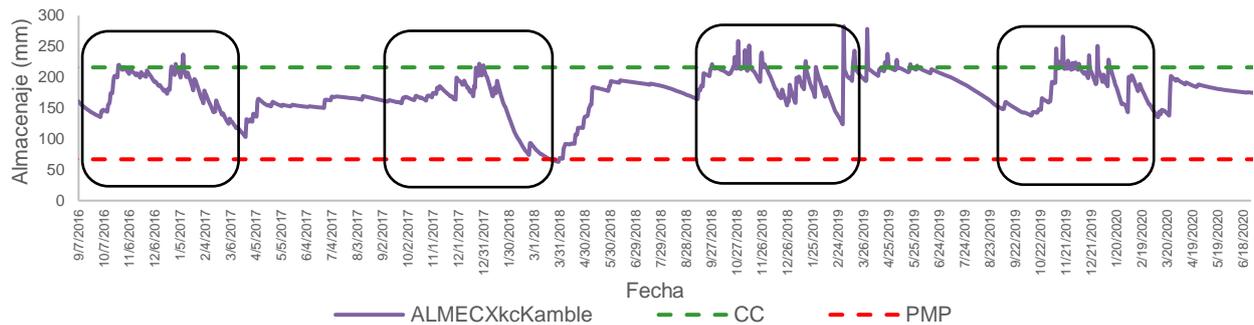


Figura 1. Evolución de almacenajes obtenidos con el BHOA en Río Cuarto considerando kc estimado según el modelo de Kamble.

Tabla 1. Tabla de contingencia: asociación entre anomalías de almacenaje y de rendimiento.

		RENDIMIENTO				
		1er tercil	2do tercil	3er tercil		
ALMACENAJE	1er tercil	10	3	1	14	28 70%
	2do tercil	3	8	2	13	10 25%
	3er tercil	1	2	10	13	2 5%
		14	13	13	40	

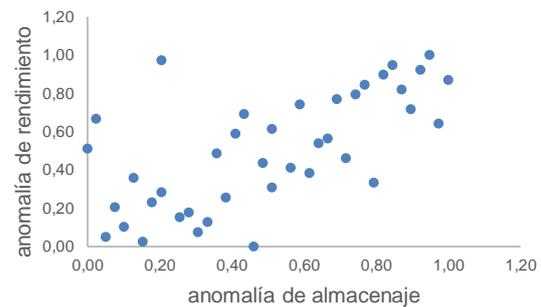


Figura 2. Relación entre anomalías de rendimiento y de almacenaje en diez localidades de la región Pampeana.

CONCLUSIONES

El almacenaje del agua del suelo en el período crítico de la floración producto del modelo BHOA con la incorporación del coeficiente de cultivo (kc) estimado tiene una asociación positiva con los rendimientos de maíz, de acuerdo con los resultados presentados. Esto constituye una herramienta eficaz en la decisión de prácticas de manejo tendientes a la programación del período de mayor demanda del cultivo en momentos de adecuada disponibilidad hídrica.

REFERENCIAS

- Cuesta, A.; Montoro, A.; Jochum, A.M.; López, P.; Calera, A. 2005. Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. ITEA 101 (3):212–224.
- Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G.M. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). Revista de la Facultad de Agronomía, Agronomía & Ambiente 32 (1-2):31–47.
- Fernández Long, M.; Hurtado, R.; Pérez, S.; Spescha, L. 2019. Balance Hidrológico Operativo para el Agro Versión estudiantil (BHOAe) Operational water balance model for agricultura Student Version (BHOAe). Revista de la Facultad de Agronomía, Agronomía & Ambiente 39(1):33–44.
- González, A.; Hay, C.; Kjaersgaard, J.; Neale, C. 2015. Use of Remote Sensing to Generate Crop Coefficient and Estimate Actual Crop Evapotranspiration. 10.13031/aim.20152190105.
- Justice, C.O.; Townshend, J.R.G. 2002. Special issue on the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): A new generation of land surface monitoring. Remote Sens. Environ. 2002 83:1–2.
- Kamble, B.; Irmak, A.; Hubbard, K. 2013. Estimating Crop Coefficients Using Remote Sensing-Based Vegetation Index. Remote Sensing. 2013, 5 1588–1602. ISSN 2072-4292.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2022. Secretaría de Agricultura. Dirección Nacional de Agricultura - Dirección de Estimaciones Agrícolas Informe Semanal.
- Mo, K.C. 2008. Model-based drought indices over the United States. J. Hydrometeorol. 9:1212–1230.
- Satorre, E.; Benech Arnold, R.; Slafer, G.; de la Fuente, E.; Miralles, D.; Otegui, M.; Savin, R. 2004. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. ISBN 950-29-0713-2.
- Sellers, P.J. 1985. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. Int. J. Remote Sens. 6:1335–1372.
- Wilks, D. 2011. 3rd edition. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, vol. 100. Academic Press, pp. 704.

Área Temática 2
Micrometeorología
y Modelización Biofísica

ESTUDIO DE LA ISLA DE CALOR EN EL MES DE ENERO EN ZAVALLA (SANTA FE, ARGENTINA)

José*, A.S.; Anibalini, V.A.; Coronel, A.S.

Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Rosario, Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC 14, (S2125ZAA), Argentina

*Contacto: ariana1996jose@gmail.com

Palabras clave: calor urbano; temperatura del aire; estrés ambiental

INTRODUCCIÓN

Las islas de calor (IC) son un fenómeno meteorológico que se da cuando las temperaturas de los centros urbanos son más altas que las temperaturas de las zonas rurales circundantes. Dicho fenómeno se debe principalmente a la estructura y configuración de los centros urbanos y a los materiales utilizados en la construcción de los mismos. Los cambios en el uso de la tierra, en estos casos, consisten en la remoción de la cubierta vegetal y la sustitución de la misma por superficies impermeables (Casadei *et al.*, 2021). Esto produce un mayor escurrimiento superficial del agua proveniente de las lluvias y una mayor emisividad de radiación. Al extraer la cubierta vegetal se reduce la evapotranspiración, el área de sombra proyectada y el efecto del viento, lo que lleva a un menor enfriamiento del aire y superficie (Schwaab *et al.*, 2021). A partir de estos cambios se generan modificaciones en el clima, causando diversos efectos sobre la biodiversidad y sobre la salud humana. A su vez, se ven intensificados los consumos de energía para afrontar las mayores temperaturas. Por ello, es importante conocer la existencia de IC y sus consecuentes efectos, con el fin de construir conocimiento base para la toma de decisiones en cuanto al ordenamiento territorial de los centros urbanos y así mejorar el confort humano y atenuar sus efectos sobre la biodiversidad.

El objetivo del presente trabajo es analizar el comportamiento de la temperatura durante el mes de enero en dos sitios de Zavalla, el centro del pueblo (zona urbana) y el parque Villarino (zona rural), identificar la ocurrencia de IC y determinar su variabilidad durante el día.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad bajo estudio es Zavalla, ubicada a 33° 01' S y 60° 53' O y a una altitud 50 m sobre el nivel del mar. Se encuentra dentro del departamento Rosario, situado en el sur de la provincia de Santa Fe y corresponde a la región central de Argentina. Los datos de temperatura horaria (Th) del mes de enero del año 2022 para el pueblo (zona urbana) se obtuvieron de un sensor (HOBOWare Pro) colocado en el predio de una casa céntrica del pueblo. En el caso de las Th para el parque Villarino (zona rural), se obtuvieron de la estación agrometeorológica automática (EMA, PEGASUS-TECMES) de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR ubicada en dicho parque. La consistencia entre el instrumental usado fue realizada por Barbero *et al.* (2018), obteniendo un coeficiente de regresión lineal (R^2) de 0,99 (p menor a 0,05). Se obtuvieron para cada día de enero y para cada hora del día el dato de temperatura del aire en cada sitio de estudio. A partir de los datos de Th de cada sitio se identificó la ocurrencia de IC realizando la diferencia entre la Th del pueblo menos la Th del parque. Para analizar el comportamiento de la temperatura se construyeron curvas de Th media para ambos sitios y una curva en base a la diferencia entre Th media del pueblo y Th media del parque. Además, se construyó un gráfico de box plot (mediana, cuartiles, promedio, límites de confianza (5% y 95%) y valores atípicos) con las series horarias de las diferencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de la comparación de las Th (Figura 1) y de las diferencias entre la Th (pueblo - parque; Figura 2) se determinó la existencia del fenómeno de IC. Al comparar la curva de Th de ambos sitios y al observar la curva de las diferencias se determinó que, principalmente durante la noche, la Th del pueblo es mayor y la diferencia de Th es positiva (Figura 1 y 2). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Casadei *et al.* (2021) a nivel regional. Este comportamiento se observó en el periodo de enfriamiento, que comprendió los horarios de 20 a 06 h, extendiéndose dicho intervalo hasta las 9 h; lo que se debió a la radiación emitida por los materiales de las construcciones urbanas. Además, al observar las Figuras 1 y 2 se identificó la ocurrencia de mayores valores Th en el pueblo y diferencia positiva de Th, en el intervalo de 16 a 18 h. Por lo tanto, se determinó la existencia de una IC diurna (16 a 18 h) y una IC nocturna (20 a 9 h). La IC diurna exhibió un promedio de $0,86 \pm 1,69$ °C y la nocturna $1,07 \pm 2,61$ °C concordando este comportamiento con lo observado por Casadei *et al.* (2021) en 55 ciudades de Argentina. En tanto, en los horarios de 10 a 15 h se advirtió que la Th fue menor en el pueblo y la diferencia Th fue negativa (Figuras 1 y 2), lo que determinó la presencia de una isla de frío (IF), indicando que el centro del pueblo presentó menor temperatura que el parque. Este fenómeno también fue documentado para la región pampeana por Casadei *et al.* (2021). Además, pudo observarse un retraso en el máximo de temperatura alcanzado por el pueblo en comparación con el parque (16 a 18 h).

Coincidió además con el momento de mayor diferencia de temperatura, generando la IC de mayor magnitud, con valor máximo a las 17 h (1,92 °C; Figuras 1 y 2).

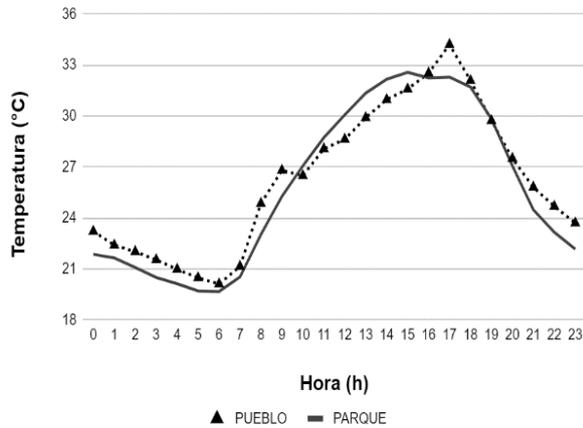


Figura 1. Temperatura horaria Pueblo (· ▲ ·) y Parque (—).

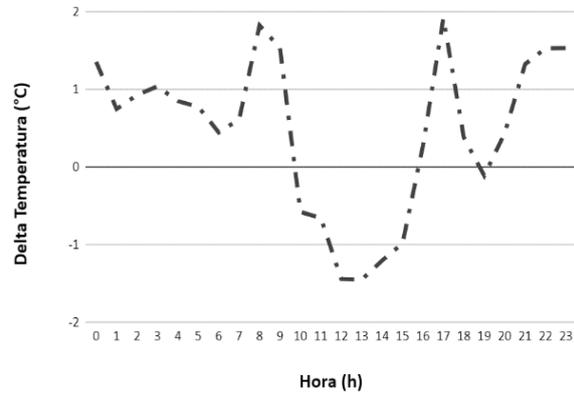


Figura 2. Diferencia de temperatura horaria entre sitios

El estudio de la variabilidad de las diferencias de T_h entre sitios mostró que la menor variabilidad ocurre en los horarios de: 6, 10, 11, 16, 18 y 19 h. Sin embargo, las 6, 18 y 19 h fueron los horarios en los que se presentaron el mayor número de valores atípicos de la serie y principalmente positivos (Figura 3). El resto de los horarios presentaron una alta variabilidad, pero con valores siempre dentro de los límites del intervalo de confianza (5% límite inferior, 95% límite superior). Asimismo, la Figura 3 mostró el mismo comportamiento observado en las Figuras 1 y 2; definiendo dos fenómenos de IC (20 a 9 y 16 a 19 h) y uno de IF (10 a 15 h), pero con la salvedad que se observaron importantes fluctuaciones de la diferencia de T_h dentro de la IC nocturna.

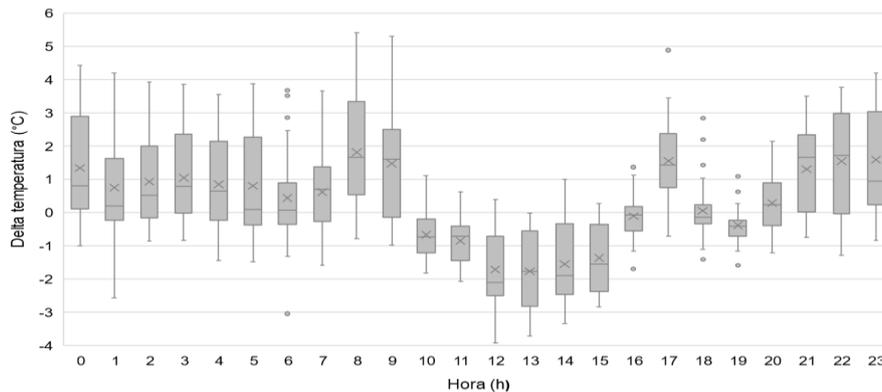


Figura 3. Análisis de la variabilidad de las diferencias de las temperaturas horarias entre sitios.

CONCLUSIONES

El estudio realizado permitió demostrar la existencia y variabilidad del fenómeno de IC en la localidad de estudio y, además, visualizar el fenómeno de IF. Su presencia puede atribuirse al efecto del sombreado de la vegetación urbana que disminuye la superficie expuesta a la radiación solar. Por otro lado, puede destacarse que al efectuarse la medición en el período de crecimiento la mayor área foliar representa mayor tasa de transpiración por ende mayor enfriamiento del aire. A partir de dichos resultados puede determinarse la magnitud del fenómeno, la cual permite sentar las bases para el desarrollo de futuros estudios y análisis. Esto nos permite plantear posibles controles sobre dicho fenómeno y desarrollar futuras planificaciones urbanas de menor impacto que disminuyan los efectos sobre las poblaciones humanas y la biodiversidad.

REFERENCIAS

- Barbero, S.; Sola, F.; Venturini, E.; Anibalini, V.; Coronel, A.; Jozami, E. 2018. Comparación entre datos registrados por estación convencional, automática y datalogger, en el sur de Santa Fe. CONGREGMET XIII.
- Casadei, P.; Semmartin, M.; Garbulsky, M.F. 2021. Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina. *Ecología Austral* 31(1):190–203.
- Schwaab, J.; Meier, R.; Mussetti, G.; Seneviratne, S.; Bürgi, C.; Davin, E.L. 2021. The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature communications* 12(1):1–11.

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN LA ZONA DE RÍO CUARTO (CÓRDOBA)

Pereyra*, R.; Crespi, R. J.; Vinocur, M.; Llamas, A.A.; Rivarola, A.

Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. N° 36 km 601, Río Cuarto, XYB, Argentina

*Contacto: rpereyra@ayv.unrc.edu.ar

Palabras clave: riego; agua; modelos

INTRODUCCIÓN

El agua se está convirtiendo en un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y la estabilidad económica y política. La evapotranspiración es un componente importante del balance de agua, por lo que mejorar la precisión en sus estimaciones, reducirá significativamente la incertidumbre en el modelado del balance de agua (Cleugh *et al.*, 2007). Grismer *et al.*, (2002) afirman que como las mediciones basadas en lisímetros rara vez están disponibles, la evapotranspiración de referencia generalmente se estima a partir de ecuaciones teóricas que difieren en los resultados ya que requieren diferentes datos meteorológicos. La ecuación de FAO Penman-Monteith, es un método aceptado y ampliamente utilizado para la estimación de la evapotranspiración de cultivos, pero su uso se ve limitado debido a la necesidad de contar con un gran número de variables (Pereira y Pruitt, 2004). El objetivo de este trabajo fue comparar metodologías y seleccionar una de ellas, para determinar la evapotranspiración de referencia de forma sencilla, práctica y precisa, para la zona de Río Cuarto, Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó para el área de influencia de la Universidad Nacional de Río Cuarto (33° 07' Lat. S- 64° 14' Long. O). Se utilizaron datos diarios de temperaturas del aire máxima y mínima, velocidad del viento y humedad relativa media, pertenecientes a la estación meteorológica de Río Cuarto (Servicio Meteorológico Nacional), serie 1990-2020. Se evaluaron seis modelos empíricos (Tabla 1), se tomó como valor observado a FAO Penman-Monteith, presentando la desventaja de necesitar datos de entrada que no siempre están disponibles, al igual que los métodos basados en la radiación, mientras que Blaney-Criddle y Hargreaves requieren temperatura del aire, siendo los métodos más ampliamente utilizados. El modelo de Radiación necesita los mismos datos de entrada que FAO Penman-Monteith, inclusive la velocidad del viento, mientras que Makkink solo tienen en cuenta datos de radiación solar; Turc se utiliza en zonas húmedas por lo que necesita de datos de humedad, temperatura y radiación solar y Priestley-Taylor al igual que Turc necesita la pendiente de la curva de presión de vapor, la constante psicométrica y el calor latente de vaporización. Se comparó la bondad de ajuste de los modelos indicando que, mientras más cercano al valor uno sea el resultado del Índice de Acuerdo d , la Eficiencia del Modelo EF (Sentelhas y Folegatti, 2003) y Coeficiente de Determinación c (Paes de Camargo y Paes de Camargo, 2000), mejor es el desempeño del modelo. El Índice de Acuerdo se refiere a la exactitud o aproximación de los datos estimados y observados. La Eficiencia del modelo se basa en los cuadrados de las diferencias entre los datos observados, estimados y promedio de los observados, y el Coeficiente de Determinación es la dispersión de los datos alrededor de la media. El Error Medio Absoluto (MAE) es el promedio de todos los errores absolutos, el valor óptimo es cercano a cero.

Tabla 1. Modelos seleccionados según su clasificación, incluidas sus referencias.

Clasificación	Método	Referencias
Método combinado	FAO Penman-Monteith	Allen <i>et al.</i> , 2006
Métodos basados en la temperatura	Blaney-Criddle	Doorenbos y Pruitt, 1977; Vishwakarma <i>et al.</i> , 2022
	Hargreaves	Hao <i>et al.</i> , 2019; Vishwakarma <i>et al.</i> , 2022
Métodos basados en la radiación	Priestley-Taylor	Sentelhas <i>et al.</i> , 2010; Pandey <i>et al.</i> , 2016
	Turc	Custodio y Llamas 1996; Valencia, 2010
	Radiación	Vicente-Serrano <i>et al.</i> , 2014; Pandey <i>et al.</i> , 2016
	Makkink	Pandey <i>et al.</i> , 2016; Vishwakarma <i>et al.</i> , 2022

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fines prácticos se muestran los resultados del modelo que presentó el mejor desempeño, siendo el mismo, la ecuación de Hargreaves -para esta latitud y condiciones climáticas-, por necesitar solo de temperatura del aire y radiación terrestre, es una opción interesante para determinar la evapotranspiración. Como se puede observar en la Figura 1, Hargreaves demostró tener un buen comportamiento de los índices estadísticos evaluados, a excepción de los

meses de invierno, que tiende a subestimar los valores de evapotranspiración de referencia. El error cuadrático medio presenta valores aceptables solo en los meses de enero a mayo.

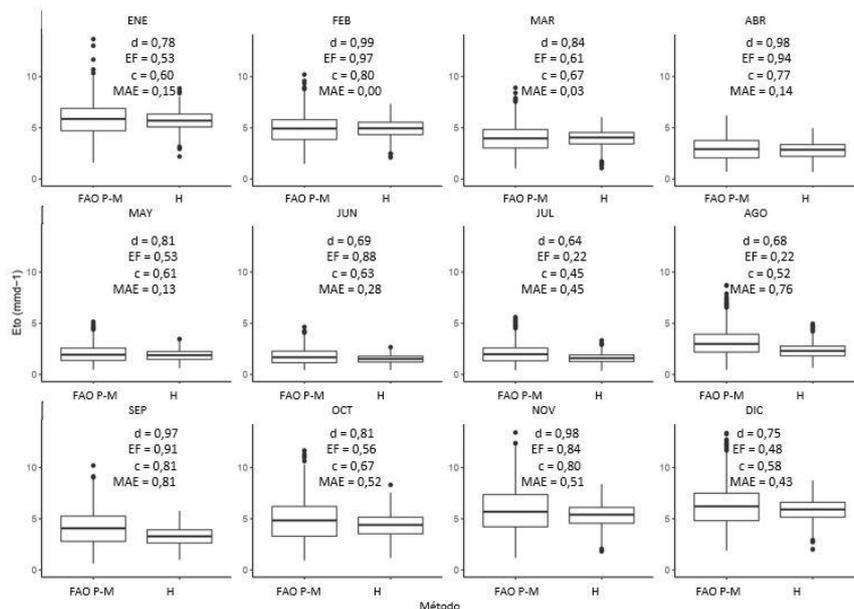


Figura 1. Diagrama de cajas mensuales comparando los métodos FAO Penman-Monteith (FAO P-M) y el método Hargreaves-Samani (H) para la estimación de la ETo en la zona de Río Cuarto para la serie 1990-2020. Acuerdo (d), la Eficiencia del Modelo (EF), Coeficiente de Determinación (c) y Error Absoluto Medio (MAE).

CONCLUSIONES

Se define que, para la latitud de Río Cuarto y zona de influencia, valiéndose de los resultados estadísticos, su simplicidad de uso y el requerimiento de un mínimo de variables de entrada, el modelo de Hargreaves-Samani, es el que demuestra tener la mejor performance y por tanto sería aconsejable usarla en estas condiciones geográficas, en caso de no poder utilizar la ecuación de FAO Penman-Monteith.

REFERENCIAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia. FAO 56. 298 pp.
- Cleugh, H.A.; Leuning, R.; Mu, Q.; Running, S.W. 2007. Regional evaporation estimates from flux tower and MODIS satellite data. *Remote Sensing of Environment* 106:285–304.
- Custodio, E.; Llamas, M.R. 1996. Hidrología subterránea vol. 1. 2a ed. Ed. Omega – Barcelona. 336 pp
- Doorenbos, J.; Pruitt, W.O. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. (Rev 1). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO 24. 10 pp
- Grismer, M.E.; Orang, M.; Snyder, R.; Matyac, R. 2002. Pan evaporation to reference evapotranspiration Conversion Methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 128:3. Consultado 16/01/2020.
- Hao, Y.; Jongjin, B.; Minha, C. 2019. Combining generalized complementary relationship models with the bayesian model averaging method to estimate actual evapotranspiration over China. *Agricultural and Forest Meteorology* 279:107–1759.
- Paes de Camargo, Â.P.; Paes de Camargo, M.B. P. 2000. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia* 59 (2):125–137.
- Pandey, P.K.; Dabral, P.P.; Pandey, V. 2016. Evaluation of reference evapotranspiration methods for the northeastern region of India. *International Soil and Water Conservation Research*: 4:52–63.
- Pereira, A. R.; Pruitt, W. O. 2004. Adaptation of the Thornthwaite scheme for estimating daily reference evapotranspiration. *Agricultural Water Management*: 66 (3):251–257.
- Sentelhas, P.C.; Folegatti, M.V. 2003. Class A pan coefficients (K_p) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 1 (7):111–115.
- Sentelhas, P.C.; Gillespie, T.J.; Santos, E.A. 2010. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. *Agric. Water Man.* 97:635–644.
- Valencia, V.M. 2010. Evaluación de la relación entre la evapotranspiración potencial teórica y la evaporación registrada en los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C. 39 pp
- Vicente-Serrano, S.M.; Azorin-Molina, C.; Sanchez-Lorenzo, A.; Revuelto, J.; López-Moreno, J.I.; González-Hidalgo, J.C.; Moran-Tejeda, E.; Espejo, F. 2014. Reference evapotranspiration variability and trends in Spain, 1961–2011. *Global and Planetary Change* 121:26–40.
- Vishwakarma, D.K.; Pandey, K.; Kaur, A.; Kushwaha, N.L.; Kumar, R.; Ali, R.; Elbeltagi, A.; Kuriqi, A. 2022. Methods to estimate evapotranspiration in humid and subtropical climate conditions. *Agricultural Water Management* 261:107–378.

Área Temática 3
Instrumental, Redes de Observación
y Servicios Agroclimáticos

CARACTERIZACIÓN MICROCLIMÁTICA DE VIÑEDOS MEDIANTE DISPOSITIVOS DE SOFTWARE LIBRE

Aguilera*, R.B.¹; Ahumada G.E.²; Belmonte M.²; Maure Russó E.M.¹; Martínez, M.E.¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500, Luján de Cuyo, CP 5505, Argentina

² Trapiche Winery, Grupo Peñafior, Nueva Mayorga S/N, (M5513), Maipú, Mendoza, Argentina

*Contacto: raguilera@fca.uncu.edu.ar

Palabras clave: tecnologías libres; vitivinicultura; agrometeorología

INTRODUCCIÓN

Existe una estrecha relación entre clima y cultivos. En el caso de la vid, las características y calidad de los vinos dependen de factores climáticos específicos de cada viñedo (Van Leeuwen *et al.*, 2018). Según Quenol (2013) puede observarse una importante variabilidad espacial del ambiente aún en áreas pequeñas. Por otra parte, la información publicada, a menudo vinculada a estaciones meteorológicas individuales, no representa las verdaderas características climáticas que pueden encontrarse en una región vitivinícola (Jones *et al.*, 2010). Al analizar la expresión vegetativa y calidad de fruta de un viñedo también se debe evaluar las características edáficas en la que el mismo se encuentra, considerando así el sistema de manera integral (Van Leeuwen *et al.*, 2018). Las áreas cultivadas al pie de la cordillera de Los Andes presentan una importante variabilidad en cuanto a la profundidad de los suelos que puede influir en el rendimiento de la vid (Mezzatesta *et al.*, 2022). Debido a la particularidad de la producción local resulta necesaria la medición de variables agroclimáticas adaptadas a la escala de los viñedos. Siendo Gualtallary una región productiva de uvas de alta calidad enológica, se define como objetivo del presente trabajo entender la relación de las variables clima y suelo con la fenología y el manejo de cultivo de la vid a nivel interparcelario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se instalaron dos estaciones meteorológicas desarrolladas por el proyecto A105 SIIP 2019-2021 (Aguilera *et al.*, 2020) con tecnologías *open source* y se registraron datos horarios en el periodo 19/01/2021 al 30/04/2021 en dos parcelas de un viñedo en Gualtallary, Tupungato, Mendoza, Argentina (33° 24' 31" S; 69° 12' 56" O; ~1265 m.s.n.m), con alturas y profundidades de suelo diferentes (Figura 1). El cuartel 8A posee un suelo arenoso profundo (SP) de más de 1,5 m sin presencia de rocas en el perfil, mientras que el cuartel 15F presenta un suelo arenoso poco profundo (SpP) de 0,4 m a partir del cual se encuentra una capa con 60% rocas aluviales redondeadas de 5 a 10 cm, en ambos sitios el contenido de materia orgánica es bajo (menor al 1 %). Las vides de variedad Malbec están implantadas en hileras distanciadas a 1,4 m orientadas noroeste-sureste (NW-SE) y norte-sur (N-S) en SP y SpP respectivamente. Se regó con igual lámina de reposición 1 y 2 veces por semana el SP y el SpP respectivamente.

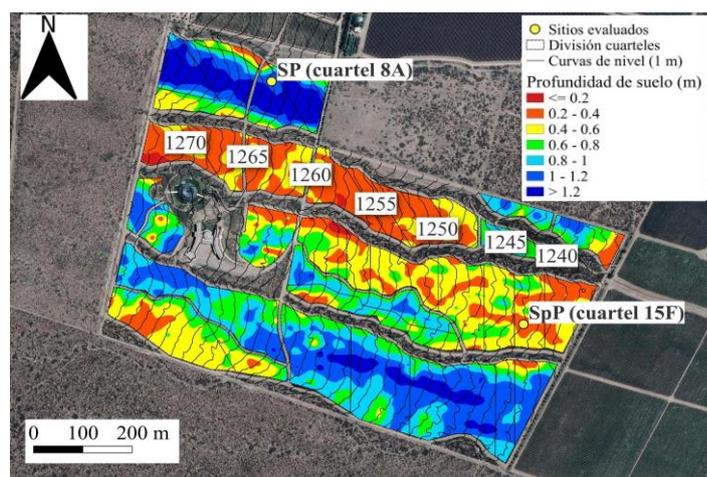


Figura 1. Profundidades de suelo, curvas de nivel, subdivisión de parcelas y ubicación de los sitios evaluados del viñedo perteneciente al Grupo Peñafior en Gualtallary, Mendoza, Argentina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La combinación de suelo y altura a la que se registra la temperatura, produce sobre la temperatura media una diferencia significativa entre al menos una de las combinaciones (Tabla 1). Los sitios evaluados presentaron

Se midió temperatura del aire a 2 m (T_a) y 1 m (T_c) (altura del cordón productivo), temperatura de suelo a 0,40 m de profundidad (T_{40}) y temperatura de suelo a 0,85 m de profundidad (T_{85}) con una frecuencia de 15 minutos. Con estos registros se calcularon las medias diarias y se analizaron con modelos lineales mixtos y pruebas *post hoc* de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) con un nivel de significancia del 5% con el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011). Se tomó como aleatoria la fecha; los tipos de suelo y las alturas (y profundidades) como tratamientos combinados. Se llevaron registros de fenología, de las fechas de cosechas y el manejo general del cultivo.

diferencias en Ta, T40 y T85; Tc fue similar en SP y SpP. Se encontró diferencia en Ta y Tc en SP pero no en SpP, en general la temperatura del aire es menor en SP y la temperatura de suelo menor en SpP (Figura 2). La floración de SpP se adelantó 1 semana respecto a SP y la cosecha de las uvas los días 12/03/2021 y 30/03/2021 en SpP y SP respectivamente, a niveles de madurez similares. Las orientaciones de hilera diferentes entre los sitios podrían afectar la radiación recibida por el suelo que a su vez impacta en las temperaturas registradas. Por otro lado, en el periodo analizado SpP fue regado 2 veces por semana mientras que SP se regó 1 vez por semana, esta diferencia de frecuencia en el riego y en el patrón de humedad del perfil también pudo haber afectado las temperaturas del suelo. El adelanto en las fases fenológicas y de fecha de cosecha de SpP tiene concordancia con lo estudiado por otros autores para suelos poco profundos (Mezzatesta *et al.*, 2022).

Tabla 1. Medias ajustadas y errores estándares de la temperatura en la interacción Altura y Suelo, DGC alfa 0,05. (Medias con una letra común no son significativamente diferentes)

Altura (m)	Suelo	Medias (°C)	EE	
-0,85	SP	20,07	0,34	A
-0,40	SP	19,69	0,34	A
-0,85	SpP	19,15	0,34	B
-0,40	SpP	18,43	0,34	C
1,00	SpP	17,36	0,34	D
1,00	SP	17,2	0,34	D
2,00	SpP	16,95	0,34	D
2,00	SP	16,35	0,34	E

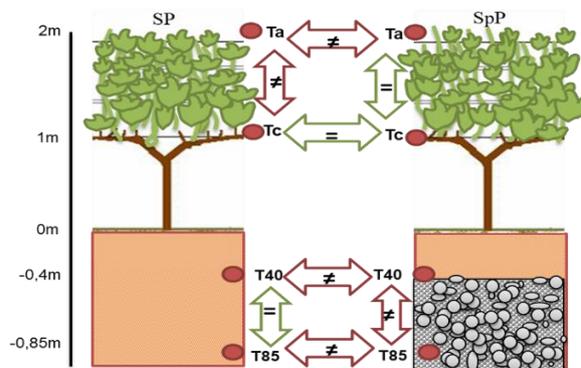


Figura 2. Esquema de las variables medidas y las significancias encontradas (“=”: no significativas; “≠”: significativas) entre cuarteles (flechas horizontales) y dentro de cada cuartel (flechas verticales).

CONCLUSIONES

Los resultados de las diferencias térmicas y el efecto en el desfasaje en fenología y fecha de cosecha evidencian la heterogeneidad que puede encontrarse en una misma propiedad agrícola en la región y la necesidad de contar con varios puntos de medición y registro de variables agrometeorológicas para caracterizar sitios de alto potencial enológico y mejorar las decisiones de manejo de cultivo. Debido al menor costo de este tipo de tecnología *open source*, a futuro permitirá tener un mayor número de puntos de medición a campo, posibilitando una mejora en el estudio de la variabilidad local. Se sugiere integrar en profundidad las variables tratadas con otras variables que componen el *terroir*, como la humedad, física y química de suelos, prácticas culturales vitícola- enológicas y material vegetal, además de realizar un análisis multicriterio, que permita una zonificación con mayor nivel de detalle. Este tipo de conocimiento de la variabilidad espacial del clima es fundamental para adaptarse al cambio climático y tomar acciones de mitigación acordes a las particularidades de cada ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo financiadora del proyecto A105, a Adriana Caretta y a Ana Clara Longo por sus aportes y al Grupo Peñaflor.

REFERENCIAS

- Aguilera, R.B.; Flores, C.A.; Serú, A.O. 2020. Monitoreo de variables meteorológicas para la diferenciación del viñedo. In XII Congreso de AgroInformática (CAI 2020)-JAIHO 49 (Modalidad virtual).
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2011. InfoStat (versión 24). Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar/>
- Jones, G.V.; Duff, A.A.; Hall, A.; Myers, J.W. 2010. Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the western United States. *American Journal of Enology and Viticulture* 61(3):313–326.
- Quenol, H. 2013. Análisis y modelización del clima a meso-escala para un objetivo de zonificación climática de los viñedos. En *Seminario "Zonificación vitivinícola"*, Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, Mendoza, Argentina.
- Mezzatesta, D.S.; Berli, F.J.; Arancibia, C.; Buscema, F.G.; Piccoli, P.N. 2022. Impact of contrasting soils in a high-altitude vineyard of *Vitis vinifera* L. cv. Malbec: root morphology and distribution, vegetative and reproductive expressions, and berry skin phenolics. *OENO One*, 56(2):149–163.
- Van Leeuwen, C.; Roby, J.P.; De Resseguier, L. 2018. Soil-related terroir factors: a review. *OENO One* 52(2):173–188. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208>

PROTOTIPO PARA DISCRIMINAR EFECTOS SOBRE COMPONENTES DEL BALANCE DE ENERGÍA BAJO ESTRÉS TÉRMICO

Blasón*, A.D.¹; Padín, M.A.¹; Mollá Kralj, A.²

¹ Cátedra de Agrometeorología y ² Ecología y Fitogeografía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta 4 km 2, Llavallol, (1836), Argentina

*Contacto: adblason@yahoo.com

Palabras clave: globo negro; ola de calor

INTRODUCCIÓN

El estrés, implica un esfuerzo y por tanto gasto de energía extra por parte de los animales para mantener su estado de equilibrio (Cedeño, 2011), provocando cambios fisiológicos y etológicos (Arias *et al.*, 2008). Los animales de producción, y principalmente los de alto rendimiento productivo (Kadzere *et al.*, 2002), pueden verse estresados por los factores meteorológicos de su entorno, fundamentalmente por la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y el viento (Arias *et al.*, 2008). Es factible utilizar termómetros de globo negro en el estudio del comportamiento de los ungulados a causa del estrés térmico (Hetem *et al.*, 2007).

La temperatura del globo negro es considerada como un índice de temperatura que describe el efecto combinado de la temperatura del bulbo seco, el movimiento del aire y el calor radiante recibido de las áreas circundantes (ASHRAE, 1985). Para evaluar el estrés térmico del ambiente sobre animales de producción, se pensó y diseñó un equipamiento capaz de discriminar cargas de radiación solar tanto directa como difusa, y de calor sensible y latente. El objetivo de este trabajo es presentar un prototipo funcional para monitorear el balance de energía ambiental y alertar sobre un posible estrés térmico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El prototipo consta de un soporte regulable en altura solar y acimut, que porta los sensores requeridos sin generar interferencia entre ellos (Figura 1a). Estos constan de circuitos integrados LM35 calibrados (Blasón *et al.*, 2007) y conectados a un adquisidor de diseño propio (Moltoni *et al.*, 2008). Los mismos, fueron fijados al soporte mediante un prensa-cable y un fino tubo de polietileno traslúcido de mínima interferencia radiativa y conductiva (Figura 1b).



Basándonos en el amplio antecedente sobre la utilidad de la temperatura de globo negro y en cómo se corrigen según la temperatura entre cuerpos blancos y negros las lecturas en los radiómetros termopílicos, se diseñaron y construyeron 8 pequeños globos huecos de polietileno (G) de 40 mm de diámetro. Los G fueron opacados previamente al traspaso de radiación solar mediante su pintado, 4 en color blanco y los restantes 4 en color negro (Figura 1c).

El aspecto comparativo de advección sobre una capa límite, tanto en su intercambio por calor sensible como latente, se consideró forrando 6 G con tela de frisa de igual espesor (3 G vestidos de blanco y 3 de negro) (Figura 1d). Un G negro y otro blanco, fueron sombreados con un aro para discriminar el efecto de la radiación difusa. Sobre el par de G restantes se intentó el mojado para simular una tasa de sudoración de bovinos. Hasta el presente no se logró sostener el bajo caudal continuo necesario mediante los mecanismos ensayados. Por tal motivo, se los dejó fuera del presente análisis; aspecto a ser mejorado en el futuro. Con los G así acondicionados, se establecieron 8 tratamientos para discriminar térmicamente las cargas calóricas del balance de energía, enumerados desde el extremo libre hacia la base del soporte son presentados en la Tabla 1. No contar con instrumental repetido, nos condujo a utilizar mediciones diarias en tal sentido. Para estudiar la existencia de una asociación temporal, de las temperaturas de los G a través de la duración del ensayo, se realizó la prueba de identificación de autocorrelación Box-Jenkins. En base a los resultados obtenidos, se obtuvo un subconjunto aleatorio de registros diarios de las temperaturas máximas diarias de los G. El criterio utilizado fue: el primer registro se tomó al azar entre los días 1, 2 y 3 (n_1), los registros restantes (n_d) fueron sorteados entre los días subsiguientes según: $n_d = n_{d-1}+3$; $n_{d-1}+4$; $n_{d-1}+5$ para $1 < d \leq 81$ (Blasón *et al.*, 2006). El conjunto de datos obtenido fue analizado en un diseño completamente aleatorizado, con 27 repeticiones.

Figura 1. Fotografías: (a) Prototipo completo, instalado y en funcionamiento; (b) Configuración de los sensores e instalación de los globos; (c) Detalle del tratamiento de los globos, blanco y negro desnudos; (d) ídem vestidos.

Tabla 1. Acondicionamiento de los globos para separar efectos de los componentes del balance de energía ambiental.

Tratamiento	Descripción del tratamiento
1- GNDG	Globo negro desnudo bajo radiación global
2- GBDG	Globo blanco desnudo bajo radiación global
3- GNVG	Globo negro vestido bajo radiación global
4- GBVG	Globo blanco vestido bajo radiación global
5- GNVD	Globo negro vestido bajo radiación difusa
6- GBVD	Globo blanco vestido bajo radiación difusa
7- GNVGL	Globo negro vestido bajo radiación global y evaporación
8- GBVGL	Globo blanco vestido bajo radiación global y evaporación

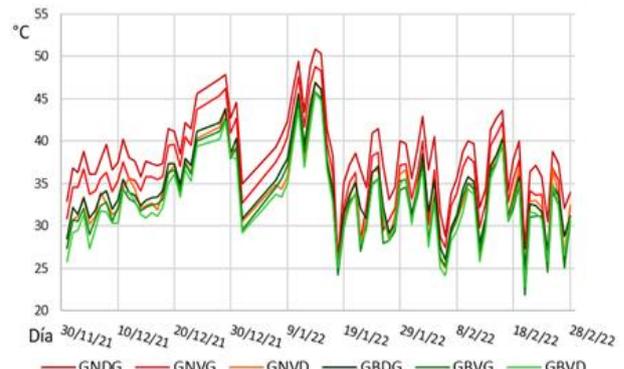
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las series temporales de las temperaturas máximas diarias en los G, desde el 01/12/2021 al 28/02/2022 (Figura 2), mostraron una estructura autoregresiva significativa ($\alpha = 0,05$) de orden dos. El testeo de autocorrelación para la submuestra aleatoria obtenida resultó no significativa, permitiendo que sus registros fuesen analizados como observaciones independientes. La normalidad y homogeneidad de varianzas de los valores aleatorizados cumplieron los supuestos requeridos permitiendo la validez del ANVA realizado para las temperaturas de los G y su comparación entre sí, en un DCA balanceado con $n = 162$. La Tabla 2 muestra que los tratamientos difieren significativamente. Además, el test de comparaciones múltiples reveló que los GB y los GN difieren entre sí, excepto al ser sombreados. El GNDG registró valores medios de temperaturas máximas diarias más altos; mientras que, por el contrario, el GBVG y GBVD fueron quienes registraron los valores medios más bajos durante las mismas condiciones meteorológicas. Se considera necesario multiplicar el prototipo y realizar comparaciones más exhaustivas, ampliando el número de repeticiones físicas, coberturas de los G y el rango de las variables meteorológicas, para lograr validar la potencial utilidad de equipo.

Tabla 2. ANVA y test de comparaciones múltiples.

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
Temp G Max D	162	0,18	0,16	13,38		
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	769,57	5	153,91	6,97	<0,0001	
Tratam	769,57	5	153,91	6,97	<0,0001	
Error	3445,81	156	22,09			
Total	4215,38	161				
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,65225 Error: 22,0886 gl: 156						
Tratam	Medias	n	E.E.			
GBVG	32,45	27	0,90	A		
GBVD	33,35	27	0,90	A	B	
GBDG	34,10	27	0,90	A	B	
GNVD	35,34	27	0,90	A	B	C
GNVG	36,60	27	0,90	B	C	
GNDG	38,99	27	0,90		C	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

**Figura 2.** Temperaturas máximas diarias estivales de los distintos globos tratados según se indica en la Tabla 1.

CONCLUSIONES

Los promisorios resultados alientan a avanzar en el análisis con el prototipo, para discriminar los efectos de los componentes del balance de energía, en asociación a los meteoros interactuantes; además de la generación de índices y la categorización de condiciones ambientales de estrés.

REFERENCIAS

- Arias, R.A.; Mader, T.L.; Escobar, P.C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria* 40:7–22.
- ASHRAE. 1985. *Handbook of Fundamentals*. ASHRAE. Atlanta, Estados Unidos. 8.1–8.32.
- Blasón, A.D.; Fernández, N.R.; Rodríguez, R.O. 2007. Termómetro electrónico multiuso: Montaje y evaluación operativa. *Revista Brasileira de Agrometeorología* 15(2):198–203.
- Blasón, A.D.; Fernández, N.R.; Rodríguez, R.O.; Fernández, E.N.; Barrios, M.B.; Buján, A. 2006. Efecto de diferentes labranzas sobre temperaturas estivales de suelo sembrado con soja. En: *Reunión Argentina de Agrometeorología*, La Plata.
- Cedeño, A.J.R. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Revista ESPAMCIENCIA* 2(1):15–25.
- Hetem, R.S.; Maloney, S.K.; Fuller, A.; Meyer, L.C.; Mitchell, D. 2007. Validation of a biotelemetric technique, using ambulatory miniature black globe thermometers, to quantify thermoregulatory behaviour in ungulates. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology* 307(6):342–356.
- Kadzere, C.T.; Murphy, M.R.; Silanikove, N.; Maltz, E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 77(1):59–91.
- Moltoni, A.; Blasón, A.D.; Fernández, N.R.; Rodríguez, R.O. 2008. Prestación, desempeño y confiabilidad de un sistema adquirente de temperaturas de desarrollo propio. En: *Reunión Argentina de Agrometeorología*, 2008, San Salvador de Jujuy, Argentina.

EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN CINCO SALTOS, RÍO NEGRO: COMPARACIÓN DE MÉTODOS PARA LA TEMPORADA DE VERANO 2022

Forquera*, J.C.¹; González, D.A.¹; Reyes, M.F.^{1,2}; García, H.L.³

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, UNCo, Ruta 151 km 12, Cinco Saltos, Río Negro, 8303, Argentina

² Universidad Nacional del Comahue (UNCo)-CONICET, Neuquén, 8300, Argentina

³ Asentamiento Universitario San Martín de los Andes, UNCo, Pasaje de la Paz 235, San Martín de los Andes, 8370, Neuquén, Argentina

*Contacto: juan.forquera@faca.uncoma.edu.ar

Palabras clave: demanda atmosférica; teórico; teórico-práctico

INTRODUCCIÓN

El concepto de evapotranspiración potencial (Etp) fue introducido a mediados del siglo pasado, definido como lámina de agua perdida en condiciones de saturación y cobertura herbácea estándar completa (Thornthwaite, 1948). Distintos métodos teóricos utilizan diferentes variables meteorológicas y condiciones de cobertura de cultivo, se destaca el método de Penman-Monteith que se ha postulado como estándar o de referencia (Allen *et al.*, 1998) y tiene origen en el trabajo de Penman (1948). Estaciones meteorológicas automáticas incorporan en su software a Snyder y Pruitt (1992) y otros modelos que usan radiación solar como los de Hargreaves y Somani (1982), Turc (1961) y Christiansen (1968). En cuanto al método del tanque tipo “A” desarrollado por el Servicio Meteorológico Norteamericano (U.S.A.B.) es ampliamente utilizado en zonas áridas y semiáridas, y es uno de los cuatro métodos propuestos por la FAO para estimar la evapotranspiración potencial o de referencia.

La atmósfera de la región del Comahue tiene un alto poder evaporante. Por lo que contar con métodos válidos para estimarlo y utilizar un valor de evaporación observado es muy importante. Durante el período vegetativo, los cultivos de frutales del Alto Valle del Río Negro y Neuquén, demandan una importante lámina de agua de riego. Actualmente, la región es impactada por un período de sequía y los caudales del río y nivel freático están debajo de valores normales. Precisar las pérdidas que ocurren en los cultivos aportan a la aplicación de láminas de riego oportunas y exactas. El objetivo es hacer una comparación de metodologías teóricas y teórica con observación de evaporación para estimación de la evapotranspiración de referencia durante un período de máxima demanda atmosférica y de sequía sostenida en Cinco Saltos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos usados (Tabla 1) para el cálculo de Etp, mayormente usan temperatura media y radiación global, excepto: el método del tanque “A” (Evap_T) observación y Kp de acuerdo con la distancia a cubierta verde, humedad media y velocidad de viento; estación automática (Etp Davis) con modelo Snyder y Pruitt estimando radiación neta con radiación global y temperatura de superficie y Hargreaves_Samani modificado (Etp_HS), usando radiación astronómica y diferencia temperatura máxima y mínima. Más del 60% de este grupo de métodos; Penman-Monteith FAO evapotranspiración de referencia (Etp_PM); evapotranspiración de Turc modificado corrección de humedad (Etp_Turc_humedad); Evapotranspiración de Turc (Etp_Turc); evapotranspiración potencial de Christiansen (Etp_Chr); evapotranspiración potencial de Hargreaves (Etp_H); se corren, con radiación global y temperatura media.

Los datos usados para activar los métodos en general son de la estación meteorológica automática situada en la Chacra Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos, Río Negro, localizada aproximadamente en 39° de latitud sur y 68° de longitud oeste, a una altura de 285 msnm. En el uso del tanque tipo “A”, ubicado en el mismo sitio, como coeficiente de ajuste de tanque (Kp) se utilizó 0,7 para todos los días del período analizado (FAO, 1976). De igual manera las observaciones se efectuaron en el marco de las normas establecidas por la FAO, tomando al azar períodos de seis a siete días consecutivos desde el mes de noviembre de 2021 a marzo de 2022. El total de días observados y utilizados para comparar métodos entre sí es de treinta y uno.

Los siete modelos teóricos para determinación de evapotranspiración potencial o de referencia se corrieron para los treinta y un días utilizando planillas de cálculo, con excepción del calculado por la estación automática Davis. Los datos se analizaron estadísticamente utilizando el lenguaje R, versión 4.2 (Venables *et al.*, 2022). Se realizó un análisis de las medias y un agrupamiento de los métodos utilizando el test de Tukey, aplicado a los métodos utilizados y a lectura de tanque tipo “A” corregido con el coeficiente.

Tabla 1. Variables meteorológicas consideradas por los métodos utilizados. Ref.: Tm, temperatura media; Ts, temp.de superficie; Tmax, temp.máxima; Tmin, temp.mínima; HR, humedad relativa; V, velocidad del viento; Rs, radiación incidente; Ra, radiación teórica astronómica; Rn radiación neta.

	Tm	Tmax	Tmin	HR	V	Rs	Ra	Ts
Etp_Davis	X			X	X	X		X
Etp_PM	X	X	X	X	X	X		
Etp_Turc_humedad	X			X		X		
Etp_Turc	X					X		
Etp_Chr	X			X	X	X		
Etp_H	X					X		
Etp_HS	X	X	X				X	
Etp Tanque "A"				X	X			

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de la aplicación del análisis de varianza de un factor y del test de Tukey con un F elevado (5240) y probabilidad menor a $\alpha=0,05$, se rechaza la igualdad de medias. Al aplicar el test resultan tres agrupamientos específicos para los valores medios de Etp. Los grupos determinados como significativos y su valor de Etp media en mm/día son los siguientes (las letras entre paréntesis indican grupos funcionales según test de Tukey): Etp_HS 5,8 (a); Etp_Davis 5,37 (ab); Etp_HS 5,34 (ab); Etp_Chr 5,27 (ab); Etp_Turc_humedad 5,15 (ab); Etp_Turc 4,86 (b); Etp_PM 4,73 (b); Etp_T (corregido por factor 0,7) 4,73 (b); donde la misma letra indica la pertenencia a un mismo grupo. El test de normalidad de Shapiro-Wilk con p valor de 0,1361 y el test de Bartlett de homocedasticidad de varianzas con p valor de 0,1469 se cumplen respectivamente, condición estadística para las inferencias.

CONCLUSIONES

Los métodos de Penman-Monteith FAO, Turc modificado y tanque tipo "A", forman un mismo grupo con valores inferiores de Etp respecto a los demás grupos y se los considera la mejor aproximación a la realidad por el número de variables meteorológicas utilizadas y la incorporación de observaciones a campo. Se recomienda repetir el ensayo con meses completos en diferentes años y con la misma estación climática, de modo de aumentar el número de observaciones y combinaciones de forzantes naturales del proceso físico-biológico en estudio. También será importante un estudio de determinación local del coeficiente de tanque.

REFERENCIAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S. Raes, D.; Smith, D. 1998. Crop evapotranspiration. Guides for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper N° 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.
- Christiansen, J.E. 1968. Pan evaporation and evapotranspiration from climatic data. Journal of the Irrigation and Drainage Division 94:243–266.
- Food & Agriculture Organization of the United Nations. 1976. Agrometeorological field stations. Irrigation and Drainage Paper N°27. Rome, Italy.
- Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A. 1982. Estimating potential evapotranspiration. Journal of the irrigation and Drainage Division 108:225–230.
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences 193:120–145.
- Snyder, R.L.; Pruitt, W.O. 1992. Evapotranspiration Data Management in California. Irrigation and Drainage Session Proceedings Water Forum 1992. Baltimore, USA. 128–133 pp.
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38:55–94.
- Turc, L. 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. Annale Agronomy 12:13–49.
- Venables, W.N.; Smith, D.M.; R Core Team. 2022. An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 4.2.1 (2022-06-23). URL: <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>.

Área Temática 5
Teledetección y Sistemas
de Información Geográfica

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RELACIÓN ENTRE LOS RENDIMIENTOS DE SOJA Y LAS TEMPERATURAS EXTREMAS DEL AIRE Y LA SUPERFICIE TERRESTRE CONSIDERANDO DATOS OBSERVADOS, REANÁLISIS E INFORMACIÓN SATELITAL

Barberis*, J.G.¹; Kantolic, A.²; Barrucand, M.^{3,4}

¹ Departamento de Educación Agropecuaria (FAUBA, UBA), Argentina

² Departamento de Producción Vegetal (FAUBA, UBA), Argentina

³ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA), Argentina

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET-UBA), Argentina

*Contacto: barberis@agro.uba.ar

Palabras clave: temperatura de superficie; MODIS; teledetección

INTRODUCCIÓN

La soja y sus derivados constituyen una de las principales fuentes de ingreso en la Argentina, por lo que resulta importante evaluar los factores que afectan su rendimiento. Uno de ellos es la temperatura y, en particular, sus valores extremos. En este trabajo se investigó la relación entre el rendimiento del cultivo de soja y las temperaturas del aire y de la superficie del suelo obtenidas a partir de las tres fuentes de información: mediciones de temperatura del aire a 2 m de altura (medida en abrigo meteorológico), reanálisis ERA5 (que combina datos observados con modelos numéricos) e información satelital (en este último caso, para estimar la temperatura de la superficie de suelo cubierta por soja). El estudio se llevó a cabo para 18 departamentos de la Región Pampeana argentina, considerando la época crítica del cultivo (enero a marzo) en el período 2003-2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con tres fuentes de información distintas, dos para temperatura del aire a 2 m de altura y otra para la temperatura de superficie del suelo. Las variables consideradas fueron: 1) Temperaturas diarias máximas (tmax) y mínimas (tmin) derivadas de 18 estaciones meteorológicas terrenas convencionales provenientes del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) distribuidas en la región pampeana (29.8° a 37.8° latitud sur y 58.0° a 64.3° longitud Oeste), las cuales fueron agrupadas en 6 regiones según su ubicación geográfica (norte, noreste, oeste, centro, sudoeste y sudeste) 2) Temperaturas diarias máximas (tmaxr) y mínimas (tminr) de la base de datos de reanálisis ERA-5 correspondiente al pixel en el que se encontraba localizada cada estación meteorológica; 3) Temperaturas de superficies diurnas (tdia) y nocturnas (tnoc) derivadas del satélite MODIS Aqua, provenientes de la serie MYD11A1.

Se consideró un promedio de 10 pixeles distribuidos en el departamento en donde se ubicaba la estación meteorológica bajo análisis, haciendo un estudio previo para seleccionar zonas compatibles con cultivo de soja a través del análisis de valores de NDVI. Asimismo, se calcularon 4 índices de temperatura de extremos cálidos y 2 índices de extremos fríos, acorde a las recomendaciones del Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) (Tabla 1). Se trabajó con los meses asociados a la época crítica del ciclo del cultivo (enero a marzo), por períodos decádicos. Estos índices fueron computados en períodos de 3 décadas, en forma móvil por década. Por otro lado, se utilizaron los datos fenoméricos de rendimientos de soja de primera de los departamentos bajo estudio (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación). Para evaluar la influencia de los extremos sobre el rendimiento se realizó una correlación entre los datos de rendimientos y los distintos índices extremos calculados. Para ello se utilizó la correlación de Pearson (r), que fue testeada con una prueba de dos colas para ($p \leq 0.05$). Los resultados fueron agrupados en cada una de las 6 zonas.

Tabla 1. Índices utilizados en el presente estudio

Índices	Definición	Unidades
TX30	Frecuencia porcentual de días en que la tmax/tmaxr/día supera los 30° C	% días
TX35	Frecuencia porcentual de días en que la tmax/tmaxr/día supera los 35°C	% días
TX90	Frecuencia porcentual de días con tmax/tmaxr/día superior al percentil 90	% días
TX10	Frecuencia porcentual de días con tmax/tmaxr/día inferior al percentil 10	% días
TN90	Frecuencia porcentual de días con tmin/tminr/tnoc superior al percentil 90	% días
TN10	Frecuencia porcentual de días con tmin/tminr/tnoc superior al percentil 10	% días

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices relacionados con extremos cálidos TX90, TX35, TX30 y TN90, tanto del aire como de la superficie del suelo, mostraron correlaciones negativas con los rendimientos de soja en todas las zonas, con excepción del índice TN90 en las estaciones del sudeste de la región de estudio (Figura 1). Para cada índice térmico del aire y de la superficie del suelo, localidad y fuente de datos, se consideró la máxima correlación encontrada y la mediana dentro de cada región, de manera de obtener un valor de referencia de correlación en cada zona. Si bien los valores en los tres índices asociados con extremos cálidos diurnos (TX90, TX30 y TX35) fueron bastantes similares, en la mayoría de los casos se observó un mayor valor de correlación con los rendimientos de soja a medida que se consideraban índices de temperaturas más extremas, tanto para el caso de la temperatura del aire como la temperatura de superficie. Esto estaría acorde con Hatfield y Prueger (2015), quienes señalan una disminución en la formación de semillas a medida que las temperaturas del aire diurnas aumentan de 30 a 35 °C. Se encuentra un resultado coincidente, considerando no solamente la temperatura del aire, sino también la temperatura de la superficie estimada con información satelital. Las mayores correlaciones con los rendimientos se obtuvieron cuando se consideraron los datos de temperatura de la superficie.

La mayor correlación entre la temperatura de superficie y los rendimientos de soja respecto a la calculada considerando la temperatura del aire está dada no solamente por la influencia de la temperatura per se, sino también por la información del contenido hídrico, incluido indirectamente en el dato de temperatura de superficie. Por esto, los valores de temperatura de superficie son citados como un indicador complementario de los índices del estado del agua de la vegetación (Holzman *et al.* 2021). Las noches cálidas (TN90), por otro lado, presentaron muy pocas correlaciones significativas al 0,05. El índice TX10 presentó correlaciones positivas, aunque de menor valor absoluto que las encontradas con los índices de días cálidos. Durante la época crítica (enero a marzo) los valores del percentil 10 de temperatura se encontraban cercanos al valor de temperatura óptima para el máximo rendimiento (22–24 °C), por lo que el aumento de cantidad de días frescos tuvo un efecto positivo en el rendimiento del cultivo. En todas las regiones, los mayores valores de correlación se encontraron cuando se consideraron los datos de temperatura de superficie. En cuanto a los extremos fríos nocturnos (TN10) las correlaciones no resultaron significativas (a excepción de SE para TN10), al igual que lo observado con extremos derivados de TN90.

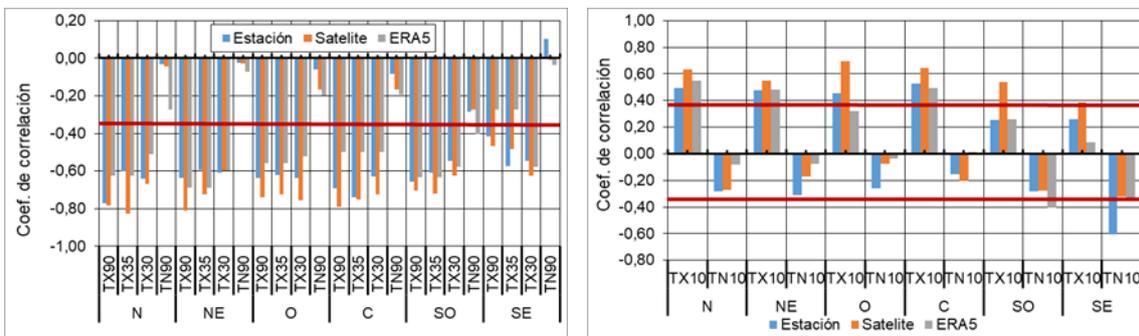


Figura 1. Correlaciones entre los distintos índices de extremos cálidos (izquierda) y los rendimientos de soja, y entre los extremos fríos (derecha) y los rendimientos de soja. Se muestra la mediana de los máximos valores de correlación encontrados en cada zona considerando temperatura del aire y de la superficie del suelo, discriminando cada fuente de datos. La línea roja muestra el valor a partir del cual los coeficientes de correlación presentan significancia al 0,05.

CONCLUSIONES

El mayor impacto de la temperatura sobre los rendimientos de soja durante la época crítica se observó con los extremos cálidos de temperatura máxima, encontrándose mayores correlaciones al considerar datos de temperatura de superficie derivada de satélite. Esto podría deberse a que la temperatura de superficie no solo estaría captando la influencia de la temperatura per se sobre el rendimiento del cultivo, sino que también de manera indirecta captaría la influencia de la disponibilidad de agua sobre la planta. Los valores de temperaturas nocturnas (altos o bajos) no evidenciaron un impacto significativo sobre los rendimientos, a excepción de la región SE, donde las noches frescas (TN10) evidenciaron un impacto negativo.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue financiado por UBACyT 20020170100357BA, CONICET PIP0333 y PICT2019-02933.

REFERENCIAS

- Hatfield, J. Prueger, J. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*. Volume 10, Part A, Pages 4-10. ISSN 2212-0947. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>.
- Holzman, M., Rivas, R., Bayala, M. 2021. Relationship between TIR and NIR-SWIR as Indicator of Vegetation Water Availability *Remote Sensing* 13 (17): 3371. <https://doi.org/10.3390/rs13173371>.

EVALUACIÓN DEL MODELO BHOA CONSIDERANDO UN COEFICIENTE DE CULTIVO GENÉRICO ESTIMADO CON SENSORES REMOTOS

Calabrese*, L.D.; Fernández Zapiola, G.M.; Maio, S.; Véliz, A.; Fernández Long, M.E.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Av. San Martín 4453, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1417DSE, Argentina

*Contacto: calabres@agro.uba.ar

Palabras clave: MODIS; WRSI; rendimiento

INTRODUCCIÓN

El balance hidrológico operativo con fines agrícolas (BHOA) es un modelo que genera productos de agua en el suelo y de evapotranspiración real (ER) a nivel regional (Fernández Long *et al.*, 2019). Los productos del BHOA permiten generar índices agroclimáticos como el WRSI (*Water Requirement Satisfaction Index*) asociados a la disponibilidad de agua en el suelo. La variabilidad interanual de estos índices en subperiodos críticos explica gran parte de la variabilidad de rendimiento de los cultivos extensivos en secano (Fernández Long *et al.*, 2019). Para identificar estos subperiodos el BHOA utiliza el coeficiente de cultivo (Kc) por su relación con la fenología (Piccinni *et al.*, 2009). Sin embargo, considerando que en los cálculos actuales el BHOA incorpora un valor de Kc estático por defecto, es importante su estimación.

En un contexto de monitoreo regional, una forma de estimar el Kc es a partir de sensores remotos (Kamble *et al.*, 2013). Los sensores remotos brindan información para extensas áreas a un bajo costo, de manera sistemática, precisa y oportuna. Con la información espectral provista por sensores es posible generar índices espectrales como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), el cual guarda una relación lineal con el Kc (Kamble *et al.*, 2013). Considerando la importancia del monitoreo en tiempo real del agua en el suelo y de identificar los subperiodos del cultivo, el objetivo del trabajo es evaluar el modelo BHOA cuando se incorpora un Kc genérico estimado con sensores remotos. Para ello, se correlacionó el índice WRSI calculado a partir del modelo BHOA con Kc de los meses de enero, febrero y marzo, con el rendimiento de maíz (*Zea mays*) por departamento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinó una zona de cultivos de la Argentina a partir del producto de cobertura terrestre MCD12Q1 del satélite MODIS. Dentro de la zona de cultivos se seleccionó un conjunto de puntos distribuidos de manera uniforme cada 5 km, dando un total de 3879 puntos. Para cada punto se generaron series temporales del índice espectral NDVI con inicio el 1° de enero del 2016 y fin el 31 de diciembre del 2020. El NDVI fue obtenido por el producto MOD13Q1 de MODIS, y si bien es un producto cada 16 días, para este trabajo se pasaron a diarios con una interpolación.

La serie temporal de NDVI se la transformó a Kc a partir de un modelo genérico de cultivos desarrollado por Kamble *et al.*, (2013) (ecuación 1). Este Kc ndvi se incorporó como variable de entrada al BHOA. De los productos generados por el BHOA se seleccionaron la evapotranspiración real (ER) y la evapotranspiración del cultivo (ETc) (Evapotranspiración de referencia por método Penman-Monteith FAO * Kc NDVI), y se calculó para cada variable el acumulado mensual de los meses de enero, febrero y marzo. A partir de la relación entre el acumulado de ER y el acumulado de ETc se estimó el WRSI de cada mes (ecuación 2). En resumen, se contó con una matriz de datos conformada por la ubicación de los puntos, el mes (enero, febrero y marzo) y el WRSI mensual.

$$Kc_{ndvi} = 1,4571 * NDVI - 0,1725(1)$$

$$WRSI = \frac{\sum ER}{\sum ETc} * 100(2)$$

La matriz de datos del WRSI se relacionó con el rendimiento por departamento del cultivo de maíz provisto por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Se debe considerar que, si bien el trabajo utiliza solo el cultivo de maíz, se asume que la ubicación de cada punto puede pertenecer a otros cultivos. De esta forma, cada departamento reunía un conjunto de puntos, donde cada punto contaba con el valor del WRSI para los meses de enero, febrero y marzo, de las campañas 2016/17, 2017/2018, 2018/2019, 2019/20 y 2020/21.

Para evaluar el modelo BHOA ajustado con el Kc se relacionó el WRSI de cada punto y mes, con el rendimiento estandarizado del cultivo de maíz por departamento para cada campaña. Para estandarizar el rendimiento se utilizó la media y el desvío de cada departamento entre las campañas 2014/15 y 2020/21. Se calculó el coeficiente de correlación (r), y considerando que el número de datos analizados en cada caso no es igual, debido a que la cantidad de puntos por departamento puede variar, ya sea por el tamaño o por la proporción de zona de cultivo de cada departamento, se analizó solo aquellos departamentos con *p-value* menores a 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, en gris y en distintos tonos de rojo se observan los departamentos que contienen uno o más puntos que interceptan la zona de cultivos. Los departamentos en gris representan valores de probabilidad mayores al nivel de significación 0,05, de modo que no se puede aceptar que esta correlación es distinta de cero. Los graduados en rojo son los r positivos, donde el claro representa los menores y el oscuro los mayores r .

Se observa que en la mayoría de los departamentos del norte de Argentina y del sur de Buenos Aires (zonas grises), las correlaciones no fueron significativas, por lo tanto, el WRSI no explica la variabilidad de los rendimientos. Las correlaciones más altas se observan en la zona núcleo de producción de maíz: departamentos del norte de Buenos Aires, el sur de Santa Fe y el centro de Córdoba. Por último, para este periodo de años las correlaciones más altas se registran en los meses de febrero y marzo, meses asociados al periodo crítico del maíz tardío (Maddonna *et al.*, 2012). Incorporar el Kc en el BHOA permitirá relacionar la fenología con las condiciones de agua en el suelo en tiempo real y, de esta forma, vincular el factor de estrés hídrico con el periodo crítico y el rendimiento del cultivo de maíz (Bandaru *et al.*, 2020).

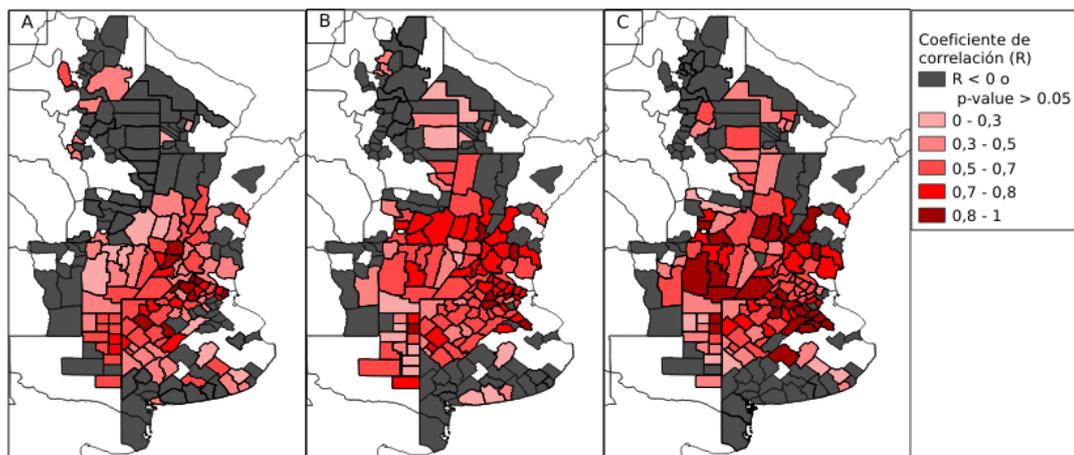


Figura 1. Coeficiente de correlación entre el WRSI y el rendimiento de maíz de las campañas 2016/17, 2017/2018, 2018/2019, 2019/20 y 2020/21. En gris se muestran los departamentos con p-valores mayores a 0.05. El graduado desde el rojo claro al rojo oscuro representa los coeficientes de correlación positivos. De izquierda a derecha, enero (A), febrero (B) y marzo (C).

CONCLUSIONES

Dentro de un contexto de monitoreo del balance hídrico del suelo a escala departamental, se demostró que el BHOA calibrado con un Kc genérico estimado con sensores remotos, presenta un buen desempeño en vincular el índice WRSI con el rendimiento del cultivo de maíz. Se debe considerar que este buen desempeño no es en todos los departamentos.

REFERENCIAS

- Bandaru, V.; Yaramasu R.; Koutilya P.N.V.R.; He, J.; Sedano, F.; Sahajpal, R.; Wardlow, B.D.; Suyker, A.; Just, C. 2020. PhenoCrop: An Integrated Satellite-Based Framework to Estimate Physiological Growth Stages of Corn and Soybeans». *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 92: 102188.
- Fernández Long, M.E.; Hurtado, R.H.; Pérez, S.; Spescha, L. 2019. Balance hidrológico operativo para el agro. Versión estudiantil (BHOA). *Agronomía & Ambiente* 39(1):33–44.
- Kamble, B.; Kilic, A.; Hubbard, K. 2013. Estimating Crop Coefficients Using Remote Sensing-Based Vegetation Index. *Remote Sensing* 5 (4) 1588-1602.
- Maddonna, G.A. 2012. Analysis of the Climatic Constraints to Maize Production in the Current Agricultural Region of Argentina—a Probabilistic Approach. *Theoretical and Applied Climatology* 107 (3–4):325-345.
- Piccini, G.; Ko, J.; Marek, T.; Howell, T. 2009. Determination of Growth-Stage-Specific Crop Coefficients (Kc) of Maize and Sorghum. *Agricultural Water Management* 96 (12):1698–1704.

ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE LA COPA ARBÓREA DE CULTIVARES DE PECÁN MEDIANTE EL USO DE FOTOGRAMETRÍA POR VANT EN EL SUDESTE BONAERENSE

Cambareri*, G.¹; Galetti, M.¹; Frusso E.A.²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-IPADS Balcarce, Argentina

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), IRB, Hurlingham, Argentina

***Contacto:** cambareri.gustavo@inta.gob.ar

Palabras clave: drones; superficie de copa; nogales

INTRODUCCIÓN

El volumen de copa es un parámetro importante en el estudio de los componentes de rendimiento para especies frutícolas. Las características geométricas de los árboles están directamente relacionadas con el crecimiento y la productividad, por lo que estas características se utilizan como insumo para modelar la producción de cultivos, calcular requerimientos hídricos, fertilización y diseño de podas (Verma et al. 2016, Sinha et al. 2022). En pecán (*Carya illinoensis* [Wangenh] K. Koch) el dato de área de la copa se utiliza para establecer parámetros de monitoreo y manejo del monte frutal y como variable en ecuaciones alométricas (Smith and Wood, 2006). Sin embargo, estas determinaciones implican mucho tiempo de trabajo a campo. En ese sentido, los vehículos aéreos no tripulados (VANTs), pueden ayudar a ahorrar recursos mediante la técnica de fotogrametría (Sinha et al., 2022). Este trabajo tiene como objetivo estimar el área de copa de diferentes cultivares de pecán utilizando la técnica de fotogrametría, mediante el uso de VANTs.

MATERIALES Y MÉTODOS

La captura de imágenes aéreas basada en VANTs se realizó en un monte experimental de pecán de 9 años ubicado en la EEA Balcarce del INTA (37,76° S; 58,29° O). Las imágenes aéreas fueron colectadas por el VANT en el área de estudio en un día sin nubosidad a las 12 horas (5 de abril). Un VANT pequeño (Modelo: Mavic Mini, SZ DJI Technology Co. Ltd., Shenzhen, China) controlado por un transmisor de radio (frecuencia de operación: 2.4 GHz) un se usó para coleccionar imágenes aéreas georreferenciadas (Figura 1 A) a 30 m de altura. El VANT utilizó un sensor de imágenes RGB (1/2.3" CMOS DJI Technology Co. Ltd., Shenzhen, China; 12 Megapixel) montado en un cardán estabilizado por 3 ejes. El vuelo fue controlado por un autopiloto con una ruta previamente establecida (Drone Harmony, Zürich, Suiza). Durante el vuelo, se colectaron 122 imágenes que se solaparon en un 83 %. Este solapamiento fue necesario para generar una imagen ortomosaico del área de estudio (Figura 1 B).

El software Agisoft PhotoScan Professional Edition (Agisoft LLC, St. Petersburg, Rusia) se empleó para realizar esta tarea y para la delimitación de polígonos en las copas (Figura 1 C), con el posterior cálculo de las áreas de copa, luego de tomar puntos de referencia en el campo. Estos puntos de referencia son objetos de dimensiones conocidas, geoposicionados en la ortofoto, siendo referencia para la determinación en metros del largo de los segmentos de los polígonos. El software calcula automáticamente el área de los polígonos luego de seleccionar la opción "Medir".

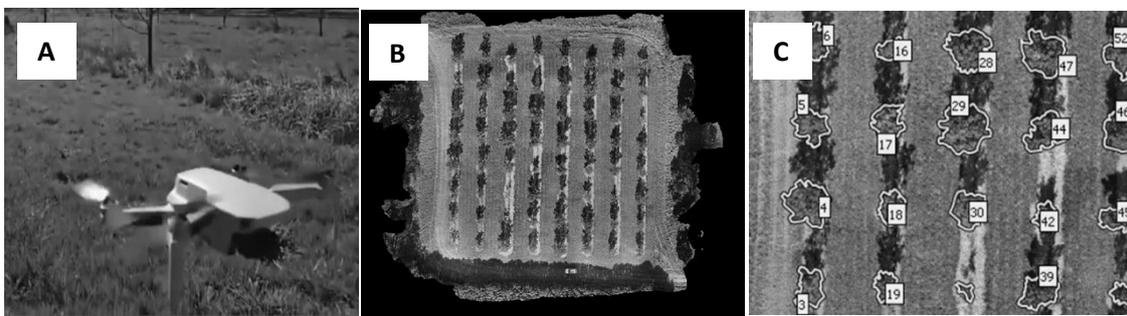


Figura 1. A: VANT. **B:** Imagen ortomosaico del monte. **C:** Delimitación del área de las copas.

En el monte experimental se evalúan 15 cultivares de pecán en el marco de la red nacional de cultivares de pecán del INTA 2007 - 2022. Estos árboles fueron dispuestos en un marco de plantación de 9 m x 9 m al momento de su implantación en 2013. Al momento de la captura de imágenes, los árboles presentaban el estadio fenológico de fin de llenado de fruto. El monte de pecán se regó por surcos con pendiente entre los meses de diciembre y marzo. Tanto el follaje como la superficie de suelo rodeando la planta se mantuvieron libre de plagas, enfermedades y malezas, respectivamente. Los datos se analizaron bajo un diseño en bloques desbalanceados (suma de cuadrados medios tipo

III), con el software R-Studio v 4.2.2 (2022). Se analizó previamente la normalidad de los datos con test de Shapiro Wilks, y debieron transformarse mediante la raíz cuadrada para obtener una distribución normal.

RESULTADOS Y DISCUSION

La técnica de fotogrametría permitió estimar el área de copa, y determinar un efecto significativo del cultivar sobre el área de copa ($p=0,004$), siendo el cultivar Wichita, el que alcanzó mayor área, mientras que los cultivares Peruque y Stuart tuvieron una menor área de copa desarrollada (Figura 2). Aunque en nuestro trabajo sólo se utilizaron puntos de referencia para estimar el área de copa en pecán, los resultados están en línea con lo obtenido por Díaz Varela et al. (2015) para el área de copa de olivos.

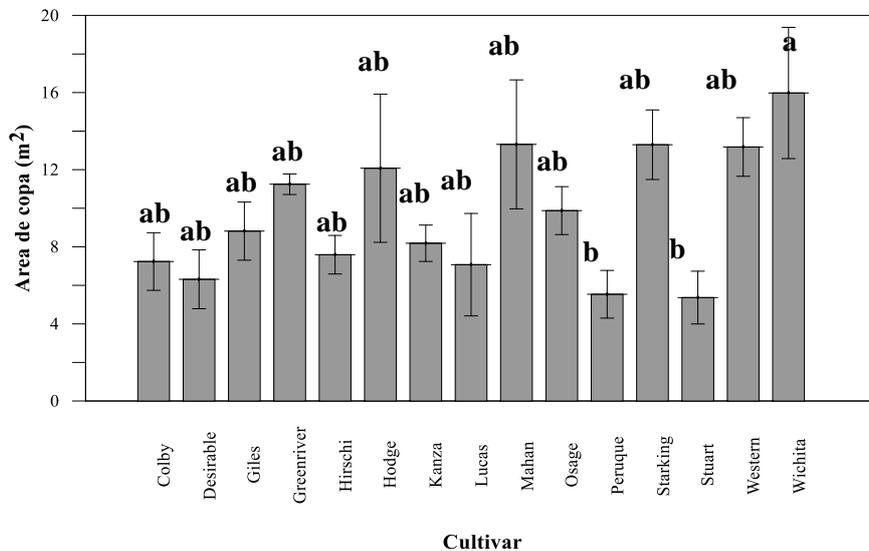


Figura 2. Área de copa media según cultivar. Las barras verticales representan el error estándar. Barras con la misma letra indican diferencias no significativas al 5 % (Test de Tukey-Kramer).

Los resultados sugieren que mediante la aplicación de un método como la fotogrametría y con un instrumento de bajo costo como el VANT utilizado, puede obtenerse información de gran utilidad agronómica para el diseño de prácticas de manejo en pecán. Entre los cultivares evaluados, Wichita es el que mejor mayor área de copa produce en el Sudeste Bonaerense a los 9 años de plantado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto I125 (“Mejoramiento genético, caracterización y uso de variabilidad con aplicación de herramientas biotecnológicas en cultivos frutales” de INTA, Argentina) por el financiamiento.

REFERENCIAS

- Díaz-Varela, R.; de la Rosa, R.; León, L.; Zarco-Tejada, P. 2015. High-Resolution Airborne UAV Imagery to Assess Olive Tree Crown Parameters Using 3D Photo Reconstruction: Application in Breeding Trials Remote Sens. 7:4213-4232; doi:10.3390/rs70404213.
- Verma, N.K.; Lamb, D.W.; Reid, N.; Wilson, B. 2016. Comparison of canopy volume measurements of scattered eucalypt farm trees derived from high spatial resolution imagery and LiDAR. Remote Sensing 8(5):388. doi:10.3390/rs8050388.
- Smith, M.W.; Wood, B.W. 2006. Pecan tree biomass estimates. HortScience 41(5):1286-1291.
- Sinha, R.; Quirós, J.J.; Sankaran, S.; Khot, L.R. 2022. High resolution aerial photogrammetry based 3D mapping of fruit crop canopies for precision inputs management. Information Processing in Agriculture 9(1):11-23.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

COMPARACIÓN DE DOS MODELOS DE ESTIMACIÓN DE COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) A PARTIR DE NDVI

Fernández Zapiola*, G.M.; Calabrese, L.D.; Maio, S.; Véliz, A.; Fernández Long, M.E.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Av. San Martín 4453, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1417DSE, Argentina

*Contacto: gfernandez@agro.uba.ar

Palabras clave: sensores remotos; balance hidrológico operativo para el agro (BHOA)

INTRODUCCIÓN

El Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) ha demostrado una robusta correlación con los rendimientos de los principales cultivos extensivos de la región agrícola (Fernández Long *et al.*, 2012). El mismo se calcula a partir de la precipitación, la evapotranspiración de referencia estimada por el método de Penman-Monteith (ET_o), coeficientes del suelo y coeficiente de cultivo (K_c). Este último factor permite considerar las variaciones de evapotranspiración de la cobertura vegetal respecto de la ET_o. Sin embargo, por el momento este modelo no incluye información sobre el estado de la cobertura vegetal e imputa un K_c igual a uno en todos los casos. Saber si la incorporación de datos sobre este factor mejoraría la correlación del modelo es un objetivo a largo plazo.

El K_c puede ser estimado mediante modelos que relacionan esta variable con índices de vegetación desarrollados a partir de datos de sensores remotos (Neale *et al.*, 1990). Con ese fin se han desarrollado, en décadas recientes, una variedad de modelos lineales para una diversidad de coberturas vegetales y resoluciones espaciales (Calera *et al.*, 2017). Tales desarrollos requirieron también, datos empíricos de variables agrometeorológicas de difícil obtención, como evapotranspiración real (González-Piqueras *et al.*, 2006). Si bien la mayoría de los modelos fueron desarrollados *ad-hoc* para su empleo en el mismo sitio, existen casos de adaptación de tales modelos a sitios para los cuales no fueron desarrollados (Campos *et al.*, 2010). Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es evaluar dos modelos disponibles para su adaptación a la región agrícola de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se enmarca en un proyecto que busca poner a prueba la utilidad de incorporar al BHOA un K_c estimado mediante el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Para eso, se usaron series temporales de este índice provenientes del producto MOD13Q1 de MODIS. Las series temporales fueron tomadas para una gran cantidad de puntos coincidentes con los del algoritmo IMERG que usa datos de la misión “Medición Global de la Precipitación” de NASA, de donde se obtienen los datos de precipitación para una versión del BHOA. Asimismo, se seleccionaron sólo los puntos identificados como tierras de cultivo mediante la clasificación del Programa Internacional Geosfera-Biosfera.

Los datos de NDVI fueron transformados en datos de K_c mediante dos de los modelos lineales mencionados. Así, se probaron los modelos de Kamble *et al.*, (2013) y Cuesta *et al.*, (2005), fórmulas 1 y 2 respectivamente. El primero, fue desarrollado para cultivo de maíz en secano y en regadío, de la región agrícola de Estados Unidos; a partir de imágenes de MODIS (resolución espacial de 250 metros). El segundo modelo, fue desarrollado para una gran variedad de cultivos, incluyendo especies hortícolas, aunque los datos aportados al modelo fueron mayormente de cultivos de maíz, trigo, alfalfa y cebada. Para ello utilizaron imágenes de las plataformas Landsat-5 y Landsat-7 de resolución espacial de 30 metros.

$$Kc_{Kamble} = 1,4571 * NDVI - 0,1725 \quad (1)$$

$$Kc_{Cuesta} = 1,25 * NDVI + 0,2 \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestran los mapas de K_c estimado según ambos modelos; en septiembre (previo a la siembra) y enero (en el “apogeo” del cultivo); para la campaña 17/18. Y también los mapas de ambos modelos para enero de la campaña siguiente (18/19), en la cual el contenido hídrico fue muy contrastante respecto a la campaña anterior. Se pueden apreciar para ambos modelos, valores notablemente más bajos previo a la siembra y más altos durante el apogeo, es decir, ambos son sensibles a los cambios ocurridos durante la campaña.

Al comparar los valores de enero de ambas campañas, las diferencias observadas son pequeñas. Sin embargo, en la campaña 17/18, con mayores déficits hídricos, se pueden ver valores de K_c algo más bajos, sobre todo en La Pampa, el oeste de Buenos Aires y el norte de Córdoba y Santa Fe. Al comparar entre los modelos se puede advertir que el de Cuesta *et al.* presenta valores siempre más elevados. Si bien en este primer trabajo no se validaron los resultados, a priori los valores obtenidos por el modelo de Cuesta *et al.* parecen excesivamente altos. Esto es más aparente en el mapa de septiembre donde predominan valores mayores a 0,6 y son frecuentes valores mayores a 0,8 y 1. Esto no parece coherente con un momento en el que gran parte de esta superficie se encuentra en barbecho o con

cultivos sembrados recientemente. Por otro lado, en el modelo de Kamble *et al.* (2013), al inicio en la campaña predominan valores de entre 0,2 y 0,4 y en enero, de entre 1 y 1,2; sin tantos valores mayores a 1,2. Esto se acerca más a lo esperado para cultivos de grano sin aporte de riego.

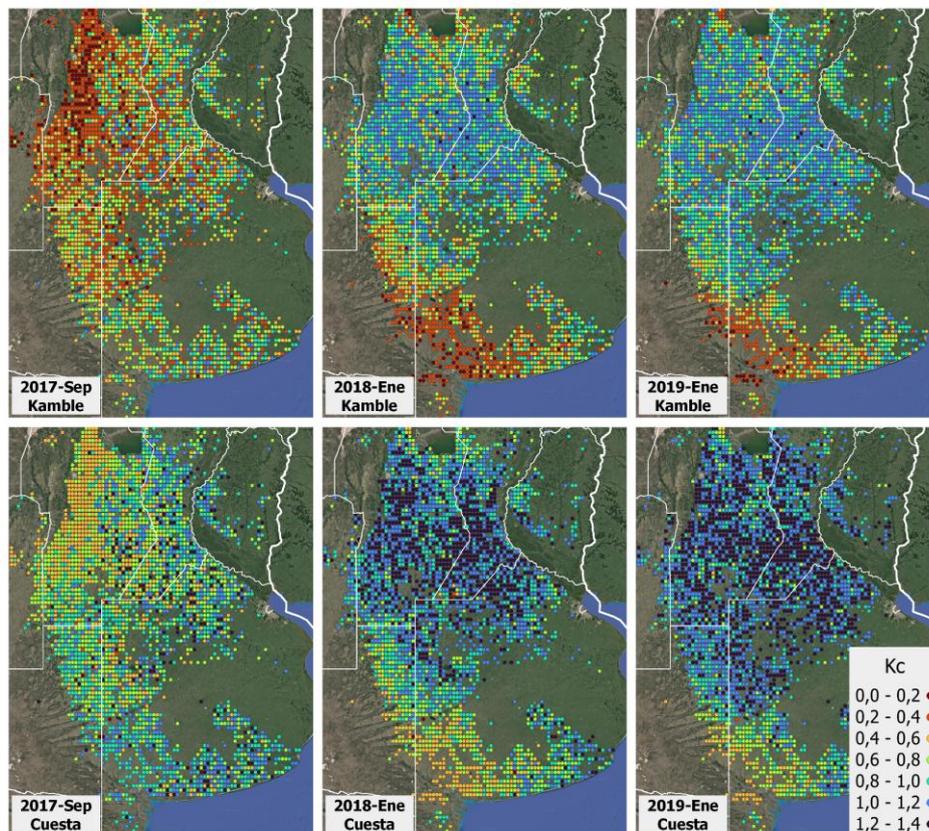


Figura 1. Mapas de coeficiente de cultivo según el modelo de Kamble *et al.* (2013) y Cuesta *et al.* (2005) para tres momentos: inicio de la campaña “gruesa” 17/18, apogeo de la misma campaña y período crítico de la campaña 18/19

CONCLUSIONES

La marcha del Kc según los modelos analizados es consistente con los cambios ocurridos a lo largo del ciclo de los cultivos. Eso resulta favorable a la posibilidad de incluirlos en el BHOA. Además, si bien es necesario una validación de los resultados obtenidos, el modelo de Kamble *et al.* parece prometedor para el objetivo general del trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) y su aplicación en el monitoreo de la sequía”. Convocatoria: UBACYT 2020 Mod II. 20020190200237BA. Directora: M.E. Fernández Long.

REFERENCIAS

- Calera, A.; Campos, I.; Osann, A.; D’Urso, G.; Menenti, M. 2017. Remote sensing for crop water management: From ET modelling to services for the end users. *Sensors* 17(5):1104.
- Campos, I.; Neale, C.M.; Calera, A.; Balbontín, C.; González-Piqueras, J. 2010. Assessing satellite-based basal crop coefficients for irrigated grapes (*Vitis vinifera* L.). *Agricultural Water Management* 98(1):45–54.
- Cuesta, A.; Montoro, A.; Jochum, A.M.; López, P.; Calera, A. 2005. Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. *Information Técnica Económica Agraria. ITEA* 101(3):212–224.
- Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). *Agronomía & Ambiente* 32 (1-2):33–44.
- González-Piqueras, J.; Rubio, E.; Calera, A.; Moratalla, A. 2006. Intensive Field Campaigns In The Framework Of Demeter Project. *AIP Conference Proceedings* 852 (1):67–74.
- Kamble, B.; Kilic, A.; Hubbard, K. 2013. Estimating crop coefficients using remote sensing-based vegetation index. *Remote sensing* 5(4):1588–1602.
- Neale, C.M.; Bausch, W.C.; Heermann, D.F. 1990. Development of reflectance-based crop coefficients for corn. *Transactions of the ASAE* 32(6):1891–1900.

EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE NDVI Y SIF PARA EL MONITOREO DEL RENDIMIENTO DE SOJA Y MAÍZ EN CÓRDOBA

Ovando*, G.¹; de la Casa, A.¹; Díaz, G.¹; Díaz, P.¹; Clemente, J.¹; Soler, F.²

¹Agrometeorología y ²Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina

*Contacto: gugovan@agro.unc.edu.ar

Palabras clave: sequía; coeficiente de correlación; índices de vegetación

INTRODUCCIÓN

La predicción de la producción de los cultivos es una información importante para la toma de decisiones de manejo, previsiones de las actividades logísticas y comerciales y la seguridad alimentaria de una región, entre otras. Las estimaciones del rendimiento de cultivos se obtienen convencionalmente mediante censos que no sólo consumen tiempo y son laboriosos, sino que también proveen la información generalmente después de la cosecha. Para el pronóstico de rendimientos se emplean diferentes métodos y fuentes de datos, de manera individual o combinados, como estudios a campo, métodos estadísticos, modelos de simulación de cultivos y recientemente el empleo de la teledetección que permite el monitoreo de los cultivos en una escala regional (Chen and Tao, 2022).

