

XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología

"Agrometeorología inteligente para una producción sustentable"

Andrea I. Irigoyen – César A. Aguirre – Olga C. Penalba – Alejandra C. Kemerer

Editores Responsables

RALDA 2020

25 al 27 de noviembre de 2020 **Paraná, Entre Ríos, Argentina**

AADA

XVIII Reunión Argentina de Agrometeorología

IX Reunión Latinoamericana de Agrometeorología

Irigoyen, Andrea I.; Aguirre, César A.;

Penalba Olga. C; Kemerer, Alejandra C.

Editores Responsables

Irigoyen, Andrea I.; Brizuela, Armando B.; Wingeyer, Ana B.

Compiladores

Asociación Argentina de Agrometeorología

Balcarce, Buenos Aires, Argentina

Asociación Argentina de Agrometeorología

XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología: Agrometeorología inteligente para una producción sustentable / compilado por Andrea Inés Irigoyen ; Armando Benito Brizuela ; Ana Beatriz Wingeyer ; editado por Andrea Inés Irigoyen... [et al.] ; prólogo de Andrea Inés Irigoyen. - 1a ed edición multilingüe. - Balcarce: Asociación Argentina de Agrometeorología, 2020.

Libro digital, PDF

Edición multilingüe: Español ; Inglés.

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-26317-1-0

1. Agronomía. 2. Climatología. 3. Meteorología. I. Irigoyen, Andrea Inés, comp. II. Brizuela, Armando Benito, comp. III. Wingeyer, Ana Beatriz, comp.

CDD 630.7

Fecha de catalogación: 11/11/2020

XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología
Agrometeorología inteligente para una producción sustentable
Noviembre 2020

Irigoyen, Andrea I.; Aguirre, César A.; Penalba Olga. C; Kemerer, Alejandra, C. (Editores responsables)

2020 by Asociación Argentina de Agrometeorología (AADA)
Balcarce, Argentina
correoaada@gmail.com - www.siteaada.org

ISBN: 978-987-26317-1-0

Primera edición: noviembre de 2020

Online

Equipo editorial

Sello editorial

Asociación Argentina de Agrometeorología (AADA)

Editores responsables

Irigoyen, Andrea I. (UNMdP, CIC, AADA)
Aguirre, César A. (CONICET, UNER)
Penalba Olga. C. (CONICET, UBA)
Kemerer, Alejandra C. (INTA, UNER)

Compiladores

Irigoyen, Andrea I. (UNMdP, CIC, AADA)
Brizuela, Armando B. (CONICET, UNER)
Wingeyer, Ana B. (INTA)

Diseño del logo del evento

Luciana Spadillero (UNER)

Autoridades de la AADA período 2018-2020

Presidente
Andrea Inés Irigoyen (UNMdP, CIC)

Vicepresidente
Olga Clorinda Penalba (CONICET, UBA)

Secretaria
Andrea del Valle Rivarola (UNRC)

Secretaria de Actas
Gabriela Cruz Brasesco (UdelaR)

Tesorero
Angel Blasón (UNLZ)

Protesorero
Roberto Zanvettor (UNC)

Vocales Titulares
Antonio de la Casa (UNC)
Armando Brizuela (CONICET, UNER)

Vocales Suplentes
Ana Llames (UNRC)
Martín Pardi (UNLP)

Comisión Organizadora del evento RALDA 2020

Presidente
César Aguirre (CONICET, UNER)

Vicepresidente
Olga Clorinda Penalba (CONICET,UBA)

Secretaria
Ana Llames (UNRC)

Tesorero
Nicolás Maltese (CONICET-INTA, UNER)

Protesorero
Angel Blasón (UNLZ)

Colaboradores
Armando Brizuela (CONICET, UNER)
Guillermo Rondán (CONICET, UNER)
Pablo Aceñolaza (CICyTTP, CONICET, UNER)
Rodrigo Penco (UNER)
Miguel Bochatay (UNER)
Ana Wingeyer (INTA Paraná)
Pablo Fontanini (Bolsa Cereales E.R.)
Daian Francia (COPAER)
Darío Berta (COPAER)
Néstor Garciarena. (Ex INTA Paraná)
Andrea I. Irigoyen (UNMdP, CIC)

Comité Científico del Evento RALDA 2020

Presidente
Kemerer, Alejandra C. (EEA Paraná INTA y Universidad Nacional de Entre Ríos UNER, Argentina)

Directores de Sección
Carmona, Facundo (Instituto de Hidrología de Llanuras, CIC-UNCPBA-CONICET, Argentina)
Cogliati, Marisa (CIT Universidad Nacional de Río Negro, Universidad Nacional del Comahue UNCo, Argentina)
Coronel, Alejandra S. (Universidad Nacional de Rosario UNR- CONICET, Argentina)
de la Casa, Antonio (Universidad Nacional de Córdoba UNC, Argentina)
Figuerola, Patricia (Universidad Nacional de Chilecito UNdeC, Argentina)
Gassmann, María I. (Universidad de Buenos Aires UBA - CONICET, Argentina)
González, Marcela H. (Universidad de Buenos Aires UBA - CONICET, Argentina)
Kemerer, Alejandra C. (Universidad Nacional de Entre Ríos UNER y EEA Paraná INTA, Argentina)
Leva, Perla (Universidad Nacional del Litoral UNL, Argentina)
Rivarola, Andrea (Universidad Nacional de Río Cuarto UNRC, Argentina)
Serio, Leonardo (Universidad de Buenos Aires UBA, Argentina)
Spescha, Liliana B. (Universidad de Buenos Aires UBA, Argentina)

Pares evaluadores
Aceñolaza, Pablo (CICyTTP CONICET- Universidad Nacional de Entre Ríos UNER, Argentina)
Aguirre, César A. (CONICET- Universidad Nacional de Entre Ríos UNER, Argentina)
Ares, María Guadalupe (IHLLA ‘‘Dr. Eduardo J. Usunoff” - CONICET UNCPBA, Argentina)
Ateca, M. del Pilar (Universidad Nacional de Córdoba UNC, Argentina)
Becker, Dislaine (Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil)
Beltrán, Celina (Universidad de Rosario UNR, Argentina)
Brizuela, Armando (Universidad Nacional de Entre Ríos UNER, Argentina)
Caffera, Mario (Universidad de la República UdelaR, Uruguay)
Casenave, Georgina (IHLLA “Dr. Eduardo J. Usunoff” (UNCPBA-CIC-CONICET- Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires CIC, Argentina)
Castañeda María Elizabeth (UBA - CONICET, Argentina)
Caviglia, Octavio (CONICET-INTA- Universidad Nacional de Entre Ríos UNER, Argentina)
Coronel, Alejandra (Universidad Nacional de Rosario UNR, Argentina)
Costanzo, Marta (Universidad Nacional de Rosario UNR, Argentina)
Covi, Mauro (Universidad de Buenos Aires UBA, Argentina)
Curto, Lucía (UBA-CONICET, Argentina)
de la Casa, Antonio (Universidad Nacional de Córdoba UNC, Argentina)
Denise Cybis Fontana (Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS, Brasil)
Faramiñán, Adán M.G. (Instituto de Hidrología de Llanuras CIC-UNCPBA-CONICET, Argentina)
Fernández Long, María Elena (Universidad de Buenos Aires UBA, Argentina)
Forquera, Juan Carlos (Universidad Nacional del Comahue UNCo, Argentina)
Holzman, Mauro (Instituto de Hidrología de Llanuras, CONICET- UNCPBA-IHLLA, Argentina)
Hurtado, Rafael (Universidad Nacional de Jujuy UNJ, Argentina)
Jozami, Emiliano (Universidad Nacional de Rosario UNR, Argentina)
Leva, Perla (Universidad Nacional del Litoral UNL, Argentina)

Luccini, Eduardo A. (CONICET, Argentina)
Maltese, Nicolás (UNER-CONICET-INTA, Argentina)
Martínez, Susana B. (Universidad Nacional del Noroeste UNNOBA, Argentina)
Nosetto, Marcelo (UNER-CONICET, Argentina)
Orte, Pablo F. (Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones UNIDEF - CONICET, Argentina)
Pántano, Vanesa (Universidad de Buenos Aires UBA-CONICET, Argentina)
Penalba, Olga C. (UBA-CONICET, Argentina)
Pérez, Silvia P. (Universidad de Buenos Aires, Argentina)
Ravelo, Andrés (CREAN-IMBIV/CONICET, UNC, Argentina)
Rivas, Raúl Eduardo (Instituto de Hidrología de Llanuras, CIC-UNCPBA-CONICET, Argentina)
Ruiz, Juan José (CIMA - CONICET, Argentina)
Sabattini, Julián A. (Universidad Nacional de Entre Ríos UNER, Argentina)
Tonti, Natalia E. (Universidad de Buenos Aires UBA – CONICET, Argentina)
Vinocur, Marta Graciela (Universidad Nacional de Río Cuarto UNRC, Argentina)
Wingeyer, Ana B. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Argentina)

Auspician el evento

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Bolsa de Cereales de Entre Ríos

Colegio de Profesionales de Agronomía de Entre Ríos (COPAER)

Han declarado de interés el evento

Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER

Servicio Meteorológico Nacional

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA

Departamento de Ciencias de la Atmósfera

Gobierno de la provincia de Entre Ríos

Universidad Autónoma de Entre Ríos

Municipalidad de Paraná, Entre Ríos

Prólogo

La Asociación Argentina de Agrometeorología (AADA), al igual que tantas instituciones y el mundo en general, se ha encontrado en 2020 con un desafío que no se imaginaba. Los socios fundadores que habrán pensado muchos matices para las reuniones venideras difícilmente deben haber soñado con las alternativas de encuentro que hoy se proponen.

La reunión que nos convoca, RALDA 2020, primero se amplió a Latinoamericana, ya que en Brasil durante 2019 la reunión de la disciplina se propuso con alcance nacional. Con el ánimo de no distanciar el evento latinoamericano hasta seis años, desde AADA se asumió el compromiso para la próxima reunión, dejando así a Argentina como sede de dos reuniones latinoamericanas consecutivas, en cuatro años. Luego, frente a las condiciones sanitarias se requirió optar entre la postergación hasta 2021 o una propuesta diferente. En cada ocasión, la Comisión Organizadora mostró una disposición excepcional para pensar, proponer y ejecutar el evento.

Esta publicación compila la actividad científica de la especialidad y reúne los aportes de quienes confiaron en su realización, pese a las dificultades e incertidumbres. Más de un centenar de trabajos con su formato de resumen expandido nos reflejan el estado de arte de la agrometeorología. Es particularmente grato corroborar la creciente participación de los jóvenes investigadores que se motivan con la disciplina hoy y que, sin duda, tendrán un campo de acción muy prometedor en los años venideros.

El logro de esta publicación es el resultado de un dedicado trabajo editorial. Se agradece la labor del comité científico y otros miembros de la comisión organizadora que colaboraron para lograr que se llegara en tiempo y forma con el documento. En nombre de la AADA, el agradecimiento a las instituciones que auspiciaron el evento, y una especial mención a la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER) que, en todo momento, puso a disposición sus capacidades y recursos. Por último, a todos los autores por su interés y sus contribuciones para la realización de la XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología, en una edición muy especial, con sede en Paraná, Entre Ríos.

Andrea Inés Irigoyen, presidente 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	Alabar, F. Solís, J. Mayo, H. Hurtado, R. Valdiviezo Corte, M. Moreno, C. Leaño, M.	Validación de las precipitaciones estimadas por TRMM y GPM en 7 estaciones de las provincias de Jujuy y Salta	31
AT1-002	Anibalini, V.A. Gastaudo, J. Coronel, A.S.	Relación entre la duración de la fase de floración de dos especies de árboles nativos y los elementos meteorológicos	33
AT1-003	Anibalini, V. Confalone, A.	Tiempo térmico de los subperíodos de *Paspalum notatum* según distintos modelos	35
AT1-004	Barbero, S. Costanzo, M. Martin, B.	Caracterización de las temperaturas mínimas asociadas al cultivo de alfalfa en Manfredi, provincia de Córdoba	37
AT1-005	Becker, D. Paulus, D. Nava, G.A. Ferron. L.A. Perboni, A.T. Bueno, M.F.S.	Calidad pre y postcosecha de tallos de gladiolo cultivado en condiciones edafoclimáticas del sudoeste de Paraná-Brasil	39
AT1-006	Brizuela, V. Rivarola, A.	Determinación del inicio del período de lluvias para las localidades de lluvias para las localidades de Río Cuarto, Laboulaye y Manfredi: análisis y resultados preliminares	41
AT1-007	Castro, V. L. Borghi, C.E. Alday, S.	Evaluación de los cultivares de almendro (*Prunus amygdalus* Batsch) autofértiles “Guara”y “Marinada” bajo un sistema de producción moderno en el departamento Pocito, San Juan	43
AT1-008	Cicinelli, M. L. Giménez, D. A. Silva, L. Vaiman, N.	Índices bioclimáticos para la vid (*Vitis vinifera* L.) en el centro-este de Entre Ríos, Argentina	45
AT1-009	Cogliati, M.G. Páez, P.A. Pianciola, L.A. Caputo, M.A. Mut, P.N.	Dispersión de bioaerosoles PM10 asociados a la actividad de un feedlot en Río Negro	47
AT1-010	del Barrio, R. A. Orioli, G.A. Campoy, J.A.	Efectos de la temperatura sobre la evolución de los azúcares durante la progresión de la dormancia en yemas de nogal en Norpatagonia	49
AT1-011	Dell`Arciprete, L. Guaymasi, D. Carbone, A. Martínez, S.B. Garbi, M. Chale, W.	Caracterización fenológica y biometeorológica de dos híbridos de tomate en La Plata (Buenos Aires, Argentina)	51

AT1-012	Figueiras, E. Peretti, M. Hakim, G. Lúgaro, T. Salinas, M. Labaronnie, S. Covi, M. Carnelos, D.A.	Efecto de la heterogeneidad PAR en invernaderos sobre el peso fresco de *Impatiens wallerana*	53
AT1-013	Forquera, J.C. Gonzalez, D.A. Reyes, M.F. Moraga, Y.	Estimación de horas de frío y unidades de enfriamiento del período 2014-2019 en Alto Valle de Rio Negro	55
AT1-014	Garbi, M. Martínez, S. Pinciroli, M. Sánchez de la Torre, M.E. Pardi, M.	Relación entre el ambiente externo e interno en un invernadero parabólico de La Plata (Buenos Aires, Argentina)	57
AT1-015	González, D.A. Forquera, J.C. Verdile, H. Orrego, L. Pueblas, L.	Comportamiento fenológico y evaluación de índices térmicos para maíz "negro del Comahue FCA" (*Zea mays* var. Subnigrovioláceo) en cinco Saltos, Río Negro, Argentina	59
AT1-016	Hernández, G. Laddaga, J. Rodríguez, D. Vilatte, C. Aguas, L. Eseiza, M. Marchessi, J. Cañibano, A. Confalone, A.	Cuantificación del subperíodo fenológico emergencia-encañazón en cebada	61
AT1-017	Iglesias, M.P. Panunzio Moscoso, M.P. Irigoyen, A.I.	Estación de crecimiento de maíz en el centro-sudeste bonaerense para escenarios climáticos recientes y futuros	63
AT1-018	Iglesias, M.P. Panunzio Moscoso, M.P. Irigoyen, A.I.	Exposición a temperaturas mínimas de estados susceptibles de maíz en el centro-sudeste bonaerense para escenarios climáticos recientes y futuros	65
AT1-019	Laddaga, J. Hernández, G. Rodríguez, D. Vilatte, C. Aguas, L. Eseiza, M. Marchessi, J. Cañibano, A. Confalone, A.	Sumas térmicas para cereales de invierno	67
AT1-020	Maio, S. Calabrese, L. Spescha, L.	Mapas bioclimáticos de la Argentina del período 1971-2010	69
AT1-021	Maio, S. Lamas, A.	Variables térmicas de emergencia en producción intensiva del roble europeo producción (*Quercus robur* L.)	71

AT1-022	Martínez, F. J. Stainoh, F.A. Merino, R.A. Hakim, G.; Gandolfo, E. Carnelos, D.A. Covi, M.	Análisis de distribución espacial de transmitancia efectiva de la radiación PAR en un invernadero	73
AT1-023	Martínez, S. Benassi, A. Garbi, M.	Potencialidad del interior de una vivienda para realizar una realizar una huerta urbana en La Plata (Buenos Aires)	75
AT1-024	Martínez, S.B. Masi, M.A. Pomés, J. Chale, W. De Benedetto, J.P. Zanek, C. Fariña, L. Barbero, G.	Tiempo térmico: efecto sobre el comportamiento fenológico de tomate injertado y sin injertar cultivado en Junín (Buenos Aires, Argentina, Argentina)	77
AT1-025	Merino, R.A. Martinez, F.J. Stainoh, F.A. Hakim, G. Gandolfo, E. Carnelos, D.A. Covi, M.	Variabilidad espacial de la transmitancia radiativa en un invernáculo con mediasombra	79
AT1-026	Mestre, N. Caretta, A.I. Albors, C.M.	Temperaturas en un monte frutal con microaspersión para defensa contra heladas	81
AT1-027	Mora, F. Sorlino, D.	Aptitud agroclimática del territorio argentino para el cultivo de cañamo (*Cannabis sativa*)	83
AT1-028	Ortiz, M. Albors, C.M.	Influencia de los principales elementos meteorológicos en el rendimiento de dos cultivares de vid en la provincia de San Juan	85
AT1-029	Pardi, H.M. Moschini, R.C.	Simulación de la duración de mojado a partir de elementos meteorológicos simples	87
AT1-030	Pinciroli, M. Martínez, S. Morelli, G. Puig, M. L. Garbi, M.	Modificación del ambiente en cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en La Plata	89
AT1-031	Rodríguez, D. Laddaga, J. Ressia, J. Lázaro, L. Grosso, J. Bongiorno, C. Confalone, A.	*Arundo donax* L. como fuente de bioenergía en el centro de la provincia de Buenos Aires	91
AT1-032	Rodríguez, D. Lázaro, L. Laddaga, J. Ressia, J. Grosso, J. Bongiorno, C. Confalone, A.	Captura de radiación de radiación solar y producción de biomasa de *Arundo donax* L en el centro de la provincia de Buenos Aires	93
AT1-033	Sabattini, J.A. Sabattini, R.A.	Rainfall trend changes in Central North of Entre Rios	95

AT1-034	Sanabria, F. Peretti, M. Gandolfo, E. Fernández Zapiola, G. De La Vega, B. Coviella, L. Covi, M. Carnelos, D.A.	Efecto de la heterogeneidad PAR en invernaderos sobre el crecimiento en *Impatiens walerana*	97
AT1-035	Sartori, M.L. Rojas, E.	Influencia de la oferta térmica e hídrica durante el período R3-R6 en el contenido de proteínas del grano de soja en Villa Mercedes (San Luis)	99
AT1-036	Sprumont, N. González, D.A. Rivero, V.I. Forquera, J.C.	Comparación de tres métodos de cálculo de carpogrados y ajuste de un modelo no lineal para *Cydia pomonella* en Cinco Saltos, Río Negro	101
AT1-037	Stainoh, F.A. Merino, R.A. Martinez, F.J. Hakim, G. Gandolfo, E. Carnelos, D.A. Covi, M.	Variación de la transmitancia de la radiación PAR en un invernadero con y sin presencia de cobertor	103
AT1-038	Suazo Castro, B.R. Martínez, S.B. Puig, L. Garbi, M. Maiale, S.	Exigencia biometeorológica de tomate injertado para iniciar la fase reproductiva, según forma de conducción de la planta	105
AT1-039	Toffoli, G. D. Costamagna, D.A. Fernández G. Landucci, T.A. Chingolani, F. Méndez, L. A. Leva, P.E. Taverna, M.	Comportamiento de vacas Holstein durante la estación cálida en la cuenca central, Argentina	107
AT1-040	Veliz, A.E. Spescha, L.B.	Comparación entre observaciones y estimaciones de humedad de suelo en la capa arable en la Pampa Húmeda	109

Área Temática 2
Micrometeorología y Relaciones suelo-planta-atmósfera

Código	Autores	Título	Pág.
AT2-001	Aguilera, R.B. Serú, A.O. Flores Sterba, C.A. Caretta, A.I Ortega Bonilla, A. M.	Dispositivo de bajo costo para registro de variables críticas ante heladas	113
AT2-002	Burek, A. Silleta, C.L. Bucci, S.J. Cavallaro, A. Askenazi, V.J. Goldstein, G. Cristiano, P.M. Scholz, F.G.	Efectos de los pulsos de lluvia sobre los flujos de CO_2 en la estepa patagónica	115
AT2-003	Curto, L. Gassmann, M.I.	Estructuras coherentes de la turbulencia sobre un cultivo de maíz	117
AT2-004	Curto, L. Gassmann, M.I.	Escala temporal de estructuras coherentes de la turbulencia sobre un cultivo de maíz	119
AT2 - 005	Faramiñán, A.M.G. Carmona, F. Olivera Rodríguez, P. Bayala, M. Silicani, M. Rivas, R. E.	Estimación de la evapotranspiración real en cebada de secano por medio de modelos lineales generalizados	121
AT2 - 006	Martín, B. Sacido, M. Coronel, A.	Calibración y validación del modelo AquaCrop para la simulación del crecimiento de *Medicago sativa* L. en la localidad de Paraná	123
AT2 - 007	Nagore, M.L. Mujica, H. Perozzi, F. Darwich, G. Pereyra Iraola, M. Bodega, J.L. Martínez, D.R. Cambareri, M. Echarte, L.	Dinámica de agua en el suelo en soja sembrada a diferentes espaciamientos entre hileras	125
AT2 - 008	Perozzi, F. Mujica, H. Darwich, G. Pereyra Iraola, M. Bodega, J.L. Martínez, D.R. Cambareri, M. Echarte, L. Nagore, L.	Consumo de agua en cultivos de soja sembrados a diferentes espaciamientos entre hileras	127
AT2 - 009	Rey Montoya, T.S. Fabrizio de Iorio, A. Gallardo Lancho, J.F. Fernández López, C.	¿El cambio de uso del suelo puede influenciar las temperaturas microambientales? El caso del Iberá (Corrientes, Argentina)	129

Área Temática 3
Instrumental, Redes de Observación y Servicios Agroclimáticos

Código	Autores	Título	Pág.
AT3 - 001	Aguilera, R.B. Serú, A.O. Flores Sterba, C.A. Caretta, A.I. Lobato, I.J. Santander, V. Cerezo, M.M. Laguna Solar, R.L. Aranda M.V. Berrino, A. Fernández, M.	Módulo de registro en Arduino	133
AT3 - 002	Barberis, J.G. Barrucand, M. Kantolic, A.	Validación de datos de precipitación estimados con ERA5 en 6 departamentos de la región Centro-Norte Pampeana	135
AT3 - 003	Barbero, S. Doval, T. Kissling, M. Lorenzatti, T Pensato, L. Rodriguez, A. Yurun, V. Jozami, E. Coronel, A.	Caracterización del fenómeno de inversión térmica en Zavalla, Santa Fe	137
AT3 - 004	Barnatán, I.E. Faroni, A.P. Hurtado, R.H.	Las precipitaciones anuales medias de la Argentina medias de la Argentina para el período 2010-2019 y sus anomalías respecto de las normales climatológicas	139
AT3-005	Covi, M. Merino, R. Curto, L.	Es igual, pero no es lo mismo: estandarización de sensores dieléctricos de humedad del suelo	141
AT3-006	Faramiñán, A.M.G. Carmona, F. Rivas, R.E. Silicani, M. Olivera Rodríguez, P. Degano, M.F.	Estación móvil de balance de energía para el monitoreo integral de cultivo: caso de estudio en cebada	143
AT3-007	Fernández, S.N. Weis, C.F. Abalo, P.O. Flores, M.A. Espósito, M.E. Martínez, A.M. Brandizi, L.D.	Tecnología aplicada en la rede de observación de datos hidrométricos en cuencas del sudoeste bonaerense	145

AT3-008	Kemerer, A.C. Brizuela, A.B. Aguirre, C. Maltese, N.E. Rondán, G.A. Wilca, D. Lorenzón, M.M.	Servicio de pronóstico on-line de ITH para la toma de decisiones en el tambo	147
AT3-009	Lúgaro, T. Peretti, M. Calabrese, L.D. Barnatán I. E. Fernández Long, M.E.	Caracterización climática de los vientos en Argentina	149
AT3-010	Lusi, A. Orte, F. Wolfram, E. D'Elia, R. Luccini, E. Cabezas, M. Nollas, F. Carmona, F.	Monitoreo de radiación solar UV-total en Argentina	151
AT3-011	Mancino, C.A. Rivas, R.E. Olivera Rodríguez, P.	Puesta en funcionamiento de una red de monitoreo para alerta de inundaciones y sequías	153
AT3-012	Ovando, G. de la Casa, A. Díaz, G. Díaz, P. Soler, F. Miranda, C.	Evaluación termométrica y termográfica de la temperatura de superficie en parcelas de soja	155
AT3-013	Pighini R.J. Wingeyer A.B. Wilson M.G.	Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la cuenca del Arroyo Estacas (Entre Ríos)	157
AT3 - 014	Serritella, D.A. Moltoni, A.F. Pacor, L.J. Blasón, A.D.	Fabricación y calibración de piranómetros de diseño propio	159
AT3-015	Sgroi, L.C. Lovino, M.A. Müller, G.V.	Determinación de coeficientes de desagregación temporal para construcción de curvas IDF en ciudad de Rosario	161
AT3-016	Sosa, G.D. Fernández Long, M.E. Spescha, L.B.	Validación de datos meteorológicos satelitales obtenidos del proyecto NASA-POWER	163
AT3-017	Stainoh, F.A. Penalba. O.C. Pantano. V.C.	Determinación del impacto de las precipitaciones durante períodos críticos en bajos rendimientos de trigo	165

Área Temática 4
Modelación del Ambiente Biofísico

Código	Autores	Título	Pág.
AT4 - 001	Bontempi, M.E. Rossi Lopardo, M.S. Fernández Long, M.E. Spennemann, P.C. Gattinoni, N.N.	Verificación de la precipitación estimada con información satelital y terrestre en un balance hidrológico	169
AT4 - 002	Carnelos, D.A. Michel, C.L. Portela, S.I. Jobbágy, E.G. Jackson, R.B. Panario, D. Fagúndez, C. Piñeiro, G.	Contribución del barrido en la nube y debajo de la nube a la deposición atmosférica húmeda en la cuenca del Río de la Plata	171
AT4 - 003	Carnelos, D.A. Michel, C.L. Portela, S.I. Jobbágy, E.G. Jackson, R.B. Panario, D. Fagúndez, C. Piñeiro, G.	Recarga atmosférica de iones en la cuenca del Río de la Plata	173
AT4 - 004	Giménez, R. Schefer, E. Mercau, J.L. Houspanossian, J. Jobbágy, E.G.	Modelo hidrológico simple para entender los ascensos freáticos e inundaciones recientes en el Chaco Seco	175
AT4 - 005	Juárez, M. Musi Saluj, C. Gajardo, O.A. Bezic, C. Avilés, L.	Modelización de la dinámica de emergencia de *Lamium amplexicaule* L. en el cultivo de ajo en transición agroecológica en el Valle Inferior de Río Negro	177
AT4 - 006	Modon, G.R. Maltese, N.E. Aguirre, C.A. Melchiori, R.J. Brizuela, A.B. Caviglia, O.P. Kemerer, A.C. Rondán, G.	Desarrollo y rendimiento del maíz ante escenarios climáticos futuros en Paraná, Argentina	179
AT4 - 007	Padín, M.A. Fernández, E.N. Harbar, A. Rossi, C.	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	181

Área Temática 5
Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

Código	Autores	Título	Pág.
AT5 - 001	Aguirre, C.A. Rondán, G.A. Kemerer, A.C. Brizuela, A.B. Toffoli, M.B. Maltese, N.E.	Estimación de la fracción de la vegetación utilizando imágenes Sentinel-2	185
AT5 - 002	Barberis, J.G. Barrucand, M. Cosentino, M.	Estudio comparativo de las temperaturas de superficie obtenidas por satélite MODIS en zonas con altos y bajos valores de NDVI para uso en el monitoreo de golpes de calor en el cultivo de trigo	187
AT5 - 003	Blanco, M.A. Demaria, E.M.C. Cazenave, G.	Evaluación de productos satelitales de precipitación en tiempo cuasi real en la región pampeana	189
AT5 - 004	Brizuela, A.B. Sabattini, J.A. Aguirre, C.A. Sabattini, R.A.	Estimación de cambios en el uso del suelo (1990-2020) en la cuenca del Arroyo Feliciano (Entre Ríos)	191
AT5 - 005	Calabrese, L. Piñeiro, G. Oesterheld, M.	Predicción de estados fenológicos de soja a partir de sensores remotos y redes neuronales recurrentes	193
AT5 - 006	Cappelletti, L.M. Sörensson, A. Jobbágy, E. Ruscica, R. Salvia, M. Fernández Long, M.E. Gattinoni, N. Spennemann, P.	Visualización y análisis de la humedad del suelo a 5 cm de profundidad medida *in situ* y estimada por satélites en un sitio de la Llanura Pampeana	195
AT5 - 007	Gavilán, S. Pastore, J.I. Quignard, I. Aceñolaza, P.G.	Estimación satelital de la evapotranspiración a partir de imágenes de los satélites LANDSAT5 y LANDSAT8	197
AT5 - 008	Sánchez, S.S. Grilli, M. Zanvettor, R. Ravelo, A.C.	Relación entre incendios rurales e índices de extremos hídricos usando información satelital y terrestre	199
AT5 - 009	Torre Zaffaroni, P. Di Bella, C.M. Jobbágy, E.G.	Incoherencia en el comportamiento de las inundaciones: una aproximación para caracterizar su desplazamiento horizontal a nivel global	201

Área Temática 6
Variabilidad y Cambio Climático

Código	Autores	Título	Pág.
AT6 - 001	Angolani, D.H. Bongianino, S. Méndez, M. Leonhardt, D.A.	Probabilidad de precipitaciones para verdeos de invierno en General Acha (La Pampa) ante eventos de El Niño-Oscilación del Sur	205
AT6 - 002	Basso, C.L. Pántano, V.C.	Anomalías de precipitación como respuesta a la variabilidad conjunta de sus principales forzantes climáticos	207
AT6 - 003	Bender, F.D. Sentelhas, P.C.	Assessment of regional climate impacts on Brazilian potato tuber yield	209
AT6 - 004	Bernal, A.C. Lovino, M. Müller, G. Sgroi, L.	Variabilidad y cambios de los eventos extremos de precipitación y su vinculación con la humedad del suelo y el nivel freático	211
AT6 - 005	Blanco, P.S.	Variabilidad estacional de la intensidad de las precipitaciones en algunas localidades de Chaco y Corrientes (período 1971-2010)	213
AT6 - 006	Bongianino, S. Méndez, M. Casagrande, G. Vergara, G.	Probabilidad de precipitaciones según eventos de El Niño-Oscilación del Sur para General Pico, La Pampa	215
AT6 - 007	Bracalenti, M.A. Müller, O.V. Berbery, E.H.	Efectos de la expansión de cultivos en Chaco Seco y los pastizales del Río de la Plata sobre el hidroclima regional	217
AT6 - 008	Castañeda, M.E. González, M.H. Spescha, L.B. Fernández Long, M.L. Rolla, A. L.	Perspectiva de pronóstico a mediano plazo del contenido de agua del suelo en la Región Pampeana	219
AT6 - 009	Collazo, S.M. Barrucand, M.G. Rusticucci, M.M.	Influencia de los déficits de precipitación sobre los extremos cálidos de la temperatura máxima en Argentina	221
AT6 - 010	Cravero, S.A.C. Rangeon, N.I. Colina Manresa, M. Huaranca, L.L. Romero, L.F. Condorí, M. López, A.C. Sandoval, D.E. Soulé Gómez, L.F. Burgos, C.S.	Percepción y procesos de adaptación al cambio climático en áreas rurales y urbanas de la principal zona tabacalera del Valle de Lerma en la provincia de Salta	223
AT6 - 011	Dankiewicz, V. Rusticucci, M.M. Collazo, S.M.	Evaluación de patrones atmosféricos críticos para la ocurrencia de incendios forestales en un cambio climático en el noroeste de la Patagonia argentina	225

AT6 – 012	Dickie, M.J. Coronel, A.	Variabilidad de las precipitaciones de la localidad de Cañada de Gómez, provincia de Santa Fe	227
AT6 – 013	Espinosa E.L. Rodríguez L. Scioli, C.C.	Caracterización hidrometeorológica de la Cuenca de los Bajos Submeridionales	229
AT6 – 014	Fernández Zapiola, G.M. Peretti, M. Fernández Long, M.E. Carnelos, D.A.	Cambios en la floración de especies arbóreas ornamentales de la ciudad de Buenos Aires (Argentina)	231
AT6 – 015	Gregorio, M. de A. Müller, G. V.	Estudio de un caso de helada generalizada en la Pampa Húmeda utilizando diferentes parametrizaciones del modelo WRF	233
AT6 – 016	Groppa, M. Llano, M.P.	Variabilidad de las temperaturas extremas durante los períodos fríos en la ciudad de Tucumán	235
AT6 – 017	Iacovone, M.F. Penalba, O.C. Pántano, V.C.	Secuencias de condiciones extremadamente secas y húmedas en Sudamérica asociadas a eventos ENOS	237
AT6 – 018	Merino, R.A. Gassmann, M.I.	Caracterización regional de la velocidad del viento	239
AT6 – 019	Oliveri, P.C. Garbarini, E.M. González, M.H.	La influencia de los anticiclones semipermanentes de los océanos Atlántico y Pacífico Sur sobre la temperatura de invierno en Argentina	241
AT6 – 020	Pántano, V.C. Holzman, M.E. Rivas, R. Penalba O.C.	Memoria del suelo como condicionante de la respuesta hídrica al fenómeno	243
AT6 – 021	Peretti, M. Spennemann, P. Fernández Long, M.E.	Cambios observados en la humedad del suelo en Argentina (1971-2018)	245
AT6 – 022	Pérez, S.P. Cassani, M.T. Massobrio, M.J.	Evolución de la precipitación anual del centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina	247
AT6 – 023	Pérez, S.P. Fernández Long, M.E. Spescha, L.B.	Impacto de las teleconexiones climáticas en la precipitación anual de la provincia de La Pampa, Argentina	249
AT6 – 024	Stoll Villarreal, L. Vita Sánchez, M. Ayala, S.N.	Modelado de pronósticos estacionales aplicado a zonas agrícolas estratégicas	251
AT6 – 025	Suli, S. Rusticucci, M.M. Collazo, S.M.	Estudio acerca de la linealidad de tendencias entre temperaturas extremas y medias en Argentina	253
AT6 – 026	Waisbein, L.D. Ayala, S.N. Vita Sánchez, M.S.	Pronóstico de precipitación cualitativo estacional para la Cuenca del Comahue y para la Cuenca del Río Bermejo	255

Área Temática 7
Adversidades Agroclimáticas, Riesgo y Vulnerabilidad Socioambiental

Código	Autores	Título	Pág.
AT7 – 001	Anibalini, V.A. Dickie, M.J. (*ex aequo*)	Días tropicales y olas de calor en Zavalla, Provincia de Santa Fe	259
AT7 – 002	Barberis, J.G. Barrucand, M. Muñiz, J. Kantolic, A.	Estudio de la relación entre los rendimientos de soja e índices de disponibilidad hídrica estimados por distintas metodologías de cálculo	261
AT7 – 003	Bocco, A. Vinocur, M.G.	Análisis probabilístico de los eventos secos en Río Cuarto, Córdoba	263
AT7 – 004	de la Casa, A. Ovando, G. Díaz, G. Díaz, P. Soler, F. Miranda, C.	Monitoreo del estrés hídrico en parcelas de soja con registros térmicos de superficie y datos de NDVI	265
AT7 – 005	Espósito, M.E. Fernández, S.N.	Variabilidad pluviométrica y su incidencia en la alteración de la calidad del recurso hídrico de una cuenca endorreica ubicada en el tramo sudoccidental de la Llanura Pampeana	267
AT7 – 006	Gattinoni, N. Herrera, M.G. Zanek, C.	Análisis preliminar de la asociación entre la percepción social de la variabilidad climática y del cambio climático y los datos climatológicos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires	269
AT7 - 007	Martínez, S.B. Masi, M.A Pomés, J. Chale, W. De Benedetto, J.P. Zanek, C. Fariña, L. Barbero, G.	Radiación PAR: su intercepción en invernadero cubierto con plástico y malla antigranizo en cultivo de tomate injertado	271
AT7 - 008	Martínez, M.I. Moschini, R.C Alberione, E.J. Castellarín, J.M.	Modelos logísticos con base meteorológica para predecir niveles de la Fusariosis de la espiga de trigo en cultivares de distinta susceptibilidad a la enfermedad	273
AT7 - 009	Orozco-Montoya, R.A. Penalba, O.C.	Estudio piloto para evaluar condiciones de sequía en el Caribe de Costa Rica aplicado al cultivo de piña (*Ananas comosus*)	275
AT7- 010	Pinciroli, M. Sánchez de la Torre, M.E Martínez, S. Pardi, M. Garbi, M.	Características de los vientos en la localidad de La Plata	277
AT7- 011	Puccetti, C. Davaliña, C. Serio, L.	Estudio de caso: aplicación del SPI y SPEI en el análisis de eventos hídricos en la ciudad de Bahía Blanca	279
AT7- 012	Ramos, S. Garin, R.	Comportamiento de índices de peligro de incendio en el noreste entrerriano	281

AT7- 013	Serio, L. Puccetti, C. Davaliña, C.	Análisis comparativo de índices estandarizados para el monitoreo de extremos hídricos	283
AT7- 014	Zanvettor R.E. Ravelo, A.C. Planchuelo, A.M. Seiler, R.A.	Extremos hídricos en Argentina: detección y pronóstico	285

Área Temática 8
Estrategias de la Enseñanza de la Agrometeorología

Código	Autores	Título	Pág.
AT8 - 001	Forquera, J.C. Verdile, H. Stikar, W. González, D.A.	Conocimientos compartidos en curso de grado FCA-UNCO Experiencia en cultivos de cebolla y lechuga	289
AT8-002	Hidalgo, V.G. Aguilera, R.B.	La estación meteorológica como entorno educativo profesional	291
AT8- 003	Paton, L.M. Vinocur, M.G. Rivarola, A.d.V. Llames, A.A. Accastello, N.R.	Práctica sociocomunitaria: eventos meteorológicos extremos relacionados al desarrollo de actividades turísticas en Alpa Corral	293

Listado de Autores por Orden Alfabético

A

Abalo, P.O.	145
Accastello, N.R.	293
Aceñolaza, P.G.	197
Aguas, L.	61,67
Aguilera, R.B.	113,133,291
Aguirre, C.A.	147,179,185,191
Alabar, F.	31
Alberione, E.J.	273
Albors, C.M.	81,85
Alday, S.	43
Angolani, D.H.	205
Anibalini, V.A.	33,35,259
Aranda M.V.	133
Askenazi, V.J.	115
Avilés, L.	177
Ayala, S.N.	251,255

B

Barberis, J.G.	135,187,261
Barbero, G.	77,271
Barbero, S.	37,137
Barnatán, I.E.	139,149
Barrucand, M.G.	135,187,221,261
Basso, M.	207
Bayala, M.	121
Becker, D.	39
Benassi, A.	75
Bender, F.D.	209
Berbery, E.H.	217
Bernal, A.C.	211
Berrino, A.	133
Bezic, C.	177
Blanco, M.A.	189
Blanco, P.S.	213
Blasón, A.D.	159
Bocco, A.	263
Bodega, J.L.	125,127
Bongianino, S.	205,215
Bongiorno, C.	91,93
Bontempi, M.E.	169
Borghi, C.E.	43
Bracalenti, M.A.	217
Brandizi, L.D.	145
Brizuela, A.B.	147,179,185,191
Brizuela, V.	41
Bucci, S.J.	115
Bueno, M.F.S.	39
Burek, A.	115
Burgos, C.S.	223

C

Cabezas, M.	151
Cambareri, M.	125,127
Campoy, J.A.	49
Calabrese, L.D.	69,149,193
Cañibano, A.	61,67
Cappelletti, L. M.	195
Caputo, M.A.	47
Carbone, A.	51
Caretta, A.I.	81,113,133
Carmona, F.	121,143,151
Carnelos, D.A.	53,73,79,97,103, 169,171,173,231
Casagrande, G.	215
Cassani, M.T.	247
Castañeda, M.E.	219
Castellarín, J.M.	273
Castro, V. L.	43
Cavallaro, A.	115
Caviglia, O.P.	179
Cazenave, G.	189
Cerezo, M.M.	133
Chale, W.	51,77,271
Chingolani, F.	107
Cicinelli, M. L.	45
Cogliati, M.G.	47
Colina Manresa, M.	223
Collazo, S.M.	221,253
Condorí, M.	223
Confalone, A.	33,61,67,91,93
Coronel, A.S.	123,137,227
Cosentino, M.	187
Costamagna, D. A.	107
Costanzo, M.	37
Covi, M.	53,73,79,97, 103,141
Coviella, L.	97
Cravero, S.A.C.	223
Cristiano, P.M.	115
Curto, L.	117,119,141

D

D'Elia, R.	151
Dankiewicz, V.	225
Darwich, G.	125,127
Davaliña, C.	279,283
De Benedetto, J.P.	77,271
de la Casa, A.	155,265
De La Vega, B.	97
Degano, M.F.	143
del Barrio, R. A.	49
Dell`Arciprete, L.	51
Demaria, E.M.C.	189
Di Bella, C.M.	201
Díaz, G.	155,265
Díaz, P.	155,265
Dickie, M.J.	227,259
Doval, T.	137

E

Echarte, L.	125,127
Eseiza, M.	61,67
Espinosa, E.L.	229
Espósito, M.E.	145,267

F

Fabrizio de Iorio, A.	129
Fagúndez, C.	171,173
Faramiñán, A.M.G.	121,143
Fariña, L.	77,271
Faroni, A.P.	139
Fernández Long, M. E.	149,163,169, 195,219,231,249
Fernandez Lopez, C.	129
Fernández Zapiola, G.	231
Fernández, E.N.	181
Fernández, G.	107
Fernandez, M.	133
Fernández, S.N.	145, 267
Ferron. L.A.	39
Figueiras, E.	53
Flores Sterba, C.A.	113,133
Flores, M.A.	145
Forquera, J.C.	55,59,101,289

G
Gajardo, O.A. 177
Gallardo Lancho, J.F. 129
Gandolfo, E. 73,79,97,103
Garbarini, E.M. 241
Garbi, M. 51,57,75,89, 105,277
Garin, R. 281
Gassmann, M.I. 117,119,239
Gastaudo, J. 33
Gattinoni, N.N. 195,269
Gavilán, S. 197
Giménez, D.A. 45
Giménez, R. 175
Goldstein G. 115
González, D.A. 55,59,101,289
González, M.H. 219,241
Gregorio, M. de A. 233
Grilli, M. 199
Groppa, M. 235
Grosso, J. 91,93
Guaymasi, D. 51

H
Hakim, G. 53,73,79,103
Harbar, A. 181
Hernández, G. 61,67
Herrera, M.G. 269
Hidalgo, V.G. 291
Holzman, M.E. 243
Houspanossian, J. 175
Huaranca, L.L. 223
Hurtado, R.H. 31,139

I
Iacovone, M.F. 237
Iglesias, M.P. 63,65
Irigoyen, A.I. 63,65

J
Jackson, R.B. 171,173
Jobbágy E.G. 171,173,175,195 201
Jozami, E. 137
Juárez, M. 177

K
Kantolic, A. 135,261
Kemerer, A.C. 147,179,185
Kissling, M. 137

L
Labaronnie, S. 53
Laddaga, J. 61,67,91,93
Laguna Solar, R.L. 133
Lamas, A. 71
Landucci, T. A. 107
Lázaro, L. 91,93
Leaño, M. 31
Leonhardt, D.A. 205
Leva, P. E. 107
Llames, A.A. 293
Llano, M.P. 235
Lobato, I.J. 133
López, A.C. 223
Lorenzatti, T 137
Lorenzón, M.M. 147
Lovino, M.A. 161,211
Luccini, E. 151
Lúgaro, T. 53,149
Lusi, A. 151