La teledetección emplea distintos índices de vegetación para monitorear el estado de los cultivos, siendo el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) probablemente el más utilizado de ellos. Recientemente, se ha comenzado a aplicar la fluorescencia de la clorofila inducida por el sol (SIF) con la misma finalidad. Durante la fotosíntesis entre 1 y 2% de la energía absorbida por la clorofila es reemitida en una longitud de onda más larga en forma de fluorescencia, de esta manera SIF se constituye en un nuevo método para el monitoreo de la vegetación (Zhou *et al.*, 2022). NDVI y SIF han sido ampliamente empleados para describir las relaciones entre sequías y rendimientos de los cultivos. Chen *et al.*, (2019) estudiaron las relaciones entre SIF y rendimientos de maíz en China y Chang *et al.* (2020) utilizaron NDVI y SIF para identificar cambios estacionales en cultivos de soja y maíz en USA. El objetivo de este estudio es examinar el desempeño de NDVI y SIF para estimar los rendimientos de soja y maíz en la región agrícola de secano de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio comprende los once departamentos de mayor importancia en la producción agrícola de la provincia de Córdoba, Argentina, que actualmente concentran más del 80 % de la producción provincial de soja y maíz (MAGyP, 2020). La información del rendimiento departamental de soja y maíz fue provista por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina (MAGyP, 2020).

El clima en el área de estudio es sub-húmedo seco, con un promedio anual de precipitaciones de aproximadamente 800mm concentradas en el verano, y muestran un gradiente descendente desde el este hacia el oeste (Rolla *et al.*, 2018). La producción agrícola es principalmente de secano y predominan los cultivos de verano como la soja y el maíz (Sayago *et al.*, 2017).

En este trabajo se emplearon datos de NDVI (MOD13C2) provenientes del sensor MODIS a bordo del satélite TERRA e información de SIF del producto GOSIF. Tanto el producto MOD13C2 como GOSIF poseen una resolución temporal mensual y una resolución especial de 0,05 grados de latitud/longitud. Más detalles sobre los productos MODIS NDVI pueden encontrarse en Huete *et al.* (2002) y sobre el producto GOSIF en Li and Xiao (2019). El análisis de las relaciones entre los rendimientos de soja y maíz con la información proveniente de la teledetección se llevó a cabo mediante el cálculo de los coeficientes de correlación entre los rendimientos departamentales y los valores promedios departamentales de NDVI o de SIF del mes de enero de cada campaña, siguiendo a Petersen (2018), quien determinó correlaciones más elevadas entre índices de vegetación y el rendimiento, cuando el cultivo estuvo completamente desarrollado. Para este estudio se consideraron las campañas desde 2000/2001 a 2018/2019. En los departamentos de San Justo y Río Cuarto no se consideró la totalidad de su superficie, en el primero se enmascaró el sector correspondiente a la Laguna Mar Chiquita, en tanto que en el segundo departamento no se consideró la superficie por encima de la cota de 600m por tratarse de área serrana (no agrícola).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mapas con los valores de los coeficientes de correlación entre los rendimientos departamentales de soja y maíz con los valores departamentales de enero de NDVI y SIF se presentan en la Figura 1. Para el cultivo de soja se puede observar que en general los coeficientes de correlación son menores que para el cultivo de maíz, sin importar el producto satelital empleado, con excepción de los departamentos Río Primero y Tercero Arriba. Esto se explica ya que para el análisis se emplearon exclusivamente valores satelitales del mes de enero, siendo que el cultivo de soja en

algunos años y departamentos puede demorar su máxima expresión, principalmente cuando se siembra como parte de la rotación trigo/soja.

Las correlaciones entre los rendimientos de soja y NDVI arrojaron valores superiores a las correlaciones con SIF en 7 de los 11 departamentos, siendo Presidente Roque Sáenz Peña y Unión los que presentaron la correlación más alta entre el rendimiento de soja y el NDVI (0,616 y 0,621, respectivamente). Cuando se analiza el cultivo de maíz ocurre lo contrario: los valores de correlación entre los rendimientos de maíz y SIF fueron superiores en 7 de los 11 departamentos, siendo el departamento de Unión el que presentó el mayor valor de correlación entre el rendimiento de maíz y SIF (0,801), en concordancia con lo planteado por Chen et al. (2019) quienes determinaron que SIF es más sensible a la sequía en maíz que otros índices de vegetación.

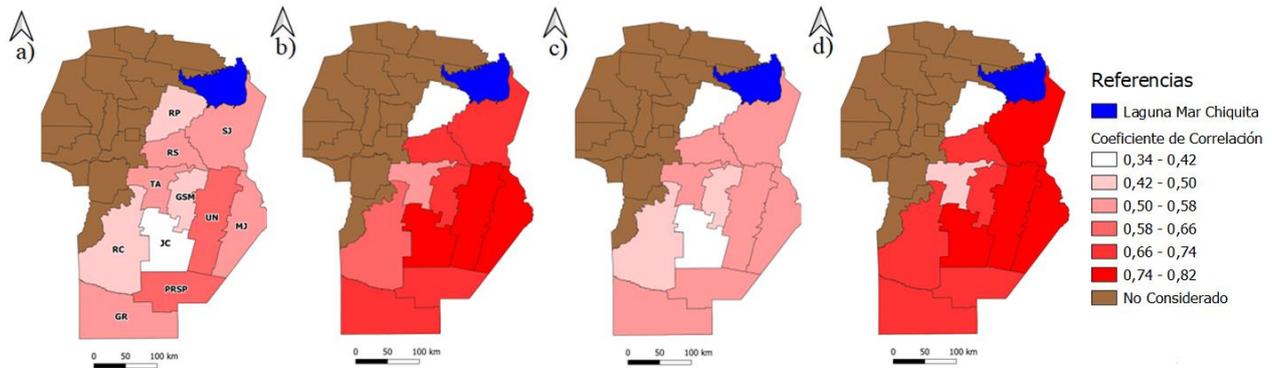


Figura 1. Mapas de la región agrícola de Córdoba con los valores de correlación entre a) Rendimiento de Soja y NDVI, b) Rendimiento de Maíz y NDVI, c) Rendimiento de Soja y SIF y d) Rendimiento de Maíz y SIF. Referencias de los departamentos del mapa a) RP=Río Primero, SJ=San Justo, RS=Río Segundo, TA=Tercero Arriba, GSM= General San Martín, UN= Unión, MJ= Marcos Juárez, RC= Río Cuarto, JC= Juárez Célman, PRSP= Presidente Roque Sáenz Peña, GR= General Roca.

CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo de maíz presenta mayores valores de correlación con SIF y NDVI que la soja. Las mediciones de SIF aparecen como una alternativa interesante para monitorear el cultivo de maíz en la mayoría de los departamentos agrícolas de la provincia de Córdoba. Queda pendiente el análisis más detallado de la correlación del rendimiento de los cultivos con SIF y NDVI en otros meses, como así también la incorporación de variables meteorológicas que puedan aportar al desarrollo de modelos de monitoreo del rendimiento de maíz y soja a nivel regional.

REFERENCIAS

- Chen, Y.; Tao, F. 2022. Potential of remote sensing data-crop model assimilation and seasonal weather forecasts for early-season crop yield forecasting over a large area. *Field Crops Research* 276:108398.
- Chen, X.; Mo, X.; Zhang, Y.; Sun, Z.; Liu, Y.; Hu, S.; Liu, S. 2019. Drought detection and assessment with solar-induced chlorophyll fluorescence in summer maize growth period over North China Plain. *Ecological Indicators* 104:347–356.
- Zhou, Z.; Liu, S.; Ding, Y.; Fu, Q.; Wang, Y.; Cai, H.; Shi, H. 2022. Assessing the responses of vegetation to meteorological drought and its influencing factors with partial wavelet coherence analysis. *Journal of Environmental Management* 311: 114879.
- Chang, C.Y.; Zhou, R.; Kira, O.; Marri, S.; Skovira, J.; Gu, L.; Sun, Y. 2020. An Unmanned Aerial System (UAS) for concurrent measurements of solar-induced chlorophyll fluorescence and hyperspectral reflectance toward improving crop monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology* 294:108145.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina. MAGyP. 2020. Estadísticas Agrícolas: Series históricas <https://www.argentina.gob.ar/agricultura>.
- Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodríguez, E.P.; Gao, X.; Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 83(1-2):195–213.
- Li, X.; Xiao, J. 2019. A global, 0.05-degree product of solar-induced chlorophyll fluorescence derived from OCO-2, MODIS, and reanalysis data. *Remote Sensing* 11(5):517.
- Petersen, L. 2018. Real-Time Prediction of Crop Yields from MODIS Relative Vegetation Health: A Continent-Wide Analysis of Africa. *Remote Sensing* 10(11):1726.
- Rolla, A.L.; Nuñez, M.N.; Guevara, E.R.; Meira, S.G.; Rodríguez, G.R.; de Zárate, M.I.O. 2018. Climate impacts on crop yields in Central Argentina. *Adaptation strategies. Agricultural Systems* 160:44–59.
- Sayago, S.; Ovando, G.; Bocco, M. 2017. Landsat images and crop model for evaluating water stress of rainfed soybean. *Remote Sensing of Environment* 198:30–39.
- Zhou, Z.; Liu, S.; Ding, Y.; Fu, Q.; Wang, Y.; Cai, H.; Shi, H. 2022. Assessing the responses of vegetation to meteorological drought and its influencing factors with partial wavelet coherence analysis. *Journal of Environmental Management* 311, 114879.

Área Temática 6

Variabilidad Climática y Cambio Climático
Adaptación, Mitigación y Resiliencia

TEMPERATURAS EXTREMAS REGISTRADAS EN ESTACIONES DEL NOROESTE ARGENTINO

Alabar*, F.; Valdiviezo Corte, M.; Moreno, C.; Hurtado, R.

Agroclimatología, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy, Alberdi 47, CP 4600, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina

*Contacto: davidalabar@fca.unju.edu.ar

Palabras clave: eventos cálidos; tendencias; ocurrencias

INTRODUCCIÓN

La primera década del siglo XXI es considerada la más cálida desde 1850 (niveles pre-industriales) (NOAA, 2017) y se espera que se superen los 1.5 °C de calentamiento a mediados de 2050 (Basso *et al.*, 2021). El forzamiento de gases de efecto invernadero es el factor dominante para los aumentos en la intensidad, frecuencia y duración de los extremos cálidos y la disminución de los extremos fríos (Seneviratne *et al.*, 2021). Los eventos extremos de temperatura pueden favorecer la ocurrencia de eventos extremos de precipitación a una tasa de 6 a 7 % por cada °C de aumento de temperatura a través de la relación de Clausius-Clapeyron (Gao *et al.* 2018). La variación de los eventos extremos está modulada por distintos patrones de circulación atmosférica (a escala global), retroalimentación tierra-atmósfera (a escalas regional y local) y forzamientos locales (tales como cambios en el uso de la tierra o en las concentraciones de aerosoles), lo que provoca distribuciones espaciales heterogéneas en las variaciones de temperaturas extremas (Seneviratne *et al.*, 2021). Las sociedades y los ecosistemas naturales están cada vez más expuestos a estos tipos de fenómenos meteorológicos extremos (Van der Wiel y Bintanja, 2021). Deroubaix *et al.*, (2021), proyectan, a escala global, una tendencia de demanda de energía decreciente en calefacción y una tendencia creciente en refrigeración para las próximas dos décadas. Los extremos cálidos alteran la disponibilidad de agua dulce para los cultivos y ejercen una presión adicional sobre los recursos hídricos a través de usos industriales y domésticos (Basso *et al.*, 2021), las olas de calor aumentan la morbilidad y la mortalidad, reducen la eficiencia laboral y el rendimiento de los cultivos, e intensifican las sequías y los incendios forestales (Van der Wiel y Bintanja, 2021). Por lo tanto, existe un gran interés social y científico por cuantificar y comprender las tendencias futuras en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos de temperaturas. El objetivo de este trabajo es analizar la ocurrencia y tendencia de las temperaturas máximas diarias en 9 estaciones de la región del Noroeste Argentino en el periodo 1988-2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron registros diarios de temperatura máxima (Tmax) de la estación Augusto Romain de la Universidad Nacional de Jujuy en convenio con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de ocho estaciones pertenecientes a la misma institución, localizadas en las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán y Santiago del Estero. Se seleccionó el periodo 1988-2020 (32 años) para sistematizar todas las estaciones en un solo período y considerar el comportamiento en los últimos 32 años, siendo 1988 seleccionado como el año de inicio de la serie en estudio. Se determinó el valor máximo anual de la temperatura máxima diaria con su fecha de ocurrencia y los meses de mayor ocurrencia en los 32 años considerados. Se analizó las tendencias y significancia estadística, a un nivel de $\alpha=0,05$, de los valores máximos de temperatura máxima diaria anuales por medio del test de Mann-Kendall con la función Mann-Kendall de la librería Kendall del software R vers. 3.5.3 (R Core Team, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera década del siglo XXI, tres estaciones registraron los mayores valores de Tmax diaria y cuatro estaciones en la segunda década (Tabla 1), lo que sugiere que los últimos años analizados fueron los más cálidos en la región del Noroeste Argentino (NOAA, 2017). El mayor valor de temperatura máxima diaria se registró en Catamarca Aero con 47 °C (Tabla 1 y Figura 1.a) y, a excepción de La Quiaca Aero, (Figura 1.b) en todas las estaciones se registraron valores máximos de temperatura máxima diaria superiores a 39 °C. En los meses primaverales ocurrieron los mayores valores de Tmax diaria, observándose la mayor frecuencia en octubre (Tabla 1). Se presenta la marcha anual de valores máximos de Tmax diarias en dos estaciones en estudio (Figura 1). Las tendencias en aumento de los mayores valores de temperatura máxima diaria ocurridas en el mes de octubre, se pueden atribuir a la escasa precipitación y alta variabilidad en ese mes; ya que en los meses siguientes la nubosidad y las precipitaciones actúan como un factor que atenúa la temperatura (Hurtado *et al.*, 2014).

Tabla 1. Máximos valores diarios de Tmax con sus correspondientes fechas de ocurrencias, mes de mayor ocurrencia (en paréntesis se indica la cantidad) y tendencias de las estaciones en estudio.

Estaciones	Tmax	Fecha	Mes de mayor ocurrencia	Tendencia
Salta Aero	39,3	27/10/2019	oct (14)	+*
Santiago del Estero Aero	46,5	1/11/2009	dic (13)	+
La Quiaca Aero	28,8	4/2/1998	dic (13)	+*
Orán Aero	44,5	28/10/2019	nov (14)	+
Jujuy Aero	42,4	16/10/2014	dic (10)	+
Augusto Romáin	39,8	27/10/2019	oct (14)	+*
Catamarca Aero	47,0	30/10/2009	dic (14)	+
Tucumán Aero	45,0	31/10/2009	oct y dic (9)	+
Tartagal Aero	44,8	11/11/1988	oct (13)	+

+ : Tendencia en aumento no significativa; +* : Tendencia en aumento significativa

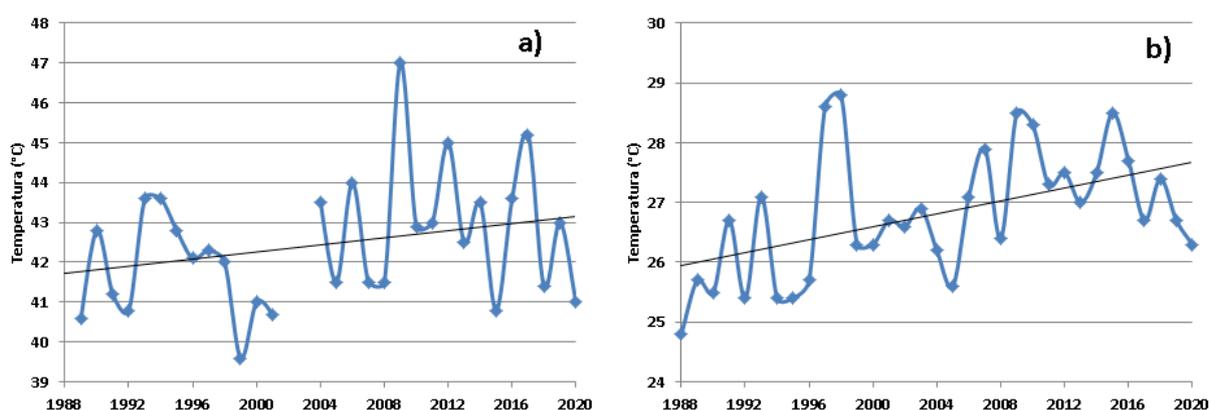


Figura 1. Marcha anual de valores máximos de temperaturas máximas diarias. a) Catamarca y b) La Quiaca.

CONCLUSIONES

La ocurrencia de valores extremos se ha incrementado en las últimas décadas. Existe una tendencia al aumento de los valores extremos de temperatura en todas las estaciones en estudio con diferentes incrementos en la pendiente. Estos aumentos de los eventos extremos de temperatura deben ser considerados por los tomadores de decisiones para cualquier tipo de planificación que implique el bienestar de las sociedades.

REFERENCIAS

- Basso, B.; Martínez-Feria, R.A.; Rill, L.; Ritchie, J.T. 2021. Contrasting long-term temperature trends reveal minor changes in projected potential evapotranspiration in the US Midwest. *Nat Commun* 12:1476.
- Deroubaix, A.; Labuhn, I.; Camredon, M.; Gaubert, B.; Monerie, P.A.; Pop, M.; Ramarohetra, J.; Ruprich-Robert, Y.; Silvers, L.G.; Siour, G. 2021. Large uncertainties in trends of energy demand for heating and cooling under climate change. *Nat Commun* 12:5197.
- Gao, X.; Zhu, Q.; Yang, Z. 2018. Temperature Dependence of Hourly, Daily, and Event-based Precipitation Extremes Over China. *Scientific Reports*. 8. pp –10.
- Hurtado, R.H.; Portal, M.R.; Valdiviezo Corte, M.; Riquelme Guzmán, A.; Moreno, C.A.; Alabar, F.; Mayo, H. 2014. Caracterización Agroclimática de los Valles Templados de Jujuy. Informe técnico. pp. 1–34.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2017. Global Climate report Annual 2017. <<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>>. Consultado 01/01/2022.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>
- Seneviratne, S.I.; Zhang, X.; Adnan, M.; Badi, W.; Dereczynski, C.; Di Luca, A.; Ghosh, S.; Iskandar, I.; Kossin, J.; Lewis, S.; Otto, F.; Pinto, I.; Satoh, M.; Vicente-Serrano, S.M.; Wehner, M.; Zhou, B. 2021. Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. En: Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A.; Connors, S.L.; Péan, C.; Berger, S.; Caud, N.; Chen, Y.; Goldfarb, L.; Gomis, M.I.; Huang, M.; Leitzell, K.; Lonnoy, E.; Matthews, J.B.R.; Maycock, T.K.; Waterfield, T.; Yelekçi, O.; Yu, R.; Zhou B (Eds.). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. pp. 1–366.
- van der Wiel, K.; Bintanja, R. 2021. Contribution of climatic changes in mean and variability to monthly temperature and precipitation extremes. *Communications Earth & Environment* 2(1):1–11.

RIESGO PASADO Y FUTURO DE OCURRENCIA DE OLAS DE CALOR DURANTE EL PERÍODO CRÍTICO DE MAÍZ EN ZAVALLA, SANTA FE

Anibalini*, V.A.¹; Yurun, V.¹; Dickie, M.J.²

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC14 2125, Argentina

²AER INTA Cañada de Gómez, Lavalle 1466, Cañada de Gómez, CP 2500, Argentina

*Contacto: veronica.anibalini@unr.edu.ar

Palabras clave: eventos extremos de temperatura; cambio climático; variabilidad climática

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es una de las principales fuentes de alimentación humana y animal a nivel mundial y constituye la materia prima de muchos procesos industriales. Estas características lo convierten en uno de los cereales más importantes a nivel global, donde Argentina se consolida entre los principales países exportadores de dicho grano y la región pampeana, la que mayores aportes realiza a los saldos exportables. Asimismo, al ser un cultivo estival su período de desarrollo determina que los rendimientos sean muy sensibles tanto a la falta de agua como a las altas temperaturas en la etapa de floración (Eyhéabide *et al.*, 2012). “En los sistemas agrarios, los riesgos asociados al clima definen la actividad productiva por estar directamente vinculada a los procesos naturales” (Riera y Pereira, 2013). En su Sexto Informe de Evaluación, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) indica que el impacto generado por el cambio climático será particularmente notable por eventos extremos. Las principales amenazas climáticas surgen de la ocurrencia de estreses térmicos (*e.g.*: olas de calor (OC), olas de frío) e hídricos (*e.g.*: sequías). En este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar la probabilidad de ocurrencia de riesgo de OC durante el período crítico de maíz de siembras tempranas y tardías o de segunda en una serie pasada (1973-2014) y una serie reciente y futura (2015-2039) para la localidad de Zavalla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zavalla (33° 01' S y 60° 53' O; Departamento Rosario, Provincia de Santa Fe) está, ubicada en el centro de la región maicera núcleo de Argentina. Los períodos críticos de maíz (PC) considerados para siembras tempranas fueron los definidos por Dickie y Coronel (2018), quienes definieron dos PC, PC1 y PC2. El PC1, 2° década de noviembre (2° nov), en este período ocurre la emergencia y el cambio de estado del meristema apical, y el PC2, 2° década de diciembre (2° dic) y 1° década de enero (1° ene), cuando se encuentra en floración, R1 (estado reproductivo) e inicio de llenado de granos. El PC de los maíces tardíos y de segunda (primera década de enero hasta tercera década de marzo (3° mar) se determinaron según lo enunciado por Ferragutti (2014). También se decidió incluir la tercera década de diciembre (3° dic) a fin de considerar la variabilidad de las fechas de siembra para maíces tempranos en la zona de estudio (Ferragutti, 2014). Para el análisis de las OC se utilizaron dos series de tiempo: la serie “pasada” que abarcó desde el 1 de enero de 1973 al 31 de diciembre del 2014 y la serie “reciente y futura” que comprendió desde el 1 de enero de 2015 hasta el 31 de diciembre de 2039. La determinación de las OC en la serie pasada se realizó utilizando los datos diarios de temperatura máxima de la estación agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR ubicada en la localidad en estudio.

El estudio de las OC en escenarios futuros se realizó utilizando la base de datos Climáticos de la Tercera Comunicación Nacional (3CN, CIMA/CONICET-UBA, 2015) y el escenario fue el derivado de las simulaciones climáticas globales del CMIP5 modelo CCSM4_RCP4.5 para un escenario moderado de calentamiento y para el punto de grilla 32,75° latitud S y 60,75° longitud O. Se definió como OC cuando las temperaturas máximas superaron o igualaron, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, al percentil 90 (33,1°C) del semestre cálido (octubre-marzo). Con el fin de garantizar OC independientes, dado que una misma masa de aire puede persistir por varios días, se estableció que entre dos períodos consecutivos los mismos estuvieran separados al menos por tres días entre sí (Coronel y Sacchi, 2006). Los meses en los que se determinaron las OC para este estudio fueron noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo en ambas series. Cada mes fue dividido en tres períodos decádicos y se determinó la ocurrencia de OC en los decádicos coincidentes con cada PC definido anteriormente. Posteriormente se determinó la frecuencia de OC en los PC considerados en la serie pasada y futura. Con estos datos se construyó la probabilidad de ocurrencia (Prob) de OC en los PC definidos para maíz en las dos series. También se determinó la duración media (Dm) de la OC por decádico y se relacionó el número de eventos (Nro.Ev) con la duración (D) para cada decádico. Se realizó una prueba T apareada (5%) a fin de determinar diferencias significativas entre la Dm y el Nro.Ev (considerando la longitud de ambas series).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó, para todos los decádicos analizados (Figura 1), un aumento de la Prob de ocurrencia de OC, respecto a la serie pasada. También se determinó un aumento de la Dm (Figura 2), excepto en la 2° nov, dic y mar, en la serie

reciente y futura. Como resultado de la prueba T se encontraron diferencias significativas ($p=0,04$) de la Dm, mostrando un aumento a futuro. Estos resultados acuerdan con Tebaldi *et al.* (2006) quien manifestó que, según las tendencias observadas, se prevén incrementos en la frecuencia de temperaturas extremas y OC que aumentarán la ocurrencia de episodios de estrés térmico por golpe de calor. Los aumentos más significativos de Prob se dieron en el PC 1 (2° nov) donde se pasó de una Prob de 0,02 a una de 0,12, PC 2 (2° dic, 1° ene) pasando de 0,17 a 0,24 y de 0,36 a 0,56 de Prob de OC, respectivamente y en la 3° feb. En este último decádico, la serie pasada no presentó ocurrencia de OC en tanto, a futuro se observó una Prob de 0,12. Se destaca el cambio de comportamiento de la Prob de OC en los decádicos de

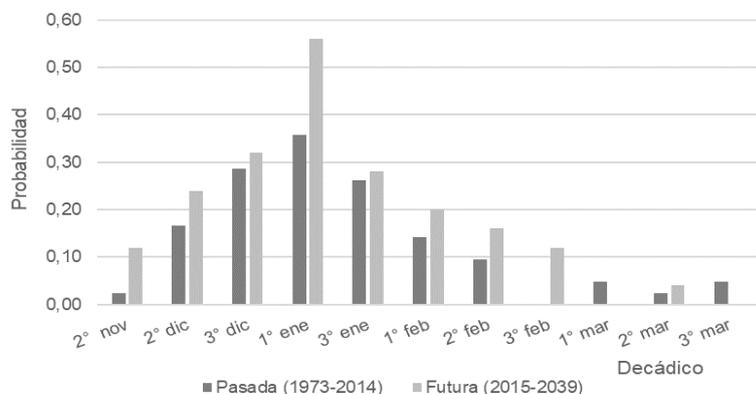


Figura 1. Probabilidad de ocurrencia de olas de calor por decádicos para Zavalla (Santa Fe).

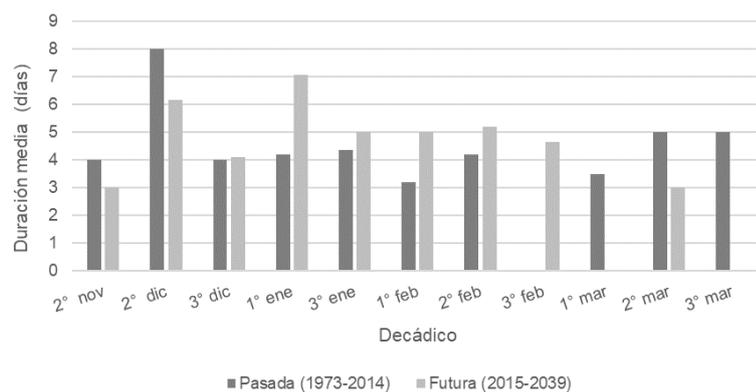


Figura 2. Duración media de las olas de calor por decádicos para Zavalla (Santa Fe).

CONCLUSIONES

Concluimos que a futuro los PC de las siembras de primera de maíz para la zona de influencia de Zavalla estarán expuestas a una mayor probabilidad de ocurrencia de estrés térmico, lo que podría ocasionar menores rendimientos. En tanto, en los PC de las siembras tardías o de segunda, a pesar de un leve incremento de las probabilidades de ocurrencia de OC, seguirán siendo una alternativa que proporcione rendimientos tal vez menores, pero más estables.

REFERENCIAS

- Al-Khatib, K.; Paulsen, G.M. 1999. High-temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals. *Crop Sci.* 39:119–125.
- Coronel, A.; Sacchi O. 2006. Climatología de eventos secos y húmedos en el sur santafesino. *Rev. De Inv. De la Fac. De Cs. Agrarias (UNR)* 9:15–24.
- Dickie, M.J.; Coronel, A. 2018. Relación estadística entre los rendimientos de maíz y la ocurrencia de deficiencias hídricas en el Depto. Rosario. *Ciencias Agronómicas - Revista XXXI* 18:017–024.
- Eyhéabide, G.H. (Compilador). 2012. Bases para el manejo del cultivo del maíz. INTA. Argentina. 297 p.
- Ferragutti, F. 2014. Maíz en fechas tardías: una alternativa que llegó para quedarse. Informe técnico. EEA Oliveros INTA. 5 p.
- Riera, C.; Pereira, S.G. 2013. Entre el riesgo climático y las transformaciones productivas: la agricultura bajo riego como forma de adaptación en Río Segundo, Córdoba, Argentina. *Inv. Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 82:52–65.
- Sexto Informe de Evaluación del IPCC. <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>>, Consultada 15/08/2022.
- Tebaldi, C.; Hayhoe, K.; Arblaster, J.; Meehl, G. 2006. Going to the extremes: An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Clim. Change* 79:185–211.

EVOLUCIÓN Y TENDENCIA DE LAS TIERRAS SECAS EN ARGENTINA DURANTE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS (1961-2018)

Blanco*, P.S.; Doyle, M.E.

Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/UBA-CONICET), Intendente Güiraldes 2160, CABA, C1428GA, Argentina

*Contacto: pedro.blanco@cima.fcen.uba.ar

Palabras clave: índice de aridez; semiárido; superficie

INTRODUCCIÓN

Las tierras secas son aquellas áreas ocupadas por climas áridos, semiáridos y subhúmedos secos, exceptuando las regiones hiperáridas, subpolares y polares (Cherlet *et al.*, 2018), donde la pérdida potencial de agua por evapotranspiración iguala o supera a la precipitación (Nicholson, 2011). Tal condición climática influye en las actividades agropecuarias, ya que éstas deben adaptarse al déficit hídrico en cierta estación o a lo largo del año (Park *et al.*, 2018), constituyéndose entonces la falta de agua como una amenaza para las tierras secas. En Argentina, las tierras secas se extienden en más de la mitad del territorio y alrededor del 22% de la población habita en ellas (Abraham *et al.*, 2014; Zaninelli *et al.*, 2019), por lo que el objetivo del presente trabajo es analizar la evolución temporal de las tierras secas durante las últimas décadas (1961-2018), identificando las tendencias de las mismas a nivel nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una de las formas más utilizadas para definir las tierras secas es a través del índice de aridez propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés), donde se relaciona a la precipitación y la demanda evaporativa de la atmósfera según la Ecuación 1:

$$IA = \frac{P}{ETP} \quad (1)$$

donde IA es el índice de aridez de la UNEP (adimensional), P es la precipitación anual (mm) y ETP es la evapotranspiración potencial anual (mm). De acuerdo con los valores del IA, la UNEP (1997) clasifica a los climas en hiperárido (< 0,05), árido (0,05 – 0,2), semiárido (0,2 - 0,5), subhúmedo seco (0,5 – 0,65), subhúmedo húmedo (0,65 - 1) y húmedo (> 1). Asimismo, según la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD, por sus siglas en inglés), las tierras secas están comprendidas por lo árido, semiárido y subhúmedo seco (Cherlet *et al.*, 2018). En la presente investigación se calculó el IA con datos anuales de temperatura y precipitación del período 1961-2018 para la República Argentina, los cuales se extrajeron de la base CRU TS v.4.03 en un grilla de alta resolución (0,16° x 0,16°). La temperatura se utilizó como variable para cuantificar la ETP a través de métodos indirectos propuestos por distintos autores (Thornthwaite, 1948; Holdridge, 1959; Hargreaves y Samani, 1985), de allí que se obtuvieron diferentes resultados del índice en función de la ETP estimada con los procedimientos de Thornthwaite (IA_{Thor}), Holdridge (IA_{Hold}) y Hargreaves-Samani (IA_{Harg}). Tales índices se computaron para todos los años del período de estudio y, luego, se identificaron las áreas por categoría del IA según la UNEP. Posteriormente, se elaboraron series temporales con la superficie del país ocupada por los climas árido, semiárido y subhúmedo seco, así como también para la suma de todas ellas – extensión de tierras secas –, y se detectó la tendencia lineal de las series con la regresión lineal simple, cuya significancia se evaluó mediante el test no paramétrico de Mann-Kendall al 5%.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra la superficie de Argentina que abarcan los climas árido, semiárido y subhúmedo seco y de las tierras secas, la cual se define como la suma de las áreas de las tres categorías mencionadas, para cada uno de los índices empleados. En general, las tierras secas del país se extienden en un mayor territorio para IA_{Harg} con 65-95% (Figura 1c) que para los IA_{Thor} e IA_{Hold} con 45-80% (Figura 1a y 1b). A simple vista, el IA_{Harg} presenta una variabilidad interanual más marcada que los IA_{Thor} e IA_{Hold} para todas las categorías. Los tres índices exhiben que el clima semiárido oscila alrededor de 30-50% y el subhúmedo seco entre 10-20% de país. Sin embargo, en el clima árido se indica un espacio más amplio en el IA_{Harg} (10-40%) respecto a los IA_{Thor} e IA_{Hold} (0-10%). En este sentido, si bien las tierras secas se caracterizan por ser predominantemente semiáridas para los tres índices, la segunda categoría que más contribuye a las tierras secas es la árida en el IA_{Harg} y la subhúmeda seca en los IA_{Thor} e IA_{Hold}.

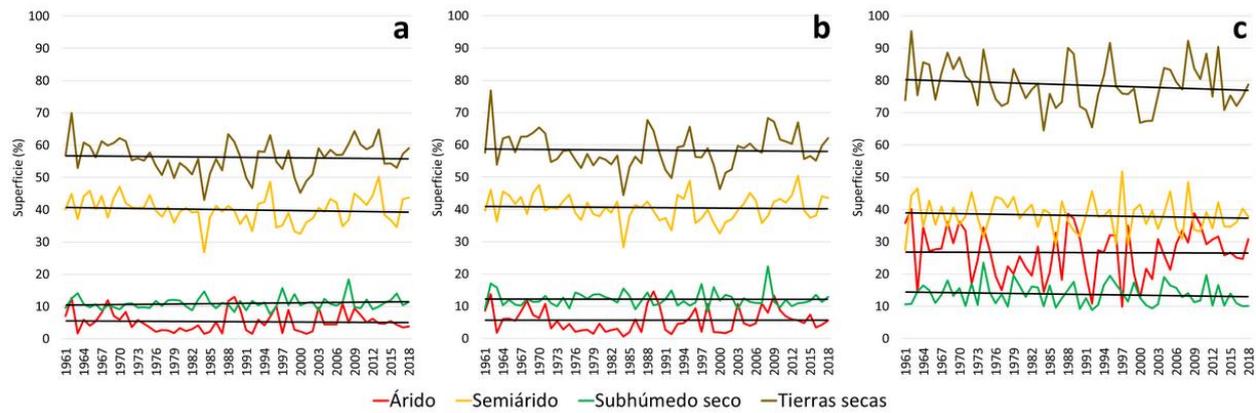


Figura 1. Evolución de la superficie árida, semiárida, subhúmeda seca y de tierras secas en Argentina durante el período 1961-2018, distinguidas para los (a) IA_{Thor}, (b) IA_{Hold} y (c) IA_{Harg}. Los valores están expresados en porcentaje respecto al área total del país (2766253 km²) y se muestra la tendencia lineal de las series (línea negra).

Según la Tabla 1, las tierras secas en Argentina tuvieron una disminución no significativa por década y con distintas magnitudes según el índice (0,13% en IA_{Hold}, 0,16% para IA_{Thor} y 0,59% para IA_{Harg}). La superficie semiárida se redujo en los tres casos (0,13-0,29% por década), las áreas áridas aumentaron para el IA_{Hold} y disminuyeron para los IA_{Thor} e IA_{Harg}, y la superficie subhúmeda seca se incrementó en el IA_{Thor} y decreció en los IA_{Hold} e IA_{Harg}. Al comparar entre categorías (árido, semiárido y subhúmedo seco), se advierte que la mayor disminución (no significativa) ocurrió en los climas semiáridas para los tres índices.

Tabla 1. Tendencias de la superficie árida, semiárida, subhúmeda seca y de tierras secas de Argentina, distinguidas por IA. Los valores están expresados en porcentaje de área del país por década (% por década), se indica entre paréntesis la significancia al 5%.

Categoría	IA _{Thor}	IA _{Hold}	IA _{Harg}
Árido	-0,09 (no significativo)	0,01 (no significativo)	-0,05 (no significativo)
Semiárido	-0,24 (no significativo)	-0,13 (no significativo)	-0,29 (no significativo)
Subhúmedo seco	0,17 (no significativo)	-0,01 (no significativo)	-0,24 (no significativo)
Tierras secas	-0,16 (no significativo)	-0,13 (no significativo)	-0,59 (no significativo)

CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó la tendencia y variabilidad temporal de las superficies del país ocupadas por los climas árido, semiárido y subhúmedo seco, así como de las tierras secas definidas como las áreas donde pérdida potencial de agua por evapotranspiración iguala o supera a la precipitación. En general, las tierras secas del país experimentaron una disminución no significativa. Asimismo, los IA_{Thor} e IA_{Hold} exhiben una similar evolución y variabilidad interanual de la superficie de tierras secas (y de los distintos climas que éstas integran), mientras que el IA_{Harg} estima una mayor variabilidad respecto a los otros índices, al igual que expone valores más altos para el clima árido, incrementando la extensión de tierras secas en el país.

REFERENCIAS

- Abraham, E.; Rubio, C.; Salomón, M.; Soria, D. 2014. Desertificación: problema ambiental complejo de las tierras secas. En: Torres L.M.; E. Abraham; G. Pastor (Ed.). Ventanas sobre el territorio: Herramientas teóricas para comprender las tierras secas. EDIUNC. Mendoza, Argentina. 271 pp.
- Cherlet, M.; Hutchinson, C.; Reynolds, J.; Hill, J.; Sommer, S.; Von Maltitz, G. 2018. World Atlas of Desertification. Publication Office of the European Union. Luxemburgo, Luxemburgo. 180 pp.
- Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture 2:96-99.
- Holdridge, L.R. 1959. Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. Science 3375:572-572.
- Nicholson, S.E. 2011. Drylands climatology. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 528 pp.
- Park, C.E.; Jeong, S.J.; Joshi, M.; Osborn, T.J.; Ho, C.H.; Piao, S.; Feng, S. 2018. Keeping global warming within 1.5° C constrains emergence of aridification. Nature Climate Change 8:70-74.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 1:55-94.
- United Nations Environment Programme (UNEP); Middleton, N.; Thomas, D. 1997. World Atlas of Desertification: Second Edition. UNEP. Londres, Reino Unido. 182 pp.
- Zaninelli, P.G.; Menéndez, C.G.; Falco, M.; López-Franca, N.; Carril, A.F. 2019. Future hydroclimatological changes in South America based on an ensemble of regional climate models. Climate Dynamics 52:819-830.

LOS AGROSISTEMAS PATAGÓNICOS ANTE ESCENARIOS FUTUROS DE CRECIENTE ESCASEZ HÍDRICA

Brendel, A.S.^{1,2}; del Barrio, R. A.^{1,3}; Campoy, J.A.^{4,5}

¹Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca 8000, Argentina

² Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-UNS-CONICET), Bahía Blanca 8000, Argentina

³ Sede Atlántica, Universidad Nacional de Río Negro, Viedma 8500, Argentina

⁴ Climate Resilience Center (CRC), 43870 Amposta, Spain

⁵Eurecat, Centre Tecnològic de Catalunya, Climate Change Research Department, 43870 Amposta, Spain

*Contacto: asbrendel@iado-conicet.gob.ar

Palabras clave: cambio climático; modelos de simulación; evapotranspiración; precipitación

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el problema de naturaleza global más importante al que se enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Este fenómeno impacta directamente sobre la disponibilidad de agua de una región, alterando los regímenes de precipitación y el proceso de evapotranspiración (De La Casa y Nasello, 2015). En las últimas décadas, la mayoría de las regiones del mundo han experimentado cambios en la temperatura y la precipitación a diferentes escalas temporales y espaciales. Como consecuencia, se han registrado significativos impactos sobre los ecosistemas y agroecosistemas, como así también sobre las sociedades en su conjunto (IPCC, 2021).

Al igual que en lo ocurrido a escala mundial, la Región Patagónica Argentina (39 a 55° LS) también registró cambios en las principales variables meteorológicas durante los últimos 50 años. En este sentido, la temperatura media anual aumentó 1 °C durante el período 1960-2016, mientras que la precipitación mostró tendencia negativa en la mayor parte de la región, con modificaciones más importantes en la zona andina (-147 mm/50 años) (Brendel *et al.*, 2020). La Región Patagónica está conformada por cinco provincias (Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz, Tierra del Fuego) y el sur de la provincia de Buenos Aires (partido de Carmen de Patagones). El clima varía de templado a templado frío, con veranos fríos en el oeste y árido frío en la estepa central (Kottek *et al.*, 2006). Esta extensa región incluye condiciones fitogeográficas diversas, integrando eco-regiones de meseta, estepa, monte y bosques patagónicos. La principal actividad agropecuaria de secano es la ganadería extensiva, con el pastizal natural como fuente forrajera (Oñatibia y Aguiar, 2016). En el norte, se realiza agricultura intensiva sobre valles irrigados, concentrando el 85 % y 75 % de la producción nacional de manzana y pera, respectivamente. Por lo tanto, el conocimiento de las condiciones agroclimáticas futuras en la Patagonia Argentina es fundamental para el desarrollo económico de la región. El objetivo de este trabajo es evaluar las variaciones espaciales y temporales de los principales componentes del balance hidrológico: precipitación y evapotranspiración, durante el pasado y el futuro (2040-2079/2060-2099), bajo dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero (RCP 4.5 y 8.5) en la Región Patagónica Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos medios anuales de precipitación (mm) y evapotranspiración potencial (mm) mediante el método de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) obtenidos del conjunto de datos globales del Centro Euro-Mediterráneo sobre el Cambio Climático (CMCC-BioClimInd) (Noce *et al.*, 2020). Esta base de datos está compuesta por un conjunto de 11 simulaciones climáticas de la CMIP5 (World Climate Research Programme's Coupled Model Intercomparison Project phase 5, *por sus siglas en inglés*). La información fue analizada para un período denominado histórico (1960-1999) y dos períodos futuros: futuro cercano (2040-2079) y futuro lejano (2060-2099) con una resolución espacial de 0,5°. Además, las series de tiempo fueron adquiridas para dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Representative Concentration Pathways, *por sus siglas en inglés*, RCP 4.5 y 8.5). Por un lado, el RCP 4.5 corresponde a un escenario de mitigación que estabiliza el forzamiento radiativo en 4.5 W/m² hacia finales del siglo XXI, mientras que el RCP 8.5 indica un escenario con emisiones de efecto invernadero muy elevadas con un forzamiento radiativo de 8.5 W/m² para el mismo período. La información fue analizada espacialmente a partir de su representación en un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación y evapotranspiración potencial media anual para el período histórico (1960-1999), futuro cercano (2040-2079) y futuro lejano (2060-2099), bajo los dos escenarios RCP se presentan en la Figura 1. La precipitación anual mostró una marcada heterogeneidad espacial, con modificaciones más importantes en la zona andina central (Bariloche, el Bolsón y Esquel). Hacia el futuro, esta región presentó tendencia negativa de la precipitación en todos los períodos y escenarios considerados. En el futuro cercano RCP 4.5 la disminución regional fue 6,3 %, mientras que el futuro lejano bajo el mismo escenario fue 7,3 %. La reducción de las precipitaciones se incrementó al analizar el escenario de mayor concentración de gases de efecto invernadero (GEI). En ese sentido, la precipitación media anual

se redujo un 13,4 % durante el período 2040-2079 RCP 8.5 y, aún más extremo, bajo el mismo RCP, pero en el horizonte temporal 2060-2099, alcanzando una disminución regional del 18,5 % (Figura 1). Por otro lado, la evapotranspiración media anual de toda la Región Patagónica se incrementó hacia el futuro y, al igual que lo registrado para la precipitación, el escenario RCP 8.5 presentó los aumentos de mayor magnitud, siendo más extremo en el futuro lejano (Figura 1). En este último período, la zona andina central registró un incremento regional de la ETP del 17 %, mientras que el centro y norte del área de estudio alcanzó +23 y 20 %, respectivamente. Hacia el sur, la tasa de aumento fue menor (2 al 7 %) (Figura 1). Por lo tanto, la creciente escasez hídrica hacia el futuro en la zona andina central podría generar impactos severos sobre el caudal de los ríos Colorado, Negro y Chubut, así como agravar aún más los procesos de erosión y desertificación, particularmente en el centro y norte de la Patagonia. Además, se podrían generar pérdidas de diferentes coberturas del suelo, como por ejemplo el pastizal natural, fuente de recursos de la ganadería ovina y caprina.