M
Maiale, S. 105
Maio, S. 69,71
Maltese, N.E. 147,179,185
Mancino, C.A. 153
Marchessi, J. 61,67
Martin, B. 37,123
Martínez, A.M. 145
Martínez, D.R. 125,127
Martínez, F.J. 73,79,103
Martínez, M.I. 273
Martínez, S.B. 51,57,75,77,89 105,271,277
Masi, M.A 77, 179,271
Massobrio, M.J. 247
Mayo, H. 31
Melchiori, R.J. 179
Méndez, M. 205,215
Méndez, L. A. 107
Mercau J.L. 175
Merino, R.A. 73,79,103,141 239
Mestre, N. 81
Michel, C.L. 159,173
Miranda, C. 155,265
Modon, G.R. 179
Moltoni, A.F. 159
Mora, F. 83
Moraga, Y. 55
Morelli, G. 89
Moreno, C. 31
Moschini, R.C 87,273
Mujica, H. 125,127
Müller, G.V. 161,211,233
Müller, O.V. 217
Muñiz J. 261
Musi Saluj, C. 177
Mut, P.N. 47

N
Nagore, M.L. 125,127
Nava, G.A. 39
Nollas, F. 151

O
Oesterheld, M. 193
Olivera Rodríguez, P. 121,143,153
Oliveri, P.C. 241
Orioli, G.A. 49
Orozco-Montoya, R.A. 275
Orrego, L. 59
Orte, F. 151
Ortega Bonilla A. M. 113
Ortiz, M. 85
Ovando, G. 155,265

P
Pacor, L.J. 159
Padín, M.A. 181
Páez, P.A. 47
Panario, D. 171,173
Pántano, V.C. 165,207,237,243
Panunzio Moscoso, M.P. 63,65
Pardi, H.M. 57,87,277
Pastore, J. I. 197
Paton, L.M. 293
Paulus, D. 39
Penalba, O.C. 165,237,243,275
Pensato, L. 137
Perboni, A.T. 39
Peretti, M. 53,97,149, 231,245
Pereyra Iraola, M. 125,127
Pérez, S.P. 247,249
Perozzi, F. 125,127
Pianciola, L.A. 47
Pighini R.J. 157
Pinciroli, M. 57,89,277
Piñeiro, G. 171,173,193

	Planchuelo, A.M.	285
	Pomés, J.	77,271
	Portela, S.I.	171,173
	Puccetti, C.	279,283
	Pueblas, L.	59
	Puig M. L.	89,105
Q	Quignard, I.	197
R	Ramos, S.	281
	Rangeon, N.I.	223
	Ravelo, A.C.	199,285
	Ressia, J.	91,93
	Rey Montoya, T.S.	129
	Reyes, M.F.	55
	Rivarola, A. d V.	41,293
	Rivas, R.E.	121,143,153,243
	Rivero, V.I.	101
	Rodríguez, A.	137
	Rodríguez, D.	61,67,91,93
	Rodriguez, L.	229
	Rojas, E.	99
	Rolla, A. L.	219
	Romero, L.F.	223
	Rondán, G.	147,179,185,147
	Rossi Lopardo, M.S.	169
	Rossi, C.	181
	Ruscica, R.	195
	Rusticucci, M.M.	221,225,253
S	Sabattini, J.A.	95,191
	Sabattini, R.A.	95,191
	Sacido, M.	123
	Salinas, M.	53
	Salvia, M.	195
	Sanabria, F.	97
	Sánchez de la Torre, M.	57,277
	Sánchez, S.S.	199
	Sandoval, D.E.	223
	Santander, V.	133
	Sartori, M.L.	99
	Schefer, E.	175
	Scholz, F.G.	115
	Scioli C.C.	229
	Seiler, R.A.	285
	Sentelhas, P.C.	209
	Serio, L.	279,283
	Serritella, D.A.	159
	Serú, A.O.	113,133
	Sgroi, L.	161,211
	Silicani, M.	121,143
	Silleta, C.L.	115
	Silva, L.	45
	Soler, F.	155,265
	Solís, J.	31
	Sörensson, A.	195
	Sorlino, D.	83
	Sosa, G.D.	163
	Soulé Gómez, L.F.	223
	Spennemann, P.	169,195,245
	Spescha, L.B.	69,109,163, 219,249
	Sprumont, N.	101
	Stainoh, F.A.	73,79,103,165
	Stikar, W.	289
	Stoll Villarreal, L.	251
	Suazo Castro, B.R.	105
	Suli, S.	253
T	Taverna, M.	107
	Toffoli, G.D.	107
	Toffoli, M.B.	185
	Torre Zaffaroni, P.	201
V	Vaiman, N.	45
	Valdiviezo Corte, M.	31
	Veliz, A.E.	109
	Verdile, H.	59,289
	Vergara, G.	215
	Vilatte, C.	61,67
	Vinocur, M.G.	263,293
	Vita Sánchez, M.	251,255
W	Waisbein, L.D.	255
	Weis, C.F.	145
	Wilca, D.	147
	Wilson, M.G.	157
	Wingeyer, A.B.	157
	Wolfram, E.	151
Y	Yurun, V.	137
Z	Zanek, C.	77,269,271
	Zanvettor, R. E.	199,285

Área Temática 1

Agrometeorología y Biometeorología

VALIDACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES ESTIMADAS POR TRMM Y GPM EN 7 ESTACIONES DE LAS PROVINCIAS DE JUJUY Y SALTA

Alabar*, F.[1]; Solís, J.[2]; Mayo, H.[1]; Hurtado, R.[1]; Valdiviezo Corte, M.[1]; Moreno, C.[1]; Leaño, M.[2]

[1] *Cátedra de Agroclimatología-FCA.UNJu, Alberdi 47, San Salvador de Jujuy, 4600, Argentina*
[2] *Cátedra de Bioestadística y Diseño Experimental-FCA. UNJu, Alberdi 47, San Salvador de Jujuy, 4600, Argentina*

***Contacto:** davidalabar@hotmail.com

Palabras clave: lluvias; sensores remotos; método "bootstrap"

INTRODUCCIÓN

La precipitación es uno de los parámetros físicos más importantes, no sólo en el ciclo hidrológico global sino también en otras disciplinas (Lui *et al.,* 2019; Coaquira Quispe, 2018). En la región del Noroeste Argentino, caracterizada por la heterogeneidad de relieve, biomas y climas, la gran variación altitudinal provoca acusadas irregularidades espaciales y temporales en la distribución y cantidad de lluvias (Hurtado *et al.,* 2008). Bianchi y Yáñez (1992), consideran que el agua es el principal elemento que condiciona las características y el uso de los recursos naturales, pero desafortunadamente son muy escasas las mediciones de pluviómetros convencionales y están mal distribuidos (Coaquira Quispe, 2018).

Una alternativa para conocer el comportamiento espacio temporal de la precipitación en Jujuy y Salta es través de uso de lluvias estimadas por sensores remotos debido al espaciamiento en grilla que poseen las mismas (Lujano Laura *et al.,* 2015), y a que su información está disponible en la web. El Centro Goddard de Ciencias de la Tierra y Servicios de Datos e Información de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), sede de los archivos de datos de los proyectos de la Misión de Medición de Lluvias Tropicales (TRMM) y de la Medición Global de Precipitación (GPM), ha desarrollado una interfase web para proveer información de varios satélites para todas las zonas del mundo, a través de la página en línea Giovanni NASA (Montoya, 2016). Actualmente existen en Giovanni NASA productos de precipitación globales y regionales de diferentes proyectos satelitales (TRMM y GPM).

A nivel mundial, se realizaron varios estudios, con el objetivo de evaluar el rendimiento de las estimaciones de precipitación satelital TRMM y GPM, en comparación con las observaciones in situ (Coaquira Quispe, 2018). Autores como dos Santos *et al.*, (2018); Coaquira Quispe (2018); Lujano Laura *et al.,* (2015) entre otros, usaron el error cuadrático medio (RMSE), el sesgo (MBE) y coeficiente de correlación como indicadores del desempeño de la estimación de la precipitación. En general, los estudios indican que dicho desempeño varía según la región y sus regímenes de lluvia.

El objetivo del presente trabajo es evaluar y validar los valores de lluvia de los proyectos TRMM y GPM, para las estaciones meteorológicas, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de las provincias de Jujuy y Salta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron registros anuales de precipitación del periodo 2000-2017 de cinco estaciones del SMN (Jujuy aero, La Quiaca Aero, Orán Aero, Tartagal Aero, Salta Aero) y de la estación Augusto Romain de la Cátedra de Agroclimatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy en convenio con el SMN. La lluvia estimada del TRMM, utilizada en el presente trabajo, es producida por el algoritmo 3B43 v7 y del GPM a través del algoritmo 3IMERGM v06. Ambas estimaciones han sido descargadas de GIOVANNI NASA (https://giovanni.gsfc.nasa.gov/), teniendo en cuenta la ubicación geográfica de las estaciones de superficie.

Se consideraron tres indicadores de desempeño de la estimación de la precipitación: coeficiente de la prueba de correlación de Spearman (rho), el p-valor de dicha prueba, error cuadrático medio (RMSE) y el sesgo (MBE). Para las validaciones se ha utilizado el método "bootstrap" o de remuestreo con reposición en cada serie de precipitación. Se realizaron 1000 (mil) remuestreos, estimando en cada muestreo rho, el p-valor de dicha prueba, el RMSE y el MBE. Al finalizar los 1000 ciclos, se ha computado la mediana para cada uno de los estimadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los valores estimados de los tres indicadores para las estaciones en estudio. Los valores rho más bajos se obtienen en la estación Jujuy Aero con 0,6344 en GPM y 0,6624 en TRMM, mientras que los más altos en la estación Tartagal Aero con 0,9275 en TRMM y 0.9321 en GPM, resultados similares a los obtenidos en Lujano Laura *et al.,* (2015). Todos los valores de rho fueron significativos a un alfa de 0,05. Los valores RMSE para TRMM varían de 70,4814 mm (La Quiaca Aero) a 256,2899 mm (Romain) y para GPM de 95,555 mm (La Quiaca Aero) a 320.6807 mm (Romain). En TRMM, la sobreestimación más alta se observa en la estación Oran Aero (83,3455 mm) y en GPM en La Quiaca Aero (78,8592 mm), mientras que la subestimación más alta en ambos satélites se registra en La Quiaca Aero. La lluvia estimada por GPM no siempre presenta un

mejor rendimiento que TRMM, según lo citado por Liu (2016) y Prakash *et al.*, (2018), ya que las estaciones Romain, La Quiaca Aero y Salta Aero presentan menores RMSE y MBE en TRMM que en GPM.

Tabla 1. Indicadores estadísticos rho, RMSE, MBE para las estaciones en estudios.

Estación	TRMM				GPM			
	rho	p_valor	RMSE mm	MBE mm	rho	p_valor	RMSE mm	MBE mm
Jujuy Aero	0,6624	0,0028	124,0679	74,4216	0,6344	0,0047	115,0576	60,1364
Romain	0,7148	0,0006	256,2899	-231,2558	0,6586	0,0022	320,6807	-293,7297
La Quiaca Aero	0,7494	0,0002	70,4814	38,2487	0,8735	0,0000	95,5551	78,8592
Salta Aero	0,7139	0,0006	113,9074	-59,2167	0,7323	0,0004	151,8438	-116,1236
Tartagal Aero	0,9275	0,0000	131,5122	57,8979	0,9321	0,0000	115,7572	18,4997
Oran Aero	0,8837	0,0000	135,5593	83,3455	0,9295	0,0000	106,7785	54,5784

CONCLUSIONES

En términos generales, ambos proyectos realizaron mejores estimaciones para las estaciones de la provincia de Salta que para las estaciones de Jujuy, aunque la correlación entre los valores estimados por TRMM y GPM es variable según la estación**.** El propósito de estimar los indicadores estadísticos permite utilizar la precipitación obtenida por TRMM y GPM en aquellos lugares donde esta información es escasa o no existe.

En lugares cercanos a la ubicación geográfica de la estación de Romain, La Quiaca Aero y Salta Aero, podrían usarse las lluvias estimadas por TRMM y por GPM en Jujuy Aero, Tartagal Aero y Oran Aero. Las estimaciones TRMM y GPM resultaron confiables y pueden usarse para esta región. Se esperan estudios que puedan generar ecuaciones de ajuste para mejores estimaciones en el futuro (dos Santos *et al.*, 2018), principalmente en las provincias de Jujuy y Salta por presentar gran heterogeneidad en las precipitaciones y muy poca densidad de información en suelo.

REFERENCIAS

Bianchi, A.R.; Yáñez, C.E.1992. Las precipitaciones en el Noroeste Argentino. 2da edición. INTA, EEA Salta. 384 p.

Coaquira Quispe, Y. 2018. Análisis comparativo de precipitaciones medias mensuales, utilizando datos de satélite TRMM y estaciones meteorológicas en la cuenca Huancané–Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7193/Coaquira_Quispe_Yessica.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Consultado 18/07/2020.

dos Santos, L.O.F.; Santos Querino, C.; da Silva Querino, J.; Lopes Pedreira Junior, A.; Resende de Melo Moura, A.; Gomes Machado, N.; Sacardi Biudes, M. 2018. Validação dos dados de precipitação estimados pelo satélite GPM na região sul do Amazonas. Revista Ambiente y Agua 14:1-9.

Hurtado, R.; Faroni, A.; Serio, L.; Vich, H. 2008. Estudios de las precipitaciones en la Región del Noroeste de la Argentina. <http://www.siaj.fca.unju.edu.ar/media/publicaciones/2008-AADA-JUJUY-PPNOA.pdf>, Consultado 15/06/2020.

Liu, Z. 2016. Comparison of Integrated Multisatellite Retrievals for GPM (IMERG) and TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) Monthly Precipitation Products: Initial Results. American Meteorological Society 17:777-790.

Liu, Z.; Acker, J.; Teng, W.; Wei, J.; Meyer, D. 2019. Visualización y análisis en línea de productos de precipitación globales y regionales basados en satélites de la NASA a través de Giovanni. < https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20190001147>, Consultado 20/07/2020.

Lujano, L. E.; Obando, O.; Lujano L., A.; Quispe Aragón, J. 2015. Validación de la precipitación estimada por satélite TRMM y su aplicación en la modelación hidrológica del rio Ramis Puno Perú. Revista de investigación Altoandino 17:221-228.

Montoya, S. 2016. Aplicaciones de NASA Giovanni en la evaluación de recursos hídricos / medio ambiente. <http://gidahatari.com/ih-es/aplicaciones-de-nasa-giovanni-en-la-evaluacion-de-recursos-hdricos-medio-ambiente>, Consultado 14/07/2020.

Prakash, S.; Mitra, A.K.; Aghakouchak, A.; Liu, Z.; Norouzi, H.; Pai, D.S. 2018. A preliminary assessment of GPM-based multi-satellite precipitation estimates over a monsoon dominated region. Journal of Hydrology 556:865-876.

RELACIÓN ENTRE LA DURACIÓN DE LA FASE DE FLORACIÓN DE DOS ESPECIES DE ÁRBOLES NATIVOS Y LOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

Anibalini*, V.A.; **Gastaudo, J. (*ex aequo*); Coronel, A.S.**

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Campo Experimental Villarino, C.C. 14 (S2125ZAA) Zavalla- Santa Fe, Argentina

***Contacto:** veroanibalini@gmail.com

Palabras clave: bioclimatología; ceibo; lapacho

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de una especie está determinado por la ocurrencia de las fases fenológicas como consecuencia de los estímulos de los elementos del clima, tales como temperatura, precipitación, radiación, fotoperiodo, etc. (Prause y Angeloni, 2000). Se sabe que las fases fenológicas de las especies vegetales presentan diferentes respuestas a las variaciones de los elementos bioclimáticos (Bertossi *et al.*, 2010). La vegetación natural refleja en mejor medida los cambios estacionales de una zona. Por lo tanto, el estudio del momento de ocurrencia, duración de una fase y su nivel de interacción con los elementos atmosféricos constituye una fuente documental importante para comprender el ritmo del ciclo ontológico de las especies en un área determinada. Además, contribuye a medir el efecto del cambio climático sobre la biósfera (Schwartz, 1999).

El objetivo de este estudio fue evaluar la dependencia de la duración de la fase de floración de *Erythrina crista-galli* (Ceibo) y *Handroanthus heptaphyllus* (Lapacho) de la temperatura del aire, precipitación, humedad relativa, intensidad de radiación y fotoperiodo, en el sur de la provincia de Santa Fe (Argentina).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el campo experimental "José Félix Villarino" de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, Zavalla, Santa Fe (Argentina) desde septiembre de 2014 hasta septiembre de 2016. Se trabajó con dos especies de árboles nativos (Ceibo y Lapacho), eligiéndolos particularmente porque no se conocían datos biometeorológicos hasta el momento, para la región. Se realizaron observaciones periódicas de las diferentes fases fenológicas de cinco ejemplares de ceibo y tres de lapacho durante dos años, utilizando el Registro Fitofenológico Integral (Ledesma, 1953), con modificaciones.

Se dividió al ciclo ontológico de las especies en cinco fenofases: brotación, floración, fructificación, caída del fruto y caída del follaje. A partir de las observaciones se definió la duración de cada etapa en días calendarios como promedio de todos los ejemplares de cada especie y los dos años de estudio (2014/2015 y 2015/2016). En esta contribución se relacionaron estadísticamente los valores de duración de la fase de floración con diversas variables climáticas, a partir del cálculo del coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de correlación de Pearson (r), con un $\alpha = 0,05$. Las variables utilizadas fueron: temperatura media (TMed, °C), precipitaciones (PP, mm), humedad relativa (HR, %), intensidad de radiación (RAD, $MJ.m^{-2}.día^{-1}$) y fotoperíodo (FOTO, h). Los datos meteorológicos diarios utilizados fueron obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la FCA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que *E. crista galli* presenta una etapa de floración adicional (FA) a la primera floración (FP). La duración de la FP fue de 31 días ± 3; la FA de Ceibo fue más larga que la FP, presentando una duración promedio de 57 días ± 18. Estos resultados concuerdan con lo observado por Galetto *et al.* (2000). Los resultados de los análisis estadísticos realizados para la FP (Tabla 1), muestran que las variables que explican la duración de esta fase son PP, HR y FOTO, con R^2 ajustado de 0,82, 0,88 y 0,91, respectivamente. Con respecto a la correlación de Pearson, éstas mismas variables presentan valores estadísticamente significativos con la duración de la floración, siendo una correlación positiva para PP y FOTO (r=0,92; p-value=0,0002 y r=0,96; p-value<0,0001, respectivamente) y negativa para HR (r= -0,95; p-value<0,0001). Estos valores indican que, al aumentar PP y FOTO, la duración de la fase tiende a alargarse. Mientras que con el aumento de HR, la fase se acorta. Analizando la regresión del modelo en su conjunto, se obtuvo que la variable que mejor ajusta es la HR con un valor de p=0,002. A diferencia de lo ocurrido anteriormente en la FA, la única variable que muestra relación estadísticamente significativa con la duración de la fase fue PP (R^2 ajustado= 0,62) y una correlación significativa y positiva (r=0,82). Es decir, que a medida que aumentan los milímetros precipitados, la floración adicional se prolonga en el tiempo. Al analizar el modelo completo, se observa que PP es la variable que mejor se ajusta con p=0,03. Para esta especie, los resultados coinciden con lo observado por Gómez Restrepo (2010) y parcialmente con lo planteado por Gratieri-Sossella (2005); dado que la autora también incluye a la temperatura como factor meteorológico que determina la duración de esta fase, en el sur de Brasil.

Tabla 1. Coeficientes de determinación (R^2 ajustado) y de correlación de Pearson (r) para las floraciones de *Erythrina crista-galli*, para las diferentes variables meteorológicas. Ref: * p<0,05

	TMed (°C)		PP (mm)		HR %		RAD ($Mj.m^{-2}.d^{-1}$)		FOTO (h)	
Fase	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r
Floración 1	0,00	-0,15	0,82	0,92*	0,88	-0,95*	0,10	-0,45	0,91	0,96*
Floración 2	0,01	-0,12	0,62	0,82*	0,01	-0,34	0,00	-0,02	0,00	-0,14

En *H. heptaphyllus* la etapa de floración tiene una duración promedio de 32± 5 días, resultado que acuerda con lo visto por Torretta y Cerino (2013). Como resultado de los análisis estadísticos se obtuvo que la única variable que la explica de manera significativa es la PP (Tabla 2), con un R^2=0,74 y un valor de r=0,88, siendo la correlación positiva. Este resultado concuerda con lo hallado por Gómez Restrepo (2010) para *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC. especie emparentada con el género *Handroanthus*. A medida que aumentan los valores de PP, también lo hace la duración de la floración. En cuanto, al resto de las variables analizadas individualmente es de destacar la correlación con la TMed presentando un r= -0,52 sin ser considerada significativa por el modelo (p= 0,13). Por último, de la relación conjunta entre todas las variables se resalta que sigue siendo PP la que más significancia presenta con un p=0,003.

Tabla 2. Coeficientes de determinación (R^2 ajustado) y de correlación de Pearson (r) para la floración de *Handroanthus heptaphyllus*, para las diferentes variables meteorológicas. Ref: * p<0,05

	TMed (°C)		PP (mm)		HR %		RAD ($Mj.m^{-2}.d^{-1}$)		FOTO (h)	
Fase	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	r	R^2	R
Floración	0,18	-0,52	0,74	0,88*	0,01	-0,35	0,00	-0,09	0,00	0,19

El efecto de las PP sobre la duración de la etapa de floración en Ceibo y Lapacho se explica por el hecho de ser especies de origen subtropical en donde pequeños eventos de estrés son necesarios para el desencadenamiento de dicha etapa, ocurriendo esto a mayor tasa cuando menor es el monto de PP. Así mismo están adaptada a un umbral fotoperiódico más corto que el encontrado en las zonas templadas lo que implica un alargamiento de la fase ante FOTO más largo que el umbral óptimo. El efecto del FOTO es más marcado en ceibo que en lapacho.

CONCLUSIONES

Concluimos que en las especies perennes todas las variables del complejo climático están interrelacionadas destacando la importancia de analizar sus efectos en conjunto. Este estudio da pie para seguir buscando modelos que mejor expliquen la interacción entre las variables meteorológicas que afectan a las distintas fases fenológicas de los árboles autóctonos. Así mismo, este trabajo aporta a un área de vacancia en cuanto al estudio bioclimatológico de árboles nativos.

REFERENCIAS

Bertossi, M.E.; Prieto, A.B.; Rumene, S.L. 2010. Resultados preliminares de los estudios fenológicos de *Populus sp* en el Valle de San Cabao (Nor-Oeste de la Patagonia, Argentina). Tercer Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina.

Galetto, L; Bernardello, G.; Isele, I.C.; Vesprini, J.; Speroni, G.; Berduc, A. 2000. Reproductive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 87:127-145.

Gómez Restrepo, M.L. 2010. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia, un paso hacia su conservación. Vol. I. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corantioquia. Medellín, Colombia. 228 pp.