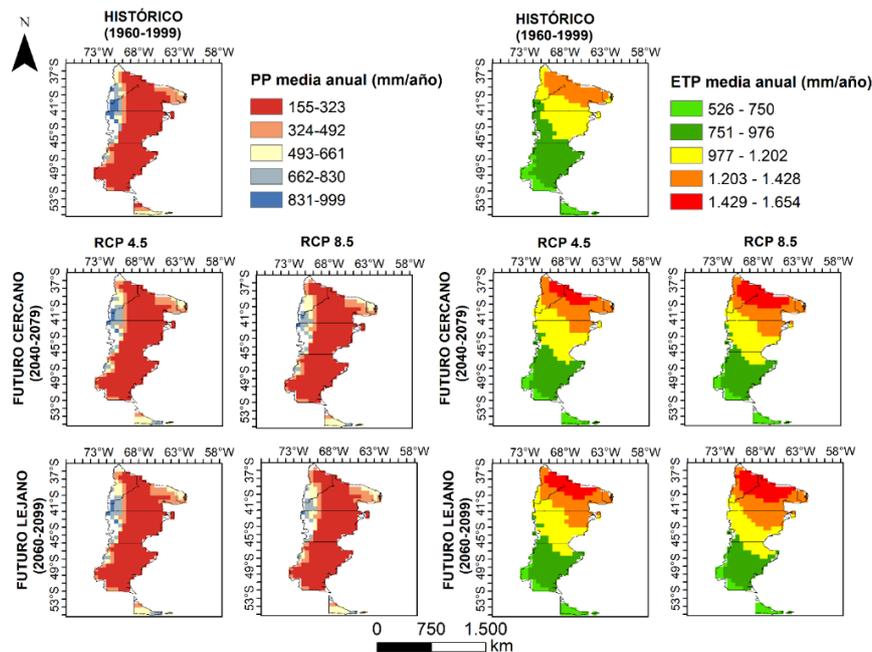


Figura 1. Precipitación y evapotranspiración media anual durante el período histórico y futuro cercano y lejano bajo dos escenarios RCP en la Región Patagónica Argentina.

CONCLUSIONES

El análisis espacial y temporal de los parámetros determinantes del balance de agua del suelo, como son la precipitación y la evapotranspiración permitió conocer los escenarios climáticos futuros a los que estará expuesta la Región Patagónica Argentina. La misma presenta una situación de escasez hídrica creciente que será de mayor magnitud en el futuro lejano bajo el RCP 8.5. Esta situación podría generar impactos negativos sobre los ecosistemas y agroecosistemas regionales. Por lo tanto, los resultados constituyen una base de datos esencial para garantizar la permanencia de las actividades agropecuarias y el manejo sostenible de los recursos naturales del área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Universidad Nacional del Sur y la Universidad Nacional de Río Negro por la financiación del estudio.

REFERENCIAS

- Brendel, A.S.; del Barrio, R.A.; Mora, F.; León, E.A.O.; Flores, J.R.; Campoy, J.A. 2020. Current agro-climatic potential of Patagonia shaped by thermal and hydric patterns. *Theoretical and Applied Climatology* 142(3):855–868.
- de La Casa, A.C.; Nasello, O.B. 2015. Análisis periódico de las condiciones hidrológicas en la Provincia de Córdoba, Argentina. *Asociación Física Argentina* 24(4):170–176.
- Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A. 1982. Estimating potential evapotranspiration. *J. of the Irrigation and Drain. Div.* 108(3):225–230.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. En prensa.
- Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15(3):259–263.
- Noce, S.; Caporaso, L.; Santini, M. 2020. A new global dataset of bioclimatic indicators. *Scientific Data* 7(1):1–12.
- Oñatibia, G.R.; Aguiar, M.R. 2016. Continuous moderate grazing management promotes biomass production in Patagonian arid rangelands. *Journal of Arid Environments* 125:73–79.

TENDENCIA DE LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS EN CÓRDOBA ENTRE 1970 Y 2020: ANÁLISIS PRELIMINAR CON DATOS DE PILAR, RÍO SEGUNDO

de la Casa*, A.¹; Ovando, G.¹; Díaz, G.¹; Díaz, P.¹; Clemente, J.¹; Soler, F.²

¹Agrometeorología y ²Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina

*Contacto: delacasa@agro.unc.edu.ar

Palabras clave: balance de agua; deficiencia; exceso

INTRODUCCIÓN

Las condiciones pluviométricas en la región central de la Argentina presentaron una fluctuación notable en el transcurso del siglo XX, con anomalías de lluvia negativas hasta la década de 1960 y positivas a partir de entonces. La evaluación integral de la condición hidrológica de un territorio impone utilizar herramientas como el balance de agua, que es pertinente en particular para analizar la dinámica temporal y espacial de la vegetación (Rodríguez-Iturbe, 2000). Las técnicas de balance de agua se han desarrollado con el propósito de cuantificar los distintos componentes del ciclo hidrológico en un territorio (McCabe y Markstrom, 2007), integrando los flujos de entrada y salida de agua a un reservorio de capacidad limitada que, además del valor de consumo efectivo (ETR), permite computar condiciones hídricas tanto de deficiencia, cuando ETR es inferior a la tasa potencial (ETP), como de exceso, cuando el ingreso de agua supera la capacidad máxima de retención del suelo. A partir de esta metodología, de la Casa y Nasello (2015) analizan la fluctuación periódica de la deficiencia de agua en la provincia de Córdoba asociada al Índice de Oscilación del Pacífico, en tanto Cogliati *et al.* (2018) la emplean para caracterizar la dinámica hidrológica de Neuquén. El análisis de la tendencia de series de tiempo de precipitación, ETP y de otros componentes del ciclo hidrológico se ha incrementado notablemente en los últimos años vinculado a la preocupación general sobre el cambio y la variabilidad climáticos (Benestad *et al.*, 2022). Viglizzo *et al.* (2003) no encuentran una respuesta concluyente sobre la condición de sustentabilidad de los sistemas agrícolas en la región Pampeana y proponen desarrollar un sistema de monitoreo del ambiente rural basado en indicadores para orientar las políticas medioambientales. El objetivo de este trabajo fue analizar la dinámica de largo y mediano plazo que experimentaron distintos indicadores del régimen hídrico en la región de secano de la provincia de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El comportamiento hidrológico de la región central de Argentina se evaluó en esta instancia exploratoria a partir de la información meteorológica de la estación Pilar Observatorio (31°40' S, 63°53' W, 338 m s.n.m), localizada en el departamento Río Segundo, Córdoba. Los datos utilizados fueron registros diarios de precipitación y temperatura máxima y mínima, a partir de los cuales se obtuvieron los correspondientes valores mensuales. La evapotranspiración potencial (ETP) se estimó de acuerdo al método de Hamon (Hamon, 1961). Los indicadores hidrológicos se calcularon a partir del Balance Hídrico Mensual (BHM) de Thornthwaite, con el programa desarrollado por McCabe y Markstrom (2007). El BHM permite obtener de manera secuencial la información a escala mensual del consumo de agua (ETR) de acuerdo a las condiciones de Evapotranspiración Potencial (ETP), el total de precipitación (PP) y el aporte de agua en forma de nieve (Pn). En este caso se consideró la lluvia (P) igual a PP ya que las nevadas son poco frecuentes y de escasa magnitud en la región. Teniendo en cuenta el agua del suelo almacenada en el periodo anterior (ST_{i-1}), el modelo calcula el contenido de agua actual (ST_i) asumiendo una función lineal de extracción de agua que depende del valor de Deficiencia potencial (P-ETP) y de la fracción de agua disponible establecida de la relación entre ST_{i-1} y la capacidad de retención máxima de agua por el suelo (STC), que depende de la profundidad y condición textural del suelo. De acuerdo a los suelos modales de la región, con perfiles de textura franco-limosa, el valor de STC se estableció en 250 mm, en tanto el valor inicial de humedad de suelo se estableció en 50% de STC y se descartó por completo el primer año del análisis. Para los meses (i) $P_i - ETP_i$ negativos, el modelo del BHC determina la Deficiencia (Def_i) haciendo $ETP_i - ETR_i$, en tanto que para los meses positivos calcula el aumento de ST o establece la ocurrencia del Exceso de agua (Exc_i) cuando $ST_i > STC$. El análisis de tendencias que se aplicó corresponde a una regresión lineal ordinaria entre los valores agregados anuales y el año (τ), según la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = (y_0 \pm \delta y) + (\beta \pm \delta \beta)\tau + \varepsilon \quad (1)$$

donde \hat{y} corresponde al mejor ajuste de estimación de la tendencia lineal. Se definieron tendencias estadísticamente significativas aquellas en que la estimación de β fue diferente de cero con una significación al nivel de 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 presenta las series de tiempo de las variables analizadas entre 1971 y 2020, con la función de ajuste lineal para representar la tendencia, en tanto la Tabla 1 muestra la tasa de cambio de cada variable, su valor de t y

probabilidad asociada para evaluar su significación estadística. En este caso, además de la serie completa, se incluye la información de una serie más reciente entre 2000 y 2020. Mientras la temperatura muestra un incremento sostenido compatible con el fenómeno de calentamiento global, la lluvia presenta la tendencia a disminuir en este periodo de 50 años, que resulta opuesto a su comportamiento hasta fines del siglo pasado. El aumento de ETP acompaña al incremento térmico, en particular porque su cálculo utiliza exclusivamente información asociada con la temperatura. Por su parte, el consumo de agua acusa la tendencia a disminuir acompañando a la reducción de la lluvia. Con el aumento de ETP y la disminución de ETR, la deficiencia de agua presenta una tendencia positiva, contraria a la que había manifestado entre 1940 y 2010 (de la Casa *et al.*, 2014), mientras que los excesos hídricos son más reducidos y menos frecuentes. La Tabla 1 expone que, excepto por el valor de ETR cuya tendencia durante 1970-2020 tiene un nivel de p ligeramente por encima del establecido ($p < 0,05$), la pendiente para el resto de las variables es estadísticamente aceptable. Asimismo, resulta destacable que este cambio se presenta en general más acentuado en los últimos años, de modo que mientras la pendiente de ETR ha disminuido con un factor de 6, la deficiencia se ha incrementado con un factor de 4.

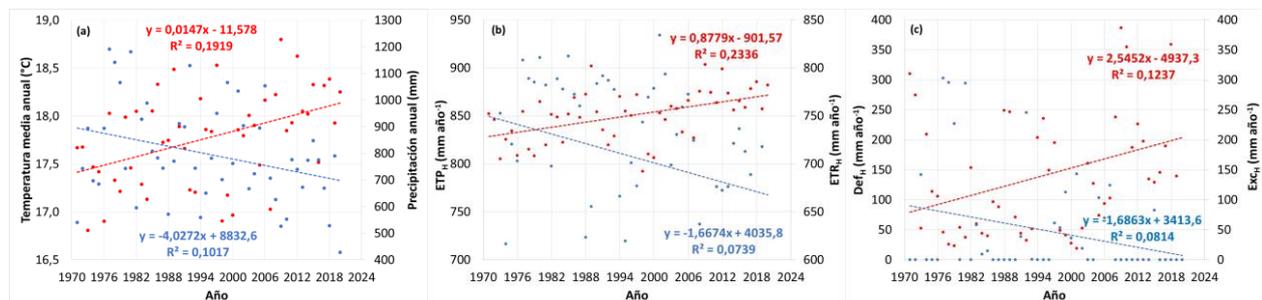


Figura 1. Series de tiempo anuales y tendencia de las variables meteorológicas ((a) temperatura y precipitación) y los indicadores hidrológicos ((b) Evapotranspiración Potencial (ETP_H) y Real (ETR_H), (c) Deficiencia (Def_H) y Exceso de agua (Exc_H)) calculados a partir del BHM en Pilar Observatorio, Córdoba.

Tabla 1. Coeficientes de regresión (a: ordenada y b: pendiente), valor de t y probabilidad (p) para evaluar la tendencia de las variables meteorológicas e indicadores hídricos en Pilar, Córdoba.

	T	PP	ETP	ETR	Def	Exc
1971-2020 (n=50)						
a (°C o mm)	-11,578	8832,562	-901,572	4035,750	-4937,322	3413,627
b (°C o mm año ⁻¹)	0,015	-4,027	0,878	-1,667	2,545	-1,686
t	3,376	-2,331	3,825	-1,957	2,603	-2,062
p	0,001	0,024	0,000	0,056	0,012	0,045
2000-2020 (n=21)						
a (°C o mm)	-46,530	24702,998	-3093,566	18651,603	-21745,169	6695,012
b (°C o mm año ⁻¹)	0,032	-11,924	1,968	-8,940	10,908	-3,317
t	2,125	-2,293	2,774	-2,859	3,074	-2,126
p	0,047	0,033	0,012	0,010	0,006	0,047

CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas e hidrológicas en Pilar, Córdoba, presentan cambios significativos de largo y mediano plazo que exponen condiciones de aridez creciente en la actualidad. Este cambio es preocupante en la medida que la mayor limitación del recurso hídrico tiene un impacto tanto sobre la condición de aptitud y productividad agrícola como en la sustentabilidad del territorio. El análisis de tales contingencias de riesgo demanda la ampliación del estudio.

REFERENCIAS

- Benestad, R.E.; Lussana, C.; Lutz, J.; Dobler, A.; Landgren, O.; Haugen, J.E.; et al. 2022. Global hydro-climatological indicators and changes in the global hydrological cycle and rainfall patterns. *PLOS Clim* 1(5): e0000029.
- Cogliati, M.G.; Ostertag, G.; Caso, M.; Finessi, F.G.; Groch, D. 2018. Análisis del balance hídrico medio mensual en la provincia del Neuquén (Argentina). *Boletín Geográfico* 40(2):26–44.
- de la Casa, A.C.; Ovando, G.G. 2014. Climate change and its impact on agricultural potential in the central region of Argentina between 1941 and 2010. *Agric. For. Meteorol.* 195–196:1–11.
- de la Casa, A.; Nasello, O. 2015. Análisis periódico de las condiciones hidrológicas en la provincia de Córdoba, Argentina. *Anales AFA*, 26(4):170–176.
- Hamon, W.R. 1961. Estimating potential evapotranspiration. *Journal of the Hydraulics Division. Proc. of ASCE* 87:107–120.
- McCabe, G.J.; Markstrom, S.L. 2007. A monthly water-balance model driven by a graphical user interface: U.S. Geological Survey Open-File report 2007-1088, 6 p.
- Rodríguez-Iturbe, I. 2000. Ecohydrology: A hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics. *Water Resources Res.* 36(1):3–9.
- Viglizzo, E.F.; Pordomingo, Z.E.; Castro, M.G.; Lértora, F.A. 2003. Environmental assessment of agriculture at a regional scale in the Pampas of Argentina. *Environ. Monit. Assess.* 87:169–175.

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LAS PRECIPITACIONES EN CINCO LOCALIDADES DEL SUR DE SANTA FE (ARGENTINA)

Dickie*, M.J.^{1,2}; Barbero, S.²; Anibalini, V.²; Jozami, E.²; Coronel, A.²

¹ AER INTA Cañada de Gómez, Lavalle 1466, Cañada de Gómez, CP 2500, Argentina

² Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC14 2125, Argentina

***Contacto:** dickie.maria@inta.gob.ar

Palabras clave: escalas anual, mensual y diaria; región pampeana; variabilidad climática

INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática depende de numerosos factores, dado que es producto de eventos meteorológicos que acontecen a diferentes escalas espaciales y temporales (décadas, años, estaciones). Los períodos secos y húmedos son un aspecto de la variabilidad climática y constituyen uno de los fenómenos climáticos de mayor impacto en la hidrología y en la actividad agrícola de la región pampeana argentina (Bohn *et al.*, 2011). La baja densidad de estaciones meteorológicas oficiales y la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones, obliga a buscar fuentes alternativas de información meteorológica. Distintas instituciones agropecuarias de la región registran información, principalmente pluviométrica, que es consultada por los distintos actores de la sociedad (productores, constructores, gestión pública, etc.). El objetivo de este trabajo es caracterizar las precipitaciones (P) anuales, mensuales y diarias, en particular las asociadas a riesgo erosivo, en 5 localidades del área de influencia de la AER INTA Cañada de Gómez, Santa Fe, tomando como estación de referencia la de INTA Cañada de Gómez, a fin de determinar el grado de confianza de los datos de las estaciones no oficiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron para el periodo 1988-2021 las P anuales y mensuales de 5 localidades del sur de la provincia de Santa Fe: Villa Eloísa (VE; 32°57'S, 61°32'O), Armstrong (Arm; 32°46'S, 61°36'O), Cañada de Gómez (CdG; 32°49'S, 61°24'O), Bustinza (Bus; 32°43'S, 61°17'O) y Correa (Cor; 32°51'S, 61°15'O) (Figura 1). Los datos de P fueron brindados por Agricultores Federados Argentinos de VE, Cooperativa Agropecuaria de Arm y Cor, Establecimiento Feccia de Bus y para CdG la agencia de INTA local. CDG, si bien no es una estación oficial es la serie más estudiada por su longitud y por estar próxima a estaciones oficiales (Dickie *et al.*, 2020; Dickie y Coronel 2020). En Arm, CdG, Bus y Cor se analizaron las P diarias; VE no presenta serie diaria de P en el periodo analizado. Las series no presentaron datos faltantes. Se determinaron los coeficientes de correlación de Spearman (r) de las P anuales, a fin de establecer si las localidades presentan asociación entre ellas. Se calcularon los estadísticos básicos de las series anuales y mensuales: promedio, primer y último cuartil, mediana, límites de confianza (5 y 95%) y valores atípicos. Se analizaron la cantidad de días con P mensual y anual y, días con P mayores a 60 mm (DCPM60) (P con mayor riesgo erosivo (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015)). Se realizó el Test de Duncan (5%) para determinar si hay diferencias significativas en cuanto al número de días con P anuales y a los DCPM60.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las P anuales medias para las distintas localidades variaron entre 1072 mm para Bus, y 992 mm para VE (CdG: 1046 mm, Cor: 1035 mm y Arm: 1014 mm), encontrándose los valores máximos en el 2012 (1892 mm Bus, 1855 mm CdG, 1817 Cor, Arm 1596 y VE 1554 mm) y los mínimos en 2008 para CdG 571 mm, VE 604 mm y Bus 641 mm y en el 2020 para Arm 596 mm y Cor 645 mm. Es importante destacar que los valores mínimos de P se encuentran dentro de los valores esperables, no así los valores máximos ya que se encuentran por encima del límite máximo de confiabilidad (95%). El coeficiente r entre las P anuales varió entre 0,83 a 0,93 siendo significativos. En particular, entre CdG y el resto de las localidades el r varió entre 0,87 y 0,93, mostrando la asociación lineal entre las P anuales de las localidades.

Se determinó que Arm y VE presentaron la menor variabilidad interanual, ya que presentan la menor diferencia intercuartil, y además los menores valores extremos máximos (Figura 1). Estas localidades son las que se encuentran más al oeste. Las tres localidades restantes presentan un comportamiento similar. Este comportamiento podría estar asociado a la circulación general atmosférica, ya que en centro norte de Argentina las masas de aire cálidas y húmedas ingresan principalmente del NE y E. En la Figura 2 se observa que el mes con menores P es julio variando entre 16 mm (Arm) y 20 mm (Bus) y el mes con mayores P varía entre localidades siendo para Arm y VE enero, CdG y Cor marzo y, diciembre para Bus. Nuevamente Arm y VE difieren del resto de las localidades. El 74% de las P ocurren en el semestre cálido (octubre-marzo). A nivel diario Bus se diferenció del resto con 58 DCP, las demás variaron entre 47 y 49 días. Si bien no hay diferencias significativas en DCPM60 (Tabla 1), Cor se destaca por presentar 4 años con

6 días con DCPM60. A nivel mensual los DCP solo presentan diferencias significativas en BUS en junio y julio, respecto al resto de las localidades.

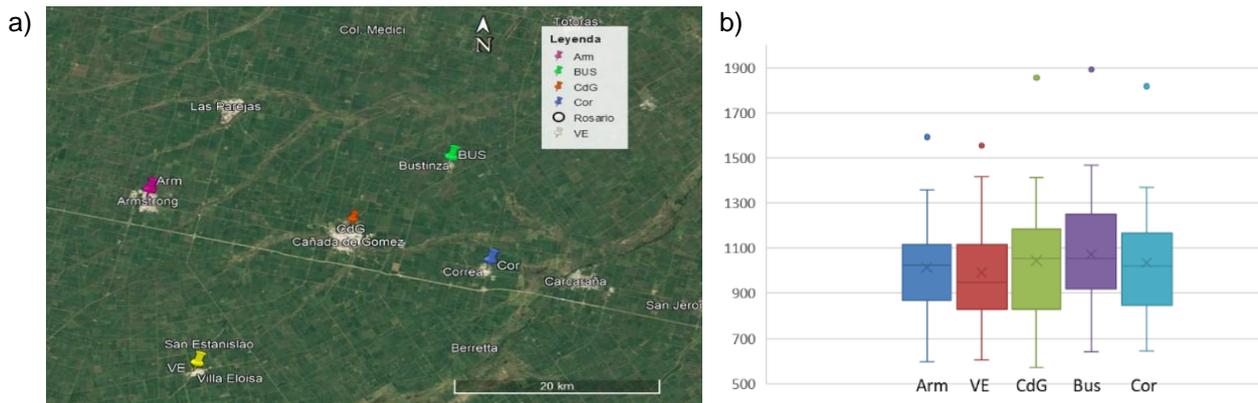


Figura 1. a) imagen del área de estudio de Google earth, b) Box plot de las P anuales en cinco localidades del Sur de Santa Fe (1988-2021). Referencias: primer y último cuartil (extremos de la caja), mediana (línea horizontal), promedio (cruz) y extremos de las líneas rectas corresponden al 5 y 95% de los datos. Puntos: valores atípicos (derecha).

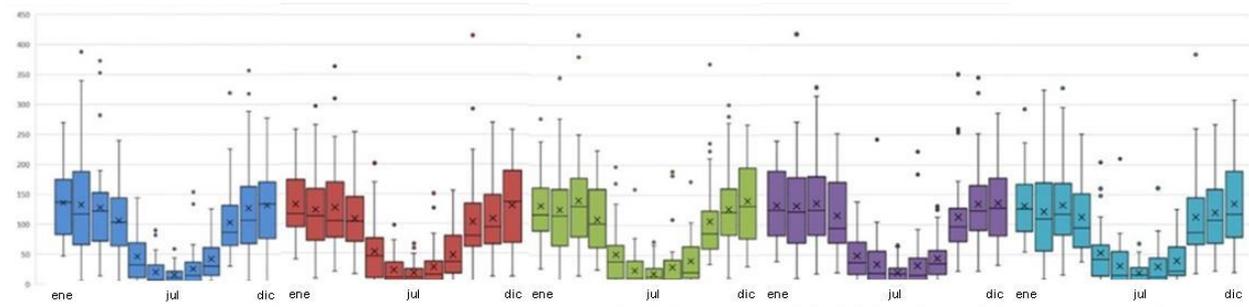


Figura 2. Box plot de las P mensual en las cinco localidades, Arm, VE, CdG, Bus y Cor, (1988-2021) Referencias: primer y último cuartil (extremos de la caja), mediana (línea horizontal), promedio (cruz) y extremos de las líneas rectas corresponden al 5 y 95% de los datos. Puntos: valores atípicos

Tabla 1. Días promedios con precipitaciones, y precipitaciones mayores a 60mm a escala anual (1988-2021) para 4 localidades. Test de Duncan (5%), letras distintas significan que hay diferencias significativas

	Armstrong	Cda de G	Bustinza	Correa
Días con P anual	49 A	49 A	58 B	47 A
menor n° de días	29 (2020)	28 (2020)	38 (2020)	30 (1989)
mayor n° de días	64 (2000)	73 (2014)	82 (2012)	64 (2010)
Días con P mayores a 60mm	3 A	3,5 A	3 A	3 A
menor n° de días	0 (1997)	0 (2003)	0 (2020)	0 (2007)
mayor n° de días	9 (1992,2012)	9 (2012)	9 (2002)	6 (1994,2000,2012,2014)

CONCLUSIONES

Si bien las 5 localidades presentaron algunas diferencias en cuanto al valor máximo de P anual y al mes de ocurrencia de los máximos de P, podemos concluir que el área analizada es homogénea en cuanto al comportamiento de las P, por lo que los datos de una localidad pueden ser extrapolados con un alto nivel de confianza a otra de estas localidades en caso de que falte algún registro.

REFERENCIAS

- Bohn, V.Y.; Piccolo, M.C.; Perrillo, G.M. 2011. Análisis de los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Climatología* 11:31–43.
- Dickie, M.J.; Coronel, A. 2020. Variabilidad de las precipitaciones de la localidad de Cañada de Gómez, provincia de Santa Fe. En: XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología, 2020, Paraná, Argentina.
- Dickie, M.J.; Anibalini, V.; Barbero, S.; Costanzo M.; Jozami, E.; Coronel, A. 2020. Análisis de la variabilidad y erosividad de las precipitaciones en tres localidades del sur de Santa Fe. En: XXVII Congreso Arg. Ciencia del Suelo, 2020, Corrientes, Argentina.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2015. Tercera comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercera-comunicacion>>, Consultado 10/07/2022.

CAMBIOS EN LA RELACIÓN ENTRE EL ONI Y LAS PRECIPITACIONES DEL TRIMESTRE ESTIVAL EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

Forgioni*, F.P.¹; Coronel, A.^{2,3}; Dickie, M.J.^{2,4}. Jozami, E.^{1,2,5}

¹ Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas, Agronomía, Campus Universitario. Av. Arturo Jauretche 1555, UNVM

² Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC14 2125, Argentina

³ Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (UNR-CONICET), Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC14 2125, Argentina

⁴ AER INTA Cañada de Gómez, Lavalle 1466, Cañada de Gómez, CP 2500, Argentina.

⁵ Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario, Maipú 1065, Rosario, 2000, Argentina

*Contacto: fforgioni@unvm.edu.ar

Palabras clave: variabilidad climática; correlaciones; regionalización

INTRODUCCIÓN

El maíz, la soja, el girasol y el sorgo, son los principales cultivos estivales implantados en la región pampeana y se realizan mayoritariamente en condiciones de secano. Es por ello que sus rendimientos están asociados a las precipitaciones (PP) ocurridas durante su ciclo de crecimiento. Dentro del ciclo de crecimiento de estos cultivos, se define al período crítico (PC) como aquel donde la ocurrencia de algún estrés que condicione la tasa de crecimiento, afecta más al rendimiento que en otras etapas. En general el PC se encuentra en las etapas reproductivas de estos cultivos y debido al amplio rango de fechas de siembra en la región pampeana (mediados de septiembre hasta los últimos días de diciembre o principios de enero), el PC acontece en algún momento entre los meses de diciembre y marzo (ORA, 2022). El fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS), ejerce su efecto sobre las PP con una marcada variabilidad espacio-temporal: ejerce mayor influencia en determinados momentos del año y en ciertas regiones del país encontrándose mayores correlaciones en la estación cálida (Grimm *et al.*, 2000; Berri y Bertossa, 2004; Jozami *et al.*, 2015, 2018; Pántano *et al.*, 2022). Por otra parte, las correlaciones entre el ENOS y las PP, no son constantes a lo largo de los años por lo que resulta pertinente evaluar la variabilidad de las mismas. El objetivo de este trabajo fue evaluar para el trimestre noviembre-diciembre-enero (NDE) las correlaciones entre el ENOS (caracterizado por medio del indicador Oceanic Niño Index 3.4) y las PP en la provincia de Santa Fe en ventanas móviles de 20 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron los datos de PP del trimestre NDE para las seis estaciones meteorológicas de la provincia de Santa Fe pertenecientes al SMN: Norte: Reconquista Aero (29°11'S 59°40'O), Ceres Aero (29°53'S 62°00'O) Centro: Sauce Viejo (31°42'S 60°50'O), El Trébol (32°18'S 61°40'O) y Sur de Santa Fe: Rosario Aero (32°55'S 60°50'O) y Venado Tuerto (33°40'S 61°58'O) (Figura 1). Se procesaron datos de NDE desde 1961 (o desde los comienzos de registro de datos para estaciones inauguradas con posterioridad) hasta 2021, eliminándose la tendencia de las PP del trimestre con la siguiente ecuación:

$$PPNDE_{Est} = PPNDE_n - PPNDE_e$$

dónde PPNDE_{Est} son las PP de NDE sin tendencia para el año n, PPNDE_n son las precipitaciones de NDE del año n y PPNDE_e son las PP estimadas para el año n según la función lineal de regresión de las PP de NDE en función del año.

Se realizó una correlación entre PPNDE_{Est} y el ONI del trimestre NDE considerando ventanas de 20 años (por ej: la correlación indicada para el año 1961 sería para la ventana 1961-1980; la de 1962 corresponde al período 1962-1981). Se realizaron mapas empleando Phytón para mostrar las diferentes correlaciones entre el ONI y las PP en los períodos 1961-1980; 1971-1990; 1981-2000; 1991-2010 y 2001-2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las correlaciones en períodos de 20 años, Reconquista, es la localidad con mayor correlación y mayor estabilidad sobre todo a partir de 1978. Ceres, Rosario y Sauce Viejo muestran incrementos sostenidos de correlación desde la década del 60 hasta la ventana iniciada en 1995, momento a partir del cual todas las estaciones muestran un marcado descenso en las correlaciones. Esto último aconteció debido al corrimiento de la ventana que excluye a los años 1995 y 1996, (Niña intensa y débil respectivamente y con anomalías negativas en todas las estaciones) y los reemplaza por los años 2015 (Niño intenso) con anomalías levemente positivas en Ceres, Reconquista y El Trébol y negativas para Rosario, Sauce Viejo y Venado Tuerto; y 2016 (Niña débil) con anomalías positivas en todas las estaciones (excepto Reconquista y Venado Tuerto).

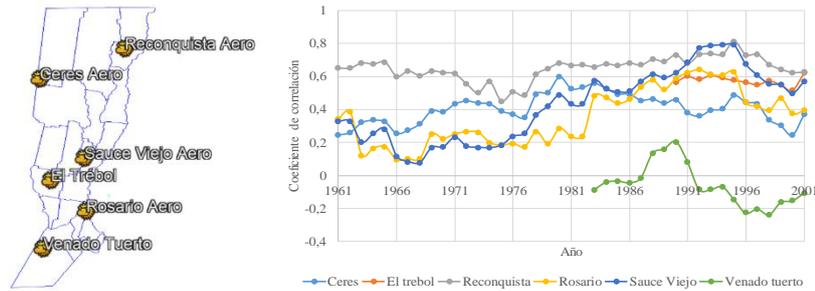


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas del SMN en Santa Fe (izquierda). Correlaciones del trimestre NDE entre el ONI y las PP en ventanas móviles de 20 años (derecha).

La disminución en la correlación en Reconquista durante la década del 70, es coincidente con reportes para la ciudad de Corrientes (100 km más al norte) en ventanas móviles de 31 años (Antico y Vuille, 2022). Este trabajo menciona que en el período 1941-1982, las menores teleconexiones entre el ENOS y las PP en la cuenca del Paraná podrían estar explicadas por encontrarse en la fase fría la oscilación interdecadal del Pacífico.

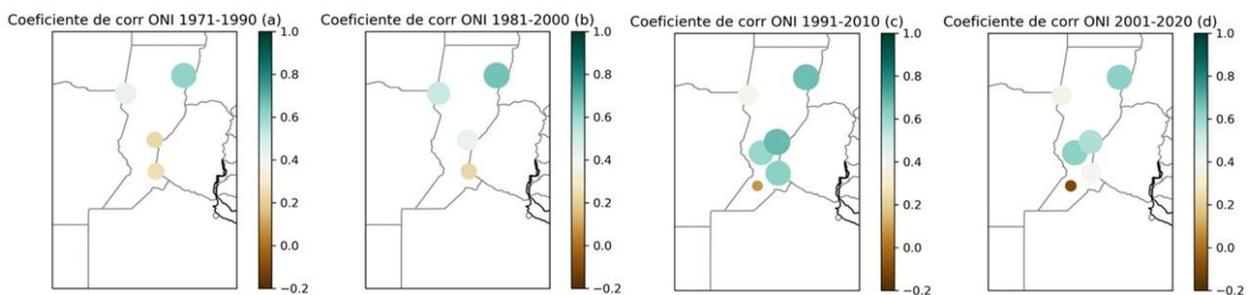


Figura 2. Correlaciones del trimestre NDE entre el ONI y las PP en cuatro períodos de 20 años.

La Figura 2 muestra las correlaciones entre el ONI y las PP NDEst en cuatro períodos de 20 años desde 1971 hasta 2020. Allí puede notarse claramente el aumento generalizado de las correlaciones desde Rosario hacia el Norte hasta 2010 y un descenso en el último período. Se puede evidenciar la diferencia con Venado Tuerto, localidad ubicada 170 km al suroeste de Rosario, donde las correlaciones son notablemente inferiores. Según Pántano *et al.* (2022), en un análisis desde 1970 hasta 2010, se encontraron correlaciones significativas entre el ONI y las PP de noviembre y diciembre en estaciones ubicadas más al sur de Venado Tuerto, más precisamente del norte de Buenos Aires, Sur de Córdoba y este de La Pampa. Según este trabajo, las mayores anomalías positivas (negativas) de lluvias se dan en la fase cálida (fría) del ENOS en el mes de diciembre en la localidad de Junín. Para profundizar la comprensión de los cambios espaciotemporales de esta correlación, sería oportuno la realización de un análisis regional más amplio.

CONCLUSIONES

Los datos presentados en este trabajo muestran la alta variabilidad espacio-temporal de la correlación entre el ENOS y las PP de NDE en la provincia de Santa Fe. Debido a la importancia que tienen las lluvias acumuladas en este período para el sector agrícola, resulta relevante encontrar modelos estables que permitan predecirlas. El ENOS sin duda debe formar parte de estos modelos, pero se requiere profundizar y sumar otros indicadores como temperaturas superficiales del Océano Atlántico y la Oscilación Decadal del Pacífico entre otras, para lograr una predicción adecuada (con una correlación elevada y estable en el tiempo).

REFERENCIAS

- Antico, A.; Vuille, M. 2022. ENSO and Paraná flow variability: Long-term changes in their connectivity. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.7643>.
- Berri, G.J.; Bertossa, G.I. 2004. The influence of the tropical and subtropical Atlantic and Pacific oceans on precipitation variability over southern central South America on seasonal time scales 24(4):415–435.
- Grimm, A.; Barros, V.; Doyle, M. 2000. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate* 13:35–58. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2).
- Jozami, E.; Costanzo, M.B.; Coronel, A.S. 2015. Influencia de “El Niño-Oscilación Sur” sobre las precipitaciones en Paraná y Lucas González (Entre Ríos, Argentina). *Revista de Climatología* 15:85–92.
- Jozami, E.; Montero Bulacio, E.; Coronel, A. 2018. Temporal variability of ENSO effects on corn yield at the central region of Argentina. *International Journal of Climatology* 38:1–12.
- ORA. 2022. Oficina de Riesgo Agropecuario. http://www.ora.gob.ar/riesgo_fenologia.php (Accedido 26 junio 2022).
- Pántano, V.C.; Holzman, M.E.; Penalba, O.C.; Rivas, R. 2022. ENSO Signal on Subseasonal Precipitation Distribution and Soil Moisture Response in the Argentine Pampas. *Pure and Applied Geophysics* 179: 879–896.

CAMBIOS EN LA COVARIABILIDAD ENTRE TEMPERATURA Y PRECIPITACION DURANTE EL PERIODO CRÍTICO DEL CULTIVO DE MAIZ

Groppa*, M.^{1,2}; Llano, M.P.^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Ciudad Universitaria, Edificio 0 + Infinito, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP: 1428, Argentina

² CONICET, Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP: 1425, Argentina

*Contacto: m.groppa@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: traslación; rotación; deformación

INTRODUCCIÓN

La temperatura y la precipitación son dos de las variables más importantes que describen nuestro clima. La relación y la dependencia entre ellas, principalmente debido a las relaciones termodinámicas, han sido reconocidas en numerosos estudios (Trenberth y Shea, 2005; Rodrigo, 2014). Los datos de precipitación y temperatura son generalmente interdependientes y los cambios en la relación entre los mismos pueden ser más importantes que los cambios en uno u otro individualmente (Hao *et al.*, 2013).

La interdependencia entre la temperatura y la precipitación se puede estudiar empleando funciones de distribución multivariantes (Cong y Brady, 2012). En su trabajo, Rodrigo (2014) consideró el carácter bivariado de la temperatura y la precipitación del clima de referencia utilizando una elipse de contorno gaussiana con 95% de confianza. Las elipses se caracterizan por el centro de masa y la matriz de varianza-covarianza.

El objetivo del presente trabajo es analizar los cambios en la covariabilidad entre precipitación y temperatura en diferentes estaciones de Argentina en los últimos 30 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se emplearon datos de precipitación acumulada mensual y temperatura media mensual (brindados por el Servicio Meteorológico Nacional) en 12 estaciones ubicadas en la región centro de Argentina (Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos) y el norte de la provincia de Buenos Aires. Los meses analizados son octubre-noviembre-diciembre, los cuales se consideran críticos para la primera fecha de la siembra temprana del cultivo de maíz (en esta área), debido a la vulnerabilidad a sufrir daños por déficit o por excesos hídricos (Occhiuzzi, 2018).

Para cada estación y año se calcularon las anomalías estandarizadas de temperatura (x) y precipitación (y), usando la media y la desviación típica del periodo de referencia 1991-2020. Para analizar los cambios en la relación entre las variables se trabajó con dos periodos: 1991-2005 y 2006-2020. Y la cuantificación de dichos cambios se realizó mediante los parámetros de traslación, rotación y deformación. La traslación consiste en un cambio en los valores medios de las variables y su significancia estadística se determina mediante la prueba de Hotelling multivariante (Hotelling, 1931). La rotación de las elipses está relacionada con el signo del coeficiente de correlación y los posibles cambios en la relación entre las variables. La deformación consiste en cambios en la forma y/o tamaño de las elipses, lo cual está relacionado con los ejes de las mismas y la dispersión de los datos alrededor de ellos, la significancia estadística se analiza mediante el test de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de ejemplo se muestran las elipses correspondientes a la estación Pilar Observatorio (Figura 1). Se observa una traslación de la elipse hacia condiciones más cálidas y secas, la cual es significativa (test de Hotelling) con un 95% de confianza. La temperatura presenta un aumento no significativo, del orden de 0,3 desviaciones típicas (0,78°C) mientras que, la precipitación presenta una disminución significativa que supone un 30 % con respecto al periodo de referencia. La relación entre las variables en ambos periodos no es significativa, así como tampoco la relación entre periodos. Por último, al analizar el parámetro de deformación se observa un cambio significativo en la varianza de la precipitación y las áreas presentan una diferencia del 15,9%, la cual no es significativa.

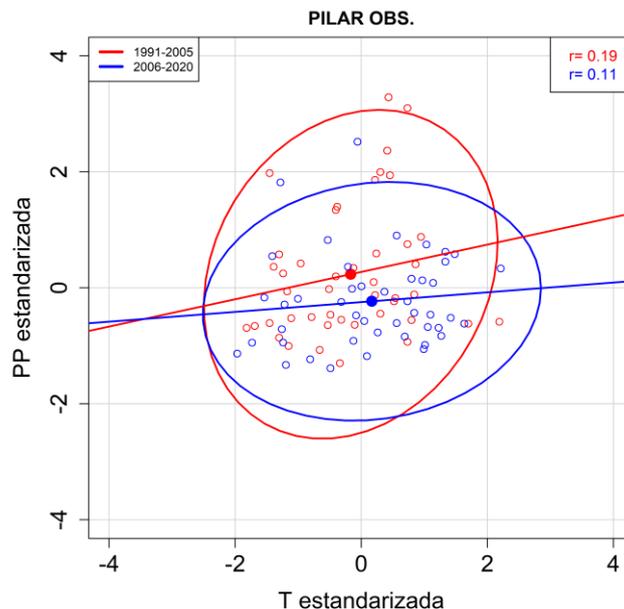


Figura 1. Elipses de confianza al 95% entre la precipitación acumulada y la temperatura media para los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el periodo 1991-2005 (rojo) y en el periodo 2006-2020 (azul).

Las restantes estaciones muestran principalmente cambios en la traslación de los centros de masa (no significativos en la mayoría). La temperatura muestra un generalizado aumento (0,4-1,1°C), mientras que, para la precipitación el patrón no es tan claro. El parámetro de deformación exhibe que los principales cambios se producen debido a la precipitación, provocando en algunas estaciones un aumento del área de la elipse y en otras una reducción (asociado a una mayor y menor variabilidad en la lluvia acumulada en estos meses). El parámetro de rotación es significativo en solo dos estaciones (Villa Dolores y Ezeiza), mostrando una disminución en la relación entre variables, no un cambio de signo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se estudió la covariabilidad entre temperatura y precipitación mensual en la región centro de Argentina y norte de la provincia de Buenos Aires, la cual es considerada la más importante desde el punto de vista económico, ya que por sus características de clima y suelo es una zona agrícola por excelencia. La covariabilidad no sufrió importantes cambios entre los periodos analizados, no obstante se puede concluir que la mayoría de las estaciones presentó aumentos en la temperatura y una mayor variabilidad en los acumulados de precipitación.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto UBA (2020-2022) n° 20020190100090BA. Al SMN y al Banco de datos del DCAO por los datos brindados.

REFERENCIAS

- Cong, R.G.; Brady, M. 2012. The interdependence between rainfall and temperature: copula analyses. *Scientific World Journal*. 2012(3):1-11.
- Hao, Z.; Kouchak, A.A.; Phillips, T.J. 2013. Changes in concurrent monthly precipitation and temperature extremes. *Environ. Res.* 8:1-7.
- Hotelling, H. 1931. The generalization of Student's ratio. *Ann. Math. Stat.* 2(3):360-378.
- Occhiuzzi, S.; Basualdo, A.; Boragno, S.; Carrasco, F.; Gabrás, N.; Artola, J.B. 2018. Mapas de áreas aptas para cultivos de secano en Argentina. Oficina de Riesgo Agropecuario. www.argentina.gob.ar.
- Rodrigo, F.S. 2014. On the covariability of seasonal temperature and precipitation in Spain, 1956-2005. *International Journal of Climatology*, 35(11):3362-3370.
- Trenberth, K.E.; Shea, D.J. 2005. Relationships between precipitation and surface temperature. *Geophys. Res. Lett.* 32:1-4.

“PUNTOS FRÍOS” Y “PUNTOS CALIENTES” DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA PLANTACIONES JÓVENES DE NOGAL PECÁN EN EL SUDESTE BONAERENSE DURANTE OTOÑO: RESULTADOS PRELIMINARES

Leite*, F.F.G.D.¹; Cambareri, G.S.²; Faverin, C.^{2,3}; Beltrán, M.⁴; Frusso, E.⁴

¹Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-IPADS Balcarce, Argentina

³Universidade Nacional de Mar del Plata, Argentina

⁴Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Castelar, Argentina

*Contacto: fernandafgdlite@gmail.com

Palabras clave: óxido nitroso; metano; cambio climático; agricultura climáticamente inteligente

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de pecán (*Carya illinoensis* [Wangenh] K. Koch) producen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aunque hasta el momento sólo un trabajo ha abordado la temática directamente (Kellum *et al.*, 2018), mientras que otro más reciente se enfocó en el balance neto de carbono del ecosistema (Rodríguez *et al.*, 2021). Estas emisiones pueden ocurrir tanto en “puntos fríos” (PF) (espacios inter-filares ocupados por pastura, los cuales tienen una intervención menos intensiva en el tiempo) como en “puntos calientes” (PC) (área alrededor del árbol que está sujeta a intervención confluyendo riego, abono, y la misma influencia de la rizósfera del pecán). Los puntos calientes son áreas de suelo con alta acumulación de N reactivo y otras condiciones (alta humedad, temperatura, alto C orgánico) que predisponen una alta emisión de óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄) (Wagner-Riddle *et al.*, 2020), mientras que los “puntos fríos” están alejados de las zonas de intervención y pueden tener una dinámica de emisión menos intensa, dependiendo del grado de heterogeneidad espacial del suelo. La fertilización de los nogales pecán con abonos orgánicos (PCA) puede acentuar este contraste ya que esta se aplica solamente en un radio de 50 cm alrededor del árbol. Este estudio tiene como objetivo evaluar emisiones de GEI en puntos fríos (PF) y puntos calientes (PC) de emisión, y el uso de abonos orgánicos en las arboles de pecán (PCA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un experimento en la Estación Experimental INTA Balcarce (37°45'48,96''S; 58°17'26,49''O), Argentina, desde abril hasta junio de 2022 en un monte de pecán de 9 años. Al momento de la plantación (agosto de 2013), el suelo tenía los siguientes indicadores: 32,3 g C kg suelo⁻¹, 2,5 g N kg suelo⁻¹, pH = 6,8 y 351 g arcilla kg suelo⁻¹. Los árboles de pecán fueron originalmente plantados en un marco de 9 X 9 m y a una densidad de 91 plantas ha⁻¹. Se seleccionaron 12 árboles, agrupados en 4 bloques, a los cuales se aplicaron 3 tratamientos para este experimento.

Cuatro árboles tuvieron cámaras estáticas para la medición de emisión de GEI alejadas a aproximadamente a la mitad de la distancia interfilar (4,5 m, tratamiento PF), mientras que en los otros 8 (tratamientos PC y PCA) las cámaras se ubicaron dentro de los 50 cm de radio alrededor del árbol. En el tratamiento PCA, se aplicaron 4,3 L pl⁻¹ de efluente de tambo cuya concentración de N fue 1,8 %, equivalente a 100 g N m⁻². Las emisiones de GEI se muestrearon usando la metodología de cámaras estáticas durante 6 fechas luego de la aplicación del efluente. Se usaron jeringas plásticas de 20 mL para retirar el aire a 0, 14, 28 y 42 minutos a partir de la colocación de la cámara. Se analizó la concentración de óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄) con cromatografía gaseosa. Para calcular los flujos a partir de las concentraciones se utilizó el modelo basado en un árbol de decisión (DTBM) (Cambareri *et al.*, 2017). Estos datos fueron analizados con un análisis multivariado de la varianza (MANOVA) en R-Studio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pico de emisiones de GEI (N₂O y CH₄) se produjo en el segundo día después iniciado el experimento coincidiendo con una precipitación de 0,8 mm y no hubo diferencia entre tratamientos (p=0,05). Esta tendencia se mantuvo a lo largo de los 6 muestreos (Figura 1) y para los dos gases evaluados. Generalmente, luego de la aplicación de fuentes de carbono orgánico y nitrógeno (como efluentes de tambo) en el suelo aumentan las emisiones de GEI, pero no fue el caso de este trabajo durante este periodo del año, lo que no invalida que las diferencias se manifiesten en otros periodos.

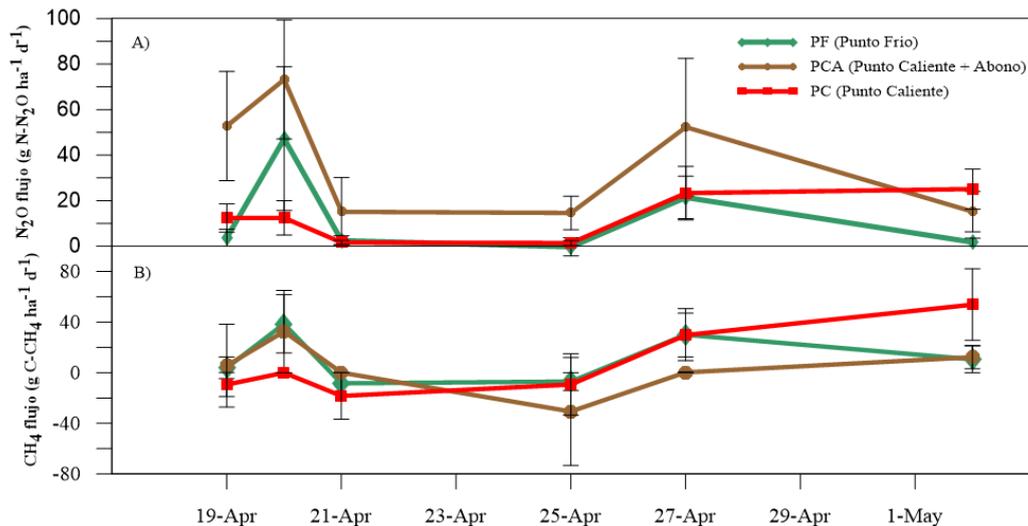


Figura 1. Emisiones de N₂O y CH₄ en 6 fechas después de la aplicación del efluente de tambo.

Las emisiones acumuladas de N₂O y CH₄ en el periodo de muestreo tampoco mostraron diferencias significativas debido a la alta variabilidad (Tabla 1). La emisión total en dióxido de carbono equivalente fue de 63,45 kg CO₂eq ha⁻¹ para PF, 88,04 kg CO₂eq ha⁻¹ para PC y 186,51 kg CO₂eq ha⁻¹ para PCA considerado un potencial de calentamiento global (GWP) de 273 para N₂O y de 27 para el CH₄ (IPCC, 2021). Nuevamente se observa una tendencia, aunque no significativa, a favor de PCA que triplica y duplica a PF y PC, respectivamente.

Tabla 1. Emisiones acumuladas y emisiones de CO₂eq en las 6 fechas de muestreos

Tratamiento	g N ₂ O ha ⁻¹	g CH ₄ ha ⁻¹	kg CO ₂ eq ha ⁻¹
PF	214,32 ± 98,15	182,75 ± 118,88	63,44 ± 27,56
PCA	685,31 ± 335,33	21,48 ± 209,14	186,51 ± 95,68
PC	298,48 ± 73,35	242,68 ± 268,32	88,03 ± 14,84

CONCLUSIONES

Los datos preliminares sugieren que los “puntos calientes” en plantaciones de pecán emiten GEI en la misma magnitud que los “puntos fríos”, aún con la adición de efluentes de tambo durante el final del otoño, aunque esto podría modificarse en otros períodos del año. Por lo tanto, esa práctica podría ser efectiva para los agricultores en esta estación del año, con pocos impactos en el medio ambiente, mejorando la circularidad del sistema productivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases (GRA) por su programa CLIFF-GRADS. También los proyectos I058, I125 (INTA) y SENSE, id 109, ERA-NET.

REFERENCIAS

- Cambareri, G.S.; Wagner-Riddle, C.; Drury, C.F.; Lauzon, J.; Salas, W. 2017. Decision tree-based approach to calculate nitrous oxide fluxes from chamber measurements1. *Canadian Journal of Soil Science* 97(3):532–540.
- IPCC. 2021. Summary for policymakers. En *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 3–32). Cambridge University Press.
- Kellum, D.S.; Shukla, M.K.; Mexal, J.; Deb, S. 2018. Greenhouse Gas Emissions from Pecan Orchards in Semiarid Southern New Mexico. *HortScience* 53(5):704–709.
- Rodríguez, J.C.; Farias, S.O.; Casas, J.R. 2021. Potencial de secuestro de carbono y uso de agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en la Costa de Hermosillo, México. *Nuez Sureña*, 1(2):69.
- Wagner-Riddle, C.; Baggs, E.M.; Clough, T.J.; Fuchs, K.; Petersen, S.O. 2020. Mitigation of nitrous oxide emissions in the context of nitrogen loss reduction from agroecosystems: Managing hot spots and hot moments. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 47:46–53.

INDICADORES DE RESILIENCIA A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DEL SUR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Llames*, A.A.¹; Vianco, A.¹; Rivarola, A.¹; Accastello, N.¹; Patón, L.¹

¹ Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 km 601, Río Cuarto (CP: 5800), Argentina

***Contacto:** allames@ayv.unrc.edu.ar

Palabras clave: sistemas socio-ecológicos; capacidad de adaptación

INTRODUCCIÓN

Para evaluar la capacidad de adaptación y resiliencia del sector productivo a los impactos de la variabilidad climática, resulta pertinente el enfoque teórico-metodológico de los sistemas socio-ecológicos (SSE). La resiliencia de los SSE se define como la capacidad de un sistema de experimentar disturbios mientras retiene esencialmente las mismas funciones, estructura, retroalimentaciones y, por lo tanto, su identidad (Resilience Alliance, 2010).

El análisis de la resiliencia comienza con la aceptación de que humanos y naturaleza están fuertemente relacionados, como en el caso de la producción agrícola. Además, refiere a la generación de conocimientos acerca de cómo aumentar la capacidad de hacer frente al estrés causado por el cambio ambiental asegurando el desarrollo humano (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015). El objetivo de este trabajo es determinar las variables e indicadores principales que permitan evaluar la resiliencia a la variabilidad climática del conjunto de productores que conforman los SSE ubicados en el departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio de esta investigación se centró en el Departamento Río Cuarto, ubicado entre los 33° 08' - 33° 13' de latitud S y entre los 64° 20' - 64° 33' de longitud W, con una superficie total de 18.394 km². La encuesta en profundidad es uno de los métodos que se utiliza para el estudio y análisis de los sistemas productivos y determinar diferentes características de los mismos (Balsa, 2007). La selección de esta área se realizó teniendo en cuenta la disponibilidad de encuestas estructuradas y entrevistas en profundidad a productores de la zona realizadas en el año 2007.

En las encuestas se llevó a cabo un relevamiento detallado de las características de producción, socio-demográficas, económicas y financieras de cada productor encuestado. Se seleccionaron 73 encuestas del total realizadas que estaban ubicadas dentro del área de estudio. Para la realización de este análisis y selección de los indicadores, se tomó como referencia los 13 indicadores de resiliencia propuestos por Cabell y Oelofse (2012) (Tabla 1).

Se utilizó el programa SSPS 15.0 (SPSS 15.0, 2006), para tabular las encuestas, mientras que el análisis exploratorio se llevó a cabo con el programa SPAD 3.5 (SPAD 3.5, 1998). La base de datos se sometió a un análisis de estadística descriptiva (AED), análisis exploratorio (AE), análisis de componentes principales (ACP) con la finalidad de seleccionar las variables que caracterizan a los SSE y análisis factorial de correspondencias múltiples (AFCM) que se basa en la similitud de las unidades de observación, permitiendo asignar a las variables el rol que van a desempeñar en la base de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los AE, ACP y el AED realizados sobre las variables, no produjeron resultados relevantes. El AFCM determinó que 12 variables categóricas activas (reflejan el sistema agrícola-ganadero con sus dos cultivos centrales, soja y alfalfa) y sus prácticas asociadas, donde también se observan cuatro grupos de productores, el agrícola, el ganadero, el mixto y el productor que ha cedido la producción (es decir, que es propietario de la tierra, pero se lo alquila a otro productor). La selección de indicadores de resiliencia se realizó con las variables resultantes del procesamiento y el análisis de las encuestas, seleccionando 6 (seis) de los 13 (trece) indicadores propuestos por Cabell y Oleofse (2012) (Tabla 1).

¡Error! Marcador no definido. **Tabla 1.** Indicadores propuestos por Cabell y Oleofse (2012), en azul (4, 6, 7, 9, 10 y 12) los que se aplican en la zona de estudio. Cada indicador presenta: “Expresado como” (en caso de que se aplique el indicador propuesto, como se identifica en la producción); “Los productores hacen” (en función del indicador, que hacen los productores); “Concepto del indicador” (en caso que no aplique el indicador propuesto).

Indicador	Concepto del indicador	Expresado como	Los productores hacen
1) SOCIALMENTE AUTÓNOMO	Productores y consumidores están organizados en redes de base e instituciones como cooperativas, mercados de productores, asociaciones de comunidades sustentables y redes de asesoramiento.	NO	NO
2) AUTOREGULADO ECOLOGICAMENTE	Los productores mantienen la cobertura vegetal e incorporan muchas especies perennes, proveen hábitat para predadores y parasitoides, usan ingenieros del ecosistema, alinean la producción con la ecología local.	NO	NO
3) CONECTADO APROPIADAMENTE	Colaboran con múltiples proveedores, puntos de ventas, y compañeros productores; planteo de cultivos en poli culturas para fomentar simbiosis y mutualismo.	NO	NO
4) DIVERSIDAD FUNCIONAL Y DE RESPUESTA	Heterogeneidad de criterios dentro del paisaje y el campo agrícola, diversidad de entradas y salidas.	Control de plagas y enfermedades	Mercados
5) OPTIMAMENTE REDUNDANTE	Siembra de múltiples variedades de cultivos, distintas maquinarias para los diferentes cultivos, obtención de nutrientes y agua de diferentes fuentes.	NO	NO
6) HETEROGENEIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL	Rotación de cultivos, diversas prácticas de cultivo, modelo de mosaico para tierras cultivadas y no cultivadas, parches en el campo agrícola y a través del paisaje.	Diversidad productiva	Rotación de cultivos (soja, maíz, trigo, alfalfa)
7) EXPOSICION AL DISTURBIO	Selección de cultivos tolerantes a plagas y enfermedades.	Eventos climáticos adversos	Compran semillas mejoradas genéticamente, tolerantes a sequía, salinidad
8) ACOPLADO AL CAPITAL LOCAL NATURAL	Formación de materia orgánica, recargas de agua, poca necesidad de importar nutrientes o exportar residuos.	NO	NO
9) APRENDIZAJE REFLEXIVO Y COMPARTIDO	Colaboración entre universidades, centros de investigación y agricultores, cooperativas y conocimiento reflexivo entre productores.	Mantenimiento de registros (pluviométricos y de producción), servicios de extensión y asesoramiento para productores	Consultan Instituciones como INTA, UNRC
10) GLOBALMENTE AUTONOMO Y LOCALMENTE INTERDEPENDIENTE	Menor dependencia de los mercados y reducción de entradas externas, mayores ventas a mercados locales, agricultores en cooperativas, estrecha relación entre productores y consumidores, comparten recursos como maquinarias.	Dependencia de recursos locales	Entre vecinos se alquilan maquinarias
11) HONRA EL LEGADO	Mantienen semillas heredadas, participación de ancianos, incorporación de prácticas culturales tradicionales con conocimientos modernos.	NO	NO
12) CONSTRUCCION DE CAPITAL HUMANO	Inversión en instituciones e infraestructura para educar adultos y niños, apoyo a eventos sociales para la comunidad rural, programas de preservación del conocimiento local.	En lo construido (actividad económica, tecnológica, infraestructura); Cultural (habilidades y capacidades individuales)	
13) RAZONABLEMENTE RENTABLE	Productores y empleados ganan salarios dignos, sector agropecuario no confía en subsidios distorsionados	NO	NO

CONCLUSIONES

Los datos utilizados reflejan homogeneidad a través de la similitud observada en el comportamiento y características de los productores, a partir de ello se concluye que la resiliencia de los productores agropecuarios fue afectada predominantemente por variables asociadas a la producción tanto agrícola (cultivos como maíz, soja y trigo) como ganadera (pasturas), también participan variables socio-demográficas (por ej: propiedad de la tierra, sexo del productor y empleados, residencia del productor, tipo de empresa). Del análisis de los indicadores propuestos por Cabell y Oleofse (2012) se concluye que, se pueden aplicar a la zona en estudio solo seis de los trece indicadores.

REFERENCIAS

- Balsa, J. 2007. Fuentes y metodología para el abordaje de algunos problemas historiografía del agro pampeano del siglo XX. En: La Argentina rural del siglo XX. Fuentes, problemas y métodos. Graciano, O. y Lázaro, S. (comps). La Colmena, Buenos Aires, Argentina. 213-240 p.
- Cabell, J.; Oleofse, M. 2012. An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience. Ecology and Society 17 (1):18.
- Resilience Alliance. 2010. Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Workbook for Practitioners. Version 2.0. Consultado 15/03/2019.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2015. Tercera comunicación nacional de la República Argentina a la Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Argentina. 282 p.
- SPAD 3.5. 1998. Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées. 1998. SPAD pour Windows Versión 3.5.
- SPSS 15.0 para Windows. Versión 15.0.1. 2006. SPSS Inc., 1989-2006. Contractor/ manufacturer is SPSS Inc., 233 South Wacker Drive, 11th Floor, Chicago, IL 60606-6412. Patent No. 7,023,453.

PERÍODOS DE ESCASAS PRECIPITACIONES QUE IMPACTAN EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO: CONTRIBUYENDO AL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Penalba*, O.C.¹; Stainoh, F.²; Pántano, V.C.¹

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA. CONICET. CABA. 1428. Argentina

² Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Department Troposphärenforschung. Alemania

*Contacto: penalba@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: déficit; riesgo climático; ENOS

INTRODUCCIÓN

El trigo es la principal fuente de proteína de consumo humano y, junto con el arroz, la carne y la caña de azúcar constituyen más del 50% del consumo total de energía a nivel mundial. En la última década, más del 90% del trigo argentino se cultiva en una amplia región que va de los 23° a 40° de latitud a los 57° a 67° de longitud, en donde más del 80% se cosecha en la región Pampeana (Abbate *et al.*, 2017). En dicha región, la producción se realiza en secano, y el almacenaje de agua en el suelo se ve afectado tanto por la escasez como por el exceso de precipitaciones.

Debido a lo extenso de la región Pampeana, la precipitación varía tanto estacional como espacialmente (Pántano *et al.*, 2017). La señal de los eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en las precipitaciones mensuales en la región de estudio presentan una variabilidad regional. No obstante, en términos generales las precipitaciones mensuales tienden a estar por encima (debajo) de los valores normales en los eventos El Niño (La Niña), impactando en el almacenaje de agua en el suelo (Penalba *et al.*, 2019). Dependiendo de la etapa fenológica, el trigo es sensible a distintas condiciones hídricas y/o térmicas. Dada su importancia en el país, tanto a nivel macroeconómico como para producción individual, teniendo en cuenta que la región presenta alta probabilidad de estrés hídrico (Penalba *et al.*, 2019), y que los modelos agronómicos son una herramienta que permiten simular el crecimiento y desarrollo del cultivo, los objetivos de este trabajo son: a) determinar los períodos de escasa precipitación que impactan en el rendimiento potencial del trigo; y b) evaluar la señal de El Niño-Oscilación del Sur en dicho rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de llevar a cabo este estudio se utilizaron dos bases de datos de 13 estaciones ubicadas en la región Pampeana en el período 1961-2017, provistas por el Servicio Meteorológico Nacional: datos diarios observados de precipitación; rendimientos de trigo simulados por el modelo DSSAT (modelo de simulación agronómica, calibrado localmente: Rocha, 2015), asociados al genotipo más representativo de la localidad: suelo, manejo del cultivo (ciclo largo) y contenido de agua inicial al momento de la siembra (bajo: 20% capacidad de campo -CC-, medio: 50% CC, alto: 100% CC) (<https://prorindes.smn.gob.ar/>). Con el fin de determinar períodos sensibles asociados a las precipitaciones diarias, se trabajó con dos índices hídricos: precipitación acumulada y cantidad de días secos en distintas ventanas móviles de 15, 30 y 60 días. Para cada localidad y ventana móvil se calcularon las correlaciones de Pearson entre los índices hídrico y los rendimientos (alto y bajo contenido de agua inicial, analizados por separado), asociando el estadístico al último día de la ventana móvil. A partir de estas series temporales de correlación se identificaron, para cada localidad, los períodos sensibles para ambos índices hídricos (T de Student, significancia 95% una cola, Wilks, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 (izquierda) se presentan las correlaciones para la precipitación acumulada y el rendimiento medio con distintos contenidos de agua inicial, para dos localidades que sintetizan el comportamiento regional. Para las estaciones del oeste (Río Cuarto) no se observan grandes diferencias entre ambos contenidos de agua, siendo el período sensible del 1 de junio al 29 de setiembre. Para las estaciones del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Coronel Suárez) se observan diferencias en las correlaciones en las primeras etapas fenológicas del cultivo, variando también el período sensible. En el caso particular de esta localidad, se observa un período sensible desde inicios de agosto a mediados de noviembre, correspondiente a las etapas de crecimiento, y no significativo hacia finales del ciclo, cerca de la cosecha. En términos generales, se encontró una coherencia del desplazamiento del período sensible norte-sur, con la climatología y el cambio en los períodos de siembra y momento de espigazón-llenado de granos. En cuanto a la extensión temporal del período sensible, varía entre 2 meses y 3 meses y medio dependiendo de la localidad.

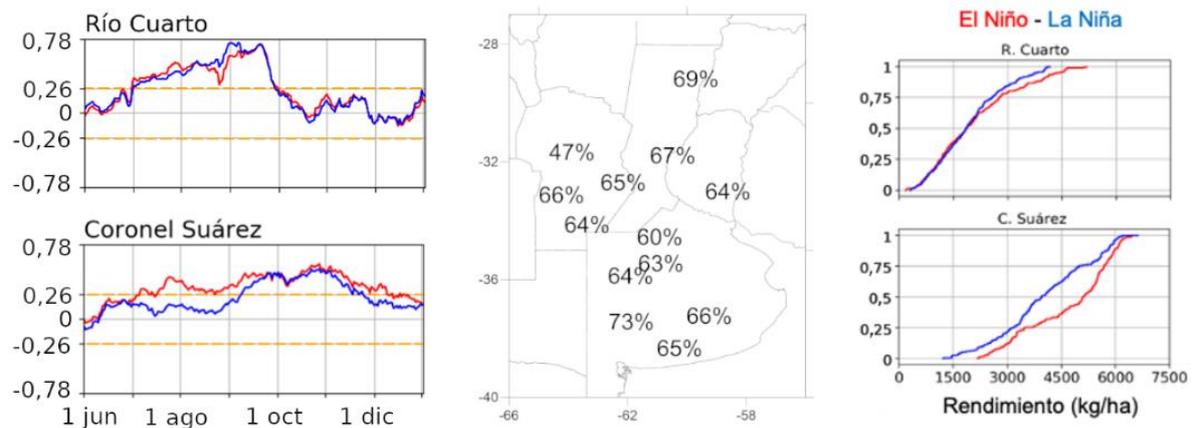


Figura 1. Izquierda: Coeficientes de correlación entre la precipitación acumulada en ventanas móviles de 30 días y el rendimiento medio con bajo (línea roja) y alto (línea azul) contenido de agua inicial, (región crítica 5%, líneas anaranjadas). Centro: Probabilidad porcentual máxima de bajos rendimientos condicionada a escasas precipitaciones. Derecha: Función de distribución acumulada para los rendimientos según eventos El Niño (línea roja) y La Niña (línea azul).

La identificación de estos períodos se complementó con un estudio de sensibilidad para determinar el período con mayor impacto en el rendimiento asociado a escasas precipitaciones. Para ello, se calculó la probabilidad porcentual de tener bajos rendimientos (menores al percentil 33) con bajas precipitaciones (menores al percentil 33). En la Figura 1 (centro) se indica la máxima probabilidad de tener bajos rindes con escasas precipitaciones. Es interesante observar que las probabilidades son elevadas, mayores al 60% salvo para la estación Pilar-Córdoba. Este resultado confirma la necesidad de predicción de condiciones secas en los meses de mayor sensibilidad del cultivo, para contribuir a la previsión y a la toma de decisiones.

Finalmente, se analizó la señal de los eventos ENOS en estos períodos de escasas precipitaciones asociados a bajos rendimientos y, si los rendimientos presentaban diferencias entre fases El Niño y La Niña. En la Figura 1 (derecha) se presentan las probabilidades acumuladas de los rendimientos discriminados por eventos ENOS. Las mayores diferencias se observan en las localidades de la provincia de Buenos Aires, Coronel Suárez representa este comportamiento. En las localidades del oeste y norte de la región de estudio (no se muestra) no se encontraron diferencias significativas entre ambas funciones de distribución.

CONCLUSIONES

A partir de rendimientos simulados (ciclo largo; con bajo contenido de agua inicial) y la precipitación acumulada en ventanas móviles de 30 días se identificaron períodos en los cuales la probabilidad de tener bajos rindes con escasas precipitaciones es mayor al 60%, presentando una regionalización Norte-Sur.

La señal de los eventos ENOS en las precipitaciones estacionales y mensuales en la región de estudio, presenta una variabilidad temporal y regional. En términos generales, las precipitaciones tienden a estar por debajo (encima) de los valores normales en los eventos La Niña (El Niño). Los principales resultados indican que en años La Niña la probabilidad de tener bajos rindes con escasas precipitaciones en ventanas de 30 días tiende a ser mayor que en años El Niño. El conocimiento de esta información, para una región determinada y su probabilidad asociada, contribuirán a un Sistema de Alerta Temprana (SAT) más robusto con el fin de disminuir sus impactos, en el marco del Sistema Nacional para la Generación Integral del Riesgo (SINAGIR).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo de los proyectos PIP 0333, UBACyT 20020170100357BA, PICT 2018/03589 y PICT 2019/02933.

REFERENCIAS

- Abbate, P.E.; Cardós, M.J.; Campaña, L.E. 2017. El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo. En: Manual de trigo. Divito y García (Eds.). International Plant Nutrition Institute. Acaasuso. Argentina. 198 pp.
- Pántano, V.C.; Penalba, O.C.; Spescha, L.B.; Murphy, G.M. 2017. Assessing how accumulated precipitation and long dry sequences impact the soil water storage. *International Journal of Climatology* 37:4316–4326.
- Penalba, O.C.; Pántano, V.C.; Spescha, L.B.; Murphy, G.M. 2019. El Niño–Southern Oscillation incidence over long dry sequences and their impact on soil water storage in Argentina. *Intern. Journal of Climatology* 39:2362–2374.
- Rocha, A. 2015. Pronóstico de rendimiento de los cultivos de granos en la región pampeana a través del uso de modelos de simulación agronómica. Tesis de grado, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Wilks, D.S. 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press. Massachusetts. Estados Unidos. 453 pp.

EVALUACIÓN DE TIERRAS EN DIFERENTES CONDICIONES CLIMÁTICAS EN LA SUB-REGIÓN PAMPA ARENOSA, ARGENTINA

Pérez*, S.P.¹; Cassani, M.T.¹; Sabatté, M.L.¹; Irigoien, J.²; Langoni, J.¹; Massobrio, M.J.¹

¹ Facultad de Agronomía UBA, Avda. San Martín 4453 CABA, C1417CDE, Argentina

² INTA, De los Reseros y Nicolás Repetto s/n. (1686) Hurlingham. Buenos Aires Argentina

*Contacto: perez@agro.uba.ar

Palabras clave: Índice de Productividad; agroclimatología

INTRODUCCIÓN

Existen diversas metodologías utilizadas en la elaboración de sistemas de evaluación de tierras en términos de adaptabilidad y/o vulnerabilidad. En Argentina, la clasificación indirecta cuantitativa más utilizada es el Índice de Productividad (IP). El IP relaciona en forma multiplicativa los valores o niveles de propiedades que tienen cierta influencia sobre la productividad de la tierra (Tasi *et al.*, 2010). El conocimiento del clima constituye, en la actualidad, una parte esencial de las evaluaciones ambientales, no solo como factor de riesgo sino también como recurso. El objetivo del trabajo fue llevar a cabo una evaluación de tierras en diferentes condiciones climáticas en la Sub-Región Pampa Arenosa de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos pluviométricos mensuales para el período 1921-2020 de 10 localidades, (Tabla 1). Estos datos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). La comprobación de la homogeneidad de las series de precipitación anual se realizó por medio de la prueba Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) de Alexandersson y Moberg (1997). Con las series de precipitación homogéneas de cada localidad se detectaron los cambios en los valores de la media utilizando el método de segmentación de series temporales hidrometeorológicas (Hubert *et al.*, 1989). Las condiciones climáticas se definieron utilizando las series temporales de precipitación correspondiendo el período seco (PS) / período húmedo (PH), el segmento en que la media calculada sobre todo ese segmento es menor / mayor a la media del segmento vecino. Se aplicó el Índice de Productividad (IP) de Riquier (1970) adaptado a la región pampeana por Sobral *et al.*, (2010). $(IP = H * D * Pe * Ta * Tb * Sa * Na * Mo * T * E)$ (Condición Macro climática (H); Drenaje (D); Profundidad efectiva (Pe); Textura superficial (Ta); Textura subsuperficial (Tb); Salinidad (Sa); Sodicidad (Na); Materia orgánica (Mo); Capacidad de intercambio catiónico (T); Erosión actual y erosión potencial (E)). Los resultados del cálculo del IP son valores positivos cuyo valor máximo es igual a 100, representado el valor más alto la mayor capacidad productiva de las tierras.

Tabla 1. Información geográfica del área de estudio y resultados del SNHT aplicado a las series de precipitación anual de las localidades perteneciente al Noroeste de la Provincia de Buenos Aires y al noreste de la Provincia de La Pampa (* es usado cuando el valor de T excede 95%)

Localidad	Provincia	Latitud (S)	Longitud (O)	Altitud (msnm)	Cambio de año	Valor T
9 de Julio	Buenos Aires	35°27'	60°53'	78	1976	9,095
General Pico	La Pampa	35°39'	63°45'	143	1972	9,734 *
Pehuajó	Buenos Aires	35°48'	61°54'	84	1972	7,688
Eduardo Castex	La Pampa	35°53'	64°17'	171	2019	5,412
Trenque Lauquen	Buenos Aires	35°58'	62°43'	80	1956	5,254
Winifreda	La Pampa	36°13'	64°14'	139	1968	18,682 *
Catrilló	La Pampa	36°26'	63°24'	113	1990	7,830
Anguil	La Pampa	36°31'	64°01'	152	1991	6,147
Santa Rosa	La Pampa	36°37'	64°16'	175	2013	4,089
Macachín	La Pampa	37°08'	63°38'	130	1928	3,593

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la Prueba de Homogeneidad, 8 de las series de precipitación anual disponibles presentaron un valor de T menor que el valor crítico (Khaliq y Ouarda, 2007), pudiendo considerarse homogéneas al nivel de significancia del 95% (Tabla 1). Los resultados correspondientes a los cambios en los valores de la media de la precipitación anual zonal del noroeste de la provincia de Buenos Aires (BA) y del noreste de la provincia de La Pampa (LP), por el método de Segmentación de Hubert (Hubert, *et al.*, 1989) se presentan en las Figuras 1 y 2. Quedan definidos así, los períodos secos (1921-1965 y 2013-2020) y húmedos (1966-2012) para el zonal BA y períodos secos (1921-1975 y 2002-2020) y húmedos (1976-2001) para el zonal LP. De acuerdo con los valores de IP

para las condiciones climáticas establecidas y a su correspondiente distribución espacial, se observa una variación en la productividad de las tierras como consecuencia de cambios en el factor climático. El IP promedio obtenido para el período húmedo (1966-2012) en el noroeste de la provincia de Buenos Aires se encuentra entre 41 y 81 (Figura 3). En tanto que para los períodos secos (1921-1965 y 2013-2020) los valores de IP son inferiores (0-61). El IP promedio obtenido para el período húmedo (1976-2001) en el noreste de la provincia de La Pampa se encuentra entre 31 y 61 (Figura 4), en tanto que para los períodos secos (1921-1975 y 2002-2020) los valores de IP son inferiores (0-41).

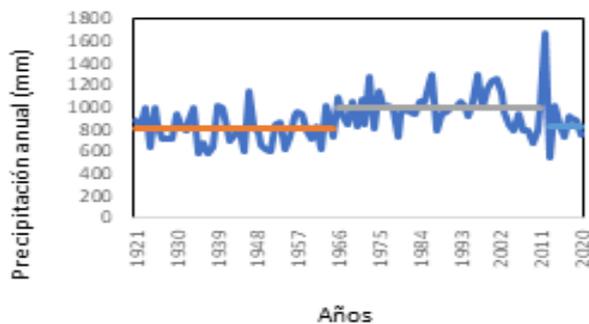


Figura 1. Precipitación media anual zonal BA durante los subperíodos por el método de segmentación de Hubert.

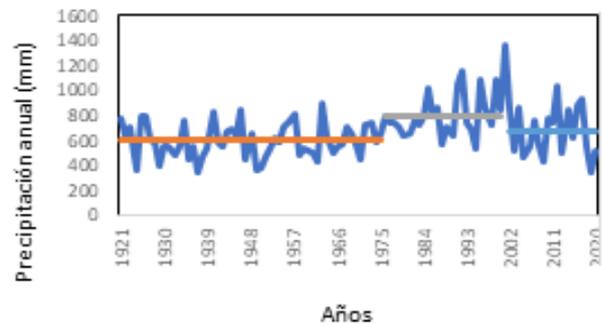


Figura 2. Precipitación media anual zonal LP durante los subperíodos por el método de segmentación de Hubert.

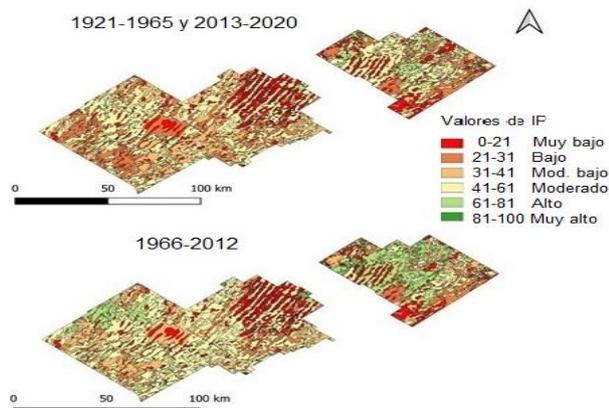


Figura 3. Patrón de distribución de las clases de índice de productividad de las tierras (IP) para los períodos secos y húmedos en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.

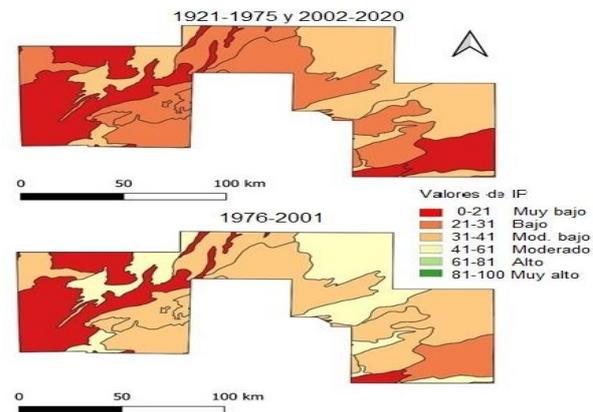


Figura 4. Patrón de distribución de las clases de índice de productividad de las tierras (IP) para los períodos secos y húmedos en el noreste de la provincia de La Pampa.

CONCLUSIÓN

El método de segmentación de series temporales hidrometeorológicas aplicado en la Sub-Región Pampa Arenosa, puso en evidencia que la subregión observó cambios abruptos positivos durante la segunda mitad del siglo XX, y negativos en los primeros años del siglo XXI. Estos cambios la afectan muy significativamente, pasando alternativamente, de un clima de tipo semiárido en las fases secas, al rango pluviométrico inferior de clima tipo húmedo, con estación seca, en las fases húmedas, lo cual influye notablemente su capacidad productiva.

REFERENCIAS

- Alexandersson, H.; Moberg, A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology* 17:25–34.
- Hubert, P.; Carbonnel, P.; Chauouche, A. 1989. Segmentación de las series hidrométricas. Aplicación a las series de precipitaciones y flujos en África Occidental. *Journal of Hydrology* 110:349–367.
- Khaliq, M.N.; Quarda, T.B.M.J. 2007. On the critical values on the standard normal homogeneity test (SNHT). *International Journal of Climatology* 27:681–687
- Riquier, J.; Bramao, L.; Cornet, S. P. 1970. A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity. *FAO Soil Resources, Development and Conserv. Serv. Land and Water Development Division, FAO.*
- Sobral, R.E.; Nakama, V.; de Antueno, L. 2010. Actualización de los índices de productividad de los suelos de la provincia de Buenos Aires. *Actas del XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario.*
- Tasi, H.; Barbagelata, P.; Schulz, G.; Paz González, A. 2010. Índices de productividad específico para maíz como potencial predictor del rendimiento y su variabilidad. *Actualización técnica N° 2 – Maíz, girasol y sorgo 2010, pp 13. Proyecto Regional Agrícola – 630021, INTA - EEA Paraná.*

EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN EL PRONÓSTICO PROBABILÍSTICO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL NORTE PATAGÓNICO

Waisbein*, L.D.¹; González, M.H.^{1,2,3}; Rolla, A.L.^{2,3,4}; Ayala, S.N.^{1,2,3}; Oliveri, P.C.¹; Garbarini, E.M.⁵; Vita Sánchez, M.S.^{1,5}

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, CABA, C1428EGA, Argentina

²CONICET- UBA, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Intendente Güiraldes 2160, CABA, C1428EGA, Argentina

³CNRS – IRD – CONICET – UBA, Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI), Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, CABA, C1428EGA, Argentina

⁴Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, CABA, C1428EGA, Argentina

⁵Servicio Meteorológico Nacional, Av. Dorrego 4019, CABA, C1425GBE, Argentina

*Contacto: ldwaisbein@gmail.com

Palabras clave: pronóstico estadístico; ensamble de modelos; regresión de soporte vectorial

INTRODUCCIÓN

En el norte de la Patagonia argentina, se encuentran las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. En las dos primeras se localizan varias represas hidroeléctricas que aportan a la red eléctrica nacional y la tercera se caracteriza por una producción fruti-hortícola relevante para las economías regionales. Debido a la importancia económica de estas actividades y dado que los pronósticos determinísticos en escala estacional no son precisos, este trabajo busca diseñar un pronóstico que utilice modelos generados mediante diferentes técnicas estadísticas y de aprendizaje automático, comparar su eficiencia y obtener un ensamble cuyo producto final sea un pronóstico probabilístico de precipitación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos mensuales de precipitación para el período 1981-2020 provenientes de diversas fuentes (Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC), Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA)). A partir de esos datos se obtuvieron las series de precipitación acumulada trimestral para tres estaciones localizadas en la cuenca del Limay, cuatro en la cuenca del Neuquén y dos en la cuenca del Negro (Figura 1). Se calculó la precipitación media para cada subcuenca y con las series resultantes se entrenaron los modelos de pronóstico.

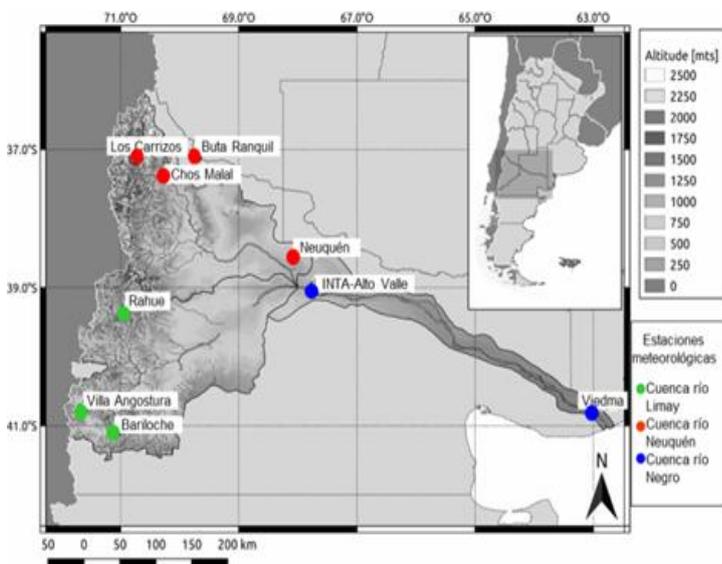


Figura 1. Región de estudio y estaciones utilizadas.

Para definir los predictores se utilizaron datos mensuales provenientes de reanálisis del NCEP de altura geopotencial (HGT) en 1000, 500 y 200 hPa, las componentes zonal y meridional del viento (u, v) en 850 hPa, el contenido de agua precipitable (tcw) y la temperatura de la superficie del mar (SST), considerando sólo aquellos predictores con significado físico. Los predictores se definieron en el mes previo al trimestre a pronosticar, como las variables con correlación significativa estadísticamente entre ellas y la precipitación del trimestre siguiente. Se consideraron sólo predictores independientes entre sí, utilizando la metodología LASSO (operador de selección y contracción mínima absoluta). Las metodologías aplicadas para generar los modelos (James *et al.*, 2013) incluyen regresión lineal múltiple (MLR), modelos aditivos generalizados (GAM), regresión de soporte vectorial (SVR) y redes neuronales (ANN). El período de entrenamiento inicial fue 1981-2010 y la verificación fue realizada para el período 2011-2020; para el pronóstico del año n los modelos fueron entrenados hasta el año $(n-1)$. El ensamble (ENS) se generó con los modelos que explicaban más del

50% de la varianza de la precipitación, es decir, con un coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}) mayor que 0,5 donde n es el número de datos, k es el número de variables predictoras:

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{(n - k - 1)} \quad (1)$$

Para comparar la eficiencia de las diferentes técnicas utilizadas se utilizó la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE) y el error estándar (SE), calculados para cada una de ellas y también para el ensamble. Llamando Yp_i a la precipitación pronosticada y Y_i a la observada, se definen:

$$RMSE = \sqrt{\sum(Yp_i - Y_i)^2/n} \quad (2) \quad SE = \frac{RMSE}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra que el promedio de la RMSE en todos los trimestres es mayor en la cuenca del Limay, lo cual puede relacionarse con la mayor cantidad de precipitación. Es importante señalar que en las cuencas de los ríos Limay y Negro la RMSE más baja se calcula con la técnica SVR (98,9mm, 38,9mm respectivamente), lo que da como resultado una RMSE aún más baja que la de la media del ensamble de modelos (109 mm, 44,3 mm respectivamente). En cuanto a la desviación estándar, la técnica SVR es la de menor dispersión interna en todas las cuencas y la mayor diferencia en los valores se registra para la cuenca del Limay (de 62,2mm en SVR a 74,3mm en la media del conjunto). El error estándar calculado con todos los pronósticos que componen el ensamble, en el período de verificación, se detalla en la Tabla 2. Se observa que la subcuenca del río Neuquén (4,1 mm en promedio) es la que tiene menor valor registrado en comparación con las otras dos (5,5 y 5,2 mm de media). Por otro lado, los mayores errores se observan en invierno y en Limay (9,9 mm en el trimestre may-jun-jul y 10,6 mm en jul-ago-set).

Tabla 1. Raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE) medio de estimación de precipitación por subcuenca y metodología; desviación estándar (DESV) calculada entre los modelos derivados por cada metodología promediada para todos los trimestres. Ref.: *valores más bajos.

Subcuenca	RSME (mm)					DESV (mm)				
	MLR	GAM	SVR	ANN	ENS	MLR	GAM	SVR	ANN	ENS
Limay	111,2	114,4	98,9*	122,3	109,0	69,7	68,3	62,2*	69,6	74,3
Neuquén	46,0*	52,0	47,5	47,6	47,4	36,9	36,3	25,1*	31,7	31,4
Negro	39,6	44,6	38,9*	49,6	44,3	26,7	29,1	20,9*	33,9	31,0

Tabla 2. Error estándar del pronóstico de precipitación (mm) en el período de verificación, media por subcuenca y por trimestre. Los trimestres están notados por las iniciales de los meses que los conforman.

Subcuenca	Error estándar												MEDIA
	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	
Limay	6,9	4,2	5,6	5,1	9,9	3,4	10,6	3,9	5,8	2,4	5,4	3,1	5,5
Neuquén	2,8	2,3	5,8	2,4	4,5	4,2	9,5	4,3	4,6	2,3	2,8	3,3	4,1
Negro	2,8	3,0	3,8	7,4	7,1	5,2	7,2	6,3	4,6	6,6	3,8	4,8	5,2
Media	4,2	3,2	5,1	5,0	7,2	4,3	9,1	4,8	5,0	3,8	4,0	3,7	4,9

CONCLUSIONES

En términos generales, se puede observar que la técnica SVR produce la RMSE más baja y con menor variabilidad entre los modelos obtenidos. Para las cuencas del Limay y del Negro, la RSME obtenida con SVR es incluso menor que para la media del conjunto, mientras que en la del Neuquén son muy similares. Los mayores errores estándar se computaron en invierno en las cuencas del Limay y Neuquén, lo cual resultó importante ya que es la época de mayor precipitación, responsable del aumento del caudal de los ríos y por lo tanto influencia por un lado la producción de energía hidroeléctrica y por otro, ambos ríos colaboran con el aumento de caudal del río Negro y la mayor productividad frutícola en los valles. Estos resultados son interesantes y animan a seguir trabajando para mejorar las previsiones, por ejemplo, definiendo otras arquitecturas de red neuronal y agregando nuevas técnicas al ensamble.

AGRADECIMIENTOS

Al SMN, la AIC y el INTA por los datos utilizados en este trabajo. A los proyectos UBACYT 2020-2022 20620120100003ba y 2017-2019 20020160100009ba por la financiación.

REFERENCIAS

James, G.; Witten, D.; Hastie, T.; Tibshirani, R. 2013. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer, NY, USA. 440 pp. DOI 10.1007/978-1-4614-7138-7.

Área Temática 7

Adversidades Agroclimáticas, Riesgo
y Vulnerabilidad Socioambiental

ANÁLISIS DE DOS EVENTOS DE SEQUÍA Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Accastello*, N.R.¹; Rivera J.A.²; Rivarola, A. del V.¹; Llames, A.A.¹; Patón, L.¹

¹ Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36 - km. 601 / Río IV - Córdoba – 5800 Argentina

² Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CONICET/CCT-Mendoza, Av. Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín, Mendoza – 5500 Argentina

*Contacto: naccastello@ayv.unrc.edu.ar

Palabras clave: producción de secano; déficit hídrico

INTRODUCCIÓN

La superficie de trigo sembrada en el departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba, promedia las 1,6 millones de hectáreas, 2,5 % del total nacional (SPE, 2018), siendo el cultivo invernal más importante en la zona. La producción de secano es la principal forma de producción, por lo que el cultivo está expuesto a insuficiencias en el agua disponible, principalmente ante eventos de sequía en etapas críticas en las que se define el rendimiento. Es por ello que el objetivo de este trabajo es cuantificar el impacto de los eventos de sequía y sus consecuencias de acuerdo al momento de ocurrencia en el cultivo de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de superficie sembrada, cosechada y rendimiento de los últimos 30 años en el Departamento de Río Cuarto, provistos por la Subsecretaría de Agricultura, Dirección Nacional de Estimaciones, Delegaciones y Estudios Económicos (SADNEDEE).