Gratieri-Sossella, A. 2005. Potencialidade ornamental e paisagística, caracterização morfo-anatômica e propagação de *Erytrina crista-galli* L. Tesis de maestría en Agronomia. Universidade de Passo Fundo. Facultade de Agronomia e Medicina Veterinária. Programa de pós-graduação em Agronomia.

Ledesma, N.R. 1953. Registro Fitofenológico Integral. Meteoros III (1):82-96.

Prause, J.; Angeloni, P. 2000. Fenología de especies forestales nativas: abscisión de hojas. Comunicaciones científicas y tecnológicas 2000. Universidad Nacional del Nordeste.

Schwartz, M.D. 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. Int. J. Biometeorol. 42:113-118.

Torretta, J.P.; Cerino, M.C. 2013. Biología reproductiva de tres especies simpátricas de Bignoniaceae en Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 48 (1):73-89.

TIEMPO TÉRMICO DE LOS SUBPERIODOS DE *PASPALUM NOTATUM* SEGÚN DISTINTOS MODELOS

Anibalini*, V.[1]; Confalone, A.[2,3]

[1] *Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Rosario, Campo Experimental Villarino, CC 14, (S2125ZAA) Zavalla, Argentina*
[2] *Agrometeorología-Facultad de Agronomía - UNCPBA. Azul, 7300, Buenos Aires, Argentina*
[3] *Inv. Asociado, Comisión de Investigaciones Científicas (CIC PBA)*

***Contacto:** veroanibalini@gmail.com

Palabras clave: pasto horqueta; temperatura base; grados días

INTRODUCCIÓN

Las gramíneas forrajeras megatérmicas perennes han sido revalorizadas recientemente en la región templada de Argentina. Su crecimiento primavero-estivo-otoñal, permitiría mejorar la producción y calidad de forraje a lo largo del año, y satisfacer la demanda nutricional de los animales en pastoreo. Dentro de este grupo de gramíneas se puede destacar *Paspalum notatum* Flüggé, especie forrajera con excelente potencial productivo. Por otro lado, para realizar un manejo eficiente de cualquier cultivo es requisito contar con una herramienta precisa de toma de decisión, por lo cual los distintos modelos de Tiempo Térmico aportan a este fin en mayor medida que el clásico método de días. Así mismo, las distintas versiones de los modelos de sumas térmicas difieren en el grado de precisión de sus previsiones, en función de las interacciones entre la variación del tiempo meteorológico y la fisiología del cultivo (Confalone y Navarro, 1999). El objetivo de este estudio es determinar la temperatura base más representativa y el mejor modelo de tiempo térmico para cada subperíodo de *P. notatum.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Las determinaciones fueron realizadas sobre una superficie de 1000 m^2 ubicado en el Campo Experimental Villarino, Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, a 33º 01´ LS y 60º 53´ LO y a una altitud 50 m sobre el nivel del mar. El lote fue sembrado el 14 de noviembre de 2014 con *P. notatum* cv. Boyero-UNNE. El experimento se condujo durante 4 años: 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018. En el presente análisis no se incluyeron los datos del año 2014-2015 dado que se consideró que los mismos estaban muy influenciados por la fecha de siembra del cultivar. *P.notatum* cv Boyero-UNNE se caracteriza por ser una gramínea con macollos apretados, erectos provenientes de rizomas gruesos con entrenudos cortos, por lo cual los subperíodos se determinaron considerando la metodología clásica para cultivos densos. Los subperiodos (Sub) analizados fueron Macollaje-Encañazón (Sub1), Encañazón-Floración (Sub2), Floración-Madurez Fisiológica (Sub3) y Macollaje-Floración (Mac-Fl). El cálculo de Tiempo Térmico según los distintos modelos se realizó utilizando dos temperaturas bases (Tb) llamando Tb1 a la Tb de emergencia del forraje determinada en cámara climática y Tb2 a la temperatura base de cada Sub calculada mediante el método de intercepción de la equis (Arnold, 1959). Los modelos evaluados fueron: días calendario (D) (calculado como la suma en días para cada subperíodo), método residual (1), residual modificado (2), método fototérmico (3) y método de unidades fototérmicas (4), cuyas ecuaciones se muestran a continuación:

I.- Método residual (TT):

$$TT = \sum_{i=1}^{n} \frac{T\,max + Tmin}{2} - Tb \qquad (1)$$

donde: Tmax: Temperatura máxima diaria, Tmin: temperatura mínima diaria, Tb: temperatura por debajo de la cual no se observa desarrollo.

II.- Método residual modificado (TTm):

$$TTm = \sum_{i=1}^{n} \frac{T\,max\,C + Tmin}{2} - Tb \qquad (2)$$

donde: Tmax C: temperatura máxima corregida, utilizando la ecuación:

$$T\,max\,C = 30 - (T\,max - 30)$$

III.- Método fototérmico (UF):

$$UF = \sum_{i=1}^{n} \frac{(Tmed - Tb) * Fotop}{24} \qquad (3)$$

donde: Tmed: temperatura media del aire; Tb: temperatura base; Fotop: fotoperíodo diario.

IV.- Método de unidades fototérmico (UFT):

$$UFT = \sum_{i=1}^{n} (Tmed - Tb) * dd \qquad (4)$$

donde: Tmed: temperatura media del aire; Tb: temperatura base; dd: fotoperíodo medio.

Para evaluar la performance de los modelos, se utilizó el coeficiente de variación (CV= (Desvío estándar/promedio)) y también el desvío en días (Desvío en Días= (Desvío estándar / (promedio/ días))). Los datos de temperatura y fotoperíodo fueron obtenidos de la Estación Agrometeorológica de Zavalla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor obtenido de la Tb1 determinada en cámara climática y el de la Tb2 calculada se muestran en la Tabla 1, en la que también se indican los requerimientos térmicos promedios calculados con los distintos modelos propuestos para cada Sub estudiado y con las 2 Tb consideradas. Así mismo, se analiza la variabilidad de cada uno de ellos a través del coeficiente de variación (CV %) y el desvío en días (d). Se observa que en la mayoría de los subperíodos la Tb2 resulto más apropiada para determinar los requerimientos térmicos que la Tb1, excepto para el Sub2. Estos resultados son coincidentes con lo encontrado por Rymph (2004) para el cultivar Pensacola en Florida. En cuanto a la performance de los modelos encontramos que en el Sub1 el modelo UFTII en función del CV fue mejor que los modelos TTII y UFII siendo este de 0,1 %, 11,6 % y 11,5 % respectivamente, en tanto el desvío en días de estos 3 modelos no mostró diferencias significativas. En el Sub2 el modelo TTI evidencio una mejor performance con un CV de 3,4% y un desvío en días de 0,5 seguido por el modelo TTII con un CV de 7,7% y un desvío en días de 1,2. El Sub3 acreditó mejores resultados con el modelo de TTm tanto con la Tb 1 y 2, exhibiendo un CV de 15,8-15,7 % y un desvío en días de 3,9. La mejor performance de los modelos destacados para el Sub2 y el Sub3 evidencia el hecho de que los mismos se ven afectados sólo por la temperatura. En tanto, en el Sub Mac-Fl los modelos sobresalientes fueron TTII y UFII sin mostrar diferencias significativas entre los CV y el desvío en días entre ambos modelos. Por último, el uso de modelos fototérmicos tanto para el Sub1 y Mac-Fl resultan ser los más apropiados para el cálculo de TT siendo esto coincidente con lo hallado por Rymph (2004) para el cv. Pensacola.

Tabla 1. Comparación en el desempeño de cuatro modelos de °Ds y en días (D) con 2 Tb para distintos subperíodos de *P. notatum* cv. Boyero-UNNE. Los valores sombreados indican los métodos con mejor desempeño.

	Tb1 (I)	Tb2 (II)	D	TT I	TT II	TTm I	TTm II	UF I	UF II	UFT I	UFT II
Sub1	13,5	20,2									
Promedio (°Ds)			33,3	324,3	108,1	281,0	69,3	227,5	75,9	5454,9	1817,8
CV (%)			38,1	25,1	11,6	27,5	22,6	24,9	11,5	0,3	0,1
d			12,7	8,4	3,9	9,2	7,5	8,3	3,8	9,2	3,9
Sub2	13,5	23,9									
Promedio (°Ds)			15,7	180,0	23,5	148,0	5,0	119,7	16,2	2873,4	389,4
CV (%)			9,8	3,4	7,7	15,6	74,3	11,0	9,7	11,0	9,7
d			1,5	0,5	1,2	2,4	11,6	1,7	1,5	1,7	1,5
Sub3	13,5	13,61									
Promedio (°Ds)			24,7	241,5	238,7	205,0	202,3	156,9	155,2	3763,2	3721,1
CV (%)			24,4	22,9	22,9	15,8	15,7	19,8	19,9	19,7	19,7
d			6,0	5,7	5,7	3,9	3,9	4,9	4,9	4,8	4,9
Mac-Fl	13,5	20,05									
Promedio (°Ds)			48,0	486,7	180,0	419,7	117,5	339,7	125,7	8153,0	3060,6
CV (%)			27,2	19,5	10,9	21,3	33,7	19,4	11,1	19,5	12,8
d			13,1	9,4	5,2	10,2	16,2	9,3	5,3	9,3	6,1

CONCLUSIONES

La temperatura base (Tb) calculada es la más apropiada al momento de calcular los grados días requeridos por cada subperíodo. Los modelos fototérmicos son los que en términos generales muestran buen desempeño en todos los subperíodos sobresaliendo en el Sub1 y Mac-Fl, evidenciando según el Sub la mayor o menor interacción del fotoperíodo con la temperatura.

REFERENCIAS

Arnold, C.Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 74:430-455.

Confalone, A.; Navarro, M. 1999. Comparación de modelos de tiempo térmico para maíz. Revista Brasileira de Agrometeorologia 7:207-211.

Rymph, S.J.; Boote, K.J.; Irmak, A.; Mislevy, P.; Evers, G.W. 2004. Adapting the CROPGRO model to predict growth and composition of tropical grasses: developing physiological parameters. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 63:37-51.

CARACTERIZACIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE ALFALFA EN MANFREDI, PROVINCIA DE CÓRDOBA

Barbero*, S.[1]; Costanzo, M.[2]; Martin, B.[3]

[1] *Estudiante de Ing. Agronómica. Fac. Cs Agrarias, UNR, Campo Experim. Villarino, Zavalla, CP 2123, Argentina*
[2] *Cátedra de Climatología Agrícola, Fac. de Cs Agrarias, UNR*
[3] *Cátedra de Forrajes, Fac. de Cs. Agrarias, UNR*

***Contacto:** sachabarbero@gmail.com

Palabras clave: *Medicago sativa;* reposo invernal; heladas meteorológicas

INTRODUCCIÓN

El reposo invernal es una característica genética de la alfalfa (*Medicago sativa*) por la cual, en respuesta a la disminución del fotoperíodo y a las bajas temperaturas de otoño - invierno, las plantas reducen su crecimiento. Las variedades con reposo, que son más sensibles a las señales fisiológicas activadas por las bajas temperaturas y a la menor longitud del día, detienen su crecimiento a principios del otoño como expresión de un mecanismo de protección contra el frío y las heladas. Por el contrario, los cultivares sin reposo, son menos sensibles a estas condiciones ambientales, y continúan su crecimiento mientras la temperatura se mantenga a 5ºC (Alarcón Zúñiga, 2003). El objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento de las temperaturas mínimas y heladas meteorológicas de Manfredi, provincia de Córdoba, con el fin de determinar el momento en que se inicia con una mayor celeridad la reducción del crecimiento en la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información fue obtenida de la Estación Agrometeorológica de INTA Manfredi (31º49´S; 63º46´W; 292m), correspondientes a datos diarios de temperatura mínima del aire en abrigo meteorológico (Tmín) medidos con termómetros de mínima de alcohol en vidrio. La serie analizada comprendió el periodo 1970 a 2019; contando con un total de 4680 datos en 50 años. Para cada año, se determinaron el primer día (PDT≤5º) y el último (UDT≤5°) en que la Tmín estuviese en un rango entre 5 – 0,1ºC, el primer día y el último en que la Tmín fuese ≤ 0ºC (heladas), cantidad de días con Tmín entre 5 – 0,1ºC (nT≤5°) y cantidad de días con heladas (nH). También se estimó el aporte mensual de nT≤5º y nH para otoño (marzo, abril y mayo) e invierno (junio, julio y agosto). Se determinaron los días consecutivos con Tmín en el rango 5 – 0,1ºC para los meses de otoño. Con las fechas anuales de primera y última helada se obtuvieron la fecha media de primera helada (FMPH) y de última helada (FMUH) del periodo. Para esto, se utilizó el calendario juliano, en el cual los días del año fueron numerados de uno a 365, y si eran bisiestos del uno al 366; luego, se calculó el promedio de la primera y última helada, transformándolos a calendario gregoriano. Para cada serie de datos se obtuvo la estadística descriptiva básica. Para los meses de otoño, se calculó la cantidad de días consecutivos con Tmín en el rango 5 – 0,1ºC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La disminución de la duración de las horas de luz en otoño sería la señal ambiental inductora del desarrollo de la latencia en alfalfa, dando lugar a la preparación para el estado de reposo invernal. Cuando las condiciones térmicas son inhibitorias para el crecimiento (T mín ≤ 5°C) el mismo se detiene, siempre que esté expuesta a varios días con bajas temperaturas (Alarcón Zúñiga, 2003). En este sentido se analizaron los valores promedios y sus desvíos del periodo del año en que la temperatura mínima diaria es menor o igual a la que detiene el crecimiento en la especie (T mín ≤ 5°C) y de las heladas meteorológicas que pueden dañar estructuras como raíz y corona en alfalfa (T mín ≤ 0°C) (Tabla 1).

Tabla 1. Fechas medias de primer día y último con temperatura del aire menor o igual a 5ºC, fechas medias de primera y última helada, número total de días en que hubo temperaturas menores o iguales a 5ºC y número de días con heladas, Manfredi (1970-2019).

	PDT≤5º	UDT≤5°	nT≤5º	FMPH	FMUH	nH
promedio	5 de abril	25 de octubre	94	11 de mayo	17 septiembre	39
desvío estándar	24,25	25,07	15,48	23,35	21,99	12,44
CV (%)	25,6	8,42	16,5	17,89	8,5	31,9

* CV (%): coeficiente de variación

Brouwer *et al.* (2000) expusieron que, durante el otoño, y previo a períodos con Tº≤ 5°C, se producen cambios fisiológicos de aclimatación para resistir el invierno. En Manfredi, las plantas estarían expuestas a temperaturas otoñales que afectan el crecimiento a partir del 5 de abril (± 24 d), lo que haría suponer que, en los

días previos, se iniciarían gradualmente esos cambios fisiológicos responsables tanto de la tolerancia como de la resistencia a las bajas temperaturas. Del estudio de la distribución mensual de nT≤5ºC (Tabla 2), se observa que entre mayo y septiembre ocurren el mayor número de T mín ≤ 5°C, y que en otoño se dan el 24% y en invierno el 52% del total anual. En promedio, las heladas ocurren entre el 11 de mayo y 17 de septiembre, con una media de 39 heladas, el 12% de ellas en otoño (Tabla 1). Dichas temperaturas impactarían de manera significativa en los grupos sin reposo en la especie. En este tipo de cultivares, de acuerdo con Brouwer *et al*. (2000), al no activarse los procesos de aclimatación antes mencionados, las plantas continúan creciendo en otoño y, por lo tanto, al no acumular suficientes sustancias de reserva en la raíz y en la corona, se tornan susceptibles a las heladas. En igual sentido, Marble (1988) considera que las plantas con reposo no son afectadas por heladas, mientras que los cultivares sin reposo son dañados por temperaturas inferiores a -1ºC. Esta caracterización es importante debido a que períodos prolongados de bajas temperaturas causan, no sólo el cese de crecimiento en los grupos sin latencia, sino posibles lesiones en raíz y corona. Las temperaturas bajas extremas prolongadas podrían dañar las yemas de corona en los grupos con latencia, pese a su resistencia, disminuyendo de esta forma el número potencial de puntos de ramificación. Los trabajos de Spada (2005) concluyen que, en Manfredi, la escasez de precipitaciones al inicio de la primavera, y las menores temperaturas en invierno son las condicionantes que impiden a los cultivares con y sin reposo expresar su potencial genético. En este estudio, el período junio-septiembre, con días consecutivos de bajas temperaturas y heladas prolongadas, condicionarían a que estos no diferencien sus grados de reposo y como resultado sería indistinto utilizarlos en la localidad. Días consecutivos con Tmín entre 5 y 0,1ºC en otoño: (Figura 1) a medida que avanza la estación, disminuyen los eventos de un día y aumentan los de 2, 3 o más, siendo mayo el mes de mayor aporte. Duraciones más largas son escasas, pero ocurrieron entre un 3 a 5%. Cabe aclarar que avanzado el otoño, los días con Tmín ≤ 5ºC se intercalan con uno o más días de heladas, por ello fueron contabilizados como eventos separados, si bien para las plantas, fue un único periodo prolongado de bajas temperaturas, cuyo efecto sobre la aclimatación, dependerá de las temperaturas del aire en días anteriores al pulso de frío, así como de las características de la variedad de alfalfa.

Tabla 2. Distribución mensual del número de días con temperaturas mínimas entre 5 – 0,1ºC (nT≤5ºC) y con heladas (nH).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
	nT≤5ºC											
promedio	0	0	1	4	8	10	9	10	9	3	1	0
desvío estándar	0,14	0,70	1,84	2,99	3,74	3,17	3,27	3,39	3,48	2,35	0,96	0,24
	nH											
promedio	0	0	0	1	3	9	12	9	4	0	0	0
desvío estándar	0	0,28	0,34	3,02	3,08	5,70	6,05	5,22	3,22	0,65	0,14	0

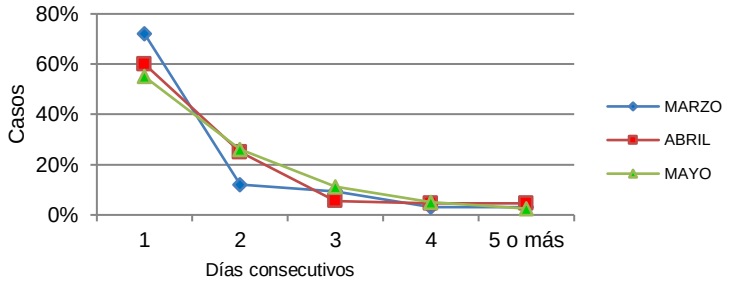


Figura 1. Evolución del porcentaje de casos con días consecutivos de temperaturas entre 5 – 0,1°C para los meses de otoño.

CONCLUSIONES

En Manfredi, las plantas de alfalfa con y sin grado de reposo estarían expuestas a temperaturas otoñales que afectan el crecimiento a partir del 5 de abril ± 24 días en promedio. Previamente, podrían desencadenarse procesos de aclimatación para resistir el invierno. Mayo es el mes de mayor aporte en días consecutivos con Tmín≤5ºC, el cual, junto con la reducción en los fotoperíodos, desencadenaría la entrada en latencia de la alfalfa.

REFERENCIAS

Alarcón Zúñiga, B. 2003 Genetic basis of autumn growth and Winter hardiness in alfalfa. Retrospective Theses and Dissertations. 698. <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1697&context=rtd>, consultado 01/06/2020.

Brouwer, D.J.; Duke, S.H.; Osbom, T.C. 2000. Mapping genetic factors associated with winter hardiness, fall growth, and freezing injury in autotetraploid alfalfa. Crop Sci. 40:1387-1396.

Marble, V. 1988. Relative advantages of different dormancies of alfalfa grown in Central and Northern California. Proceedings 18th California. Alfalfa and Forage Symposium. URL: http:// alfalfa.ucdavis.edu, consultado 12/07/2020

Spada, M. del C. 2005. Informes Ensayo Curvas de Crecimiento de Alfalfa. Archivos Área Producción Animal. EEA INTA Manfredi.

CALIDAD PRE Y POST COSECHA DE TALLOS DE GLADIOLO CULTIVADO EN CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL SUDOESTE DE PARANÁ- BRASIL

Becker*, D.; Paulus, D.; Nava, G.A.; Ferron. L.A.; Perboni, A.T.; Bueno, M.F.S.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Estr. p/ Boa Esperança, km 04 - Zona Rural, Dois Vizinhos - PR, 85660-000, Brasil

***Contacto:** dislainebeckerufsc@gmail.com

Palabras clave: *Gladiolus x grandiflorus* Hort; floricultura; norma comercial

INTRODUCCIÓN

La producción y comercialización de flores y plantas ornamentales ha ido creciendo en el mercado internacional, siendo las flores de corte las que tienen el mayor porcentaje de comercialización (Junqueira y Peetz, 2014). En Brasil, el gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* hort.) es una flor de corte importante, que se encuentra con frecuencia entre las diez plantas más comercializadas en la cooperativa Veiling Holambra (Instituto Brasileiro de Floricultura, 2013).

El gladiolo se adapta a diferentes tipos de suelo y clima, siendo considerada una planta rústica y fácil de adaptar. La temperatura óptima del aire para el cultivo varía entre 20 y 25 °C, las temperaturas extremas causan daños, en la fase vegetativa retrasa el desarrollo y la producción de flores, en la reproducción afecta directamente la calidad de los tallos de las flores. En Brasil se puede cultivar durante todo el año, pero en algunos lugares y en ciertos momentos, pueden producirse problemas en la producción de los tallos debido a (baja) radiación, temperatura extrema del aire (Schwab *et al*., 2015). El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad pre y post cosecha de tallos de gladiolo cultivado en condiciones edafoclimáticas del Sudoeste de Paraná, Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos de campo se llevaron a cabo en la Universidade Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR) - Campus Dois Vizinhos, Sudoeste de Paraná, Brasil. La siembra se realizó el 5 de agosto de 2019 y la variedad utilizada fue Red Beauty.

Para la evaluación de la calidad previa a la cosecha de los tallos, cuando estaban en R2, se registró la longitud total del tallo (desde la base de la planta hasta la punta del tallo), la longitud del tallo floral (desde la base de la inserción del primer botón hasta la punta del tallo) y el diámetro del tallo (debajo de la inserción del primer botón). La calidad previa a la cosecha de los tallos de las flores fue evaluada de acuerdo con las normas Veiling Holambra (2013).