A fin de caracterizar los eventos de sequía en el sur de Córdoba se utilizaron datos de precipitación de 16 estaciones meteorológicas provistos por el Servicio Meteorológico Nacional, Rivarola (2009) y el Sistema Nacional de Información Hídrica en el período 1986-2016 (Figura 1). A partir de estos datos se calculó el índice de precipitación estandarizado (SPI por sus siglas en inglés) (McKee *et al.*, 1993) en escala de tiempo de 1 (SPI 1) y 3 (SPI 3) meses. Se utilizaron estas escalas temporales dado que son la que mejor evidencia del estrés hídrico en los cultivos anuales. A través de un análisis estadístico en las etapas en las que se define el número de granos y posteriormente el llenado de los mismos, dadas a partir de septiembre para esta zona, se comparó el rendimiento anual con la ocurrencia de los eventos de sequía identificados a través del SPI.

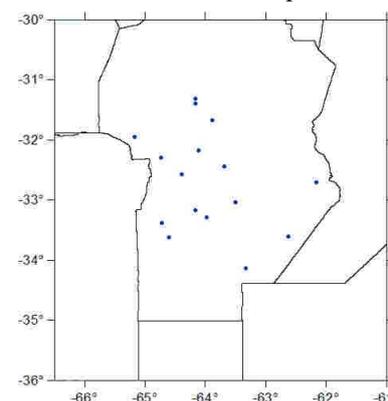


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron dos eventos de sequía de importancia que afectaron el cultivo, uno ocurrido en el año 2003 y otro ocurrido en el año 2013, ambos eventos se sitúan en el período del ciclo fenológico en los que se definen componentes importantes del rendimiento de trigo (Figura 2). Según datos de la SADNEDEE el rendimiento promedio de los últimos 30 años para la zona es de 1694,4 kg ha⁻¹, si bien la superficie sembrada en el año 2003 fue menor se observa una baja muy importante en el rendimiento, llegando a ser 800 kg.ha⁻¹, apenas la mitad del rendimiento promedio para la zona. En el año 2013 la baja en el rendimiento es menor alcanzando 1300 kg ha⁻¹ aunque todavía 394.4 kg. ha⁻¹ menor al promedio.

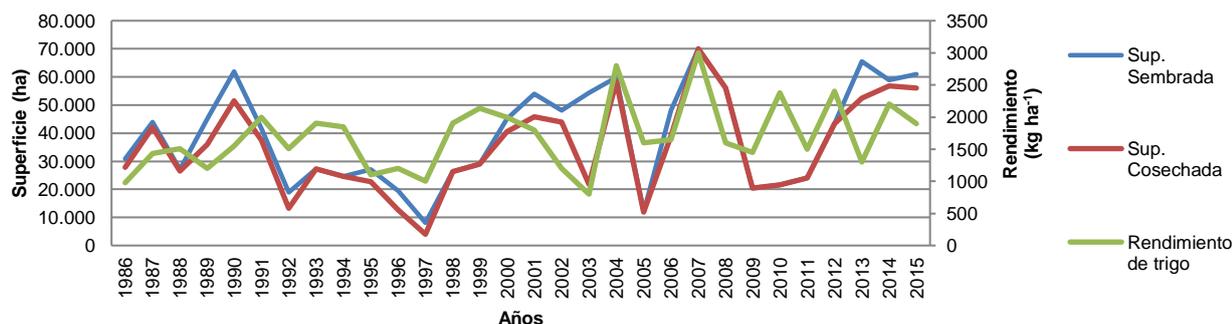


Figura 2. Superficie sembrada, cosechada y rendimiento de trigo para el Departamento de Río Cuarto, Córdoba.



Figura 3. Estaciones con sequía meteorológica ($SPI \leq -1,0$) para la región sur de la provincia de Córdoba en los dos eventos seleccionados. Panel izquierdo: sequía del año 2003; panel derecho: sequía del año 2013.

Para el mes de septiembre de 2003, de un total de 16 estaciones, 14 presentaron sequía meteorológica, 10 evidenciaron sequía moderada de acuerdo con el índice SPI1 (Figura 3), 4 de ellas con condiciones de sequía severa ($SPI 1 \leq -1,5$). Para el mes de octubre, 12 estaciones registraron sequía meteorológica, 5 con condiciones de sequía extrema ($SPI 1 \leq -2,0$) y 5 con sequía severa, 2 con sequía moderada. Para el mes de noviembre se incrementaron las estaciones con sequía extrema (6) y disminuyeron las que presentaron sequía severa (3) y 3 con sequía moderada. En el caso del SPI 3 para el mismo año, en el mes de septiembre se observaron 2 estaciones con sequía, 1 con sequía severa y 1 con sequía moderada. Para el mes de octubre el número ascendió a 15, 9 con sequía extrema 4 sequía severa y 2 sequía moderada. En noviembre, 10 estaciones con sequía extrema 3 sequía severa y 2 sequía moderada. En el caso del evento del año 2013 (Figura 3) para SPI 1 en el mes de septiembre, 8 estaciones presentaron condiciones de sequía meteorológica, 6 de las cuales con sequía moderada y las dos restantes con condiciones de sequía severa. Para el mes de octubre, 2 estaciones registraron sequía meteorológica, 1 con condiciones de sequía severa y 1 con sequía moderada. Para el mes de noviembre, 3 estaciones registraron sequía meteorológica, 1 con condiciones de sequía severa y 2 con sequía moderada. En el caso del SPI 3 para el mismo año, en el mes de septiembre el número de estaciones con sequía meteorológica sube a 15, 4 con sequía extrema, 7 con sequía moderada, 4 con sequía severa. Para el mes de octubre el número descendió a 4 estaciones con sequía, 2 con sequía severa, 2 con sequía moderada. En noviembre sólo una estación registró sequía meteorológica.

CONCLUSIONES

Ambos eventos de sequía meteorológica generaron un impacto en el rendimiento de trigo en el sur de la provincia de Córdoba. Sin embargo, las pérdidas fueron superiores en el evento de sequía ocurrido en el año 2003, que alcanzó valores de sequía extrema en el período de llenado de granos, en cambio el evento ocurrido en el año 2013 tuvo su máxima intensidad en el período de definición del número de granos.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Meteorológico Nacional, a la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación.

REFERENCIAS

- McKee, T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: 8th Conference on Applied Climatology, 1993, Boston, USA.
- Secretaría de Política Económica (/SPE) Subsecretaría de Programación Microeconómica (SSP Micro). 2018. Ministerio de Hacienda – Presidencia de la Nación. 2018. Informes Productivos Provinciales. Córdoba mayo 2018. Año 3 - N° 23.
- Rivarola, A. 2009. Vulnerabilidad agroclimática a la sequía en la región centro-sur de la provincia de Córdoba. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Argentina.

CONSORCIO BACTERIANO CON POTENCIAL NUCLEADOR DE HIELO ASOCIADO A ALMENDROS DE FLORACIÓN TEMPRANA Y TARDÍA EN LA NORPATAGONIA

Basso*, C.N.¹; Alippi, A.²; Lutz, M.C.¹; Forquera, J.C.³; Sosa M.C.¹

¹ CITAAC - CONICET, subsede IBAC, Facultad de Ciencias Agrarias UNCOMA Ruta 151 km 12,5 Cinco Saltos CP: 8303, Argentina

² Centro de Investigaciones de Fitopatología (CIDEFI), Unidad de Bacteriología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP La Plata CP: 1900, Argentina

³ Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas de la FCA UNCOMA, Argentina

*Contacto: carlanahirbasso@gmail.com

Palabras clave: bacterias INA; daño por helada; variedades susceptibles

INTRODUCCIÓN

El cultivo del almendro (*Prunus dulcis*) en regiones de clima templado-frío se encuentra limitado por su nivel de sensibilidad al daño por bajas temperaturas, que aumenta progresivamente desde la activación de yemas florales hasta el fruto cuajado de cerca de 1 cm (Castro y Alday Poblete, 2018). Se conoce que hay grandes concentraciones de bacterias epífitas con actividad nucleadora de hielo (según sus siglas en inglés: INA) (Snyder y Melo-Abreu, 2010; Popović *et al.*, 2021). Las bacterias INA aumentan la temperatura de nucleación de hielo (TNH) por encima de -5 °C (Lindow, 2012), incrementando el daño en los tejidos por helada. Regionalmente, no existen estudios en almendro del consorcio de bacterias INA y su dinámica poblacional asociada al daño por helada.

En este estudio se evaluó la correlación entre poblaciones cultivables de bacterias *Pseudomonas* y *Xanthomonas* con potencial de nucleación de hielo y las condiciones climáticas en los momentos fenológicos de interés y en dos variedades de almendro que presentan floración temprana y tardía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron durante el período de agosto a octubre en cultivos comerciales de almendros de las variedades Guara (floración temprana) y Mardía (floración tardía) situados en Cipolletti, Río Negro (38°56'15.3"S - 68°01'00.3"W). En los estadios fenológicos de yema hinchada (YH), flor abierta (PF), fruto cuajado (FC) y fruto tierno (FJ), considerados críticos para el daño por helada, se muestrearon las estructuras vegetales, en un diseño aleatorizado (n=9 árboles/variedad). Se colocaron 0,1 g tejido vegetal mL⁻¹ de agua estéril en agitación (180 rpm, 1h). Se sembraron 100 µL del sobrenadante en placas de Petri con medios de cultivo King B (KB) para el género *Pseudomonas* y Yeast Dextrose Carbonate agar (YDC) para *Xanthomonas* (Schaad *et al.*, 2001). Las placas se incubaron a 20 °C por 3 d y 4 °C hasta 7 d, como estrategia de selección (Wilson y Walker, 2010), con 3 repeticiones. Se contabilizaron las UFC mL⁻¹ positivas para las características morfológicas diferenciales de cada género, que se confirmaron por pruebas bioquímicas (Schaad *et al.*, 2001). Se calcularon las UFC por g de tejido. Durante el período de muestreo se monitorearon las variables climáticas: temperatura máxima y media, temperatura mínima y media, porcentaje de humedad relativa media, evapotranspiración, e intensidad del viento media a 1 m, registradas en la estación climática automatizada de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCo (39°S; 68°O; asnm: 281 m). Se estudió además la relación con las unidades de enfriamiento (UE) según el método de Richardson (1974). Se compararon las poblaciones bacterianas estimadas considerando el coeficiente de variación, y se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con los estadios fenológicos como individuos y los parámetros: UE y horas de frío acumuladas desde caída de hojas y de 5 d previos al muestreo: UE, precipitación máxima, intensidad media del viento, temperatura mínima y mínima media, evapotranspiración media, temperatura máxima y máxima media y humedad relativa media, con el software libre Infostat (2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de los valores de UFC g⁻¹ de tejido vegetal en función de los estadios fenológicos de cada variedad de almendro, se observa que hubo diferencias en el comportamiento varietal a las poblaciones bacterianas (Tabla 1). El ACP obtuvo una suma de componentes que explican la variabilidad para Guara 79,6 % y Mardía 84 % (datos no mostrados). En la variedad Guara, *Xanthomonas* no tuvo diferencias significativas entre las poblaciones incubadas en las dos condiciones de temperatura, excepto para FJ. Mientras, *Pseudomonas* presentó poblaciones significativamente mayores a 20 °C en YH, PF y FC, igualándose para ambas condiciones de temperatura en FJ. En el análisis de picos poblacionales según el momento fenológico, se estableció para FC la población más numerosa y correspondió a *Xanthomonas*. Por otro lado, la población más numerosa de *Pseudomonas* fue en FC a 20 °C. En el ACP, el estadio FC correlacionó con los mayores valores de temperatura máxima y media y con los menores valores de UE acumuladas, de los 5 d previos al muestreo. En cuanto a Mardía, nuevamente en FC se observó el pico poblacional correspondiente

a *Pseudomonas* a 4 °C, sin diferencias significativas con respecto a 20 °C. En YH la población de *Pseudomonas* aislada a 4 °C fue significativamente mayor a la obtenida a 20 °C. Esto podría ser un indicador de que el potencial nucleador de hielo del consorcio estaría dado por este género presente en todos los estadios fenológicos, y donde la INA se ha descrito ampliamente (Lamichhane *et al.*, 2017). En este sentido, en el último estadio muestreado, los aislamientos sólo crecieron a bajas temperaturas. *Xanthomonas* presentaría el mismo potencial de INA desde PF, con diferencias significativas en poblaciones a 4 °C en FJ. En el ACP, el estadio FJ se correlaciona tanto con mayores temperaturas máximas y mínimas (24,4 y 9,4 °C), así como con precipitaciones dentro de los 5 d del muestreo y las mayores horas de frío y unidades de enfriamiento acumuladas (datos no mostrados). El potencial de nucleación de hielo podría estar dado por la presencia de poblaciones bacterianas con capacidad de crecer a bajas temperaturas, principalmente en el estadio FC para Guara y FJ para Mardía, y que correlacionan con condiciones predisponentes a la disminución de la resistencia a heladas por reducción de solutos, disminución de mecanismos fisiológicos de evitación y tolerancia a la congelación y aumento de poblaciones bacterianas (Snyder y Melo-Abreu, 2010, Kawahara, 2017).

Tabla 1. Poblaciones bacterianas estimadas en diferentes estadios fenológicos de las variedades Guara y Mardía

Estadio fenológico	YH		PF		FC		FJ	
Temperatura de incubación	20°C ¹	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C
Género bacteriano	<i>Pseudomonas</i>							
Variedad Guara	44,4 ²	16,7	138,9	88,9	1766,7	311,0	77,8	100,0
Variedad Mardía	777,8	6550,0	155,6	100,0	38055,6	42277,8	0,0	11,1
Género bacteriano	<i>Xanthomonas</i>							
Variedad Guara	466,7	727,8	400,0	494,4	2911,1	4188,9	588,9	277,8
Variedad Mardía	166,7	0,0	944,4	1061,1	855,6	455,6	377,8	1744,4

¹ Temperatura de incubación en placa con medio de cultivo ² UFC g⁻¹ de tejido.

CONCLUSIONES

En este trabajo se obtuvieron durante los estadios fenológicos YH, FP, FC y FJ, aislados bacterianos con capacidad de crecimiento y desarrollo a bajas temperaturas, destacándose el estadio FC por las poblaciones más numerosas del género *Xanthomonas* en la variedad Guara y el género *Pseudomonas* en Mardía. Dado que ambos géneros bacterianos son capaces de sobrevivir y multiplicarse en asociación con plantas asintomáticas y que se observa una correlación con factores climáticos de pérdida de endurecimiento vegetal, se continúa con estudios que profundicen en las relaciones entre el desarrollo del consorcio microbiano y los daños por heladas en el tejido vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Eduardo Olano por poner a disposición la plantación de almendros del establecimiento “Canelo” y a la Dra. Fernanda Reyes quien con sus aportes enriqueció el trabajo.

REFERENCIAS

- Castro, V.L.; Alday Poblete, S.E. 2018. Reporte sobre el efecto de helada tardía en el rendimiento de la variedad de almendra Guara durante el ciclo productivo 2016-2017 en el departamento de Pocito provincia de San Juan. EEA San Juan, INTA. Consultado 21/07/2022.
- Kawahara, H. 2017. Cryoprotectants and ice-binding proteins. In: Margesin, R. (Ed.) Psychrophiles: from biodiversity to biotechnology. Springer, Cham, USA. 237–257 pp.
- Lamichhane, J.R.; Varvaro, L.; Parisi, L.; Audergon, J.M.; Morris, C.E. 2014. Disease and frost damage of woody plants caused by *Pseudomonas syringae*: seeing the forest for the trees. *Advances in agronomy* 126: 235–295.
- Lindow, S.E. 2012. Epiphytic ice nucleation-active bacteria. In *Phytopathogenic Prokaryotes*. MS Mount and GH Lacy, (Eds.). Academic Press. New York, USA. 335–362 pp.
- Popović, T.; Menković, J.; Prokić, A. 2021. Isolation and characterization of *Pseudomonas syringae* isolates affecting stone fruits and almond in Montenegro. *Journal of Plant Diseases and Protection* 128: 391–405.
- Richardson, E.A.; Seeley, S.D.; Walker, D.R. 1974. A model for estimating the completion of rest for “Redhaven” an “Elberta” peach trees. *HortScience* 9: 331–332
- Schaad, N.W.; Jones, J.B.; Chun, W. 2001. Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria. American Phytopathological Society (APS Press), Minnesota, USA, 84–117, 175–199 pp.
- Snyder, R.L.; Melo-Abreu, J.P.; Villar, J.M. 2010. El daño producido por las heladas: Fisiología y temperaturas críticas. In: Snyder, R.L. and Melo-Abreu, J.P. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Serie FAO sobre el Medioambiente y la Gestión de los Recursos Naturales. Roma, Italia. 73–98 pp.
- Wilson, S.L.; Walker, V.K. 2010. Selection of low-temperature resistance in bacteria and potential applications. *Environmental Technology* 31(8-9): 943–956.

PRONÓSTICO ESTADÍSTICO DE LA RESERVA DE AGUA DEL SUELO EN LA REGIÓN PAMPEANA

Castañeda*, M.E.^{1,3}; González, M.H.^{1,2}; Spescha, L.B.⁴; Fernández Long, M.L.⁴; Rolla, A.L.²

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. FCEyN, UBA. Edificio Cero + Infinito. Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria. C1428EHA, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

² Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera. CIMA (CONICET-UBA). Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, Pabellón II, 2do. Piso. C1428EHA, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁴ Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (FAUBA)

*Contacto: eliza@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: humedad del suelo; pronóstico estadístico; forzantes climáticos

INTRODUCCIÓN

Las oscilaciones climáticas interanuales e interestacionales repercuten en una alta variabilidad en la producción de cultivos y pasturas. La interacción entre la oferta de agua, su infiltración y retención en el suelo, y la demanda de agua por la evapotranspiración, determinan la reserva o almacenaje de agua en el suelo (RES). El objetivo general del trabajo es formular una metodología de pronóstico de escenarios de disponibilidad de agua del suelo en la región pampeana considerando a la par aspectos de la variabilidad climática interanual y la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos climáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estimó la reserva de agua del suelo mensual para octubre, noviembre y diciembre sobre el período 1979-2017, para 32 estaciones meteorológicas de la región pampeana, utilizando el modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (Fernández Long *et al.*, 2012). Se regionalizó el área de estudio con el método de agrupamiento de Ward (1963) aplicado para cada uno de los meses, generando en cada caso cuatro regiones prácticamente similares, que fueron al final delineadas de acuerdo con las condiciones agronómicas contenidas (Figura 1).

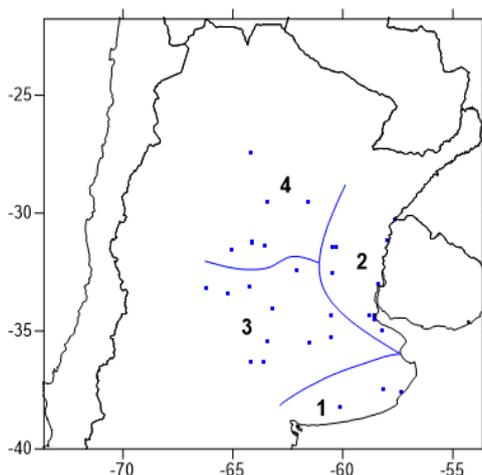


Figura 1. Distribución geográfica de las estaciones y los clusters definidos.

Se correlacionaron las RES medias sobre cada región con distintas variables atmosféricas y de superficie que afectan a la humedad del suelo, produciendo predictores. Las variables son caracterizadas con valores medios mensuales de los NCEP-NCAR Reanalysis, (Kalnay *et al.*, 1996). Con los predictores independientes definidos para cada mes y región, se generaron modelos estadísticos utilizando tres metodologías: la regresión lineal múltiple (RLM) con la metodología *backward elimination*, los modelos aditivos generalizados (GAM) (Wood, 2006) y la Regresión de Soporte Vectorial (SVR) (James *et al.*, 2013). Se combinaron ensambles con aquellos modelos que se desempeñaron con condiciones de eficiencia determinadas evaluando el error cuadrático medio y el coeficiente de validación cruzada. Se generaron pronósticos categóricos utilizando terciles de RES “observada” que determinaron 3 clases (alta, normal y baja) con los percentiles del 80% y 20%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de aciertos estimados para cada modelo no permitieron discernir cuál modelo es el que mejor caracteriza la RES en cada cluster (datos no presentados en este resumen). Se calcularon índices de eficiencia para cada categoría: la probabilidad de detección (POD) y la relación de falsa alarma (FAR). Para condiciones por encima de la normal, la metodología GAM caracteriza mejor la humedad para todos los meses de estudio, en general en todos los clusters, con menos preferencia para el cluster 1 (Tabla 1). El modelo RLM tiene mejor desempeño en condiciones normales mientras que el menos representativo fue el modelo obtenido a partir de SVR.

Tabla 1. Valores de los índices de eficiencia probabilidad de detección (POD) y la relación de falsa alarma (FAR) para cada categoría (alta media y baja) para cada mes, para cada uno de los cuatro clusters y los tres modelos de pronóstico analizados. En verde se señalan las mejores estimaciones.

OCTUBRE	RLM			GAM			SVR					
	baja	normal	alta	baja	normal	alta	baja	normal	alta			
CLUSTER 1	POD	0,25	0,83	0,63	POD	0,63	0,83	0,13	POD	0,75	0,70	0,38
	FAR	0,50	0,41	0,38	FAR	0,17	0,24	0,67	FAR	0,40	0,30	0,50
CLUSTER 2	POD	0,63	0,91	0,63	POD	0,38	0,70	0,75	POD	0,25	0,83	0,50
	FAR	0,00	0,22	0,29	FAR	0,57	0,30	0,33	FAR	0,50	0,34	0,33
CLUSTER 3	POD	0,50	0,78	0,63	POD	0,63	0,78	0,63	POD	0,50	0,87	0,50
	FAR	0,33	0,28	0,38	FAR	0,44	0,22	0,29	FAR	0,43	0,26	0,20
CLUSTER 4	POD	0,75	0,87	0,75	POD	0,50	0,87	0,75	POD	0,25	0,87	0,75
	FAR	0,14	0,17	0,25	FAR	0,43	0,23	0,00	FAR	0,00	0,29	0,00
NOVIEMBRE	RLM			GAM			SVR					
	baja	normal	alta	baja	normal	alta	baja	normal	alta			
CLUSTER 1	POD	0,50	0,87	0,63	POD	0,63	0,74	0,50	POD	0,88	0,83	0,25
	FAR	0,20	0,26	0,29	FAR	0,38	0,29	0,43	FAR	0,00	0,27	0,67
CLUSTER 2	POD	0,63	0,91	0,38	POD	0,75	0,87	0,50	POD	0,50	0,78	0,13
	FAR	0,17	0,28	0,25	FAR	0,33	0,23	0,00	FAR	0,33	0,38	0,75
CLUSTER 3	POD	0,63	0,83	0,38	POD	0,63	0,83	0,38	POD	0,75	0,87	0,25
	FAR	0,38	0,30	0,25	FAR	0,38	0,30	0,25	FAR	0,25	0,29	0,33
CLUSTER 4	POD	0,25	0,87	0,63	POD	0,50	0,87	0,75	POD	0,25	0,78	0,25
	FAR	0,31	0,33	0,29	FAR	0,33	0,23	0,14	FAR	0,50	0,40	0,60
DICIEMBRE	RLM			GAM			SVR					
	baja	normal	alta	baja	normal	alta	baja	normal	alta			
CLUSTER 1	POD	0,50	0,91	0,50	POD	0,25	0,87	0,63	POD	0,25	0,91	0,63
	FAR	0,20	0,28	0,20	FAR	0,60	0,31	0,00	FAR	0,50	0,30	0,00
CLUSTER 2	POD	0,50	0,87	0,25	POD	0,38	0,87	0,50	POD	0,63	0,87	0,75
	FAR	0,20	0,33	0,50	FAR	0,00	0,31	0,43	FAR	0,29	0,20	0,14
CLUSTER 3	POD	0,13	0,91	0,50	POD	0,50	0,83	0,88	POD	0,25	0,78	0,50
	FAR	0,50	0,34	0,20	FAR	0,33	0,21	0,22	FAR	0,50	0,36	0,43
CLUSTER 4	POD	0,38	0,78	0,75	POD	0,50	0,83	0,88	POD	0,50	0,74	0,75
	FAR	0,40	0,25	0,33	FAR	0,33	0,24	0,22	FAR	0,43	0,26	0,33

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares presentados en este trabajo permiten pensar que se puede comenzar a resolver un problema concreto para el sector agropecuario en todos los niveles de decisión, que es el poder estimar la reserva de agua del suelo (RES) al comienzo de cada campaña agrícola. Este dato es de vital importancia ya que permitiría la toma de decisiones de manejo del suelo, teniendo en cuenta que en la región pampeana la agricultura que mayoritariamente se realiza es bajo secano.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos UBACYT 20620170100012BA y UBACYT 20020190100090BA, Al Servicio Meteorológico Nacional por el suministro de los registros meteorológicos,

REFERENCIAS

- Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatan, I.; Murphy, G.M. 2012. Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA), Revista Agronomía & Ambiente 32(1–2):31–47.
- James, G. *et al*, 2013. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R, Springer, USA.
- Kalnay, E. *et al*, 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis Project, BAMS 77:437–470.
- Ward, J.H. 1963. Hierarchical groupings to optimize an objective function, Journal of the American Statistical Association, 58; 236–244.
- Wood, S. 2006, Generalized Additive Models: An Introduction with R, CRC Press, Taylor & Francis, 2nd edition, 474p.

ZONIFICACIÓN GRANICERA DEL VALLE DE TULUM, SAN JUAN

Castro, J.G.; Caretta, A.I.; Albors, C.M.

Cátedra de Climatología Agrícola, Departamento de Agronomía FI. UNSJ. Av. Libertador Gral. San Martín 1109 (o). Capital San Juan, Argentina

*Contacto: josegcastro1995@gmail.com

Palabras clave: adversidad; San Juan; tomate

INTRODUCCIÓN

Dentro de las precipitaciones el granizo tiene un capítulo aparte, tanto por su capacidad de generar impacto en la agricultura como por sus peculiaridades. Aunque sus efectos son muy localizados espacial y temporalmente, pueden producir importantes pérdidas en la agricultura (Peña-Beltrán y Pabón-Caicedo, 2020). Generalmente las tormentas de granizo se originan en nubes cúmulos que tiene un gran desarrollo vertical, conocidas como cumulonimbus. En tormentas de granizo, el límite superior de las nubes a menudo se eleva hasta alturas de 12000 metros, (Frisby, 1964).

Desde el punto de vista agronómico el daño de este fenómeno es físico y económico. El primero se refiere a la cantidad de órganos afectados, es decir, número de granos caídos de un racimo, de frutos, de flores, etc. El daño físico depende principalmente de la especie vegetal y el estadio fenológico en que se encuentra el cultivo. En general se puede afirmar que el daño será mayor cuanto más avanzado este el ciclo del cultivo (Doswell *et al.*, 1996). El daño económico refleja el perjuicio ocasionado por los órganos afectados y la pérdida de valor comercial de la producción remanente.

La provincia de San Juan tiene una superficie de 89.651 km², prima un relieve montañoso intercalado por valles bajo un clima templado y seco, con una marcada escasez de cursos hídricos superficiales. (Fundación Bataller, s/f). En los oasis predomina la actividad agrícola donde se destaca la viticultura, actividad que identifica a la provincia. Además, tiene gran protagonismo la olivicultura, siendo la segunda actividad agrícola en importancia en la provincia de San Juan. Después de las hortalizas y las pasturas. (CNA, 2018). El Valle de Tulum con su clima árido cuenta con precipitaciones anuales que no superan los 90 mm. La época de ocurrencia de granizo va de octubre a abril, mientras que la máxima probabilidad de caída de granizo se da en enero.

La provincia de San Juan tiene actualmente en vigencia un seguro contra granizo para los productores de tomate industria, el cual es administrado por la Asociación Tomate 2000 (AT2000) y financiado por los mismos productores. El presente proyecto de investigación buscó ajustar los índices que actualmente son usados por la AT200, intentando generar una prima que represente un importe accesible al asegurado y permitir al asegurador la acumulación de un fondo para afrontar los siniestros. Por este motivo este trabajo tuvo como objetivo realizar una zonificación de las áreas de cultivo de tomate en la provincia de San Juan, Argentina, según la frecuencia de ocurrencia de granizo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajo con los datos aportados por la AT2000 de las temporadas 2009/10 a 2020/21. Los datos fueron superficie implantada por temporada y por departamento, productores y ubicación de la propiedad, superficie total por productores, número de eventos de caída de granizo, superficie dañada por granizo y superficie indemnizada. Todos los datos fueron analizados y trabajados sobre planillas de Excel 2016 y la información obtenida a partir de este análisis se plasmó en mapas físico-político de la provincia de San Juan mediante el uso del programa Qgis. También se realizó un análisis, con el objeto de dar precisión a los índices utilizados para el pago de la prima anual. Para ello se trabajó con el número de sucesos por temporada y con la superficie indemnizada por departamento. El análisis se centró en determinar el número de temporadas con superficie indemnizada y dividirla por la totalidad de temporadas evaluadas, obteniendo un porcentaje de incidencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de frecuencia arrojó como resultado que Médano de Oro (10,73), y los departamentos de Pocito (2,89) y 25 de Mayo (1,18) son las de mayor frecuencia. Mientras que los departamentos de Sarmiento (0,09), Caucete (0,18) y Angaco (0,27) en contraposición son las de menor frecuencia (Figura 1).

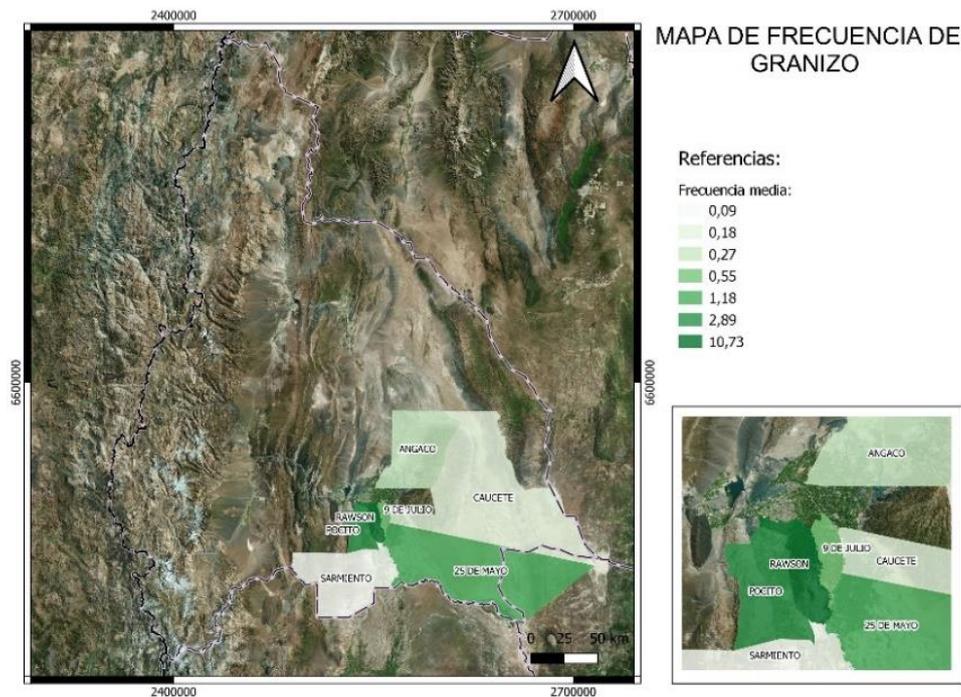


Figura 1. Mapa de frecuencia de granizo (2009-2021), en tonalidades más oscuras se indican mayor frecuencia.

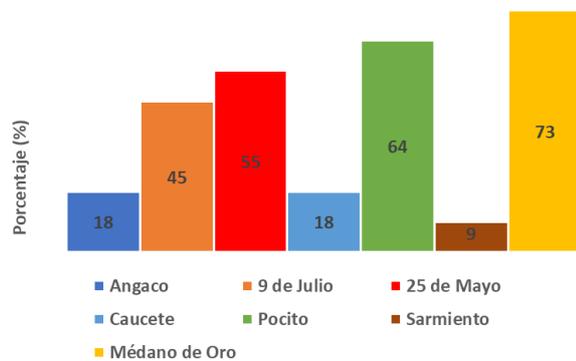


Figura 2. Incidencia en las zonas bajo estudio.

El grado de incidencia de granizo alcanzado en Médano de Oro fue del 73% (ocho de los 11 años con daños indemnizables), Pocito con un 64% (siete de los 11 años), 25 de Mayo con el 55% (seis de los 11 años con daños indemnizables), y 9 de Julio con el 45% (cinco de los 11 años con daños indemnizables). A través del estudio de la incidencia del granizo en el cultivo de tomate en cada departamento, se obtuvo como resultado que tiene una mayor incidencia en el departamento de Pocito, luego Médano de Oro seguido de 25 de Mayo. A la luz de los resultados podemos ver que no es suficiente considerar la frecuencia de caída de granizo en el cálculo de la prima de seguro, dada la alta variabilidad de esta adversidad en el Valle de Tulum hace necesario introducir otros aspectos como la incidencia en su obtención así poder dar una mayor precisión al cobro de la prima de seguro a los productores.

CONCLUSIÓN

Se puede concluir que los departamentos del Valle de Tulum muestran una gran variabilidad en cuanto ocurrencia y distribución espacial de eventos de granizo. Se detectan zonas con menor riesgo de ser afectadas por granizo como Caucete y Angaco. Por el contrario, en Médano de Oro, Pocito y 25 de Mayo la prima de seguro deberá ser mayor debido a un mayor riesgo de ocurrencia e incidencia.

REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). 2018. 2021. Censo Nacional Agropecuario (CNA) 2018: resultados definitivos. (2021) 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos. (Documento en línea). https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_definitivos.pdf.
- Doswell, C.A.; Brooks, S.E.; Maddox, R.A. 1996. Previsión de inundaciones repentinas: una metodología basada en ingredientes. *Weather. Pronósticos* 11: 360–381.
- Frisby, E.M. 1964. A study of Hailstorms of the Upper Great Plains of the North American Continent. *Weatherwise* 17 (2): 68–73.
- Ortiz Maldonado, A.; Colombo, A.; Garretón, M. 1991. El distanciamiento entre cultivos como método pasivo de defensa contra el granizo. *Apuntes de cátedra*.
- Peña-Beltrán, Z.Y.; Pabón-Caicedo, J.D. 2020. Climatología de las granizadas en Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 259-282. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.75438>
- Fundación Bataller. 2010. *Agricultura. San Juan al Mundo*. <https://www.sanjuanalmundo.org/articulo.php?id=16081>.

¿DE DONDE VIENE EL VIENTO EN ARGENTINA?

Lúgaro*, T.; Peretti, M.; Barnatán, I.; Fernández Long, M.E.

UBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola FAUBA, Av. San Martín 4453 CABA, Argentina

*Contacto: tlugaro@agro.uba.ar

Palabras clave: dirección; variabilidad espacial; climatología

INTRODUCCIÓN

El viento es una variable meteorológica de gran importancia en el sistema climático, ya que es el encargado de compensar las diferencias de presión en la atmósfera provocadas por el calentamiento desigual de la superficie. La dirección del viento en Argentina tiene una gran variabilidad debido a la gran extensión latitudinal, la variedad de biomas, el relieve, y la influencia de dos anticiclones, o células de alta presión, que poseen similar intensidad posicionamiento y extensión latitudinal. Uno se localiza sobre el océano Atlántico y otro sobre el océano Pacífico (Prohaska, 1976). En verano sobre el noroeste de la Argentina y el sur de Bolivia se forma un ciclón o baja continental comúnmente conocido como baja del Noroeste y la circulación media de los vientos asociados con ambos anticiclones subtropicales se desplaza hacia el Sur, hasta una zona de transición. En invierno vuelven a retirarse al norte (Barros y Perczyk, 2006).

En Argentina existen pocos estudios que caractericen la dirección del viento y, en general, están asociados a escalas locales o regionales o no describen el viento en superficie. Entre ellos se destacan: (1) el trabajo realizado en Puerto San Julián, donde se analizó la dirección del viento en dos emplazamientos eólico (Gonzalez *et al.*, 2016), y (2) una descripción de la dirección e intensidad del viento medio mensual en Trelew (Cúneo *et al.*, 2019). Por otro lado, hay trabajos que caracterizan la dirección del viento a escala global a una altura geopotencial de 925 hPa a partir de datos de reanálisis del I NCEP/NCAR como el de Espinoza *et al.* (2020). El objetivo de este trabajo es caracterizar la dirección del viento a 10 metros de altura en todo el país con datos observados en estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizaron datos de observaciones horarias de dirección e intensidad de viento a 10 metros de altura, provenientes de 45 estaciones meteorológicas de la red de estaciones del SMN. Para la selección de sitios del SMN en primer lugar se verificó la homogeneidad de los datos en el periodo 2000-2020 para evitar errores producidos por cambios temporales o permanentes de instrumental en los sitios de observación. Es sabido que en periodos de tiempos recientes es más probable encontrar menos datos faltantes y series de datos más consistentes, de este modo se pudo asegurar una buena calidad de la base de datos y del posterior análisis estadístico. En segundo lugar, se evaluó el número de datos faltantes, para lo cual se seleccionaron las estaciones con menos de 10% de datos faltantes con respecto al total. En tercer lugar, se seleccionaron las estaciones que no tuvieron cambios bruscos en los valores medios, basándonos en el análisis de datos históricos realizado por Peretti para su tesis de maestría (M. Peretti, comunicación personal, 13 de agosto de 2021) y se descartaron las estaciones con alta variabilidad en cuanto a esos parámetros. Posteriormente se calcularon las frecuencias relativas de siete niveles de intensidad de viento en las 16 direcciones principales. Luego se graficaron rosas de los vientos para cada una de las estaciones del SMN y se eligieron algunas representativas para las distintas regiones del país. Finalmente se realizó un mapa con las rosas de los vientos de las estaciones representativas elegidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del mapa obtenido es posible observar que en algunas regiones existen direcciones predominantes, mientras que en otras la dirección del viento es muy variable y no se observan patrones espaciales definidos (Figura 1). En las zonas donde el relieve es muy heterogéneo la dirección del viento varía mucho entre sitios cercanos, como es el caso del centro-oeste del país, donde debido a la presencia de la cordillera al Oeste y las sierras de Córdoba al Este, no se observa una dirección que predomine entre sitios. También sucede en las provincias de Catamarca, La Rioja y Tucumán, donde no se encontró una dirección predominante en ninguno de los sitios de observación por lo que se decidió incluirlos del análisis. En el centro del país, en las provincias de Córdoba y La Pampa, se encontraron vientos predominantes del sector norte. En el noroeste se detectó una predominancia leve de los vientos provenientes del noreste, y esto puede deberse a el centro de baja presión conocido como “El ciclón del NOA”. de la región. Esto podría explicarse por la presencia del Anticiclón del Atlántico, que produce el ingreso de vientos cargados de humedad desde Brasil. En la región del sur de Buenos Aires, se observan vientos predominantes del sector noroeste, que pueden deberse a la acción del Anticiclón del Atlántico.

A partir de los 40° de latitud sur, en toda la Patagonia, los vientos son predominantemente del oeste, con ligeras variaciones entre el noroeste y el sudoeste entre las distintas latitudes por la presencia de la cordillera andina. En las

rosas de los vientos de esa región se ve también una mayor frecuencia relativa de vientos mayores a 30 km/h, que corresponde a la zona con mayor intensidad de vientos del país. Con respecto a los trabajos consultados se puede observar una semejanza en la dirección predominante en la Patagonia, el centro y el noreste del país en el trabajo realizado para toda Sudamérica (Espinoza *et al.*, 2020), como también en los realizados en la Patagonia (González *et al.*, 2016; Cúneo *et al.*, 2019).

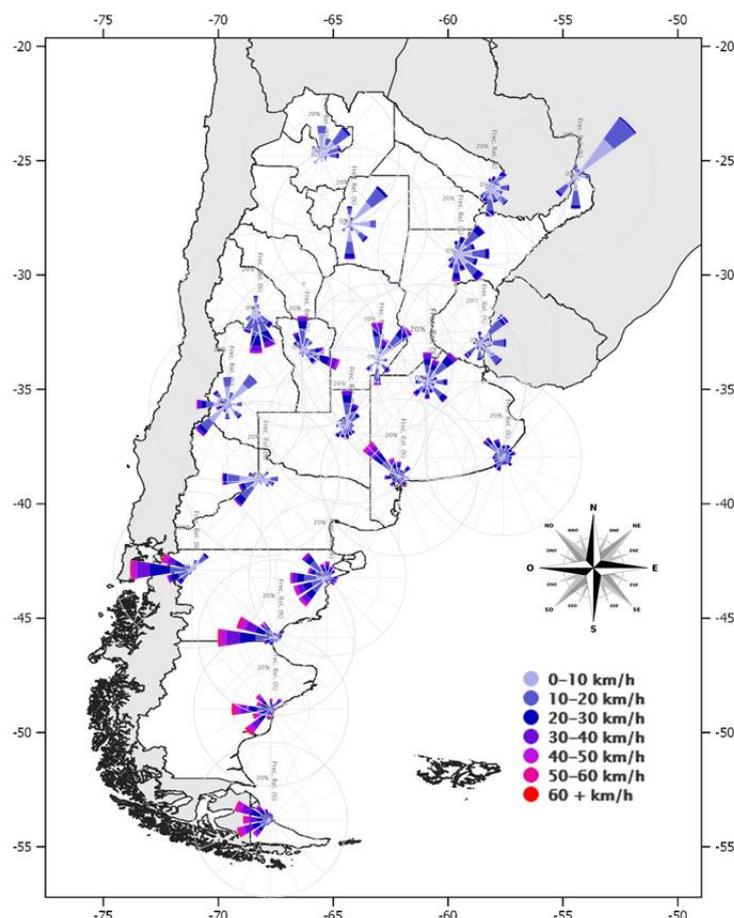


Figura 1. Mapa de la Argentina con las rosas de los vientos de las estaciones del SMN seleccionadas. Los colores en las rosas de los vientos representan la frecuencia relativa según el rango de intensidad.

CONCLUSIONES

Por medio de este trabajo se consiguió caracterizar la dirección del viento de superficie con datos observados en Argentina, y realizar un mapa resumiendo los principales patrones dominantes de cada región, de manera de visualizar rápidamente estos comportamientos. Se observa una clara predominancia de los vientos del noreste en el noreste del país, del oeste en la Patagonia, y vientos variables debido al relieve en el centro y oeste del país.