La cosecha fue el 23 de octubre de 2019, cuando las plantas estaban en la etapa R2 y fueran estandarizados a 60 cm. Para evaluar la calidad posterior a la cosecha, se utilizaron soluciones de mantenimiento para tratar de aumentar su durabilidad. El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Horticultura junto al área de cultivo experimental. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco soluciones de mantenimiento (T1- agua destilada; T2- agua destilada + azúcar cristalina; T3- agua destilada + 5% azúcar cristalina + 5% ácido cítrico; T4- agua destilada + 5% de nitrato de potasio; T5- agua destilada + 5% de ácido cítrico) con cuatro repeticiones compuestas de cuatro tallos de flores cada una.

Después de preparar la solución, los tallos se colocaron en recipientes de plástico de 1 litro en las diferentes soluciones de mantenimiento, reemplazado cada tres días y mantenido a temperatura ambiente. Durante el período posterior a la cosecha, se analizaron diariamente el número de botones que muestran el color, el número total de botones y el número de flores Silva *et al.* (2008). Se evaluó la durabilidad considerando el 50% de las flores senescentes y el número de flores abiertos. Los datos de post cosecha se sometieron a un análisis de regresión y a una prueba de significación de Tukey ($p \leq 0,05$). Los análisis estadísticos se realizaron a partir de lenguaje de programación R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se descubrió que los tallos florales se ajustan a los estándares establecidos por Veiling Holambra. La mayoría de los tallos se clasificaron como clase 90 (58%) y clase 75 (42%). Las plantas cultivadas en este momento (invierno-primavera) tenían una buena clasificación y no tenían tallos desclasificados. Sin embargo, no se observó ninguno en la clase 110, esto puede haber ocurrido debido al hecho de que las plantas han pasado por algunos períodos con temperaturas más altas y con menos lluvia, lo que interfiere directamente en la humedad del suelo. Para Severino (2007), las condiciones de humedad del suelo, la deficiencia de agua y las altas temperaturas pueden influir en el desarrollo del gladiolo y afectarlo negativamente. La producción de tallos de flores en invierno, con menor radiación, reduce el tamaño de la planta y, en consecuencia, el tamaño del tallo (Zubair *et al*., 2006). Silva (2018) encontró resultados similares en invierno con cultivares de ciclo intermedio II, la mayoría de los tallos cayeron en la clase 90.

En la post cosecha de tallos de gladiolo cuando se someten a diferentes tratamientos de mantenimiento como una forma de aumentar la durabilidad de los tallos de las flores, no se encontraron diferencias entre los tratamientos empleados. Con la durabilidad de los tallos no excedió los 5 días, un resultado menor que el encontrado por Wong (2014) con durabilidad postcosecha de 9 días y Tombolato *et al*., (2005), de 15 días.

A evaluar el número de botones que muestra el color, el tratamiento 3 tenía el número más alto mientras que el número total de botones que llegaban al final fueron de 13 para los tratamientos 1, 3, 4 y 5, y 12 botones para el tratamiento 2. Wong (2014) en la adición de sacarosa a la solución de mantenimiento, tuvo un aumento significativo en el número de floretes en los tallos de gladiolo en el cultivar White Friendship.

El número promedio de flores abiertas fue 7, 7, 6, 6 y 5 de los tratamientos 2, 3,1, 4 y 5, respectivamente. Al evaluar el número de flores abiertas finales, este número fue mayor en los tratamientos con sacarosa (2 y 3). El número de flores senescentes finales medidos fue bajo en todos los tratamientos. Con el tratamiento 5 con menos flores senescentes, el problema fue la rotura del tallo. Al evaluar la calidad final a través de las notas de los tallos y las flores, observó en la calidad de las flores que la mayoría tenían notas entre 8 y 9 (buenos y excelentes) y el mejor tratamiento fue el 5 con las puntuaciones más altas. Después de la cosecha, las flores comenzaron a reducir su calidad, es decir, hubo una reducción en las notas. Se puede ver que solo los tratamientos 1 y 2 en la calidad de las flores tenían grados 4 y 6 (pobres y regulares).

La calidad de los tallos, por otro lado, disminuyó en el transcurso de los días, promediando casi el 100% de los tallos en ambos tratamientos con un grado de 3 (inaceptable) en el quinto día de evaluación. El tratamiento 3, mostró tallos amarillentos con menos resistencia. Estos problemas pueden haber ocurrido debido a la alta concentración de ácido cítrico. Silva *et al*. (2008) encontraron resultados similares y descubrieron que los tallos tratados con soluciones de ácido cítrico y agua destilada tenían una apariencia no comercial y eran inaceptables el día 8, reduciendo significativamente la vida posterior a la cosecha. Así, el productor de flores de corte debe preocuparse por la temperatura ambiente de la ubicación de almacenamiento de sus tallos.

CONCLUSIONES

Los tallos producidos en condiciones edafoclimáticas de Dois Vizinhos, PR, Brasil, cumplieron con las normas de Veiling Holambra sin tener tallos desclasificados. La durabilidad post cosecha de los tallos fue baja debido a la alta temperatura ambiente, que aceleró la senescencia de las flores. Las soluciones de mantenimiento poco interfirieron con la durabilidad posterior a la cosecha. La calidad post cosecha de las flores disminuyó con el paso de los días. La mejor calidad de las flores se observó en el tratamiento con agua destilada + 5% de ácido cítrico. Se recomiendan más estudios con diferentes cultivares y estaciones para evaluar mejor el efecto de la temporada en la calidad de los tallos antes de la cosecha.

REFERENCIAS

Han, S.S. 2003 Role of sugar in vase solution on postharvest flower and leaf quality of Oriental Lily Stargazer. HortScience 38:412-416.

Junqueira, A.H.; Peetz, M.da. S. 2014. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental 20 (2):115-120.

Instituto Brasileiro de Floricultura. 2013. Números do setor de flores: mercado interno: nova fotografia do setor 2013. Holambra: Instituto Brasileiro de Floricultura, 2013. Disponível em: <Disponível em: http://www.ibraflor.com/ns_mer_interno.php >. Acesso em: 20 jun. 2020.

Schwab, N. T.; Streck, N.A.; Uhlmann, L.O.; Becker, C.C.; Ribeiro, B.S.M.R.; Langner, J.A.; Tomiozzo, R. 2018. Duration of cycle and injuries due to heat and chilling in Gladiolus as a function of planting dates. Ornamental Horticulture 24:163-173.

Severino, C.A. de M. 2007.Cultivo comercial de Palma de Santa Rita (*Gladiolus sp. Tourm.).* Brasília: Ibict, Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas; Salvador: Rede de Tecnologia da Bahia, p.22.

Silva, L.R.; Oliveira, M.D.M.; Silva, S.M. 2008. Manejo pós-colheita de hastes florais de gladíolos (*Gladiolus grandiflorus* L.). Acta Agronómica 57 (2):129-136.

Silva, B. M. da. 2018. Qualidade de hastes florais de gladíolo produzidas em Santa Catarina. 2018. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos.

Tombolato, A. F. C.; Castro, J. L. de; Matthes, L. A. F.; Leme, J. M. 2005. Melhoramento genético do gladíolo no IAC: novos Veiling Holambra. 2013. Critérios de classificação: Gladíolo corte. Departamento de Qualidade e Pós-Colheita, 5p. < http://veiling.com.br/uploads/padrao/gladiolo-fc.pdf>

Wong, M.C.C. 2014.Tratamentos pós-colheita visando a longevidade floral de gladíolos (*Gladiolus x hortulanus*). 112 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal.

Zubair, M. *et al*. 2006. Planting dates affect floral characteristics of gladiolus under the soil and climatic conditions of Peshawar. Pakistan Journal of Biological Sciences 9:1669-1676.

DETERMINACIÓN DEL INICIO DEL PERIODO DE LLUVIAS PARA LAS LOCALIDADES DE RÍO CUARTO, LABOULAYE Y MANFREDI: ANÁLISIS Y RESULTADOS PRELIMINARES

Brizuela, V.; Rivarola*, A.

Agrometeorología. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. N° 36 km 601, Río Cuarto, CP5800, Argentina

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

Palabras clave: precipitaciones; agricultura de secano; estación de crecimiento

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y rendimiento de los cultivos es altamente dependiente de la disponibilidad hídrica (Dardanelli, 2003). Las mayores reducciones del rendimiento se asocian a deficiencias hídricas que ocurren durante aquellas etapas donde se definen los componentes que determinan el rendimiento (Otegui y López Pereira, 2003). Cuando las anomalías hídricas ocurren en la época de siembra, se suele atrasar la siembra y apartarse de las fechas indicadas como óptimas, produciendo disminuciones en el rendimiento final del cultivo (Andrade y Cirilo, 2002). De la Casa *et al.* (1996) plantean en su estudio que el momento de siembra de un cultivo de secano es considerado dentro de su ciclo de vida un periodo crítico, dado que las condiciones meteorológicas existentes, principalmente de humedad y temperatura, condicionan en gran medida el posterior rendimiento del mismo.

Investigaciones realizadas por Gay *et al.* (2006), Seiler *et al.* (2007), Vinocur (2011), Rivarola (2011) para el centro-sur de la provincia de Córdoba muestran evidencias de la variabilidad interanual que presentan las precipitaciones, influyendo directamente en la agricultura de secano de la región, condicionando decisiones tecnológicas como fechas de siembra, genotipos a utilizar, entre otros. Es por ello que caracterizar y conocer las variables como inicio, duración, terminación de la estación lluviosa y la cantidad de precipitación con fines de precisar su magnitud y relacionarlas con la agricultura de secano, resulta de especial interés tanto para el productor agropecuario como para la comunidad científica ligada a las ciencias agrícolas (Iñiguez-Covarrubias *et al*., 2014).

El presente trabajo tiene como objetivo determinar los parámetros estadísticos que caracterizan la época de inicio del período de lluvias del ciclo agrícola de cultivos de verano en tres localidades de la región centro sur de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se localiza geográficamente en el centro-sur de la provincia de Córdoba. Para su desarrollo se obtuvieron datos diarios de precipitaciones (cantidad y fecha) de las estaciones meteorológicas de Río Cuarto (UNRC), Manfredi (INTA) y Laboulaye (SMN), de la serie 1981-2010 (Figura 1). Las series fueron analizadas estadísticamente para asegurar su validez, utilizando el test de corridas (Analytical Software, 2000).

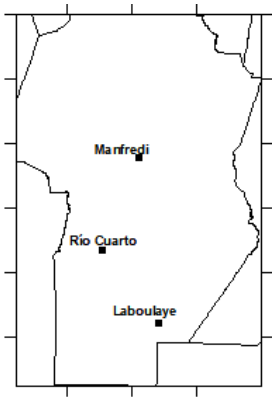


Figura 1. Área de estudio

Para definir el inicio de la temporada de lluvias se siguió el criterio propuesto por Sivakumar (1988), de la Casa *et al.* (1996) e Iñiguez-Covarrubias *et al.* (2014), utilizando indicadores pluviométricos que consideran un umbral de lluvia acumulada, que deberá ser igual o superior a dicho umbral en un periodo de días preestablecidos. En este estudio se definió como fecha de inicio del período de lluvia a aquella que acuse un acumulado de 20 mm 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 (Sivakumar, 1988). 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. Estas últimas se analizaron estadísticamente determinando los parámetros de posición y dispersión de las mismas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del procesamiento estadístico para las tres localidades se presentan en la Tabla 1. Se observa que las localidades de 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, adelantado unos 25 días en relación con Río Cuarto y Manfredi, ubicándose en la tercera década del mes de octubre.

Las tres localidades presentan un desvío similar de ± 27 días con respecto al valor promedio. El comportamiento de la variabilidad de las fechas de inicio del período de lluvias, expresadas a través de los coeficientes de variación (CV), muestra una baja variabilidad en las tres series analizadas. Cabe aclarar que algunos años no cumplieron el criterio establecido para determinar el inicio del período de lluvias, lo que explica el número de casos inferior a 30 en las localidades investigadas, debido a condiciones meteorológicas particulares de esos años que retrasaron la ocurrencia de precipitaciones.

Tabla 1. Análisis estadísticos del inicio del período de lluvias, expresados en días julianos para las localidades de Río Cuarto, Manfredi y Laboulaye. Serie 1981-2010

Estadístico	Río Cuarto	Manfredi	Laboulaye
n	28	25	28
Media	320	319	295
	(16 de noviembre)	(15 de noviembre)	(22 de octubre)
Desvío Estándar	27	27	27
Coef. de Var. (CV)	0,08	0,08	0,09
Valor Mín. serie	269	263	248
	(26 de septiembre)	(20 de septiembre)	(5 de septiembre)
Valor Máx. serie	365	364	334
	(31 de diciembre)	(30 de diciembre)	(30 de noviembre)

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 y su relación a cultivos alternativos (Tabla 2), se observa un retraso en el inicio de las lluvias de 11 días para Río Cuarto y de 9 días para Laboulaye. Esto podría estar asociado a la influencia de fenómenos como El Niño o inclusive a la mayor variabilidad atmosférica por el cambio climático.

Tabla 2. Comparación del análisis estadístico del Inicio del período de lluvias, expresados en días julianos para las localidades de Río Cuarto, Manfredi-Pilar y Laboulaye, serie 1968-1987 (de la Casa *et al.*, 1996) y serie 1981-2010.

Estadístico	Río Cuarto 1968-1987	Río Cuarto 1981-2010	Pilar 1968-1987	Manfredi 1981-2010	Laboulaye 1968-1987	Laboulaye 1981-2010
Media	309	320	322	319	286	295
Desvío Estándar	25	27	27	27	39	27

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten detectar para la región centro-sur de Córdoba un retraso en el inicio de las lluvias para la serie analizada, que podría implicar un impacto importante en las decisiones productivas de la región. Es por ello que se prevé seguir investigando estos resultados y su relación con el fenómeno de El Niño. La caracterización de la época de inicio del período de lluvias es un conocimiento útil para la planificación agrícola interanual, para la planificación de pasturas y mejorar el ajuste del ciclo de cultivos de verano incorporando diferentes estrategias de manejo en los sistemas agropecuarios.

REFERENCIAS

Analytical Software. 2000. Statistix7 for Windows 95, 98, NT, 2000. 359 pp

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. pp.137-156.

Dardanelli, J.; Andriani, J. 2003. La disponibilidad hídrica y la respuesta del cultivo de soja. En: Satorre, E. (Ed.): El Libro de la Soja. SEMA CREA AAPRESID, Buenos Aires, Argentina, pp. 29-38.

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 XIII:31-39.

Gay, C.; Conde, C.; Vinocur, M.; Seiler, R.; Wehbe, M.; Eakin, H. 2006. Informe Técnico final Proyecto AIACC Vulnerability and adaptation to climate variability and change: the case of farmers in Mexico and Argentina. P. 38-69, 99-114.

Iñiguez-Covarrubias M.; Ojeda-Bustamantes, W.; Díaz-Delgado, C.; Sifuentes-Ibarra, E. 2014. Análisis de cuatro variables del periodo de lluvias asociadas al cultivo maíz de temporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5 (1):101-114.

Otegui, M.E.; López Pereira, M. 2003. Fecha de siembra. En: Satorre, E., Benech, R., Slafer, G., De la Fuente, E., Miralles, D., Otegui, M.; Savin, R. (Eds.). Producción de cultivos de granos: bases funcionales para su manejo. FAUBA. pp. 260-272.

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.

Seiler, R.; Kogan, F.; Wei, G.; Vinocur, M. 2007. Seasonal and interannual responses of the vegetation and production of crops in Cordoba-Argentina assessed by AVHRR derived vegetation indices. Adv. Space Res. 39:88-94.

Sivakumar, K. 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. Agricultural and Forest Meteorology 42 (4):295-305

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.

EVALUACIÓN DE LOS CULTIVARES DE ALMENDRO *(PRUNUS AMYGDALUS* BATSCH) AUTOFÉRTILES "GUARA" Y "MARINADA" BAJO UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN MODERNO EN EL DEPARTAMENTO DE POCITO, SAN JUAN

Castro*, V.L.[1]; Borghi, C.E.[2]; Alday, S.[1]

[1] *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Juan INTA, Calle 11 y Vidart. Villa Aberastain, Pocito (5427), San Juan. Argentina*

[2] *Universidad Nacional de San Juan. FCEFyN, Edificio Central, Piso, Box 314. Av. Ignacio de la Roza 590 (O), Complejo Universitario "Islas Malvinas", J5402DCS, Rivadavia, San Juan, Argentina*

***Contacto:** castro.viviana@inta.gob.ar

Palabras clave: variedades; rendimientos; adversidad climática

INTRODUCCIÓN

En San Juan, el cultivo del almendro está expuesto a factores climáticos adversos como heladas tardías y vientos Zonda (Castro y Alday, 2017, 2018). Cuando la ocurrencia de estos eventos climáticos se registra en el momento de floración, ocasiona pérdidas en la producción. Por lo tanto, la correcta elección de la variedad a implantar, así como la elección de una zona geográfica óptima que registre la menor frecuencia de heladas, es de gran importancia para el éxito del cultivo. En el año 2003, la EEA San Juan INTA y productores de almendro, introdujeron en sus montes la variedad Guara, de cáscara dura, de floración tardía, autógama, menos susceptible a las heladas, lo que incrementó las expectativas de rendimientos y comportamiento productivo del almendro (Castro y Alday, 2017). En 2012 se implantó en el departamento de Pocito, la variedad Marinada (obtenida por el IRTA, Cataluña, España), cultivar de cáscara dura, de precoz entrada en producción, auto fértil y de floración más tardía que Guara. Estas variedades desarrolladas en España provienen de programas de mejoramiento genético cuyo objetivo ha sido la obtención de cultivares de floración tardía, autocompatibles, autógamas y tolerantes a heladas tardías, aspectos de interés para mitigar condiciones climáticas adversas similares a las que se encuentran en la provincia de San Juan (Castro, 2018). A su vez, debido a su alta densidad de floración, podrían, en condiciones de riesgo de heladas, disminuir los daños ocasionados por las bajas temperaturas, permitiendo un nivel de cosecha comercialmente aceptable (Kodad y Socias i Company, 2008). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de estos dos cultivares bajo un modelo de producción que permitan aumentar los rendimientos del cultivo en el Valle de Tulum.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de estas variedades se realizó en el Departamento de Pocito, provincia de San Juan, Argentina. El clima del área de interés es de aridez tipo desértica con precipitaciones aproximadas a 100 mm por año. Este trabajo de investigación es un estudio de variables cuantitativas y cualitativas, con análisis de correlación entre variables independientes (climáticas) y dependientes (fenológicas y productivas). Se eligió una finca en el departamento de Pocito con las variedades Guara y Marinada, que desarrolla un modelo de producción orientado a la cosecha mecánica (densidad de plantación y sistemas de conducción). En los montes de almendros Guara y Marinada se establecieron las unidades de medición. Cada unidad de medición se formó por 1 árbol que se clasificó en tres rangos de acuerdo con el perímetro de tronco. Inicialmente se midieron 12 plantas y a partir de 2017, un total de 16 plantas para el cv. Guara y 18 para la variedad Marinada. El cv. Guara fue implantado en 2010 a una distancia de 6 m x 3 m y la variedad Marinada en 2012 a una distancia de 6 m x 5 m, ambas injertadas sobre porta injerto Garfinem. Se analizaron las variables climáticas: temperatura máxima, temperatura mínima, porcentaje de humedad relativa mínima, evaporación, intensidad y dirección del viento, registradas en la estación meteorológica automática de la EEA San Juan INTA ubicada en Latitud S 31° 37', Longitud W 68° 32', altitud 618 m.s.n.m. En 2016, la duración de la helada fue registrada por el sensor I button embedded data system a 1,50 m de altura instalado en el monte de almendro evaluado. Estas variables se relacionaron con indicadores productivos, rendimiento con cáscara y capota por planta, rendimiento de grano por planta y por hectárea. Los registros fenológicos se adoptó la metodología de la escuela europea de GREMPA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fenológicas: la fecha promedio de plena floración para la variedad Guara observada durante 5 años fue el 22 de agosto (desvío estándar SD =7,2 días) y para la variedad Marinada la fecha promedio observada durante 4 años fue el 25 de agosto (SD = 9,1 días). La fecha de floración depende fundamentalmente de factores climáticos. Variables climáticas: en 2014, la variedad Guara presentaba 4 años desde su implantación comenzando su etapa productiva, las altas temperaturas registradas en floración (Temp. máx. 33°C) podrían haber afectado la fecundación en detrimento de los rendimientos. En este año, la variedad Marinada tenía 2 años a campo (Castro y Alday, 2017). El año 2015 es analizado particularmente, dado que en el período de floración

de la variedad Guara, desde el 21 al 29 de agosto, se presentaron 6 días de viento Zonda. Las condiciones ambientales que se registran con la ocurrencia de viento Zonda, tales como: bajo porcentaje de humedad relativa y alta temperatura para la época del año, pueden provocar la deshidratación del estigma, transformando el pistilo en no receptivo al polen (Castro y Alday, 2017). En 2016, el día 6 de septiembre se registró una helada de -2 °C con una duración de 4 horas, medida en abrigo meteorológico a 1,50 m de altura. La duración de la helada registrada por el sensor I button embedded data system ubicado en el monte de almendro fue de 7 horas y 30 minutos. Esta helada coincidió con el estado fenológico de fruto joven, a 26 días de plena floración para la variedad Guara y a 22 días de plena floración en la variedad Marinada. La variedad más afectada por la helada fue Marinada que ya se encontraba en su cuarto año de implantación y con fruto de menor desarrollo (Castro y Alday, 2018). En los años 2017 y 2018 no se registraron heladas, ni condiciones de viento Zonda durante el período de floración, que pudieran afectar negativamente los cuajados. En 2017 entre el 25 de agosto y el 6 de septiembre, periodo de floración de las dos variedades, la humedad relativa mínima siempre fue mayor del 20%. En 2018, durante el 28 de agosto y el 10 de septiembre, período que comprende la fecha de floración de las dos variedades, se registraron días con valores de humedad relativa mínima menores del 20%. Es de destacar que en el 2018 para el cultivar Marinada la temperatura máxima promedio desde inicio de floración a inicio de caída de pétalos fue 4,4°C mayor que en 2017, acortándose el período de floración a 6 días. Los rendimientos alcanzados en el año 2018 fueron menores que los del año 2017. En Tablas 1 y 2 se muestran las variables productivas.