REFERENCIAS

- Barros, V.; Perczyk, D. 2006. República Argentina: Vulnerabilidad a Cambios Climáticos e Hidrológicos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable e Instituto Torcuato Di Tella. Buenos Aires, Argentina.
- Cúneo, L.M.; Cerne, S. B.; Llano M.P. 2019. Estudio preliminar de las características del viento medio mensual en Trelew. *Revista Meteorológica* 44 (1):66– 80.
- Espinoza, J.C.; Garraud, R.; Poveda, G.; Arias, P.A.; Molina-Carpio, J.; Masiokas, M.; Viale, M.; Scaff, L. 2020. Hydroclimate of the Andes Part I: Main Climatic Features. *Front. Earth Sci.* 8:64. doi: 10.3389/feart.2020.00064.
- González, J.F.; Oliva, R.; Cárdenas, G.; Cortez, N. 2016. Mediciones de intensidad y dirección del viento en dos emplazamientos de Puerto San Julián Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente 4: 06.127-06.138.
- Otero, F.; Cerne, S.B.; Campetella, C. 2017. Estudio preliminar de la velocidad del viento en San Julián en referencia a la generación de energía eólica. *Revista Meteorológica* 42:59–79.
- Prohaska, F. 1976. The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. In: W. Schwerdtfeger (ed.), *Climates of Central and South America*. *World Survey of Climatology* 12:13–112

RÉGIMEN DE HELADAS METEOROLÓGICAS Y AGROMETEOROLÓGICAS PARA LA REGIÓN CENTRAL DEL ÁREA AGRÍCOLA DE LA PAMPA

Méndez*, M.^{1,2}; Vergara, G.¹; Casagrande, G.¹

¹ Facultad de Agronomía, UNLPam, Ruta Nacional 35 km 334, Santa Rosa, La Pampa, CP: 6300, Argentina

² Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (UNLPam-CONICET)

*Contacto: marianomendezz@hotmail.com

Palabras clave: adversidad; daño bajas temperatura; Índice Criokindinoscopico; peligrosidad

INTRODUCCIÓN

La helada es una adversidad importante que afecta la producción de cultivos. Desde el punto de vista meteorológico se considera helada a todo descenso térmico igual o inferior a 0 °C medido en abrigo meteorológico (Fernández Long y Barnatán, 2013; UBA 2022). Mientras que, helada agrometeorológica (agronómica o de césped) es todo descenso térmico igual o inferior a 0 °C medido a 0,05 m del suelo (Mancini *et al.*, 2006). La helada agrometeorológica permite evaluar el impacto de las bajas temperaturas en los primeros estadios de los cultivos y en cultivos rastreros (Casagrande *et al.*, 2001). En La Pampa se siembran cultivos invernales (Trigo "*Triticum aestivum*", Cebada "*Hordeum vulgare*") resistentes a las heladas durante su periodo vegetativo y sensibles a las mismas durante su periodo reproductivo (octubre en adelante). De octubre a diciembre se siembran cultivos estivales (Maiz "*Zea mays*", Soja "*Glycine max*") con escasa a nula resistencia a las heladas. La primera helada del año afecta el final del ciclo de los cultivos estivales cuando estos son sembrados de manera tardía (diciembre). La última helada del año afecta a los cultivos de verano en los primeros estadios cuando son sembrados en la primavera temprana (octubre) y a los cultivos invernales en su etapa reproductiva. Las heladas invernales intensas, cuando superan el umbral de daño por baja temperatura propio de cada especie, afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos invernales. Lo anteriormente expuesto muestra que, el régimen de heladas actualizado permite una adecuada planificación de las especies y fechas de siembras a ser utilizadas en una región. También se debe tener en cuenta que, las temperaturas medias y extremas se están modificando en distintas partes del mundo producto del cambio climático. Esto plantea la necesidad de evaluar el posible impacto del cambio climático en el régimen de heladas del centro de La Pampa. Los objetivos del presente trabajo fueron actualizar el régimen de heladas meteorológicas y agrometeorológicas para el centro del área agrícola de La Pampa y evaluar el impacto del cambio climático sobre el mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se utilizaron los registros de temperaturas mínimas diarias en abrigo meteorológico a 1,5 m de altura (periodo 1977-2021) y a 0,05 m de altura (periodo 2000-2021) de la estación agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la UNLPam, ubicada en Santa Rosa La Pampa (36°37'S, 64°17'O y 165 msnm). A partir de los registros de temperaturas mínimas se determinaron las fechas de primera y última helada de cada año (FPHA y FUHA) y se calculó la fecha media de primera y última helada (FMPH y FMUH), sus respectivos desvíos estándar, la fecha extrema de primera y última helada, el periodo medio con heladas y el periodo medio libre de heladas. De los registros de temperaturas mínimas diarias de la serie se obtuvieron las temperaturas mínimas absolutas anuales y de estas la temperatura mínima absoluta anual media y su desvío estándar. A partir de estos dos últimos parámetros se calcularon los ICK de heladas invernales para cultivos anuales y perennes con las siguientes ecuaciones:

$$ICK \text{ heladas invernales cultivos anuales} = TMAAM - (TMAAM \times 0,84116) \quad \text{Ec. (1)}$$

$$ICK \text{ heladas invernales cultivos perennes} = TMAAM - (TMAAM \times 1,6448) \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde: TMAAM, temperatura mínima absoluta anual media. Las fechas de primera y última helada del año se representaron en gráficos de líneas y se ajustaron líneas de tendencias a fin de determinar el atraso o adelanto de las fechas de primeras y últimas heladas del año. El grado de asociación entre las fechas de primeras y últimas heladas meteorológicas y agrometeorológicas se evaluó mediante el análisis de correlación. Para los análisis se utilizó el programa Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fechas de primera y última helada meteorológica y agrometeorológica, en el periodo analizado, no mostraron tendencia a adelantarse o atrasarse ($p > 0,05$, Figura 1). Las FMPH (FMUH) agrometeorológica en el 95 % de los años ocurrieron antes (después) que las heladas meteorológicas. Este resultado responde a la variación de la temperatura con la altura durante la noche, cuando las temperaturas a 5 cm de altura son menores a las de 1,5 m de altura. Las fechas de heladas meteorológica y agrometeorológica no mostraron ningún tipo de asociación, tanta para las primeras como para las últimas heladas ($p > 0,05$).

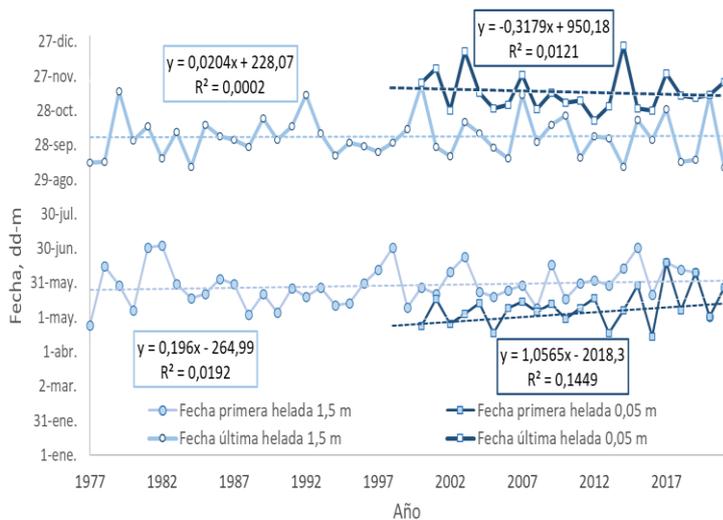


Figura 1. Fechas de primeras y últimas heladas meteorológicas y agrometeorológicas en Santa Rosa, La Pampa.

Tabla 1. Régimen de heladas meteorológicas (1977-2021) y agrometeorológicas (2000-2021)

Parametro	Helada	Helada
	Meteorológica	Agrometeorológica
	1,5 m altura	0,05 m altura
FMPH	7 de may.	12 de abr.
SD	+/- 19 días	+/- 18 días
FEPH (año)	30 mar. (1977)	20 feb. (1996)
FMUH	26 sep.	1 nov.
SD	+/- 21 días	+/- 19 días
FEUH (año)	14 nov. (2000)	22 dic. (2014)
PMCH	142 días	203 días
SD	+/- 28 días	+/- 23 días
PMLH	223 días	148 días
SD	+/- 28 días	+/- 27 días
TMAAM	-7,2 °C	-10,9 °C
SD	+/- 1,8 °C	+/- 2,3 °C
TMAP (año)	-11,6 (2007)	-15,2 (2007)
ICK lca	-8,6 °C	-11,9 °C
ICK lcp	-10,2 °C	-14,7 °C

Donde, FMPH fecha media primera helada, SD desvío estandar, FEPH fecha extreme primera helada, FMUH fecha media ultima helada, FEUH fecha extrema última helada, PMCH periodo medio con heladas, PMLH periodo medio libre de heladas, TMAAM temperatura minima absoluta anual media, TMAP temperatura minima absoluta del periodo, ICK lca ICK invernal cultivos anuales e ICK lcp ICK invernal cultivos perennes

La FMPH agrometeorológica ocurrió 25 días antes que la FMPH meteorológica y la FMUH agrometeorológica ocurrió 35 días después de la FMUH meteorológica (Tabla 1). Esto determinó que el periodo medio libre de heladas agrometeorológicas se reduzca 75 días respecto del meteorológico. El desvío estándar de las fechas medias de heladas meteorológicas y agrometeorológicas osciló entre 19 y 21 días, lo que determina alta variabilidad (incertidumbre) en la fecha de ocurrencia de las primeras y últimas heladas del año. La FMPH y FMUH meteorológica obtenidas en este estudio fueron 8 y 2 días posteriores a las reportadas por Fernández-Long et al. (2016) para Santa Rosa en el periodo 1950-2012. Mientras que, la FMPH y FMUH agrometeorológica fueron 7 y 5 días anteriores a las reportadas por Fernández-Long et al. (2016). El ICK invernal para cultivos anuales a 0,05 m fue 3,3 °C inferior al calculado con los registros en abrigo meteorológico. Estas diferencias entre ICKs invernales a distintas alturas muestran la fuerte estratificación de la atmosfera cerca del suelo durante el periodo invernal. Los ICKs a 0,05 cm deben ser considerados para la implantación de cultivos anuales y perennes. Aquellos cultivos invernales que en sus primeros estadios tengan una temperatura mínima letal por encima del ICK a 0,05 (por ejemplo, Colza "*Brassica napus*") deben ser sembrados a principios de otoño para evitar daños por heladas intensas. Las fechas de siembra entre fines de otoño e inicio de invierno, para cultivos con temperaturas mínimas letales por encima del ICK, tienen alta probabilidad de que dichos cultivos resulten afectados por heladas intensas. Los ICKs invernales a 1,5 y 0,05 m de altura encontrados fueron entre 0,1 y 2,2 °C superiores a los reportados por Casagrande et al. (2001) para Anguil en el periodo 1973-1998.

CONCLUSIONES

En la región central del área agrícola de La Pampa no se observan tendencias que indiquen un adelanto o retraso en las fechas de primera y última helada meteorológicas y agrometeorológicas. Esto evidencia que el cambio climático no está afectando las fechas de ocurrencia de primera y última helada en la región. Las fechas de primeras y últimas heladas agrometeorológicas no se asociaron a las fechas de primeras y últimas heladas meteorológicas. Esto indica que, la ocurrencia temprana (tardía) de una helada agrometeorológica no es indicio de ocurrencia temprana (tardía) de una helada meteorológica. El momento de ocurrencia de la primera y última helada del año es altamente variable y genera incertidumbre y dificulta la tarea de planificación de la fecha de siembra de los cultivos. Las heladas agrometeorológicas son marcadamente más peligrosas que las meteorológicas en el centro de La Pampa, por lo cual se debe prestar especial atención a las heladas agrometeorológicas en cultivos rastreros y durante la implantación de los cultivos.

AGRADECIMIENTOS

Facultad de Agronomía de la UNLPam.

REFERENCIAS

- Burgos, J.J. 1963. Las Heladas en Argentina. INTA Colección Científica, Buenos Aires, vol 3, 388 p.
- Casagrande, G.; Verqara, G.; Suárez, A.; Pérez, S., Sierra, E.; Cony, P. 2001. Caracterización agroclimática de las heladas en el este de la provincia de La Pampa (Argentina). Revista Facultad Agronomía - UNLPam 12:31-39.
- Fernández Long, M.E.; Barnatán, I. 2013. Adversidades climáticas. XVIII.1 Heladas. En: AGROMETEOROLOGÍA G. Murphy y R. Hurtado (editores) ISBN 978-987-29338-5-2 EFA (2013) 512 p.
- Mancini, M.; Coronel, A.; Sacchi, O.; Costanzo, M. 2006. Las heladas en Zavalla: ¿Sufrieron modificaciones en los últimos años? Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR.
- UBA 2022. <https://www.agro.uba.ar/heladas/definiciones.htm>

OCURRENCIA DE VIENTO ZONDA Y EL RIESGO ASOCIADO EN EL MOMENTO DE FLORACIÓN DEL PISTACHO

Muñoz Lorenzo*, J.P.; Caretta A., Albors C.

Cátedra de Climatología Agrícola, Departamento de Agronomía FI. UNSJ. Av. Libertador Gral. San Martín 1109 (o). Capital San Juan Argentina

***Contacto:** patriciomlorenzo@gmail.com

Palabras clave: efecto; daños

INTRODUCCIÓN

Las zonas de altas y bajas presiones que abarcan todo el planeta provocan los vientos, que no son más que el aire que se mueve horizontalmente de un lugar a otro (Ortiz Maldonado, 1991). Los Predominantes del Oeste (30° S, océano Pacífico) soplan hacia el continente a latitudes centro y norte de Argentina, encontrando las mayores alturas de la cordillera de los Andes. Esto provoca que la mayor parte de su humedad precipite sobre la ladera oeste, (Chile) y alta montaña. Al descender por las laderas argentinas produce circulaciones termodinámicamente calientes y secas (efecto Föhn) generando, en nuestro país, el viento Zonda (Ortiz Maldonado, 1991). Dentro de los fenómenos de meso escala que se registran en Cuyo, este viento es de características singulares por su notable variabilidad temporal y espacial. En la agricultura es una adversidad severa debido a la gran sequedad atmosférica, brusco aumento de temperatura, efectos destructivos de su fuerza, con una duración que puede llegar a tres días. Además sus mayores frecuencias de ocurrencia coinciden con la floración de frutales, de agosto a noviembre (Ortiz Maldonado, 1991). Al ser el zonda un fenómeno de meso escala no existen métodos de lucha activa ni pasiva, solo mitigar su velocidad con cortinas rompe viento. Pero nada se puede hacer contra el abrupto cambio de temperatura y baja humedad relativa, que producen importantes daños fisiológicos afectando severamente la producción local. Por ello, se calcula el riesgo de ocurrencia de viento Zonda en la primavera en el valle de Tulum y su coincidencia con la floración del pistacho.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se realizó en tres departamentos del Valle de Tulum, seleccionados por la distribución del cultivo de pistacho, Pocito, San Martín y 25 de Mayo. Los datos meteorológicos para el análisis corresponden a estaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) San Juan cuyas coordenadas son: 31°39' S, 68°35' W y 615 msnm (Pocito), 31°52' S, 68°42' W y 592 msnm (San Martín) y 31°49' S, 68° 19' W y 591 msnm (25 de Mayo). Las mismas cuentan con registros diarios de temperatura, humedad relativa y vientos. Se definió un evento zonda tomando el criterio de Norte, 1988: la diferencia de temperatura máxima del día mayor igual a 4 °C con un margen de 5%; humedad Relativa menor igual al 10%; Velocidad del viento mayor o igual a 18,5 km/h; dirección del viento del sector oeste-noroeste. Para determinar el riesgo de la floración a sufrir vientos Zonda, se realizó una tabla de frecuencias quinquenales (periodos de 5 días), para agosto, septiembre octubre y noviembre. Cada evento Zonda se ubicó en el quinquenio correspondiente así como las fechas de inicio, plenitud y fin de la floración, que corresponden al 10%, 50% y 90% de los órganos en fase. De este modo se pudo evidenciar la posible coincidencia del evento con los momentos fenológicos elegidos. Se obtuvo el porcentaje acumulado por localidad para cada variedad. En cuanto al pistacho. Este es un cultivo relativamente reciente en San Juan por ello hay pocos años de observaciones fenológicas. Las disponibles corresponde a estudios realizados por INTA San Juan, desde 2016 a 2019, para dos variedades: Peters y Kerman (Silva, S. y Lémole, G. 2017). Los análisis se realizaron con Excel 2016.

RESULTADOS

Ambas variedades, en San Martín, inician la floración en el quinquenio 5S, cuyo porcentaje de ocurrencia de viento zonda es el 13% (Figura 1). En cambio, la plena floración de la variedad Peters ocurre en el quinquenio 2O mientras que para Kerman en el quinquenio 4O, con porcentajes del 23% y del 12% respectivamente. El fin de floración para Kerman es en el quinquenio 6O, con 27% de ocurrencia de zonda. La variedad Peters tiene una fecha de fin de floración en el quinquenio 5O cuando el porcentaje de ocurrencia de eventos zonda asciende al 8%.

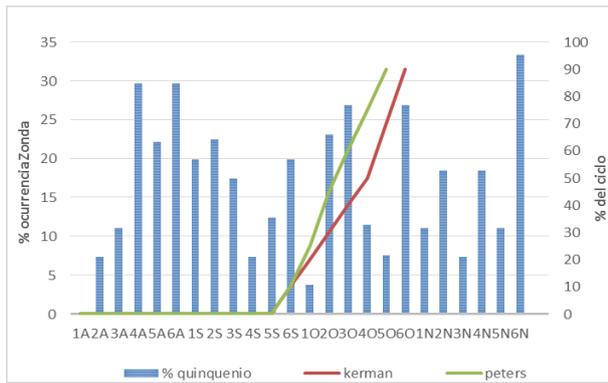


Figura 1. Porcentaje quinquenal de ocurrencia de Zonda y fenodatas medias de inicio y fin de floración para pistacho en San Martín.

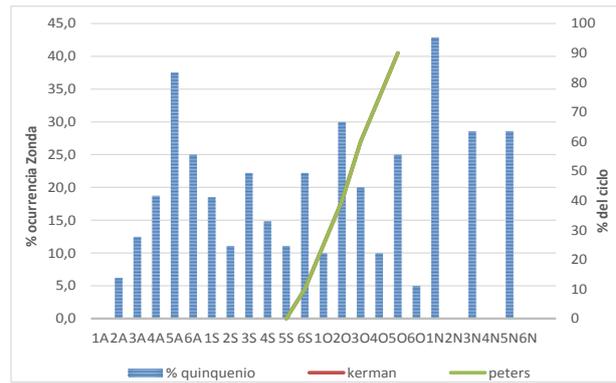


Figura 2. Porcentaje quinquenal de ocurrencia de Zonda y fenodatas medias de inicio y fin de floración para pistacho en 25 de Mayo.

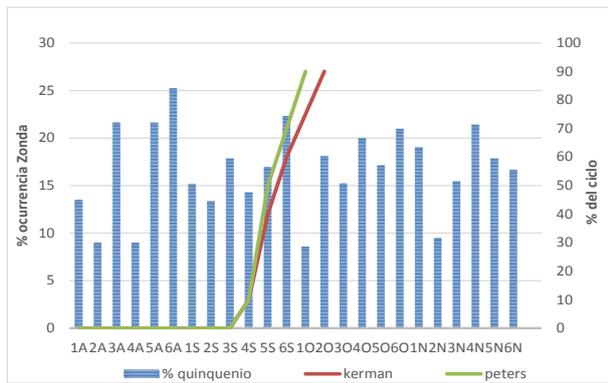


Figura 3. Porcentaje quinquenal de ocurrencia de Zonda y fenodatas medias de inicio y fin de floración para pistacho en Pocito

En 25 de Mayo, las fechas de inicio y fin de floración, para las dos variedades coincidieron (Figura 2). El inicio se registró en el quinquenio 6S, cuyo porcentaje de ocurrencia de un evento zonda ascendió al 22,2%. Cuando ocurrió la plena floración, quinquenio 2O, el porcentaje bajó al 30 %. Fin de floración, por su parte, se produjo en el quinquenio 5O, con un porcentaje de 25%.

Finalmente, en Pocito, la fecha de inicio de floración para ambas variedades coincidió en el quinquenio 4S, con un porcentaje de ocurrencia de 14% (Figura 3). La variedad Peters registró plena floración en el quinquenio 5S y 17% de ocurrencia, mientras Kerman alcanza, en el quinquenio 6S el 22%. El fin de floración de Peters, quinquenio 1O, es expuesto a un porcentaje de ocurrencia de 9% y la variedad Kerman, en el 2O, un 18%.

La Tabla 1 muestra porcentajes acumulados de ocurrencia que no se diferencian notoriamente, excepto en San Martín para Kerman. La etapa más afectada fue plenitud, para la variedad Peters (Tabla 1).

	Acumulado	Más afectada	Acumulado	Más afectada
	Kerman		Peters	
San Martín	40 %	Fin	51%	Plenitud
25 de Mayo	47%	Inicio	47%	Inicio
Pocito	51%	Plenitud	49%	Plenitud /fin

Tabla 1. Porcentajes de ocurrencia acumulados y etapa más afectada, por variedad y localidad.

CONCLUSIÓN

Existen diversos niveles de riesgo según la combinación de variedad, fenodatas y localidades. Así, en Pocito y San Martín se ve afectada la variedad Peters en plena floración por la mayor ocurrencia de eventos Zonda, en cambio la variedad Kerman solo ve afectada esta fase en Pocito. Dado que el viento afecta habitualmente toda la plantación, las mermas de producción son muy importantes y estos resultados pueden contribuir a la elección de la variedad más adecuada.

REFERENCIAS

Norte, F.A. 1988. Características del viento zonda en la región de Cuyo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. (Documento en línea). http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2131_Norte.pdf. 262 p.

Ortiz Maldonado, A. 1991. Adversidades agrometeorológicas de Mendoza. Mendoza: Centro de Bodegueros. 238 pp.

Silva, S.; Lémole, G. s/f. Cartilla Fenológica: Cultivo Pistachero en San Juan. Centro Regional Mendoza - San Juan. INTA. Estación Experimental Agropecuaria San Juan. 4 pp.

PROBABILIDAD DE LLUVIAS EXTREMAS CRÍTICAS PARA LAS PLANTACIONES BANANERAS EN EL CARIBE DE COSTA RICA Y SU RELACIÓN CON EL ENOS

Orozco-Montoya*, R.A.^{1,2}; Penalba, O.C.¹

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160, Pabellón II, Ciudad Universitaria, Núñez, CP-1428, Buenos Aires, Argentina

² Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, Campus Omar Dengo. Avenida 1, Calle 9, Heredia, CP-86-3000, Costa Rica

*Contacto: rorozco@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: Trópico húmedo; El Niño-La Niña; banano

INTRODUCCIÓN

La vertiente del Caribe (VC) de Costa Rica posee un clima húmedo durante todo el año, sin una estación seca definida. Las lluvias son casi invariables entre enero y octubre y a mediados de este último comienza un aumento de lluvia hasta diciembre (Taylor y Alfaro, 2005). Esto le confiere condiciones ideales para la producción de banano (*Musa spp*), la cual representó el 10% de las exportaciones totales del país en 2021. Sin embargo, según Bouroncle *et al.*, (2015), el sector agrícola en la VC es vulnerable a los cambios climáticos. De acuerdo con la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) de Costa Rica, los requerimientos hídricos mensuales para este cultivo varían entre 200 y 500mm. Las cantidades inferiores o superiores a estos umbrales pueden ser críticas para la plantación (Bolaños, 2019).

El fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS), influye en las lluvias en la región bananera (RB) de la VC (Cid-Serrano, *et al.*, 2015), afectando de forma directa la producción de banano tanto en las fases cálidas (El Niño) como en las frías (La Niña). Por ejemplo, en 2015 (año El Niño) se registraron disminuciones de la productividad de un 9% y en 2008-2009 de un 14% (año La Niña) (Bolaños, 2019). Dado lo anterior, el objetivo de este trabajo es analizar la probabilidad mensual de las lluvias extremas críticas para las plantaciones bananeras del Caribe de Costa Rica y su relación con el ENOS.

MATERIALES Y MÉTODOS

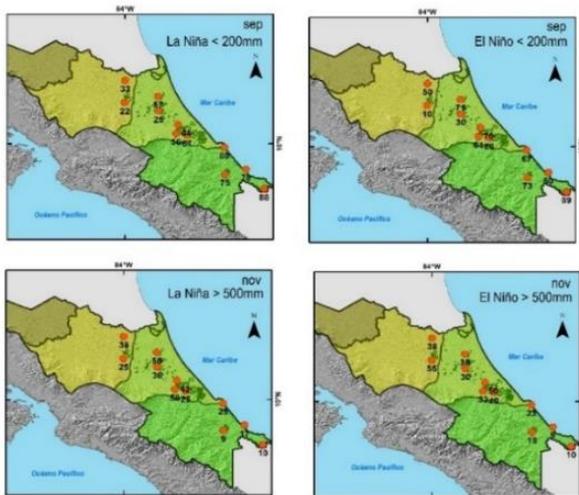
El estudio se basó en el análisis de las lluvias mensuales de 28 estaciones meteorológicas, en el periodo máximo 1981-2019, ubicadas en la VC, de las cuales 11 se encuentran en la RB. Los datos fueron proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Inicialmente, se realizó un análisis climatológico, basado en la media, la mediana, y la desviación estándar. Seguidamente, tomando como base los requerimientos hídricos utilizados por CORBANA, se calcularon las probabilidades de lluvias mensuales por debajo (arriba) de 200mm (500mm), por péntadas, iniciando en 1981 y hasta 2019. Posteriormente, se eligieron los dos meses más críticos (con las mayores probabilidades (%) de lluvias fuera de los umbrales del cultivo), uno para lluvias deficitarias y otro para excesos. Finalmente, para valorar la señal del ENOS, se evaluó la probabilidad de obtener lluvias por debajo (septiembre) o arriba (noviembre) de los umbrales establecidos por CORBANA según fases ENOS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación media anual total en la región es de unos 4000mm, con montos que oscilan entre 1750 y 7300mm aproximadamente. Geográficamente, las mayores cantidades (arriba de 7000mm) se encuentran en la parte montañosa y las más bajas (menores a 2000mm), ocurren en el norte cerca de la frontera con Nicaragua y en el sureste de la VC. En la RB, las precipitaciones anuales oscilan entre 2500 y 4100mm. Los mayores valores se ubican al norte de la región y los menores hacia al sur, cercanos a la costa del Caribe y la frontera panameña. El ciclo medio anual de las lluvias presenta variaciones mensuales y espaciales, con máximos entre julio-agosto y noviembre-diciembre, y mínimos en marzo-abril y septiembre-octubre (Alfaro e Hidalgo, 2021). Con base en los umbrales recomendados por CORBANA y como una síntesis regional, se analizó la variabilidad temporal (péntadas) de las probabilidades mensuales de presentar lluvias fuera de los umbrales. Identificándose que los meses de septiembre y noviembre poseen las mayores probabilidades, con péntadas por arriba del 50% en ambos casos (Tabla 1). En el caso de septiembre, se observa que desde 1996 hasta el 2019 (5 péntadas), se presentaron probabilidades de lluvias deficitarias mayores al 50%, siendo la péntada 1996-2000 la de mayor riesgo (72%) (Tabla 1, tonos rojos). Para las lluvias por arriba de 500mm, en noviembre, la atención se da en las péntadas presentadas entre 2001-2010 con altos porcentajes (superiores al 40%), especialmente en 2001-2005 (Tabla 1, tonos azules).

Tabla 1. Probabilidad de ocurrencia (%) de precipitación inferior a 200 mm (en tonos rojos) o superior a 500 mm (en tonos azules), por péntadas, para la RB, Costa Rica. Se muestran resultados para los meses con mayor probabilidad de ocurrencia en cada caso.

Mes	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2019
ene	43	14	73	48	22	11	40	37
feb	34	58	71	30	55	53	60	60
mar	69	42	64	64	69	38	52	57
abr	66	42	60	58	31	51	64	51
sep	57	40	20	72	67	65	56	51
may	17	12	13	32	42	4	14	9
jul	20	6	38	16	24	25	44	31
nov	11	2	16	18	55	44	26	23
dic	6	6	18	54	42	36	22	11



Respecto a la señal del ENOS, en septiembre se destaca que en eventos La Niña, la probabilidad de lluvias deficitarias es mayor en la región sur. En años El Niño, el comportamiento es más generalizado en toda la región, con probabilidades altas (mayor al 50%) en casi todas las estaciones (a excepción de La Selva y La Mola en el norte) (Figura 1, superior). Para las lluvias por arriba de 500mm en noviembre, es interesante observar que tanto para eventos El Niño como La Niña, la región presenta un comportamiento similar, concentrando las mayores probabilidades de lluvias excedidas del umbral en el norte de la RB (Figura 1, inferior).

Figura 1. Distribución de la probabilidad (%) de precipitación inferior a 200 mm en septiembre (panel superior) y superior a 500 mm en noviembre (panel inferior) bajo condiciones La Niña y El Niño, RB, Costa Rica.

CONCLUSIONES

El análisis mensual por péntadas muestra riesgo de déficit y exceso de lluvia en algunos meses de manera intercalada, con probabilidades más altas en lluvias deficitarias (arriba del 60%) que en exceso (alrededor del 40%). Dicho análisis coincide con la variación mensual del ciclo anual de lluvias, identificándose máximos en noviembre y mínimos en septiembre, que también presentaron las mayores probabilidades de lluvias por arriba (noviembre) y por debajo (septiembre) de los umbrales críticos del banano, lo cual podría ser perjudicial para el cultivo, ya que los aportes menores reducen la emisión de hojas y los mayores causan la muerte de raíces (Robinson y Galán-Saucó, 2010). La RB en septiembre presenta un comportamiento más generalizado en eventos El Niño con probabilidades de lluvias por debajo de 200mm alrededor del 50%. Con La Niña, hay un comportamiento espacialmente menos homogéneo, con mayores probabilidades al sur (arriba del 70%). En noviembre, para las lluvias que exceden el umbral, el comportamiento es similar tanto en eventos El Niño como La Niña, con las mayores probabilidades de excesos en el norte.

REFERENCIAS

- Alfaro, E.J.; Hidalgo, H. 2021. Inicio de la temporada de lluvias en América Central. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 20(1):16–28.
- Bolaños, E. 2019. Efecto de las inundaciones en las plantaciones bananeras del Caribe de Costa Rica. *CORBANA* 45 (65):131–140.
- Bouroncle, C.; Imbach, P.; Läderach, P.; Rodríguez, B.; Medellín, C.; Fung, E.; Martínez-Rodríguez, M.R.; Donatti, C.I. 2015. La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Dinamarca.
- Cid-Serrano, L.; Ramírez, S.M.; Alfaro, E.J.; Enfield, D.B. 2015. Analysis of the Latin American west coast precipitation predictability using an ENSO index. *Atmosphere* 28 (3):191–203.
- Robinson, J.C; Galán-Saucó, V. 2010. *Bananas and Plantains* (2nd ed.). UK: CAB International, Wallingford, pp. 67-75. <https://doi.org/10.1079/9781845936587.0067>
- Taylor, M.A.; Alfaro, E.J. 2005. Climate of Central America and the Caribbean. In: J. E. Oliver (editor) *Encyclopedia of World Climatology*. Netherlands: Springer, 183–188.

AGRESIVIDAD DE LAS PRECIPITACIONES HISTÓRICAS Y ACTUALES EN EL SUR DE TUCUMÁN

Portocarrero*, R.^{1,2}; Agüero, S.¹; Biaggi, C.¹; Zeman, E.^{1,2}

¹ Cát. de Climatología y Fenología Agrícola, FAZ, UNT. Av. Kirchner 1900, S. Miguel de Tucumán, Argentina

² EEA INTA Famaillá. Ruta Provincial 301 Km 32, Padilla, Famaillá, Argentina

*Contacto: portocarrero.rocio@inta.gob.ar

Palabras clave: erosión; IMF; ICP; IET; llanura chacopampeana; pedemonte

INTRODUCCIÓN

El sur de la provincia de Tucumán (Argentina) se caracteriza por un deterioro ambiental relacionado a los procesos hidrológicos de erosión-sedimentación. El relieve, suelo, precipitaciones, cobertura del suelo y prácticas agrícolas son los factores que definen la cantidad de pérdida de suelo por erosión hídrica. Las precipitaciones, su intensidad, cantidad y duración son el factor de energía de la erosión hídrica. Para describir el poder erosivo de las precipitaciones se cuenta con los índices de Fournier modificado (IMF), de concentración de las precipitaciones (ICP) y el índice de erosividad total de las lluvias (IET) (Arriola *et al.*, 2022; Castelan Vega *et al.*, 2014). Dado que esos índices se basan en la cantidad y concentración de las precipitaciones, se debe tener en cuenta que para el período 1991-2017, Zeman *et al.* (2018) observaron un aumento de las precipitaciones medias en el área productiva del pedemonte, aunque no observaron cambios en el volumen de las precipitaciones en la llanura. El objetivo de este trabajo es calcular los índices IMF, ICP e IET para las series de precipitaciones actuales e históricas del sur de Tucumán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde al pedemonte y llanura chacopampeana de Tucumán. Las precipitaciones presentan un régimen monzónico, aumentando en volumen y frecuencia de este a oeste. Los suelos son Haplustoles (Zuccardi y Fadda, 1985). Las precipitaciones mensuales actuales se consideraron de las estaciones meteorológicas (EM) Monte Toro, Casas Viejas, Bajastine y La Cocha, que brindan información pluviométrica de los últimos 15 años. Las series históricas corresponden a las estaciones Graneros, La Cocha (H) y Huasa Pampa (Figura 1), que van desde 1934 a 1982 (Tabla 1). Dado que las precipitaciones se concentran en el semestre cálido, el cálculo de precipitaciones totales y de los índices se hizo considerando el ciclo de lluvias de julio a junio.

Los índices para cada ciclo anual de julio a junio se calcularon de acuerdo a:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} \quad (\text{Eq 1})$$

$$ICP = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{P^2} \times 100 \quad (\text{Eq 2})$$

$$IET = IMF \times ICP \quad (\text{Eq 3})$$

donde: p_i es precipitación mensual; P es precipitación total del ciclo anual de julio a junio.

Se calculó el valor mínimo, máximo, percentil 10 (P10) y 90 (P90) de cada índice para cada estación. No se calculó P10 y P90 en la estación La Cocha por tener registro de menos de 10 ciclos de lluvias.

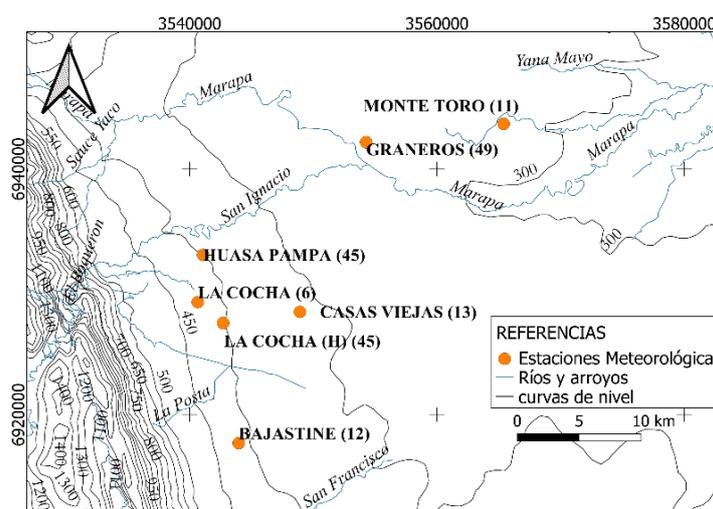


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas. Los números entre paréntesis indican el número de ciclos de lluvias (n) de cada estación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones promedio por ciclo de julio a junio en cada una de las estaciones fueron: Graneros 321 mm, Huasa Pampa 653 mm, La Cocha (H) 651 mm, Monte Toro 734 mm, Casas Viejas 707 mm, Bajastine 850 y La Cocha 998 mm. Los valores actuales de IMF variaron entre 49 y 250, mientras que los históricos presentaron un rango de 41 y 270 (Figura 2). Los mínimos valores de IMF de las estaciones Monte Toro, Casas viejas, Graneros, La Cocha (H) y Huasa Pampa, se caracterizan con muy bajo poder erosivo. El valor mínimo de la estación Bajastine se califica como bajo poder erosivo, y de la estación La Cocha alto poder erosivo. Los valores máximos en todas las estaciones son superiores a 160, que es considerado como de potencial erosivo muy alto (Tabla 1) (Castelan Vega *et al.*, 2014).

Considerando todas las estaciones, el ICP presentó un rango de 12-38%. Valores de ICP entre 10 y 20% indican precipitaciones estacionales moderadas o estacionales, mayores al 20% indican precipitaciones fuertemente estacionales (Castelan Vega *et al.*, 2014). Valores de IET mayores a 5000 se consideran de muy alto poder erosivo. Los mayores valores se presentaron en la serie histórica de La Cocha (H), Graneros y Huasa Pampa. El incremento de las precipitaciones y de los índices erosivos no es una generalidad para diferentes regiones de la Argentina (Gaspari *et al.*, 2008).

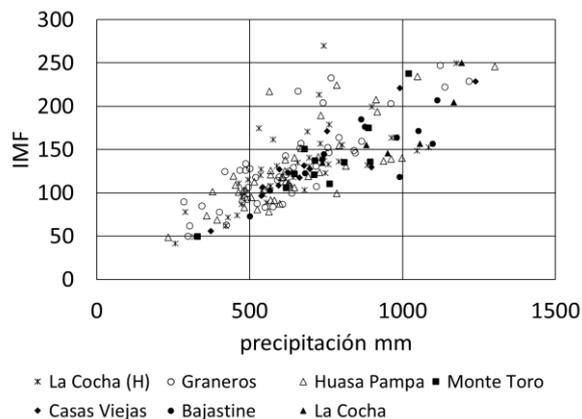


Figura 2. Correlación entre los índices de Fournier modificado (IMF) y las precipitaciones.

Tabla 1. Valor mínimo, máximo, percentil 10 y percentil 90 del índice de Fournier modificado (IMF), concentración de las precipitaciones (ICP) e índice de erosividad total (IET) para cada estación (EM).

EM	Ciclos de lluvias considerados	IMF				ICP				IET			
		Mín	Máx	P10	P90	Mín	Máx	P10	P90	Mín	Máx	P10	P90
Monte Toro	Jul 2007-Jun 2010 Jul 2012-Jun 2020	49	238	61	225	14	23	15	23	742	5534	913	5117
Casas Viejas	Jul 2006-Jun 2015 Jul 2016-Jun 2020	56	229	72	226	14	23	15	23	837	4931	1196	4649
Bajastine	Jul 2008-Jun 2020	73	207	82	201	12	21	13	21	1063	3962	1171	3931
La Cocha	Jul 2004-Jun 2007 Jul 2013-Jun 2016	135	250			15	21			2232	5243		
Graneros	Jul 1934-Jun 1982	50	248	83	218	14	33	15	28	838	7206	1265	4356
La Cocha (H)	Jul 1934-Jun 1978	41	270	74	179	14	36	15	27	664	9822	1200	4519
Huasa Pampa	Jul 1934-Jun 1978	49	246	81	208	13	38	15	26	1023	8365	1260	4722

CONCLUSIONES

Tanto las series históricas como las actuales presentan ciclos de precipitaciones con muy alto poder erosivo. Los índices calculados para las series actuales no superan los máximos registrados en las series históricas, dando evidencia de que la agresividad de las precipitaciones no ha aumentado en los últimos 20 años. El alto poder erosivo se presenta en las estaciones de los dos ambientes: pedemonte y llanura.

REFERENCIAS

- Arriola, G.; Villegas, L.; Marín, N.; Idrogo, C.; Piedra, J.; Arbulú, J. 2022. Evaluación de la agresividad climática y concentración de precipitaciones en la Cuenca Chancay-Lambayeque, Perú. *Revista Politécnica* 50(2):15–21. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n2.02>
- Castelan Vega, R.; Tamariz Flores, V.; Linares Fleites, G.; Cruz Montalvo, A. 2014. Agresividad de las precipitaciones en la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM* 83: 28–40. <https://doi.org/10.14350/ig.33480>
- Gaspari, F.; Rodríguez Vagaría, A.; Senisterra, G.; Delgado, M.I. 2008. Determinación espacio-temporal del índice de agresividad de precipitaciones en el sistema serrano de Ventania. Provincia de Buenos Aires-Argentina. *Revista Geográfica Venezolana* 49 (1):57–66
- Zeman, E.; Agüero, S.; Morales, C.; Abbás Silman, M.; Castillo, E.; del Pino, F. 2018. Análisis espacial de las precipitaciones en Tucumán, Argentina. In M. Vinocur, A. Rivarola, & A. Irigoyen (Eds.), *XVII Reunión Argentina de Agrometeorología*. <https://www.rada2018.org/actas-del-evento-rada-2018>
- Zuccardi, R.; Fadda G. 1985. Bosquejo agrológico de la provincia de Tucumán. *Fac. Agronomía. Universidad Nacional de Tucumán. Miscelánea* 86. 26 pp.

ÍNDICE DE PELIGROSIDAD CLIMÁTICO DE HELADAS (IPCH) EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA

Serritella*, D.A.^{1,3}; Mollá Kralj, A.²; Blasón, A.D.¹

¹Cátedra de Agrometeorología ²Ecología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta 4 km. 2 Llavallol, (1836), Buenos Aires, Argentina ³Instituto de Clima y Agua, CIRN, CNI, INTA, Nicolás Repetto y De Los Reseros s/n. Hurlingham (C.P.: 1686), Buenos Aires, Argentina

*Contacto: serritella.dante@inta.gob.ar

Palabras clave: IPAH; ICK; suma térmica

INTRODUCCIÓN

Entre los diversos condicionamientos con los que cuenta la producción agropecuaria, las adversidades climáticas y entre ellas las heladas, revisten gran interés a causa de las pérdidas en la producción que generan. En la Argentina las heladas, en términos macro-climáticos, influyen sobre todo el territorio nacional, aunque en las áreas de mayor producción se cuenta con un extenso período libre de heladas (Murphy y Hurtado, 2011), las mismas ocasionan considerables pérdidas al inicio y finalización de los ciclos de cultivo principalmente a causa de la gran variabilidad espaciotemporal del fenómeno. En nuestro país las desviaciones en las fechas medias de primeras heladas otoñales y últimas heladas primaverales son de 20 a 30 días (Burgos, 1963), en gran medida debido a la gran influencia oceánica y a la facilidad con la que se trasladan las masas de aire en sentido N-S.

Por otra parte, la sensibilidad al daño por bajas temperaturas es variable en función del ciclo fenológico de los vegetales, por este motivo la ocurrencia del fenómeno de una helada no implica necesariamente el mismo daño sobre un cultivo. Poder amalgamar la sensibilidad del cultivo con la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, nos permite ponderar el riesgo o peligrosidad de las heladas. Para ello existen diferentes índices, que permiten comparar localidades con similar probabilidad de ocurrencia de heladas, pero con distinta peligrosidad asociada al avance del ciclo fenológico del cultivo, como lo son el Frost Index (FI) (Lindkvist y Chen, 1999) y el IRISH (Fernández Long *et al.*, 2008) los cuales consideran gran cantidad de variables que influyen sobre el fenómeno. Uno de los índices más reconocido y utilizado al respecto, es el Índice Crio Kindinoscópico (ICK) (Burgos, 1947), que permite valorar climáticamente la peligrosidad de las heladas a través de la temperatura normal del aire asociando la misma al desarrollo del cultivo y consecuentemente a su sensibilidad. Sin embargo, el ICK no permite distinguir diferencias entre las distintas marchas térmicas anuales que podrían acelerar o retrasar el ciclo de los cultivos y, por ende, su sensibilidad. En respuesta a esto último, surgió el Índice de Peligrosidad Anual de Heladas (IPAH) el cual continuando con el razonamiento empleado en el ICK avanza al realizar una integración térmica de cada período de cultivos a través de los años (Blasón *et al.*, 2018). El objetivo de este trabajo es presentar la disponibilidad territorial de un Índice de Peligrosidad Climática de Heladas (IPCH) en la región Pampeana argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente trabajo, se utilizaron los datos meteorológicos diarios de 43 estaciones convencionales del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), suministrados por el Instituto de Clima y Agua (CIRN, CNI, INTA). Las mismas se ubicaron en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa (Este) y Buenos Aires; y cada una contó con no menos de 30 años de datos, dentro de la serie 1931-2019. Ordenadas y validadas las series correspondientes, se determinó el momento de ocurrencia de la primera y última helada, meteorológica ($\leq 0^{\circ}\text{C}$) y agrometeorológica ($\leq 3^{\circ}\text{C}$) de cada año. Posteriormente, se calculó fecha media y el desvío estándar para cada localidad por tipo de helada.

Siguiendo el criterio de Burgos (1947) para el ICK, se establecieron las fechas correspondientes al 0,2 (FP20-HO) y al 0,8 (FP80-HP) de probabilidad normal acumulada, según fueran heladas otoñales o primaverales respectivamente. Con las fechas precedentes ya establecidas, se procedió a efectuar la integración térmica directa de las temperaturas medias diarias hasta las mismas. En el caso de las heladas otoñales, se tomó como punto de partida al día primero de enero (DDA-V = 1) para iniciar la sumatoria; en cambio para las heladas primaverales, el día de inicio fue el primero de julio (DDA-I = 181 o 182 en año bisiesto). El promedio de dichas integraciones térmicas anuales, nos brinda una valoración climática geográfica, posible de ser asociada a la evolución fenológica media de los cultivos (Blasón *et al.*, 2018). La sumatoria promedio o normal obtenida desde el DDA-V hasta la FP20-HO, la denominaremos Índice de Peligrosidad Climática de Heladas Otoñales (IPCH-O); y la obtenida desde DDA-I hasta FP80-HP como Índice de Peligrosidad Climática de Heladas Primaverales (IPCH-P). Una vez realizado el cómputo, se georreferenciaron cada uno de los valores del índice para poder acondicionar los mismos a la representación cartográfica digital. Para tal fin se utilizó el software de mapeo visualización y modelización, Surfer (Golden Software Inc., 2009) versión 9.8.669. Se realizó un mapeo por contornos con interpolación de datos dispuestos en grilla, mediante el método Kriging.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El IPCH-O (Figura 1 a y b) muestra mayor peligrosidad en el norte a noreste de la región pampeana debido a la mayor suma térmica que presenta la región. Por el contrario, el IPCH-P (Figura 2 a y b) dicha peligrosidad es más destacada en el sureste de dicha región (serranías de Ventana y Tandil), tanto para las heladas agrometeorológicas como meteorológicas. Por otra parte, el IPCH-O presenta valores más homogéneos a nivel de distribución geográfica, en comparación al IPCH-P, posiblemente debido a niveles térmicos más altos que borran en su integración efectos meso y microclimáticos detectados con el IPCH-P.

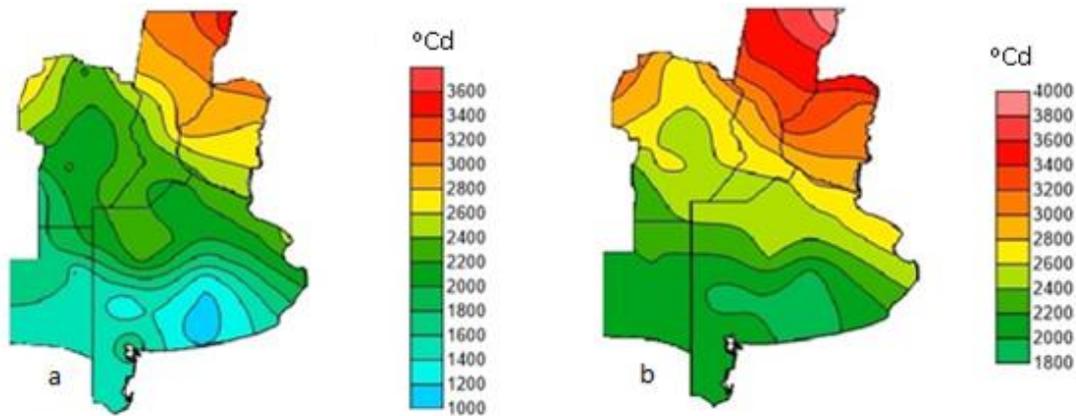


Figura 1. Disponibilidad geográfica del Índice de Peligrosidad Climático de Heladas Otoñales (IPCH-O) en la región Pampeana: (a) Helada agro-meteorológica; (b) Helada meteorológica. (serie 1931-2019).

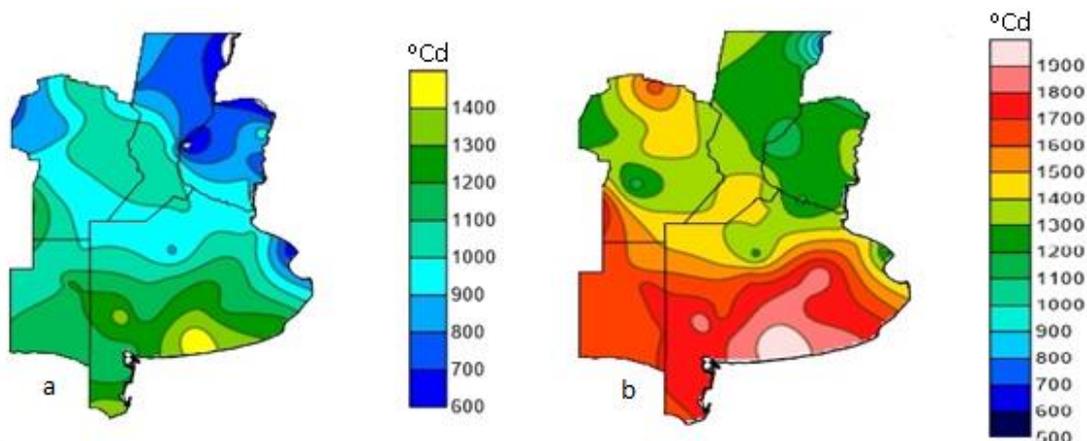


Figura 2. Disponibilidad geográfica del Índice de Peligrosidad Climático de Heladas Primaverales (IPCH-P) en la región Pampeana: (a) Helada agro-meteorológica; (b) Helada meteorológica (serie 1931-2019).

CONCLUSIONES

El análisis aquí presentado resulta en una herramienta promisoriosa para valorar la peligrosidad espacio-temporal de la ocurrencia de las heladas. La representación cartográfica de la disponibilidad del IPCH tanto otoñal como primaveral permite una rápida y directa visualización de la magnitud y distribución espacial de dicho índice. En base a la metodología planteada es factible avanzar en el establecimiento de anomalías anuales y su representación geográfica, como herramienta de valoración de la peligrosidad en términos anuales.

REFERENCIAS

- Burgos, J.J. 1963. Las heladas en la Argentina. INTA. Buenos Aires, Argentina. 389 p.
- Burgos, J.J. 1947. A Cryokindynoscopia index useful in agroclimatic researches. Com. Meteorol. Agr. (Doc. 30, CIR/IMO/T 305 CAgM). Toronto. 10 p.
- Blasón, A.D.; Mollá Kralj, A.; Rodríguez, A. 2018. Índice de Peligrosidad Anual de Heladas (IPAH): Concepto y utilidad. Revista Argentina de Agrometeorología IX:21-30.
- Fernández Long, M.E.; Murphy, G.; Torterolo, M.K. 2008. Índice de riesgo sistémico de heladas (IRISH). Agronomía Tropical 58(1):65-68.
- Golden Software Inc., 809 14 th Street. Colorado (80401-1866). Surfer versión 9.8.669. Copyright 1993-2009.
- Lindkvist, L.; Chen, D.1999. Air and soil frost in relation to plant mortality in elevated clear-felled terrain in Central Sweden. Climate Research 12:65-75.
- Murphy, G.; Hurtado, R. 2011. Agrometeorología. FAUBA. Buenos Aires, Argentina. 489 p.

MAPA DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD ANUAL DE HELADAS (IPAH) EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA: AÑO 2019

Serritella*, D.A.^{1,3}; Mollá Kralj, A.²; Blasón, A.D.¹

¹Cátedra de Agrometeorología, ²Cátedra de Ecología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta 4 km. 2 Llavallol, (1836), Buenos Aires, Argentina

³Instituto de Clima y Agua, CIRN, CNAINTA, Nicolás Repeto y De Los Reseros s/n. Hurlingham (C.P.: 1686), Buenos Aires, Argentina

*Contacto: serritella.dante@inta.gob.ar

Palabras clave: heladas primaverales y otoñales; riesgo; ICK; suma térmica

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de nuestro país sufren cuantiosas mermas de rendimiento, a causa de las heladas que ocurren durante las etapas iniciales y finales de los ciclos productivos. La gran variabilidad interanual que presentan las heladas otoñales (HO) y primaverales (HP), es la principal causa que aqueja el fenómeno en nuestra región (Fernández Long, *et al.*, 2005). El riesgo de heladas resulta de amalgamar la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, con la sensibilidad expresada por el cultivo a su exposición. El Índice Crio Kindinoscópico (ICK) (Burgos, 1947), es la primera valoración climática de la peligrosidad al respecto. Posteriormente se desarrollaron otros índices más específicos, que requieren mayor cantidad de variables, como lo son el Frost Index (FI) (Lindkvist y Chen, 1999) y el IRISH (Fernández Long *et al.*, 2008), limitando su aplicación. Basado en el ICK, surgió el Índice de Peligrosidad Anual de Heladas (IPAH) (Blasón *et al.*, 2018), que realiza una integración térmica durante cada ciclo de cultivo, permitiendo distinguir diferencias entre las marchas térmicas anuales que inciden sobre la velocidad de desarrollo del cultivo, y consecuentemente, su sensibilidad al daño debido a la época de ocurrencia de las heladas. El presente trabajo tiene como objetivo representar cartográficamente, a modo de ejemplo, el año más reciente con información suficiente (año 2019) el IPAH otoñal (IPAH-O) y primaveral (IPAH-P), tanto a nivel meteorológico (umbral de 0°C) como agrometeorológico (umbral de 3°C) en la región Pampeana argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología del IPAH establece como anomalía una suma térmica de un año particular, al compararla mediante su cociente respecto a su valor normal o índice de peligrosidad climático de heladas (IPCH). Utilizando la base de datos meteorológicos más completa y reciente posible (43 estaciones con al menos de 30 años) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) distribuidas sobre la Región Pampeana, se determinó las fechas de primera y última helada, meteorológica (temp. $\leq 0^\circ\text{C}$) y agrometeorológica (temp. $\leq 3^\circ\text{C}$) para cada año; y se caracterizó su valor medio y desvío estándar por localidad y tipo de helada. Se establecieron las fechas correspondientes a $P(z) \leq 0,2$ para heladas otoñales (FP20-HO) y a $P(z) \leq 0,8$ en primaverales (FP80-HP). Luego, se efectuó la suma de las temperaturas medias diarias para cada año y localidad. En el caso de las heladas otoñales, dicha suma inicia el día 1° de enero (DDA-V = 1), mientras que para las heladas primaverales inicia el 1° de julio (DDA-I = 181 o 182 en año bisiesto), finalizando las mismas en la FP20-HO y FP80-HP respectivamente. Las sumatorias promedio o normales obtenidas desde el DDA-V hasta la FP20-HO para cada localidad, se denomina Índice de peligrosidad climático de heladas otoñales (IPCH-O), mientras que la misma realizada desde DDA-I hasta FP80-HP, constituye el Índice de peligrosidad climático de heladas primaverales (IPCH-P). Se definió el IPAH otoñal (IPAH-O) y primaveral (IPAH-P), como la razón entre la suma térmica del año sobre el IPCH-O o IPCH-P respectivamente según lo indican las ecuaciones 1 y 2. Finalmente, se georeferenciaron cada uno de los valores de los IPAH calculados para representarlos cartográficamente, utilizando un software de mapeo por contornos con interpolación de datos, mediante Kriging.

$$\text{IPAH-O} = \left[\left(\sum_{i=1}^{n_{\text{FP20-HO}}} T_{\text{md}_i} / \text{IPCH-O} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

$$\text{IPAH-P} = \left[\left(\sum_{i=1}^{n_{\text{FP80-HP}}} T_{\text{md}_i} / \text{IPCH-P} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

Dónde:

IPAH-O: Índice de peligrosidad anual de heladas otoñales

IPAH-P: Índice de peligrosidad anual de heladas primaverales

nFP20-HO: Día del año para un 0,20 de probabilidad de ocurrencia de helada otoñal

nFP80-HP: Día del año para un 0,80 de probabilidad de ocurrencia de helada primaveral

T_{md_i}: Temperatura media diaria del día i

IPCH-O: Índice de peligrosidad climático de heladas otoñales.

IPCH-P: Índice de peligrosidad climático de heladas primaverales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la paleta de colores elegida, los tonos rojos indican áreas donde la suma térmica del período considerado, resulta proporcionalmente mayor al IPCH-O o IPCH-P (según corresponda), por lo cual el IPAH presenta valores mayores a cero ($IPAH > 0$). Por lo tanto, estas áreas resultan con mayor peligrosidad, dado el avance en el desarrollo del cultivo asociado a la sumatoria térmica. De manera análoga, los tonos azules indican áreas donde la suma térmica del período considerado, resulta proporcionalmente menor al IPCH-O o IPCH-P (según corresponda), por lo cual el IPAH presenta valores menores a cero ($IPAH < 0$), indicando áreas con menor peligrosidad, por sentido inverso al mismo motivo. Las áreas en color blanco, indican sitios en donde la suma térmica del período considerado resultó igual al IPCH-O o IPCH-P (que corresponda), representando una situación de peligrosidad de heladas normal o climatológica (Figuras 1 y 2). El año 2019 en particular, presentó heladas otoñales agro-meteorológicas (Figura 1 a) con mayor peligrosidad en el norte y en el sur de la región. Mientras que las heladas otoñales meteorológicas (Figura 1 b) presentaron peligrosidad levemente menor a normal, en la misma. Respecto a las heladas primaverales, tanto agro-meteorológicas (Figura 2 a) como meteorológicas (Figura 2 b), las mismas presentaron una mayor peligrosidad en el suroeste de la región. Las agro-meteorológicas, además, presentaron una mayor peligrosidad en el noroeste.

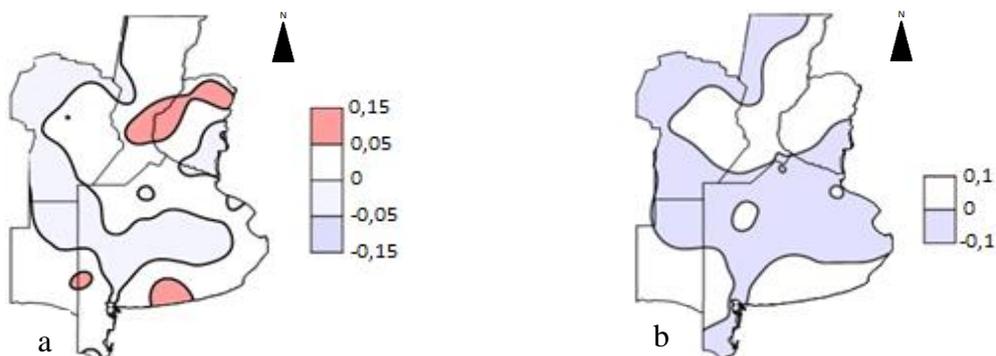


Figura 1. Índice de Peligrosidad Otoñal (IPAH-O), año 2019 en la región Pampeana: (a) Helada agro-meteorológica, (b) Helada meteorológica.

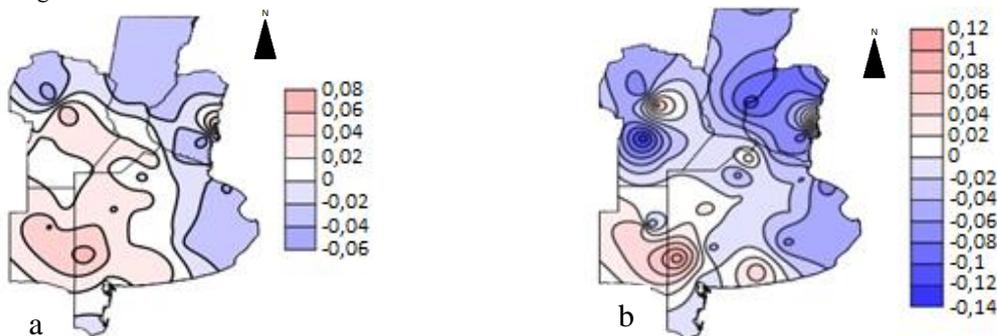


Figura 2. Índice de Peligrosidad Primavera (IPAH-P), año 2019 en la región Pampeana: (a) Helada agro-meteorológica, (b) Helada meteorológica.

CONCLUSIONES

La representación cartográfica del IPAH, resulta una manera rápida y directa de visualizar la distribución geográfica y magnitud de dicho índice, permitiendo identificar áreas y años de mayor o menor peligrosidad de daño sobre los cultivos por baja temperatura. Actualmente se trabaja para disponibilizar dicha herramienta en forma completa y actualizada a través del Instituto de Clima y Agua (ICyA – INTA), lo que permitirá brindar la información a técnicos y productores para favorecer la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- Burgos, J.J. 1947. A Cryokindynoscope index useful in agroclimatic researches. Com. Meteorol. Agr. (Doc. 30, CIR/IMO/T, 305 CAgM). Toronto. 10 p.
- Blasón, A.D.; Mollá Kralj, A.; Rodríguez, A. 2018. Índice de Peligrosidad Anual de Heladas (IPAH): Concepto y utilidad. Revista Argentina de Agrometeorología IX:21–30.
- Fernandez Long, M.E.; Barnatán, I.E.; Spescha, L.; Hurtado, R.; Murph, G. 2005. Caracterización de heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. Revista Facultad de Agronomía UBA 25 (3):247–257.
- Fernández Long, M.E.; Murphy, G.; Torterolo, M.K. 2008. Índice de Riesgo Sistémico de Heladas (IRISH). Agronomía Tropical 58(1):65–68.
- Lindkvist, L.; Chen, D. 1999. Air and soil frost in relation to plant mortality in elevated clear-felled terrain in Central Sweden. Climate Research 12:65–75.

COMPARACIÓN ENTRE TRES ÍNDICES DE SEQUÍA PARA TRES LOCALIDADES DE LA REGIÓN PAMPEANA

Sosa*, G.D.¹; Fernández Long, M.E.¹; Vicente-Serrano, S.M.²

¹ Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Avenida San Martín 4453, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP 1417, Argentina

² Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). Avda. Montañana 1005. Zaragoza, 50059, España

*Contacto: gdsosa@agro.uba.ar

Palabras clave: maíz; rendimientos; variabilidad climática

INTRODUCCIÓN

El aumento en la productividad de los cultivos de las últimas décadas es un proceso no lineal en el tiempo, caracterizado por la variabilidad interanual observada en los rendimientos (Lobell *et al.*, 2011), y que se explica principalmente por la variabilidad climática (Sgroi *et al.*, 2021), siendo la sequía el principal factor condicionante (Farooq *et al.*, 2009). En los últimos años, Argentina ha sufrido tres períodos importantes de sequía: 2007-2009, 2011-2012 y 2017-2018, con importantes pérdidas económicas para el país. Para disminuir el impacto de estas pérdidas económicas y realizar un manejo eficiente de los rendimientos agrícolas, se utilizan índices que estiman las condiciones de sequía agrícola.

Existen numerosos índices para la monitorización y cuantificación de las sequías. Éstos difieren entre sí, principalmente, por las variables que utilizan y las escalas de tiempo en las que operan. Dos de los principales índices de sequías utilizados en el todo el mundo son el SPI (por sus siglas en inglés “Standardized Precipitation Index, McKee *et al.*, 1993) y el SPEI (por sus siglas en inglés “Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index”, Vicente-Serrano, *et al.*, 2010). Otro índice elaborado recientemente es el SEDI (“Standardized Evapotranspiration Deficit Index”, Vicente-Serrano *et al.*, 2018). El SPI utiliza datos de precipitación; el SPEI considera la diferencia entre la precipitación y la demanda de agua atmosférica, mientras que el SEDI utiliza el déficit de evapotranspiración (la diferencia entre la demanda atmosférica y la evapotranspiración real). Estos tres índices poseen la ventaja de que estandarizan las variables con las que trabajan, por lo que son fácilmente comparables en cualquier parte del mundo. El objetivo de este trabajo ha sido mostrar la asociación entre estos tres índices de sequías y el rendimiento de maíz en tres sitios de la región Pampeana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha trabajado con datos diarios de precipitación, temperaturas máxima y mínima, radiación, velocidad de viento y humedad relativa del período 1991-2021 provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para tres localidades de la región Pampeana (Olavarría, Río Cuarto y Concordia), a partir de los cuales se calcularon los índices SPI, SPEI y SEDI en 12 escalas temporales (de 1 a 12 meses). La demanda de agua por la atmósfera se estimó por la ecuación FAO56-Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), mientras que la evapotranspiración real se obtuvo con el modelo de Balance Hídrico Operativo para el Agro -BHOA- (Fernández Long *et al.*, 2012; Spennemann *et al.*, 2020).

Los datos de rendimiento de maíz, también del período 1991-2021, se extrajeron de la base abierta de Estimaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura. Con el objetivo principal de filtrar los avances tecnológicos, genéticos y de manejo ocurridos en el período analizado, se eliminó la tendencia de la serie de rendimientos. Finalmente, se correlacionó mensualmente cada índice de sequía en sus distintas escalas temporales con los datos de rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las tres localidades analizadas, el índice que mejores correlaciones mostró con los datos de rendimiento fue el SEDI. Las correlaciones significativas se dan para Concordia (Figura 1a) entre los meses de octubre y febrero para la escala de un mes, mientras que para las escalas de 2 a 12 meses se extienden desde febrero hasta mayo. Los valores de correlaciones más altos se dan entre los meses de enero y marzo para las escalas temporales de 3 a 11 meses. Para la localidad de Olavarría (Figura 1b), las correlaciones significativas se dan a partir del mes de noviembre hasta marzo para la escala de un mes, y para las escalas de 2 a 12 meses se extienden desde marzo hasta mayo. Los valores de correlaciones más altos se dan entre los meses de marzo y mayo para las escalas temporales de 4 a 12 meses. Para la localidad de Río Cuarto (Figura 1c), se observa una mayor variabilidad, ya que el periodo de correlaciones significativas se extiende desde mediados de septiembre hasta febrero para la escala de un mes y hasta marzo y abril (para las escalas de 2 y 3 meses) y mayo (para las escalas de 4 a 12 meses).

Las correlaciones significativas obtenidas se corresponden con los períodos críticos determinados por las fechas de siembra habituales en cada región: tempranas en sitios más al norte como Concordia, y más tardías en localidades más al sur, como Olavarría. En Río Cuarto, donde la fecha de siembra depende de la disponibilidad de agua en el suelo, se observó mayor variabilidad en los resultados. Los valores más altos de correlaciones ocurren en los meses en los que

el maíz es más sensible a un déficit hídrico: enero y febrero en zonas con siembras tempranas, y febrero y marzo en zonas con siembras tardías.

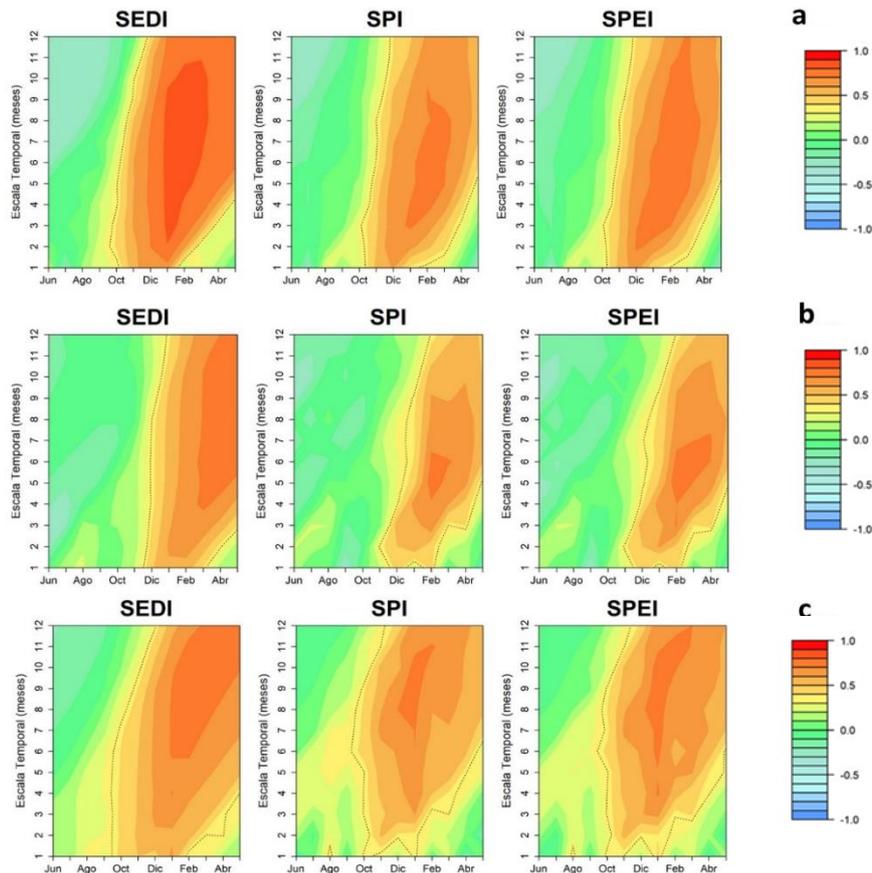


Figura 1. Correlaciones entre los índices de sequía y los rendimientos de maíz para Concordia (1.a), Olavarría (1.b) y Río Cuarto (1.c). Las líneas punteadas aíslan valores con significancia estadística.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que el SEDI es un índice adecuado para realizar el monitoreo de las sequías, ya que presentó el mejor desempeño en las tres localidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.; Pereira, L.S.; Raes D.; Smith, M. 1998. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Cuadernos de riego y drenaje N° 56. Roma, Italia: FAO.
- Farooq, M.; Wahid, A.; Kobayashi, N.; Fujita, D.; Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms, and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29:185–212.
- Fernández Long, M.E.; Spescha, L.B.; Barnatán I.; Murphy, G.M. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). *Revista Agronomía & Ambiente* 32(1-2):31–47.
- Lobell, D.B.; Schlenker, W.; Costa-Roberts, J. 2011. Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 333: 616–620.
- McKee, T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints 8th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society 179–184.
- Sgroi, L.C.; Lovino, M.A.; Berbery, E.H.; Müller, G.V. 2021. Characteristics of droughts in Argentina's core crop region, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 2475–2490, <https://doi.org/10.5194/hess-25-2475-2021>.
- Spennemann, P.; Fernández-Long, M.; Gattinoni, N.; Cammalleri, C.; Naumann, G. 2020. Soil moisture evaluation over the Argentine Pampas using models, satellite estimations and in-situ measurements, *J. Hydrol.: Reg. Stud.*, 31.
- Vicente-Serrano, S.M.; Beguería, S.; López-Moreno, J.I. 2010. A multiscale drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate* 23(7):1696–1718.
- Vicente-Serrano, S.; Miralles, D.G.; Domínguez-Castro, F.; Azorin-Molina, C.; El Kenawy, A.; Mcvicar, T.R.; Peña-Gallardo, M. 2018. Global assessment of the standardized evapotranspiration deficit index (SEDI) for drought analysis and monitoring. *Journal of Climate* 31(14):5371–5393.

RÉGIMEN AGROCLIMÁTICO DE HELADAS EN LOS VALLES TEMPLADOS Y CÁLIDOS DE JUJUY, ARGENTINA

Valdiviezo Corte*, M.; Alabar, F.; Moreno, C.; Hurtado, R.

Facultad de Ciencias Agrarias- UNJu. Alberdi 47, San Salvador de Jujuy (4600), Argentina

*Contacto: mvaldiviezocorte@fca.unju.edu.ar

Palabras clave: adversidad climática; Noroeste Argentino

INTRODUCCIÓN

La caracterización agroclimática de heladas constituye una herramienta de suma importancia para poder planificar correctamente las actividades agropecuarias y de ese modo reducir daños en los cultivos, así cobra importancia conocer los riesgos posibles que se esperan (Curzel y Hurtado, 2020).

Numerosos son los trabajos que, a nivel país, dan cuenta de estos estudios, como los de Fernández Long *et al.*, (2005), Billiet y Fernández Long (2008), entre otros. Para la provincia de Jujuy, Gozávez (1991) realiza una caracterización del régimen agroclimático de heladas para la localidad de Santo Domingo en el valle de los Pericos y Valdiviezo Corte *et al.* (2019) describen este fenómeno, con información meteorológica disponible para tres localidades, hasta el año 2018.

La escasa accesibilidad a los datos en la región ha dificultado la caracterización agroclimática de heladas, especialmente en la zona de las yungas, de allí que el objetivo de este trabajo es su realización, utilizando la metodología de Pascale y Damario (2004), en 24 estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de valles templados y cálidos de la provincia de Jujuy, Argentina para el periodo 1990-2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarca a los valles templados (departamentos Dr. Manuel Belgrano, Palpalá, El Carmen y San Antonio) y cálidos (departamentos de Valle Grande, San Pedro, Ledesma y Santa Bárbara). Se utilizaron registros diarios de temperatura mínima (Tmin) de 24 estaciones meteorológicas correspondientes al periodo 1990-2020, 22 en los valles cálidos (número de Identificación (ID) del 3 al 24) y 2 en los valles templados (ID 1 y 2) (Figura 1). Las estaciones de los valles cálidos pertenecen a una empresa privada, son automáticas y termo-pluviómetricas en mayor medida, mientras que las de los valles templados pertenecen a la Universidad Nacional de Jujuy y son de tipo convencional

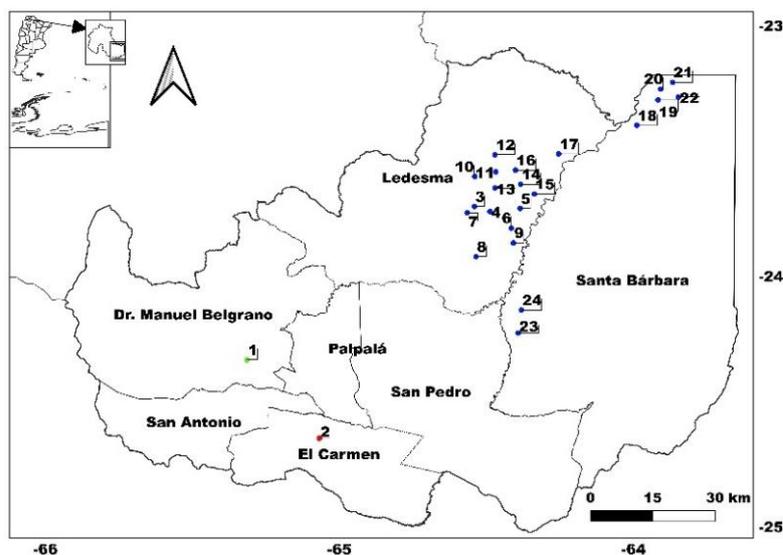


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas en estudio. Las de color azul corresponden a la empresa Ledesma S.A.A.I, verde a la estación Augusto Román y roja a la estación Santo Domingo (UNJu).

Se ha realizado un control de calidad de los datos, eliminando valores considerados outliers. Además, los períodos de abril a julio y/o de julio a octubre con más de un 20% de datos faltantes no fueron considerados en el análisis (Fernández Long *et al.*, 2016). El análisis considera dos criterios: heladas Meteorológicas (HM) y Agrometeorológicas (HA) sin embargo para este trabajo sólo se muestran resultados de las primeras. La estimación de las fechas de primera (FPH) y última helada (FUH) se realiza utilizando el criterio de Pascale y Damario (2004). Se obtuvieron los promedios

de las fechas de primera y última heladas (FMPH) y (FMUH), con sus desvíos estándar (SD), fechas extremas de primera (FExPH) y últimas heladas (FExUH), temperaturas mínimas absolutas, frecuencia (FREC) y periodos medio con y libre de heladas (PMCH y PMLH) para cada estación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los resultados se han elaborado tablas que no han sido incluidas por falta de espacio. En el año 2018 se registra la mayor ocurrencia de FExPH en 12 de las 24 estaciones en estudio, siendo el día 6 de mayo de 1990 la fecha más extrema, mientras que la FMPH corresponde al 18 de junio. El mayor valor de SD-FMPH (18 días) ocurre en la estación con ID 1 en el departamento Dr. Manuel Belgrano; con una temperatura mínima absoluta de -6°C , la frecuencia media de días con heladas es igual a 8 y un valor medio del periodo con heladas correspondiente a 48 días para las estaciones de los valles templados, mientras que el más alto (60 días) corresponde a la Estación Jujuy Ciudad. Estos resultados coinciden con los estimados por Fernández Long *et al.*, (2016). En los valles cálidos, la FExPH es el 26 de mayo, la FMPH es el 29 de junio, el SD-FMPH es 11 días mientras que la FMUH es el 10 de agosto, el SD-FMUH es 16 días y el PMCH es de 42 días. (Tabla 1).

En la Figura 2 a y b se muestran en forma espacial las FMPH y FMUH respectivamente para las zonas en estudio, siendo el Departamento General Belgrano, el primero en la ocurrencia de esta adversidad (21 de junio). La ocurrencia más tardía de FMPH (Figura 2.a) se presenta en los departamentos de Ledesma, Santa Barbará y San Pedro (1 de julio). En la figura 2 b se representa la variación espacial de la FMUH que oscila desde el 11 al 20 de agosto aumentando hacia los valles cálidos.

Tabla 1. Resultados del régimen agroclimático de heladas por región.

REGIÓN	FExPH	FMPH	SD-FMPH	FExUH	FMUH	SD-FMUH	FREC	PMCH
Valles templados	6 mayo	18 junio	13	11 sept	9 Ago	13 días	8 días	48
Valles cálidos	26 mayo	29 junio	11	21 sept	10 Ago	16 días	6 días	42

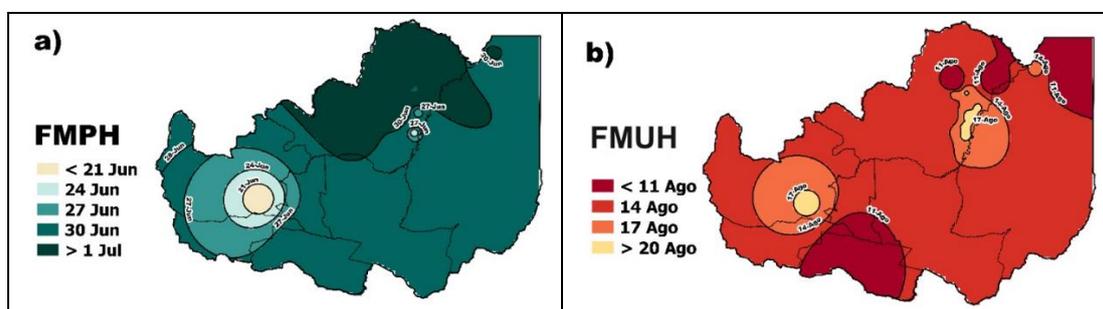


Figura 2. Fecha media de la primera (FMPH) y última helada (FMUH) en los valles cálidos y templados de la provincia de Jujuy.

CONCLUSIONES

Si bien fueron eliminadas algunas estaciones debido a la inconsistencia y/o falta de información, se logró caracterizar las heladas meteorológicas y agrometeorológicas de esta gran región, sin embargo la empresa debe considerar con más rigurosidad la información meteorológica para un correcto estudio. Las FMPH y FMUH tienen una diferencia, entre regiones, de 11 y 1 días respectivamente y un SD-FMPH y SD-FMUH que oscila entre 13-11 y 13-16 días respectivamente.

REFERENCIAS

- Billiet, D.; Fernández Long, M.E. 2008. Caracterización agroclimática de las heladas en Salta. XII Reunión Argentina de Agrometeorología. San Salvador de Jujuy. Argentina. 243–244 pp.
- Curzel, V.; Hurtado, R. 2020. Daños por heladas en plantas frutales. Boletín N°17.EEA Salta INTA.
- Fernández Long, M.E.; Barnatan, I.; Spescha, L.; Hurtado, R.; Murphy, G. 2005. Caracterización de las heladas en la Región Pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. Rev. Facultad de Agronomía 25 (3): 247–57.
- Gozálvez, M.S. 1991. Las heladas en el área tabacalera de Jujuy. Serie Agroclimática Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. N°1.
- Pascale, A.J.; Damario, E.A. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. 550 pág. ISBN 950-29-0822-8.
- Valdiviezo Corte, M.; Hurtado, R.; Moreno, C.; Alabar, F.; Bellone Cecchín, E. 2019. Características de las heladas meteorológicas y agrometeorológicas en la provincia de Jujuy. VII Jornadas Integradas de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNJu. ISBN 978-987-3926-46-4.
- Fernández Long, M.E.; Barnatan, I.; Dominici, C.; Murphy, G. 2016. Información agroclimática de las heladas en la Argentina: generación y uso. Meteorológica 41 (2):7– 31.

Área Temática 8
Educación, Extensión y Sociedad

REDISEÑO DEL DICTADO DE AGROCLIMATOLOGÍA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA DURANTE LA PANDEMIA

Cravero*, S.A.C.

Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150, Salta, 4400, Argentina

*Contacto: saccravero@gmail.com

Palabras clave: virtualidad; enseñanza remota; emergencia

INTRODUCCIÓN

La asignatura Agroclimatología se dicta en el segundo cuatrimestre del segundo año de la carrera Ingeniería Agronómica Plan 2013 de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta. Durante el año 2020, la pandemia y la definición del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) sorprendieron al sistema educativo en los inicios de su ciclo lectivo, se suspendieron las actividades académicas presenciales en la universidad y los estudiantes se vieron privados de concurrir a los edificios y sus aulas, organizadores concretos en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Birgin, 2020). El desafío durante ese año y el siguiente fue continuar con la formación de los estudiantes adaptando el dictado de la asignatura al contexto virtual, desarrollando todas las actividades en forma remota desde el hogar, en un aula virtual, adquiriendo las características de la denominada enseñanza remota de emergencia (*emergency remote teaching*), para diferenciarla de la educación a distancia (Bozkurt y Sharma, 2020). Afortunadamente, la materia ya contaba con un aula virtual diseñada en la plataforma educativa Moodle, debido a que desde hace al menos una década la cátedra ha entendido que las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) no sólo son un soporte, sino que desarrollan un papel importante en la educación en todos los niveles y, son tecnologías que brindan la posibilidad de crear nuevos espacios, o mejorarlos y nuevas formas de pensar y relacionarse con el conocimiento.

En este contexto, el objetivo fue adaptar el dictado de Agroclimatología, normalmente desarrollado en forma presencial al contexto virtual proponiendo mediante las TIC actividades de enseñanza y aprendizaje habituales en el aula real o en el campo. Para ello, dentro del marco institucional se elaboró una planificación en forma de matriz curricular de contingencia en la que se diseñaron estrategias y pautas de actuación a efectos de reducir al mínimo las consecuencias de los problemas que pudieran surgir. Como principal estrategia se apeló al trabajo autónomo del estudiante, que debió asumir la responsabilidad y el compromiso en su propio aprendizaje así como, al trabajo colaborativo de estudiantes y docentes consecuencia de la interacción con sus pares en el trabajo integrado en la asignatura nodo Práctica de formación I.

MATERIALES Y MÉTODOS

La principal herramienta utilizada fue el aula virtual de Agroclimatología ubicada en la plataforma Moodle e-cuvica, a la que se puede acceder a través de la página web de la Facultad de Ciencias Naturales o por medio del link: <https://e-cuvica.unsa.edu.ar/moodle/> la que debió ser mejorada para garantizar una interacción comunicativa ágil y fluida entre profesores y estudiantes y, de los estudiantes entre sí. Mediante el aula se propuso el acceso integrado a los contenidos a través de materiales multimedia, guías de estudio y herramientas para la planificación y el desarrollo de actividades de aprendizaje y de evaluación, así como a suficiente bibliografía y a otros recursos complementarios. Paralelamente se conformó un grupo de WhatsApp (WS) que aportó dinamismo y fluidez a la comunicación, complementado con grupo de mails, foros y chat. Para las clases teóricas e introducciones teóricas en los trabajos prácticos se optó por propuestas asincrónicas, preparadas con materiales (videos caseros) de tamaños que les permitieran bajarlos rápidamente y tener acceso a ellos en el momento en que puedan. Se planificó un encuentro semanal sincrónico utilizando Google Meet y al cierre de cada unidad temática un encuentro sincrónico al estilo de clase o taller de integración, en el que los estudiantes pudieran hacer consulta, integrar y reflexionar acerca de sus aprendizajes, autoevaluaciones y seguimiento. Todo el material estaba disponible en el aula virtual. Para el seguimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje se tuvo en cuenta: la resolución de tareas en tiempo y forma, la participación en foros, grupos de WS u otro medio de interacción que demostraran su participación comprometida y activa en el aula durante todo el cursado.

La clase de fenología en particular se planificó en una propuesta conjunta con la asignatura Práctica de formación I, que actúa de nodo de integración en el segundo año de la carrera. En dicho nodo, al no poder asistir al campo experimental ubicado en la EEA INTA-Cerrillos, se les propuso a los estudiantes realizar en sus patios, macetas o pequeños espacios con tierra, las experiencias que antes realizaban en las parcelas y, llevar un seguimiento a través de fotografías, filmaciones e informes del desarrollo fenológico de un cultivo que ellos mismos sembraron. Los estudiantes utilizaron semillas de poroto y maíz, o semillas que tuvieran en su hogar (tomate, pimiento, zapallo, provenientes del consumo de éstos como alimento). Se les propuso el uso de planillas a fin de recopilar y sistematizar

tanto la información fenológica como la meteorológica durante el seguimiento para luego redactar informes. Al finalizar la materia expusieron ante sus compañeros los resultados obtenidos.

En el año 2021 tras los avances en el conocimiento y abordaje de la pandemia provocada por la COVID19 se pudo iniciar el dictado con algunas actividades presenciales. En ese momento, como parte de los estudiantes no podían asistir a clases, ya sea por residir en el interior de la provincia o encontrarse fuera de ella, el equipo docente resolvió dictar en forma virtual en paralelo al presencial, ensayando un tipo de enseñanza híbrida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo consolidar el uso de las tecnologías para la enseñanza y su dominio por parte de los estudiantes en la elaboración de las producciones requeridas. La presentación de los informes se realizó a través de la actividad Tarea del aula y, las correcciones y devoluciones a los mismos fueron realizadas en línea. La primera evaluación parcial se realizó mediante la herramienta Cuestionario del Moodle, mientras que para la segunda se optó por el formato Tarea.

De los 150 estudiantes de Agronomía que cursaron la asignatura en el año 2020, el 85 % (127 estudiantes) la regularizó, mientras que el 15 % restante no alcanzó los requisitos para hacerlo. Este porcentaje supera a lo que normalmente se alcanza en presencialidad (60 a 65 %). Esto se puede atribuir a que las evaluaciones parciales fueron realizadas a distancia, el primer parcial mediante Cuestionario con preguntas del tipo múltiple choice lo que puede ofrecerles la posibilidad de obtener las respuestas de sus compañeros o incluso interactuar durante el parcial. Uno de los riesgos en toda evaluación, incluida la *online*, se encuentra en las prácticas fraudulentas como la copia de respuestas de examen o los plagios. El uso de herramientas de análisis del plagio (como *Turnitin*, *Compilatio*, *Urkund*) y un buen diseño de pruebas, centrado en competencias en las que lo memorístico no sea el eje central, constituyen un buen punto de partida (Grande de Prado *et al.* 2021). La virtualización del vínculo entre docentes y estudiantes puso sobre la mesa la dificultad para resolver la evaluación en un contexto como éste. La flexibilidad y creatividad deben aflorar en este momento, en el que a todas luces recrear tal cual la situación presencial de evaluación en el contexto *online* es una invitación al desastre. En este sentido, apostar por una evaluación continua, variada, que reduzca o elimine las pruebas finales es bastante más recomendable (Abella *et al.*, 2020; García-Peñalvo *et al.*, 2020; González *et al.*, 2020).

En sus informes y presentaciones los estudiantes pudieron demostrar que, a pesar de las dificultades enfrentadas en pandemia, la actividad propuesta en el espacio PF I les permitió desarrollar una mayor capacidad de observación y descripción de los fenómenos, establecer relaciones en el sistema suelo-clima-planta y vivenciar el sistema productivo como un sistema complejo en el que interactúan múltiples variables destacándose las meteorológicas.

La inmediatez del cambio de lo presencial a lo virtual, demandó múltiples esfuerzos desde lo institucional, pero mayores desde lo personal, se debieron coordinar acciones para dar respuestas a los estudiantes y superar la situación emergente, adecuando un modelo académico presencial a otro virtual que para algunos docentes y estudiantes era desconocido.

CONCLUSIONES

Se pudo llevar a cabo un acompañamiento atento de los estudiantes en un momento de suma incertidumbre y soledad, basado en la empatía de conocer al otro y ayudarlo en los primeros años en la universidad. Se brindó apoyo para que el estudiante adquiera y aplique conocimientos, ayudándolos a construir y co-construir con otros su ser universitario. Se incentivó el aprendizaje situado, a través del cual cada persona influenciada por el contexto sociocultural que la rodea adquiere habilidades y competencias, buscando solucionar problemas cotidianos o propios de ese contexto y la posibilidad de transformarlo. Junto al aprendizaje situado se destaca el aprendizaje colaborativo, que entiende al aprendizaje como un proceso social de construcción del conocimiento, y que al compartir el proceso de aprendizaje con otros, se intercambian distintas perspectivas sobre un mismo tema para lograr la resolución de una situación problemática en forma colaborativa. Esto implica que todos aporten sus puntos de vista, discutan diferentes opciones y consensuen una que sea válida para todos los integrantes del grupo. La utilización de Moodle para el rediseño de la asignatura durante la pandemia ha significado una notable ayuda en la gestión de las actividades.

REFERENCIAS

- Abella-García, V.; Grande de Prado, M.; García-Peñalvo, F.J.; Corell, A. 2020. Guía de recomendaciones para la evaluación online en las Universidades públicas de Castilla y León (versión 1.1). (<https://bit.ly/3fehS19>).
- Birgin, A. 2020. Emergencia y pedagogía: la cuarentena en los institutos de formación docente. En: Pensar la educación en tiempos de pandemia: entre la emergencia, el compromiso y la espera. Compiladores: Dussel, I.; Ferrante, P. y Pulfer, D. Editorial UNIPE.
- Bozkurt, A.; Sharma, R.C. 2020. Emergency remote teaching in a time of global crisis due to CoronaVirus pandemic. *Asian Journal of distance Education* 15(1): I-VI. doi:10.5281/zenodo.3778083.
- García-Peñalvo, F.J.; Corell, A.; Abella-García, V.; Grande, M. 2020. La evaluación online en la educación superior en tiempos de la CoVid-19. *Education in the Knowledge Society* 21. doi:10.14201/eks.23013.
- González, M.; Marco, E.; Medina, T. 2020. Informe de iniciativas y herramientas de evaluación online universitaria en el contexto del Covid-19. Madrid, España: Ministerio de Universidades. 21 p.
- Grande-de-Prado, M.; García-Peñalvo, F.J.; Corell Almuzara, A.; Abella-García, V. 2021. Evaluación en Educación Superior durante la pandemia de la CoVid-19. *Campus Virtuales* 10 (1): 49–58 (www.revistacampusvirtuales.es)





XIX Reunión Argentina de Agrometeorología

~ 28 al 30 de septiembre de 2022 ~

Organizan



Auspician



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



ISBN 978-987-26317-2-7