Tabla 1. Año de cosecha, peso promedio de almendra con cáscara y capota por planta de la variedad Guara, rendimiento en grano al 20% por planta y peso estimado en grano por hectárea

Año	Peso promedio con cáscara y capota kg// planta	Peso en grano kg/ planta	Peso estimado en grano kg / ha
2014	4,56	0,9	506,0
2015	6,15	1,2	682,9
2016	8,23	1,6	913,9
2017	11,28	2,3	1251,8
2018	13,81	2,8	1533,2
Acum	44,03	8,8	4887,8

Tabla 2. Año de cosecha, peso promedio de almendra con cáscara y capota por planta de la variedad Marinada, rendimiento en grano al 20% por planta y peso estimado en grano por hectárea

Año	Peso promedio con cáscara y capota kg/ planta	Peso en grano kg / planta	Peso estimado en grano kg/ ha
2014	0,19	0,0	12,9
2015	0,39	0,1	25,7
2016	4,84	1,0	322,6
2017	14,28	2,9	950,9
2018	11,44	2,3	765,9
Acum	31,15	6,2	2078

CONCLUSIONES

La variedad Guara, bajo un modelo de producción semi-intensivo, mostró durante los 5 años de evaluación un crecimiento regular y creciente, expresando su potencial productivo e indicando que esta variedad se adaptaría a las condiciones ambientales características del área de interés. La variedad Marinada con época de floración más tardía se presentará con temperatura más alta y humedad relativa más baja, las cuales podrían acortar el período de floración y disminuir los rendimientos.

AGRADECIMIENTOS

Esta evaluación se realizó con la colaboración de los productores de almendro A. Hierrezuelo y A. Martín.

REFERENCIAS

Castro, V.L. 2018 Características de Guara promisorias para el cultivo del almendro en el Valle de Tulum San Juan Argentina. Edición INTA. Estación Experimental Agropecuaria San Juan INTA. pp-8

Castro, V.L.; Alday, S. 2017 Comportamiento de la variedad de almendro Guara bajo condiciones de viento Zonda en el departamento de Pocito, provincia de San Juan. Año 2015. Ediciones INTA. EEA San Juan INTA. pp-10

Castro, V.L.; Alday, S. 2018 Análisis preliminar del comportamiento de la variedad de almendro Guara bajo condiciones de viento Zonda en el departamento de Pocito, provincia de San Juan. RADA 2018. Villa Merlo San Luis, Arg.

Castro, V.L.; Alday, S. 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, prov. San Juan. EEA San Juan INTA. 14 p.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 2017. Registro Agroclimático. Resumen Mensual Meteorológico. Año XLIX N°586. Agosto 2017 Año XLIX N°587. Septiembre 2017 EEA San Juan INTA

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2018. Registro Agroclimático. Resumen Mensual Meteorológico. Año L N°598. Agosto 2018. Año L N°599. Septiembre 2018. EEA San Juan INTA.

Kodad, O.; Socias i Company R. 2008. Densidad floral, cuajado y características de los frutos de almendro en relación al tipo de ramificación. Información Técnica Económica Agraria 104 (4):433-447.

ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS PARA LA VID (*VITIS VINIFERA* L.) EN EL CENTRO ESTE DE ENTRE RÍOS ARGENTINA

Cicinelli*, M.L.[1]; Giménez, D.A.[2]; Silva, L.[3]; Vaiman, N.[4]

[1] *Estudiante de la Escuela Normal Superior "Dr. Luis Cesar Ingold", Anexo San José, Tecn. Sup. en Enología y Fruticultura, Malvinas Argentinas y San Lorenzo, San José, 3283, Argentina*
[2] *Docente de la Escuela Normal Superior "Dr. Luis Cesar Ingold", Anexo San José, Cátedra de Enología I y II, Tecn. Sup. en Enología y Fruticultura, Malvinas Argentinas y San Lorenzo, San José, 3283, Argentina*
[3] *AER Colón de INTA, Gouchon S/N, Colón, 3280, Argentina*
[4] *EEA Concepción del Uruguay, Ruta Pcial. 39 km 143,5, Concepción del Uruguay, 3260, Argentina*

***Contacto:** mlcicinelli@gmail.com

Palabras clave: caracterización; clima; vitivinicultura

INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XIX, comenzó la vitivinicultura en Entre Ríos sobre la costa del río Uruguay. Hacia 1910, la provincia contaba con 4900 hectáreas de viñedos y unas 60 bodegas. Entre 1894 y 1916, la producción vitivinícola del país creció un 700%. Entre Ríos, era la cuarta región vitivinícola. En 1935, se sancionó la ley 12.137, de Regulación Vitivinícola, prohibiendo la producción de vino y de uva en todas las provincias que no fueran de la región de Cuyo. En 1997, se aprobó la ley 24.037 que derogó la anterior, quedando liberada la plantación de viñedos en toda la Argentina (Domínguez Soler, 2000).

Actualmente, Entre Ríos, cuenta con tres bodegas industriales y cuarenta viñedos registrados. Entre Ríos presenta un clima predominantemente templado húmedo, sin estación seca. La temperatura media es de 17,9 °C y la precipitación anual promedio es de 1100 mm. Para expresar la relación entre el clima y los procesos fisiológicos de los cultivos, la mejor forma de hacerlo es mediante valores numéricos reproducibles en cualquier lugar donde se disponga de observaciones meteorológicas. Estos valores se denominan "índices" (Pascale y Damario, 2016) y si bien existe una guía de producción y usos (Brassesco y Ezpeleta, 2013) no existen referencias previas de índices bioclimáticos para la vid en Entre Ríos.

El objeto de este trabajo es caracterizar climáticamente la zona centro este de la provincia, mediante ciertos índices bioclimáticos, para poder compararla con otras regiones vitícolas del mundo; y que sirva como base en posteriores estudios climático-productivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para calcular los índices bioclimáticos se utilizaron datos del observatorio agrometeorológico de la Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay de INTA (período 1981-2010). Los índices bioclimáticos calculados fueron: período activo de la vid (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2003), grados-día de Winkler (Winkler, 1962), producto heliotérmico de Branas (Branas, 1974), índice heliotérmico de Huglin (Huglin, 1978) e índice de frescura de las noches (Gallina *et al.*, 2016) (Tabla 1).

Tabla 1. Índices bioclimáticos calculados para vid y fórmula de cálculo.

Índice	Fórmula
Período activo	Días con Tmed > 10 °C
Winkler (IW)	$IW = \sum_{1\,de\,octubre}^{30\,de\,abril} (Tmed - 10)$
Branas (XH.10^{-6})	$XH.10^{-6} = (\sum Tmed - 10) * (\sum h) * 10^{-6}$
Huglin (IH)	$IH = \sum_{1\,de\,ocubre}^{31\,de\,marzo} \frac{[(Tmed - 10) + (Tmax - 10)]}{2} * l$
Frescura	Tmin diarias durante los treinta días anteriores a la cosecha

Referencias: Tmed: temperatura media diaria; h: longitud del día en horas, Tmax: temperatura máxima diaria; l: coeficiente de longitud del día, que varía de acuerdo con la latitud (en este trabajo l = 1,02); Tmin: temperatura mínima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los índices mostraron valores que sugieren que el centro este de Entre Ríos es una zona cálida en relación con la producción de vid (Tabla 2). La determinación del período activo mostró que solamente durante 41 días al año la vid no tendría actividad vegetativa. Los grados Winkler, posicionan al centro este de Entre Ríos

dentro de la región V con valores similares a los hallados para Shiraz, al suroeste de Irán. En el índice de Branas que, a diferencia de Winkler, contempla la longitud del día, se obtuvo un valor XH = 13,5, un valor algo por encima de lo citado para las Baleares, España (Gallina *et al.*, 2016). De acuerdo con la clasificación del índice heliotérmico de Huglin y a los resultados obtenidos, el centro-este de Entre Ríos se encuentra dentro de IH5, típica de climas cálidos. El índice de frescura de las noches presenta distintos valores durante la maduración de la vid en el centro-este de Entre Ríos, variando desde noches cálidas a noches frías.

Tabla 2. Resultados de los índices bioclimáticos para la vid en el centro este de Entre Ríos.

	Período activo de la vid, días	Integral térmica de Winkler, °C	Producto heliotérmico de Branas	Índice heliotérmico de Huglin	Índice de frescura de las noches, °C		
					Antes del 21 de febrero	Desde 21 de febrero al 14 de abril	Desde el 14 de abril al 1 de mayo
Valor del índice	324	2421	13,5	2785	>18	>14 ≤18	>12 ≤14
Observaciones		Zona 5	Mayor al límite mínimo (2,6)	IH 5 (cálido)	IF 1, noches cálidas	IF 2, noches templadas	IF 3, noches frías

CONCLUSIONES

Los resultados de los índices analizados determinan que la región centro este de Entre Ríos es, en general, cálida para la producción de vid. Este trabajo marca las bases y abre nuevos interrogantes que deberán analizarse en futuros estudios, para observar cómo se desempeña en los distintos años la materia prima para la producción de vid.

AGRADECIMIENTOS

Escuela Normal Superior "Dr. Luis Cesar Ingold", AER Colón de INTA y EEA Concepción del Uruguay

REFERENCIAS

Branas, J. 1974. Viticulture. ENSAM, Montpellier, 990 pp.

Brassesco, R.F.; Ezpeleta, V. 2013. Cultivo de la vid en Entre Ríos. Guía de producción y usos. Serie de Extensión N° 70. Estación Experimental Agropecuaria Paraná. 16 p.

Domínguez Soler, S.T.D. 2000. Entre Ríos, viñas y vinos. Buenos Aires, Argentina, Instituto Urquiza de Estudios Históricos, 277pp.

Gallina, M.; Rodríguez, A.; Muñoz, A. 2016.Índices bioclimáticos para la vid en Contralmirante Guerrico, provincia de Río Negro, República Argentina. Boletín de Divulgación Técnica Nº 51°, 12 pp.

Huglin, P. 1978. Biologie et écologie de la vigne. Payot, Lausanne.

Pascale, A.J.; Damario, E. A. 2016. Índices biometeorológicos y agroclimáticos. En: Murphy, G. M.; Hurtado, R. H. (eds.). Agrometeorología. Editorial FAUBA, Buenos Aires, Argentina. 512 p.

Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Donèche, B.; Lonvaud, A. 2003. Tratado de Enología. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 1210 pp.

Winkler, A.J. 1962. General viticulture, University of California Press. Berkeley.

DISPERSIÓN DE BIOAEROSOLES PM10 ASOCIADAS A LA ACTIVIDAD DE UN FEEDLOT EN RÍO NEGRO

Cogliati*, M.G.[1, 2]; Páez, P.A.[1]; Pianciola, L.A.[1,3]; Caputo, M.A.[1,4]; Mut, P.N.[1]

[1] *Universidad Nacional de Río Negro, Centro de Investigaciones Tecnológicas, Río Negro, Argentina*
[2] *Departamento de Ambiente, FACIAS, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina*
[3] *Laboratorio Central, Subsecretaría de Salud de Neuquén, Neuquén, Argentina*
[4] *Comisión Nacional de Energía Atómica, Bariloche, Río Negro, Argentina*

***Contacto:** marisacogliati@gmail.com

Palabras clave: ganado bovino; material particulado; dispersión atmosférica

INTRODUCCIÓN

La cría intensiva de ganado (CIG) normalmente genera a altas concentraciones de compuestos volátiles (NH_3, CH_4, numerosos compuestos orgánicos y H_2S) (Mc Ginn *et al.*, 2007, 2008), polvo (partículas finas, endotoxinas, animales) (Sweeten *et al.*, 1988), y una variedad de bioaerosoles (bacterias, endotoxinas, virus, parásitos, hongos, micotoxinas, partes de insectos, polen y partículas de grano) produciendo cambios en la calidad del aire circundante. Bonifacio *et al.* (2012) determinaron las tasas de emisión en grandes establecimientos de cría intensiva de ganado de material particulado (PM) en Kansas durante el período 2007 y 2008. Si bien la mediana del flujo de emisión (expresados g/m^2 día) los dos feedlots difirieron significativamente; el factor de emisión de PM con un diámetro equivalente aerodinámico (DEA) menor a 10 µm (PM10) fue similar en ambos feedlots (27-30 kg/1000cabezas día). Sweeten *et al.*, (1988) midieron concentraciones de partículas totales en suspensión (TSP) y PM10 en las Grandes Llanuras del Sur en EEUU. Los diámetros medios fueron de 9,5 ± 1,5 y 6,9 ± 0,8 µm, respectivamente en establecimientos de CIG con capacidad de 17.000 a 40.000 cabezas. El presente trabajo tiene como objetivo el diagnóstico de las concentraciones de bioaerosoles PM10 a sotavento del feedlot de la estancia Chel Cura, a 60 km de la ciudad de Choele Choel, Rio Negro, el 20/11/2019 utilizando un modelo de dispersión atmosférico para optimizar el muestreo de bacterias en un establecimiento de cría de ganado intensivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de muestreo fue el campo denominado Chel Curá, ubicado aproximadamente a 60 km al SE de Choele Choel (Figura 1) en el campo convive hacienda confinada y suelta. En el lugar se cuenta con dos corrales de 200 m x 150 m. en uno se confinan los machos y en el otro las hembras y crías, al momento del estudio se encontraban aproximadamente 30 machos y 20 hembras. Al norte del área se cuenta con dos bebederos donde concurre la hacienda que no está confinada. El establecimiento no cuenta con área de acopio de material, sino que las deposiciones se integran al suelo como resultado del pisoteo de los animales. Si bien el número de animales es pequeño, en el área cercana se detecta un fuerte olor aún a distancias mayores a 100 m. El 20 de noviembre de 2019 se llevó a cabo el primer experimento de campo para la medición de bioaerosoles en cercanías de un feedlot para la estimación de la exposición y concentración a sotavento. Se efectuaron mediciones de bioaerosoles con un equipo muestreador de Aire Microflow α, que se ubicó en distintos puntos: en el interior de cada uno de los corrales y a barlovento y sotavento del feedlot. Las muestras se tomaron con distintos intervalos de exposición. Durante el experimento se efectuaron mediciones cada 3, 5 y 10 min para determinar el tiempo de exposición óptimo en las características del establecimiento seleccionado. Debido a que el tamaño medio de los bioaerosoles que se buscaba detectar ronda entre 1.1 y 1.5 µm en su eje menor y entre 2.0 y 6.0 µm en su eje mayor se los clasificó como PM10 para el modelado de dispersión. La pluma de emisiones del feedlot fue modelada usando el modelo HYSPLIT desarrollado por el Air Resources Laboratory (ARL), que estima el transporte, la dispersión y las concentraciones de contaminantes a sotavento (Draxler y Hess, 1997; Stein *et al.*, 2015). Se consideró como suposición para el modelado que las partículas se levantarían por el movimiento de la hacienda y el viento. Las emisiones se estimaron a partir de los resultados de Bonifacio *et al.* (2012) corregidas para el número de cabezas presentes en el feedlot resultando en 937,5 mg/min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del resultado de la modelación se presentó un máximo de concentración de 0,03 µg/m^3 (Figura 2) ubicado en un área de 100 m a sotavento del corral con una exposición máxima de 0,3 mg s/m^3 (capa cercana al suelo). La zona en estudio se encuentra ubicada 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. El 20/11/19 a la hora del muestreo el viento fue entre 2,6 y 5,1 m/s y la altura de la capa límite llegó a 1353 m, con cielo despejado y humedad relativa menor a 20%. Las mediciones se efectuaron cada 3, 5 y 10 min. para determinar el tiempo de exposición óptimo para la detección sin que se saturen las placas por un gran número de colonias. El

equipo muestreó en un flujo de 30 l/min, y las muestras impactaron en placas de Petri con CHROMagar. Los recuentos resultaron en un muy alto de colonias para las exposiciones en el interior de los corrales, en concordancia con los resultados del modelo de dispersión atmosférico que detectó el máximo de concentración dentro de los 200 m de los corrales. El corral con hacienda suelta ubicado a barlovento de los corrales con confinamiento presentó los menores valores de 0,17 UFC/L y 0,14 UFC/L para períodos de 3 min y 5 min respectivamente. En todos los casos, no se pudo efectuar el recuento para periodos de 10 min, debido a la cantidad de colonias. Como se presenta en la Figura 2, la mayor cantidad de partículas se dispersa en niveles entre superficie y 1500 m en intervalos de 3 hs después de la emisión. Para tiempos mayores el área afectada es mayor pero la concentración es menor a 1,0 E-8 mg/m3.

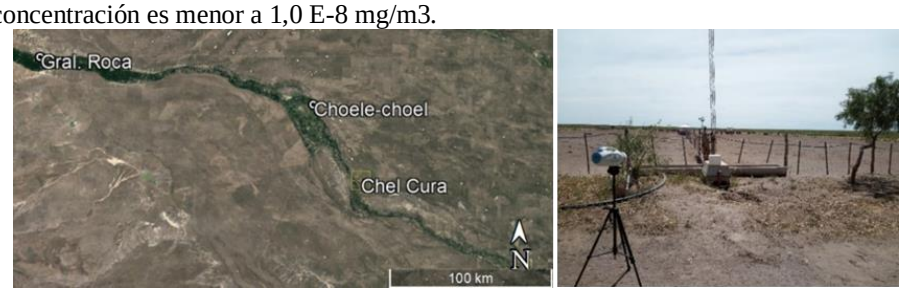


Figura 1. Ubicación de la hacienda Chel Curá y fotografía del equipamiento y corral de machos.

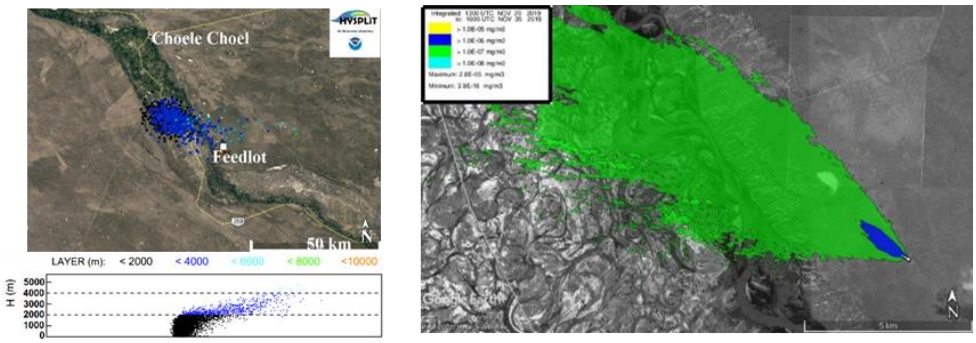


Figura 2. Dispersión de partículas en la horizontal (izq. arriba) y vertical (izq. abajo) calculadas por HYSPLIT para el 20/11/2019 y Concentración de PM10 a sotavento del feedlot el 20/11/2019 a las 13:00 UTC por HYSPLIT (derecha).

CONCLUSIONES

Del análisis combinado de la situación meteorológica y de los muestreos *in situ* de bioaerosoles (PM10), se puede inferir que en el interior de los corrales y hasta 100 m a sotavento las mediciones deberían realizarse con exposiciones menores a 3 min para permitir el recuento y detección de colonias sin que se saturen las placas, mientras que a distancias mayores se podría considerar un intervalo de 5 min. El máximo de concentración calculado con el modelo coincidió con las áreas con mayor detección de colonias, mostrando un buen acuerdo.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó dentro del proyecto PI 40-A-715 UNRN; Evaluación ambiental de la contaminación microbiana del aire por establecimientos de cría intensiva de ganado bovino (Aprobación 0350/19, Proyecto acreditado Res. 0517/19). El trabajo se realizó con el apoyo del Laboratorio Central de la Subsecretaría de Salud de Neuquén.

REFERENCIAS

Bonifacio, H.F.; Maghirang, R.G.; Auvermann, B.W.; Razote, E.B.; Murphy, J.P.; Harner III, J.P. 2012 Particulate matter emission rates from beef cattle feedlots in Kansas. Journal of the Air & Waste Management Assoc. 62(3):350-361.

Draxler, R.R.; Hess, G.D.; 1997. Description of the HYSPLIT_4 modeling system. NOAA Tech. Memo, ERL ARL-224. Revised December 2010. NOAA Air Resour. Lab. Silver Spring, MD 1–24.

McGinn, S.M.; Chen, D.; Loh, Z.; Hill, J.; K.A. Beauchemin; 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.

Stein, A.F.; Draxler, R.R.; Rolph, G.D.; Stunder, B.J.B.; Cohen, M.D.; Ngan, F. 2015. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. Bull. Am. Meteorol. Soc. 96:2059-2077.

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.

EFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS AZÚCARES DURANTE LA PROGRESIÓN DE LA DORMANCIA EN YEMAS DE NOGAL EN NORPATAGONIA

del Barrio*, R. A. [1,2]; Orioli, G.A.[2]; Campoy, J.A.[3]

[1] *Cátedra de Climatología Agrícola. Sede Atlántica, Universidad Nacional de Río Negro, Viedma 8500, Argentina*
[2] *Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca 8000, Argentina*
[3] *Department of Chromosome Biology, Max Planck Institute for Plant Breeding Research, Cologne 50829, Germany*

Contacto: rdelbarrio@unrn.edu.ar

Palabras clave: carbohidratos; requerimientos de frío; dormición; *Juglans regia* L.

INTRODUCCIÓN

Los ciclos anuales de crecimiento y desarrollo en los árboles frutales caducifolios como el nogal *(Juglans regia* L.) muestran un período de latencia y otro de actividad vegetativa, ambos condicionados por la influencia de la variación anual de la temperatura del aire. La progresión otoño-invernal en la dormición de las yemas de estas especies; la secuencia endo-ecodormición descripta por Faust *et al.* (1997), es un proceso de desarrollo vital que está regulado con precisión por diversos factores genéticos, bioquímicos y hormonales endógenos y por señales exógenas o drivers ambientales. Durante la dormición, las yemas necesitan cierta exposición a temperaturas frías, "requerimiento de frío", después de la cual, o parcialmente superpuesto, comienzan a acumular calor hasta alcanzar la brotación (Campoy *et al.,* 2019). Es así que los requisitos de frío y calor juegan un papel clave al seleccionar una especie para una ubicación geográfica específica, v.g. Norpatagonia, En nogal, la progresión de la dormición hasta su ruptura y la posterior brotación primaveral se encuentran asociadas, a la dinámica de los azúcares de reserva, vinculados a la aclimatación /desaclimatación y la resistencia al frío de esta especie (Charrier *et al.,* 2018). La sacarosa, el disacárido de transporte más común en esta especie, puede hidrolizarse a carbohidratos más simples (fructosa y glucosa). Existen co-transportadores protón-azúcar, muy sensibles a bajas temperaturas, que han sido localizados en la plasmamembrana en tejidos de xilema de *Juglans regia* L. (Decourteix *et al.,* 2008).

El objetivo del presente trabajo es determinar la evolución y dinámica de los azúcares en yemas de nogal en Norpatagonia durante la progresión endo-ecodormición y prebrotación primaveral en relación con los procesos de acumulación de frío invernal para la ruptura de dormición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde junio a septiembre de 2015 se extrajeron periódicamente yemas vegetativas (mixtas) de nogal cultivar ´Chandler´ de la colección de nogales de la Estación Experimental Agropecuaria del Valle Inferior del Río Negro (VIRN, 40º49'LS; 63º04'LW., 4 m.s.n.m.). Cada extracción comprendió cinco varas (~60 yemas/vara) de cuatro árboles, seleccionados y muestreados según la metodología de Viti *et al.* (2003). Se identificó y cuantificó la evolución de los azúcares en las yemas durante la progresión endo-ecodorrmición y prebrotación mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) utilizando el método de Martínez Ruiz (2008). Se analizaron 5 muestras de yemas vegetativas-mixtas, en polvo (VP) y libres de humedad: VP1:20/07; VP2:19/08; VP3:02/09; VP4:17/09 y VP5:30/09. Los análisis se realizaron en la Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI, CCT, CONICET, Bahía Blanca).Para cuantificar los requerimientos de frío para ruptura de dormición del cultivar de nogal estudiado, se empleó la metodología descripta por Measham *et al.* (2017), extrayendo varas de nogal en las fechas prestablecidas y colocándolas en cámara caliente (20°C±1°C; 12h luz/12h oscuridad) hasta brotación.

Se utilizaron cuatro modelos: horas de frío (HF) de Bennet-Weinberger, que calcula el número de horas con temperaturas entre 0 y 7.2°C; modelo de Utah que pondera valores de unidades de enfriamiento (CU) a diferentes rangos de temperatura; modelo positivo de Utah (+CU) que deshecha las contribuciones negativas de las altas temperaturas; y, el modelo dinámico que asume la acumulación de frío como un proceso de dos escalones, comprendiendo porciones de frío (CP) temporarias y definitivas. La fecha de inicio de la acumulación de frío para todos los modelos evaluados se consideró a partir del valor mínimo de CU en el modelo de Utah, salvo para el modelo dinámico, el cual determina el inicio del período de acumulación (Luedeling *et al.,* 2009). Se definió la fecha de ruptura de dormición para la cual se obtuvo una tasa de brotación del 30%, tras 30 treinta días de forzado. Esta metodología, supone una variación de la ampliamente utilizada en árboles frutales (Ruiz *et al.,* 2007), pero adaptada al más lento desarrollo del nogal. Los datos meteorológicos horarios se tomaron de una estación meteorológica automática inalámbrica Davis Instruments® modelo Vantage Pro2, (ISO 9000) instalada a 200 m de distancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fecha de ruptura de dormición por la metodología expuesta correspondió al 19 de julio de 2015 con requerimientos de frío de 666 HF; 762 CU; 1118 +CU y 55,4 CP. En la Tabla 1 y en la Figura 1 se presentan los resultados del análisis HPLC para las 5 fechas de extracción de yemas vegetativas – mixtas (VP1-5) del cultivar de nogal 'Chandler' del año 2015. Los resultados obtenidos en las muestras del 20 de julio de 2015(VP1), permitieron determinar contenidos similares de los tres azúcares durante la ruptura de endodormición de las yemas. En la secuencia posterior de observaciones (VP2:19/08; VP3:02/09), donde las yemas se encuentran en ecodormición hacia la brotación primaveral, los resultados de HPLC indicaron un fuerte aumento en la concentración de sacarosa mientras la glucosa y fructosa mantenían concentraciones estacionarias o levemente inferiores a las observadas en endodormición. Esto discrepa parcialmente de resultados previos en la misma especie (Charrier *et al*., 2018) que describen una dinámica uniforme para los tres azúcares durante este proceso. La concentración de sacarosa en las yemas alcanza su máximo 30-40 días luego de la ruptura de dormición para caer abruptamente al acercarse la prebrotación primaveral. En este punto debe resaltarse que el frío necesario para ruptura de dormición de yemas se cumplió el 19 de julio de 2015, pero que la región del VIRN (Norpatagonia) mantiene una marcada sobre acumulación de frío invernal durante el mes de agosto y parcialmente en septiembre inclusive. De ahí devendría el sostenimiento de altas concentraciones de sacarosa con funciones asociadas a crioprotección de los tejidos meristemáticos de las yemas. La regulación diferencial de la sacarosa respecto a las otras hexosas sugiere que el papel de este disacárido no puede extenderse a todos los azúcares solubles presentes. En nuestros análisis, parece claro el rol principal de la sacarosa durante el invierno, acumulándose en las yemas para funciones de resistencia al frío mientras, tanto la glucosa como la fructosa, es probable que participen en la demanda de carbono necesaria para la brotación y floración primaveral o en el crecimiento radial de los tallos del nogal.

Tabla 1. Contenidos de azúcares en yemas de nogal expresados en mg/g de peso seco mediante HPLC.
Promedio de dos repeticiones del análisis ±SE.

	Sacarosa		Glucosa		Fructosa		Contenido total
Muestra	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g
VP1	13,52 ± 0,5	28,7	17,46 ± 0,2	37,05	16,1 ± 0,06	34,3	47,12 ± 0,8
VP2	27,22 ± 3,0	41,5	19,64 ± 1,3	29,95	18,7 ± 0,55	28,5	65,57 ± 4,9
VP3	29,23 ± 0,2	53,0	12,85 ±2,5.10^{-3}	23,3	13,0 ± 0,03	23,6	55,11 ± 0,3
VP4	18,73 ± 0,6	46,5	11,57 ± 0,1	28,7	9,98 ± 0,07	24,8	40,28 ± 0,7
VP5	8,68 ± 0,8	21,7	18,09 ± 0,2	45,3	13,3 ± 0,10	32,9	39,94 ± 1,2

1: 20/07; 2: 19/08; 3:02/09; 4: 17/09; 5:30/09

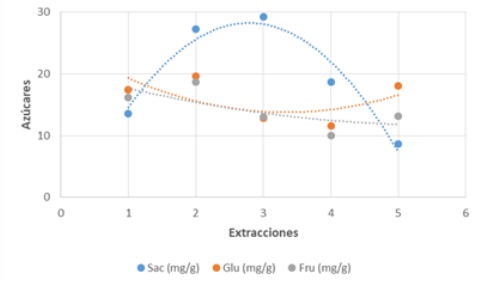


Figura 1. Contenido de sacarosa, glucosa y fructosa en yemas vegetativas –mixtas de nogal cultivar 'Chandler' en secuencia de extracciones a campo julio-septiembre 2015.Extracciones 1:20/07;2:19/08;3:02/09;4:17/09;5:30/09.

CONCLUSIONES

En yemas vegetativas (mixtas) de nogal la progresión de la dormición –inducción/ruptura- se encuentra vinculada a la dinámica de los azúcares de reserva diferencial según el carbohidrato considerado (sacarosa, fructosa, glucosa). La concentración de los mismos varía en función de la acumulación de frío invernal y están asociados a los procesos de aclimatación / desaclimatación y resistencia al frío de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Río Negro por el financiamiento del PI que posibilitó este trabajo.

REFERENCIAS

Campoy, J. *et al*. 2019. Yield potential definition of the chilling requirement reveals likely underestimation of the risk of climate change on winter chill accumulation. Int. J. Biom. 63(2): 183–192.

Charrier, G. *et al*.2018. Assessing frost damages using dynamic models in walnut trees: exposure rather than vulnerability controls frost risks. Plant, Cell and Env. 41(5): 1008–1021.

Decourteix, M. *et al*.2008. Sucrose (JrSUT1) and hexose (JrHT1 and JrHT2) transporters in walnut xylem parenchyma cells: their potential role in early events of growth resumption. Tree Phys. 28(2): 215–224.

Faust, M. *et al.* 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. Hortsci. 32: 623–629.

Luedeling, E. *et al*. 2009. Validation of winter chill models using historic records of walnut phenology. Agric. For. Met. 149(11): 1854–1864.

Martínez Ruiz, J.A. 2005. Hidrólisis de sacarosa en un reactor de lecho empacado con invertasa y *Aspergillus niger* inmovilizados en el medio de cultivo sólido. Tesis de Maestría en Biotecnología. UAM. México.

Measham, P. *et al*. 2017. Complexity in chill calculations: A case study in cherries. Sci. Hort. 216: 134-140.

Ruiz, D. *et al.* 2007. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. Env. Exp. Bot. 61(3): 254–263.

Viti, R. *et al.* 2003. The influence of sampling from different canopy positions on the evaluation of flower bud anomalies and dormancy in apricot (*Prunus armeniaca* L.). Fruits 58:117-126.

CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICA Y BIOMETEOROLÓGICA DE DOS HÍBRIDOS DE TOMATE CULTIVADOS EN LA PLATA (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Dell`Arciprete, L. [1]; Guaymasi, D.[2]; Carbone, A.[3]; Martínez, S.B.[2]; Garbi*, M.[2]; Chale, W.[4]

[1] *Pasante Programa Participación Estudiantil, UNLP, Argentina*
[2] *Climatología y Fenología Agrícola (FCAyF, UNLP), Argentina*
[3] *Instituto de Fisiología Vegetal, INFIVE, Argentina*
[4] *Riego y Drenaje. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina*

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

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*; temperatura; radiación solar

INTRODUCCIÓN

El cinturón hortícola de La Plata es una de las principales zonas de producción en invernadero de la Argentina abarcando, junto con Florencio Varela y Berazategui una superficie de 5461,96 ha (Miranda, 2017), concentrándose en La Plata el 80% de la superficie total destinada a la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo esta modalidad en la provincia de Buenos Aires (Viteri *et al*., 2013). Para el cultivo se utilizan híbridos F1, existiendo una amplia variedad en el mercado y una continua incorporación de nuevos materiales genéticos cuya adaptación a las condiciones locales de producción es importante evaluar. Para la zona existen trabajos acerca de las características de materiales genéticos que han sido utilizados exitosamente a lo largo de los años (Grimaldi *et al*., 2003; Garbi *et al*., 2006; Guaymasi *et al*., 2018). El objetivo de este trabajo fue caracterizar fenológica y biometeorológicamente dos nuevos híbridos de tomate a fin de evaluar su aptitud para el cultivo protegido en el cinturón hortícola platense.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en un invernadero metálico parabólico de 24 m x 40 m, con orientación norte-sur ubicado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (FCAyF, UNLP; 34° 58´S, 57° 54´W); en el que el 07/11/2019 se trasplantaron dos híbridos de tomate: Eterei y SVTH2900 (Seminis®). Se registró fecha de inicio de floración y fructificación (plenitud de fase con el 80% de órganos presentes) y fecha de primera cosecha. En el interior del invernadero se computó temperatura del aire a 1,5 m con una estación meteorológica Davis Perception II. Se definieron los subperíodos trasplante-floración (Tr-Fl), trasplante-fructificación (Tr-Fr), trasplante-cosecha (Tr-Co), floración-fructificación (Fl-Fr) y fructificación-cosecha (Fr-Co), para los que se calculó cantidad de días y grados-día acumulados mediante el método residual de Brown (1975) con una temperatura base de 10 ºC. Coincidiendo con el inicio de la cosecha, a las 12 h, se registró radiación fotosintéticamente activa (PAR) recibida sobre el cultivo y a la altura del primer y tercer racimo (estratos más próximos al suelo y al ápice, respectivamente), contra el tallo principal (Iglesias, 2015). Se utilizó una barra BAR-RAD 100 (Cavadevices®) de 1 m de longitud, tomando 10 mediciones por tratamiento y repetición. La PAR recibida se calculó mediante la fórmula (PARinf/PARinc) x 100; donde PARinf es la PAR al nivel del racimo y PARinc es la PAR sobre el cultivo. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones y 5 plantas por parcela. Los datos se sometieron a análisis de la varianza ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron diferencias significativas entre cultivares en la cantidad de días (Tabla 1) ni en la suma térmica requerida para completar los subperíodos considerados (Tabla 2). La cantidad de días a inicio de floración y fructificación fue inferior a la reportada por Guaymasi *et al*. (2018) para el híbrido Elpida, lo que esto se explica por la mayor disponibilidad calórica en las condiciones de ensayo, en la que se utilizó una fecha de trasplante más tardía, considerando la relación lineal observada en tomate entre la tasa de aparición de racimos y la acumulación calórica desde el trasplante (Garbi *et al*., 2006). Asimismo, la aparición de racimos se relaciona en forma directa con la temperatura en el rango de 18 a 23 ºC (Iglesias, 2015), habiéndose registrado durante el periodo de ensayo una temperatura media de 23,0 y 23,5 ºC. La respuesta observada en ambos materiales es coincidente a la registrada en un trasplante realizado en la misma época con un híbrido ampliamente utilizado hacia el 2000; siendo equivalentes también los lapsos transcurridos entre Fl-Fr y Fr-Co (Grimaldi *et al*., 2003). La radiación incidente sobre el cultivo al momento de la primera cosecha fue de 720 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$, recibiéndose en promedio un 20,7% de ese valor a nivel del primer racimo y un 48,6% a nivel del tercer racimo, sin diferencias significativas entre cultivares (Figura 1). Este resultado indica que ambos cultivares presentan una arquitectura de su dosel vegetal semejante, característica que junto al coeficiente de extinción de la radiación (k), estimado en 0,5 a 0,7 para este cultivo, inciden sobre la eficiencia de intercepción de la radiación (Lorenzo, 2012). Por otra parte, la PAR recibida

a nivel del tercer racimo es equivalente a la informada por Oyarzun (2018), quien registró una intercepción del 43 al 61% de PAR a nivel del cuarto racimo, 84 días después del trasplante en dos cultivares implantados en La Plata en el mes de octubre.

Tabla 1. Duración de subperíodos en tomate cv. Eterei y SVTH2900 cultivados en La Plata bajo invernadero

	Tr - Fl		Tr - Fr		Tr - Co		Fl - Fr		Fr - Co	
	Eterei	2900	Eterei	2900	Eterei	2900	Eterei	2900	Eterei	2900
Días	19	18	25	24	60	58	6	5	35	34
CV; R^2	3,77; 0,57		2,78; 0,65		4,19; 0,57		15,82; 0,60		7,05; 0,57	
p	0,3910		0,2152		0,3910		0,7177		0,6042	

Tabla 2. Grados-día acumulados por subperíodo en tomate cv. Eterei y SVTH2900 cultivados en La Plata bajo invernadero

	Tr - Fl		Tr - Fr		Tr - Co		Fl - Fr		Fr - Co	
	Eterei	2900	Eterei	2900	Eterei	2900	Eterei	2900	Eterei	2900
Grados-día acumulados	267,9	262,1	342,6	337,3	824,6	799,6	74,7	75,2	481,9	462,3
CV; R^2	3,11; 0,57		1,29; 0,75		4,35; 0,57		9,22; 0,34		7,02; 0,52	
p	0,3910		0,1819		0,3910		0,9287		0,4638	

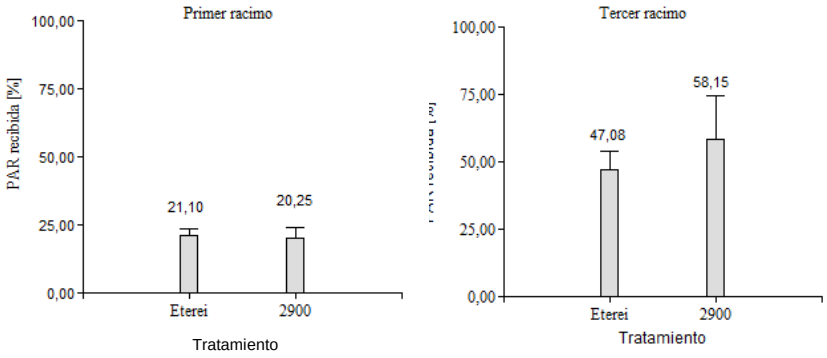


Figura 1. Porcentaje de radiación fotosintéticamente activa (PAR) recibida al nivel del primer y tercer racimo. Líneas sobre las barras indican error estándar. 1º racimo CV=23,92; R^2=0,69; p=0,8236. 3º racimo CV=34,62; R^2=0,76; p=0,4530.

CONCLUSIONES

En las condiciones de ensayo, los híbridos de tomate Eterei y SVTH2900 mostraron buenas condiciones de adaptabilidad para su producción en el cinturón hortícola platense, pudiendo esperarse respuestas equivalentes a las de otros híbridos de uso generalizado en la zona.

REFERENCIAS

Brown, D.M. 1975. Heat unit for corn in Southern Ontario. Ontario: Ontario Department of Agriculture and Food. 4 pp.

Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.B.; Giménez, 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 Agrometeorologia 14:168-173.

Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G. 2003. Unidades calóricas acumuladas en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero plástico. Revista Brasileira de Agrometeorologia 11:379-383.

Guaymasi, D.; Garbi, M.; Morelli, G.; Martínez, S. 2018. Días y tiempo térmico a floración y fructificación en solanáceas cultivadas en invernadero en La Plata. Horticultura Argentina 37 (92):34-41.

Iglesias, N. 2015. Tomate en invernadero. Estudios referidos a aspectos de ecofisiología de la producción forzada para las condiciones del norte de la Patagonia. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tomate-en-invernadero_ecofisiologia-de-la-produc.pdf, consultado: 9/05/2020.

Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios Nº 3. CEA 03:23-44.

Miranda, M. 2017. Superficie de cultivo bajo cubierta en el Gran La Plata: análisis espacial con sistemas de información geográfica-SIG. En: Jornadas periurbanos hacia el consenso. Córdoba, Argentina.

Oyarzun, M.A. 2018. Fenología, biometeorología y productividad de dos híbridos de tomate injertados, según forma de conducción de la planta. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Buenos Aires. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70266, consultado: 8/05/2020.

Viteri, M.L.; Ghezán, G.; Iglesias, D. 2013. Tomate y lechuga: producción, comercialización y consumo. Estudios socioeconómicos de los sistemas agroalimentarios y agroindustriales Nº 14.
http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tomateylechuga_2013_viteri.pdf, consultado: 9/05/2020.

EFECTO DE LA HETEROGENEIDAD PAR EN INVERNADEROS SOBRE EL PESO FRESCO EN *IMPATIENS WALLERANA*

Figueiras*, E.[1]; Peretti, M.[1]; Hakim, G.[2]; Lúgaro, T.[1]; Salinas, M.[2]; Labaronnie, S.[1]; Covi, M.[3]; Carnelos, D.A.[1,2]

[1]*UBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola FAUBA, Av. San Martin 4453, CABA, Argentina*
[2] *UBA, Cátedra de Floricultura FAUBA, Habana 3870, CABA, Argentina*
[3] *UBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de Biometeorología, Av. Int. Cantilo, CABA, Argentina*

***Contacto:** efigueiras@agro.uba.ar

Palabras clave: bioclimatología; crecimiento; especies ornamentales

INTRODUCCIÓN

El uso de invernaderos es una opción para mantener la producción durante todo el año siendo la selección del tamaño y la orientación uno de los aspectos críticos (Odesola y Ezekwem, 2012) que modifican la cantidad de radiación interceptada y la temperatura interna. La radiación solar que se recibe dentro en un periodo de tiempo depende de la ubicación geográfica y de la orientación del invernadero (Sethi, 2009). La orientación este-oeste permite el mayor nivel interno (Dragićević, 2011). Cuando la orientación se aleja del eje este-oeste disminuye la radiación transmitida. Si bien existen trabajos que analizan estos aspectos, la mayoría se enfocan en cuestiones de micro climatología (Kittas *et al*., 1999; Teitel *et al*., 2009), muy pocos incorporan alguna especie vegetal para evaluar el comportamiento de la misma ante esos cambios y no existen evidencias de como la heterogeneidad del ambiente lumínico dentro de un invernáculo y sus variaciones temporales influyen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales intensivas.

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) dentro de un invernadero se encuentra alrededor del 60% de la radiación fuera del mismo debido a la presencia de elementos estructurales y depende de la hora del día, la época del año, las condiciones ópticas de la atmosfera y el grado de envejecimiento de las cubiertas. Además, la temperatura que se alcanza dentro depende de la intensidad de la radiación solar, del coeficiente de transferencia de calor y del material de cobertura (Sethi, 2009). La PAR y la temperatura son los dos factores principales que regulan los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas y el peso fresco resulta un buen estimador (Di Benedetto y Tognetti, 2016). El objetivo fue cuantificar los cambios en el peso fresco en *Impatiens wallerana*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue llevado a cabo en un invernáculo orientación sudeste – noroeste de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina (34°35' S, 58° 30' O) desde el 25 de febrero al 3 de junio de 2019 (1° experimento) con dos repeticiones desde el 15 de abril al 12 de agosto de 2019 (2° experimento) y desde el 12 de julio al 11 de noviembre de 2019 (3° experimento). En cada experimento se sembraron 540 semillas de *Impatiens wallerana* "Accent White" (Goldsmith Ind., U.S.A.) en bandejas de plástico con 50 y 288 celdas por bandeja (55,70 y 17,37 cm^3 $celda^{-1}$ respectivamente) rellenas con turba de *Sphagnum* canadiense (musgo-perlita-vermiculita 70/20/10 v/v/v). Cuando las plantas alcanzaron el estado de trasplante (luego de la expansión del cuarto par de hojas verdaderas) fueron trasplantadas a macetas de 1200 cm^3 rellenas con sustrato canadiense a base de turba. Lotes de 60 plantas (30 de cada bandeja) fueron colocadas en 9 sitios definidos dentro del invernáculo (1-9), donde crecieron y se desarrollaron sin limitantes hídricas ni nutricionales. Al llegar al estado de venta (10 semanas después del trasplante) fueron cosechadas. Se lavaron las raíces y se determinó el peso fresco (PF) de la parte aérea y de la parte radical. Se realizó un ANOVA para establecer diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la producción de biomasa total presento un gradiente espacial dentro del invernadero probablemente relacionado la radiación PAR recibida, donde los valores se incrementaron con la distancia al sector de entrada (Figura 1). El valor de biomasa total fue menor en los sitios 1, 4 y 7 y mayor en los sitios 3, 6 y 9. Debido a la orientación que presenta el invernáculo los sitios cercanos al ingreso (sudeste) reciben menor PAR mientras que los sitios cercanos a la parte posterior (noroeste) reciben mayor radiación, lo que resultó en una mayor producción de biomasa. Como era de esperar, los diferentes volúmenes de celdas en donde fueron germinadas las semillas produjeron diferencias en la biomasa total que en general no fueron superadas durante el ciclo de crecimiento. Las plantas provenientes de bandejas de 50 tuvieron valores significativamente mayores (Tabla 1), salvo en el sitio 4, donde no hubo diferencias y en los sitios 6 y 8 donde la biomasa total fue mayor en plantas provenientes de bandejas de 288 celdas (Figura 1). La biomasa radical resultó significativamente (Tabla 1) mayor en aquellas plantas germinadas en bandejas de 288 celdas, salvo en los sitios 1, 2 y 5 donde las plantas germinadas en bandejas de 50 presentaron mayor biomasa, mientras que la biomasa

aérea fue siempre mayor en plantas germinadas en bandejas de 50. Además, presentó mayor variación entre siembras que las germinadas en 288.

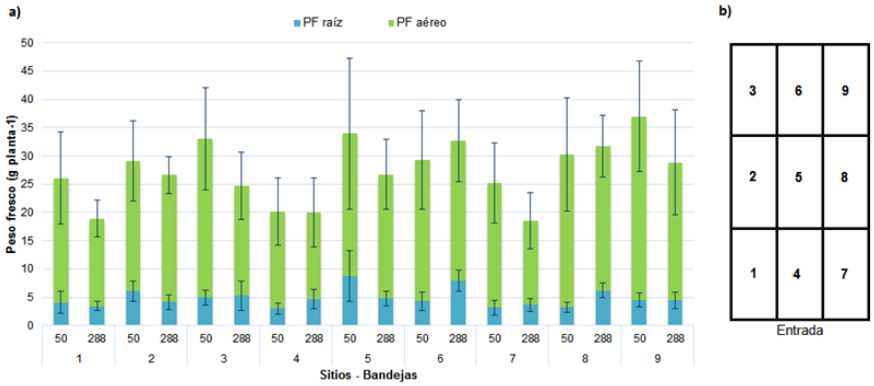


Figura 1. a) Peso fresco total de plantas al momento de cosecha para cada sitio de plantas germinadas en bandejas de 50 y 288 celdas. Las barras apiladas representan el valor medio del peso fresco de la parte aérea y de la raíz. Las barras de error indican el error estándar entre las fechas de siembra. b) Esquema de la distribución de los sitios dentro del invernadero.

Tabla 1. Resultados del análisis de varianza para la biomasa total de la parte aérea y de la raíz en cada tratamiento y sus interacciones. Los símbolos indican el nivel de significancia (*** p<0,001; ** p<0,01; * p<0,05; "ns" no significativo).

ANOVA		
Factor	PF raíz	PF aéreo
Modelo	***	***
Sitio	***	***
Bandeja	**	**
Siembra	***	***
Sitio*Bandeja	***	ns
Sitio*Siembra	***	ns
Sitio*Bandeja*Siembra	***	**

CONCLUSIONES

La elección del sitio donde se cultivan las plantas influye en la biomasa total obtenida debido, probablemente a la heterogeneidad de la radiación dentro del invernadero, lo que debe ser tomado en cuenta al momento de planificar la distribución de las plantas. Además, el estrés que se produce en la germinación puede ser modificado por el ambiente lumínico posterior al que se exponen las plantas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con fondos del proyecto PDE 2020 (ACS-2019-418-E-UBA-SG).

REFERENCIAS

Di Benedetto, A.; Tognetti, J. 2016. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. RIA 42:258-282.

Dragićević, S. M. 2011. Determining the optimum orientation of a greenhouse on the basis of the total solar radiation availability. Thermal Science 15(1):215-221.

El-Maghlany, W.M.; Teamah, M.A.; Tanaka, H. 2015. Optimum design and orientation of the greenhouses for maximum capture of solar energy in North Tropical Region. Energy Conversion and Management 105:1096-1104.

Kittas, C.; Baille, A.; Giaglaras, P. 1999. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. Journal of Agricultural and Engineering Research 73(4):41-351.

Odesola, I. F.; Ezekwem, C. 2012. Effect of Shape and Orientation on a Greenhouse: A Review1(1):122-130.

Sethi, V. P. 2009. On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modeling and experimental validation. Solar Energy 83 (1):21-38.

Teitel, M.; Barak, M.; Antler, A. 2009. Effect of cyclic heating and a thermal screen on the nocturnal heat loss and microclimate of a greenhouse. Biosystems Engineering 102(2):162-170.

ESTIMACIÓN DE HORAS DE FRÍO Y UNIDADES DE ENFRIAMIENTO DEL PERÍODO 2014-2019 EN ALTO VALLE DE RIO NEGRO

Forquera*, J.C.; González, D.A.; Reyes, M.F.; Moraga, Y.

Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, Ruta Nacional 151 km12, Cinco Saltos, Río Negro, 8303, Argentina

***Contacto:** jcforque@gmail.com

Palabras clave: índices, prognosis, tiempo

INTRODUCCIÓN

Los frutales de hoja caduca necesitan acumular un mínimo de frío, según especies y variedades, para una normal floración. En manzano y duraznero (Nightingale y Blake, 1934) estudiaron en laboratorio su respuesta a bajas temperaturas y Weinberger (1950) continuó desarrollando el concepto de "horas de frío" (HF) desde caída de hojas a ruptura de dormición. Otro aporte en frutales de carozo, realizado por Richardson *et al*. (1974), es una escala térmica ponderada denominada "modelo Utah" o "unidades de frío" (UE). Para calcular tanto HF como UE es necesario contar con las temperaturas horarias, datos de escasa disponibilidad por ser pocas las estaciones meteorológicas que los registran. El escaso volumen de esta información impide su estudio con robustez estadística y rigor científico. Sin embargo, la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCo, dispone de una estación meteorológica ubicada en la localidad de Cinco Saltos en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, que le permitió la generación de estadísticas de índices de enfriamiento desde la publicación, informada por Cordon *et al*. (2000) y que continúa con las mediciones desde entonces.

Los índices biometeorológicos HF y UE son requeridos en el Alto Valle para diagramar labores culturales en el monte de frutales de pepitas y carozos y estimar el grado y las fechas de la fase floración, que es muy corta (la floración plena dura pocos días) y es ~~la~~ determinante de la producción de frutas del año. Este trabajo propone analizar la variación entre ambos índices e investigar la relación entre elementos meteorológicos e índices macroclimáticos, atendiendo la posibilidad de prognosis de los mismos antes de finalizar el mes de agosto, hecho que aportaría a la preparación anticipada de actividades centrales en el manejo de los frutales en producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos se obtuvieron de la estación meteorológica Davis Instruments Advance II en operación automática durante el período de años 2014-2019. Ubicada en la chacra experimental Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, en el Valle del Río Neuquén, Cinco Saltos (Alto Valle), altitud 285 m.s.n.m. latitud 38°56´ y longitud 67°59´. El período analizado para acumulación de horas de frío se extendió desde el primer día del mes de abril al último día del mes de agosto, trabajando con datos horarios. La localidad de Cinco Saltos en el período 1980-2003 tiene un promedio de 1633 HF desde abril a agosto con un coeficiente de variación de 10,6%, máximo 2047 HF en el año 1984. Para determinar las horas de frío 'HF' se utilizó como como Tbase: 7°C y para "unidades de frío" UE, se utilizó del modelo de Richardson *et al.* (1974). Los índices HF y UE fueron obtenidos con un procesamiento de datos horarios expresados como la suma de unidades térmicas, generando una matriz de treinta datos para cada índice. Se realizó un análisis estadístico descriptivo de HF y UF. Los índices biometeorológicos se vincularon en regresión múltiple con variables de temperatura media mensual (tmd); amplitud térmica mensual (at); lluvia mensual (p); índice ONI (O), obtenido del Centro de Predicción Climática (NOAA, CPC, 2020) como promedio trimestral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El período en estudio tuvo un promedio de 1478 HF con CV 8%; máximo 1644 HF (2019); mínimo 1255 HF (2015). Registró un promedio de 1374 UE con CV 18%; máximo 1805 UE (2016); mínimo 1054 UE (2015). El mínimo de HF mencionado y expuesto en la Figura 1 se aproxima a 1200 HF, necesidad mínima en manzano. y en el Alto Valle de Río Negro de detectó ruptura de dormancia en frutales. La correlación abril-agosto, con el total de variables, muestra significancia con $p<0,05$ solamente en los siguientes casos: HF con (tmda) r= -0,91; en UE con (tmda) r= -0,89; UE y (ata) r= -0,61. Los índices biometeorológicos abril-agosto y la variable temperatura media de marzo-julio (tmdm) arrojan los siguientes resultados: HF con (tmdm) r= -0,72; UE con (tmdm) r= -0,74 y con la amplitud térmica considerada desde marzo (atm) no significativa. Si la variable temperatura media se desfasa dos meses, es decir, el rango febrero-junio (tmdf) los resultados son: HF con (tmdf) r= -0,61; UE con (tmdf) r= -0,59. Se realizó un análisis estadístico descriptivo de HF y UF para determinar diferencias entre las mismas. Además, se efectuó una regresión múltiple entre valores observados mensuales de UE en abril-agosto y los grupos, temperatura media en marzo-julio (tmdm) y temperatura media en febrero-junio (tmdf) (Figura 2). Los parámetros de la regresión se muestran en Tabla 1. En cuanto a HF, de abril-

agosto, las correlaciones son inferiores. La regresión múltiple con ambos grupos de temperatura; marzo-julio y febrero-junio y los resultados figuran en Tabla 2.

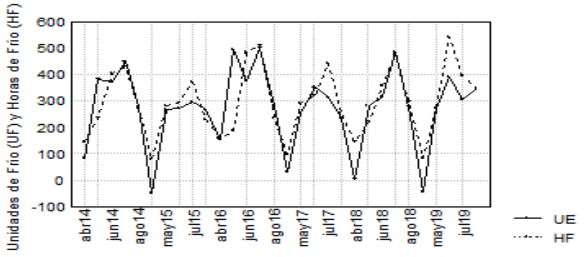


Figura 1. Horas frío **(**HF) y unidades de frío (UF) mensuales

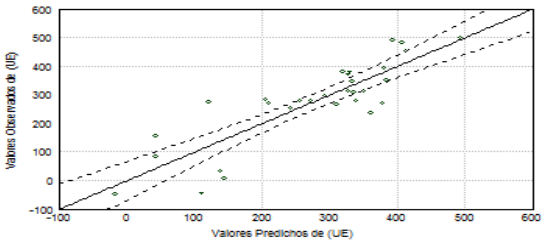


Figura 2. Relación entre UEest y UEobs. Período 2014-2019.

Tabla 1. Parámetros de la regresión (UE) versus (tmdm) y (tmdf) R=-0,85; R^2=0,73; ajustado R^2=0,71; F(2,27)=37,3 p<,00000 Error Std Estimado= 78,3 y número de datos N=30

	B	ERROR STD B	B	ERROR STD B	T (27)	P-RASO
intercepto			487,2	38,5	12,6	,000000
tmdm	-2,21	0,352	-72,1	11,4	-6,2	,000001
tmdf	1,54	0,352	40,5	9,2	4,3	,000163

Tabla 2. Parámetros de la regresión (HF) versus (tmdm) y (tmdf) R=-0,77; R^2=0,60; aj. R^2=0,57; F(2,27)=20,5 p<,000004 Error Estándar Estimado=83,6 y número de datos N=30

	B	ERROR STD B	B	ERROR STD B	T (27)	P-RASO
intercepto			488,9	41,1	11,8	,000000
tmdm	-1,69	,430	-48,1	12,2	-3,9	,000519
tmdf	1,02	,430	23,3	9,8	2,3	,025819

CONCLUSIONES

El análisis realizado entre HF y UF indica que no hay diferencias significativas entre sus ciclos, en la latitud 39°S, para el periodo 2014-2019. Sería posible adelantar en el mes de junio, los totales de cada ciclo en HF y UE tienen un mejor ajuste en UE, utilizando la temperatura media mensual del periodo febrero a junio.

Al finalizar el mes de julio el ajuste mejora, agregando la temperatura media mensual de marzo a julio. Utilizar elementos de la bioclimatología para la prognosis podría eficientizar las labores culturales que en esta y otras regiones, en cultivos que necesitan acumular horas de frío para completar su ciclo anual de floración y fructificación. Evaluar y predecir cambios en el clima de la región en un mediano o largo plazo nos permitirá proponer cultivos con requerimientos y tolerancias diferentes a los cultivos que se producen actualmente.

REFERENCIAS

Cordon, V.H.; Forquera, J.C.; Gastiazoro, J. 2000. Caracterización climática del Alto Valle del Río Negro, Neuquén y Limay Inferior. Trabajo de Extensión, Cinco Saltos: UNCo.

Nightingale, G.T.; M.A. Blake. 1934. Effects of temperature on the growth and composition Sstayman and Baldwin apple trees. New Jersey Afric.Exper. Sta. Bull566.

NOAA/ National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction, Climate Prediction Center.2020. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php, Consultado 28/05/2020.

Richardson, E.A.; Seeley, S.D.;Walker,D.R.; 1974. A model for estimating completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach trees. Horticulture Science 9:331-332.

Weinberger, J.H. 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proceding American Society Horticulture Science 56:122-128.

RELACIÓN ENTRE EL AMBIENTE EXTERNO E INTERNO EN UN INVERNADERO PARABÓLICO DE LA PLATA (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Garbi*, M.; Martínez, S.; Pinciroli, M.; Sánchez de la Torre, M.E.; Pardi, M.

Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

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

Palabras clave: temperatura media, radiación global, humedad relativa

INTRODUCCIÓN

Evaluaciones realizadas en La Plata a lo largo de los años han demostrado que la temperatura del aire en el interior de las coberturas se modifica respecto a la exterior siguiendo un patrón equivalente, independientemente del tipo de estructuras (Garbi *et al*., 2002); con disminuciones significativas en la transmisión de radiación global y fotosintéticamente activa (Somoza *et al.*, 2005; Martínez *et al*., 2016). Lorenzo (2012) expone que en la horticultura del mediterráneo español la escasa tecnificación de los invernaderos hace que el ambiente interno esté sujeto a la evolución climática del exterior, situación que se da también en las condiciones locales. Si bien las modificaciones que se producen en un invernadero dependen del tipo de estructura y de las características de su material de cobertura (Ribeiro da Cunha y Escobedo, 2003); el conocimiento de la relación entre variables meteorológicas externas e internas ayudaría a disponer de información para acercarse a la previsión de situaciones estresantes para el cultivo o a la toma de decisiones constructivas y de manejo. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la dependencia con el ambiente exterior de variables meteorológicas medidas en el interior de un invernadero parabólico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP (34°59" S/57°59" W de G; a.s.n.m. 45 m), entre el 01/09/2018 y el 30/11/2018. Al aire libre se registraron temperatura media del aire, radiación global, humedad relativa a 1,5 m y temperatura del suelo a -0,05 m mediante una estación automática Davis Instruments Avantage Pro2. Las mismas variables fueron registradas en el interior de un invernadero metálico parabólico de 24 m x 40 m, con orientación norte-sur ubicado en el mismo predio, utilizando una estación automática Davis Perception II. Los datos fueron registrados en forma horaria, obteniéndose promedios diarios, a partir de los cuales se realizó un análisis de regresión lineal considerando como variables independientes a las registradas en el ambiente exterior y dependientes a las computadas en el interior de la cobertura. El análisis se realizó con el programa Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La radiación global externa e interna presentan una relación positiva, requiriéndose un mínimo de aproximadamente 289 $W.m^{-2}$ en el exterior que para comiencen a producirse registros internos (Figura 1 a). Por otra parte, a partir de la aplicación de ecuación obtenida y del análisis de la variación porcentual de sus resultados, se observa que a medida que la radiación global externa aumenta, su transmisión al interior se incrementa en proporciones progresivamente menores, haciéndose prácticamente nula por encima de los 9000 $W.m^{-2}$. Esto es coincidente con las observaciones realizadas por Flores Ortega *et al.* (2012) quienes reportaron que los valores más elevados de transmisión de la radiación global hacia el interior de un invernadero no ocurrían al mediodía. Asimismo, registraron cambios de la transmitancia a lo largo del año, siendo determinante el ángulo de incidencia, además de otros aspectos difíciles de cuantificar como la acumulación progresiva de polvo, deformaciones por envejecimiento de la cubierta, detalles constructivos y el crecimiento del propio cultivo. El efecto negativo del envejecimiento del polietileno, acentuado por la mayor inclinación de los rayos solares hacia el solsticio de invierno fue verificado por Martínez *et al.* (2016) al medir la transmitancia de radiación fotosintéticamente activa en La Plata. Somoza *et al*. (2005) también observaron una reducción de la transmisividad progresiva del 58 al 53,3% al interior de un invernadero ubicado en la zona de La Plata, a medida que la radiación global externa se incrementaba de 1008,3 a 1191,5 $MJ.m^{-2}$. La relación positiva entre la temperatura media del aire entre ambos ambientes (Figura 1 b) se justifica por el hecho de que el aire entra al invernadero con su temperatura externa, la que va incrementándose al avanzar hacia el interior (Flores-Velázquez *et al*., 2011). Además, las coberturas producen incrementos significativos en las temperaturas medias, con distinta magnitud según sus características constructivas (Garbi *et al*., 2002). En los invernaderos, el suelo está sujeto a los mismos flujos de energía que en el exterior, dependiendo la cantidad de radiación de onda corta absorbida de la transmisividad de la cubierta y el coeficiente de absorción del suelo, el flujo de radiación de onda larga depende del cultivo y materiales constructivos y las transferencias convectivas, del calor circundante (Castañeda-Miranda *et al*., 2007). De esta manera, es explicable la relación lineal entre la temperatura del suelo

externo e interno (Figura 1 c), aunque el menor coeficiente de determinación registrado, en comparación a las otras variables, se justifica por las modificaciones que pueden darse en la magnitud de los flujos energéticos, en función de condiciones puntuales. Un análisis equivalente puede realizarse respecto de la humedad relativa (Figura 1 d), dado que en el interior del invernadero la acumulación de la humedad depende de los procesos de evaporación del cultivo y el suelo, transfiriéndose en función del interno movimiento (Castañeda-Miranda *et al*., 2017).

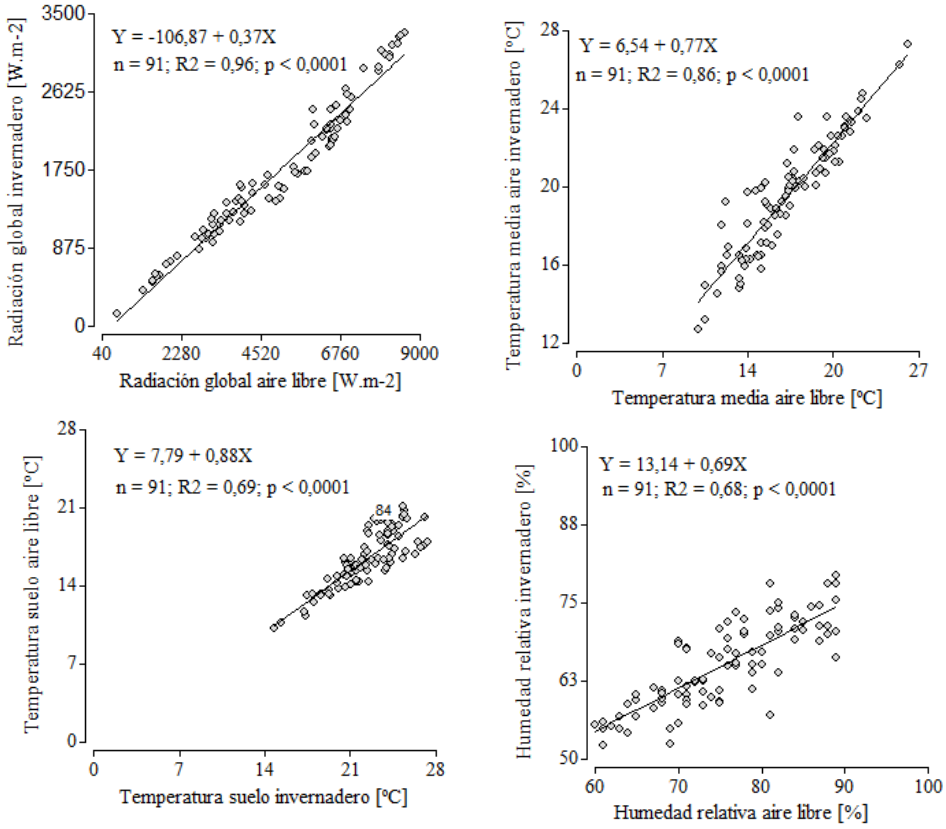


Figura 1 a. Relación entre radiación global al aire libre y en invernadero. b. Relación entre temperatura media al aire libre y en invernadero. c. Relación entre temperatura del suelo al aire libre y en invernadero. d. Relación entre humedad relativa al aire libre y en invernadero

CONCLUSIONES

La radiación global, temperatura del aire, temperatura del suelo y humedad relativa del interior del invernadero presentan una relación lineal significativa con sus respectivos valores externos; pudiendo explicarse las variaciones del ambiente interno por la condición meteorológica exterior. Los análisis realizados son preliminares debido, fundamentalmente al lapso breve de tiempo considerado, aunque ofrecen información de interés para la predicción simple del ambiente que puede esperarse al interior de una cobertura en función de las condiciones meteorológicas externas. Para su validación se requiere ampliar el análisis a estructuras con diversas características constructivas.

REFERENCIAS

Castañeda-Miranda, R.; Ventura-Ramos, E.; Peniche-Vera, R. del R.; Herrera-Ruiz, G. 2007. Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. Agrociencia 41 (3):317-335.

Flores Ortega, A.; Martínez Soto, G.; Quiroz Ramírez, J.C. 2012. Predicción de la transmitancia de un invernadero con techo removible. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4:743-746.

Flores-Velázquez, J.; Mejía-Saenz, E.; Montero-Camacho, J.I.; Rojano, A. 2011. Numerical analysis of the inner climate in a mechanically-ventilated greenhouse with three spans. Agrociencia 45 (5):545-560.

Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.B.; Carbone, A. 2002. Influencia de invernaderos sobre la temperatura estival en el cinturón hortícola platense. Revista Brasileira de Agrometeorología 10:27-31.

Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuad. de Estudios Agroalimentarios CEA 3:23-44.

Martínez, S.; Carbone, A.; Garbi, M.; Somoza, J.; Grimaldi, M.C.; Cerisola, C. *Ex aequo*. 2016. Influencia del envejecimiento del polietileno sobre la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (PAR) hacia el interior de un invernadero parabólico. Revista Argentina de Agrometeorología VII:83-86.

Ribeiro da Cunha, A; Escobedo, J.F. 2003. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. Revista Brasileira de Agrometeorología 11:15-26.

Somoza, J.; Garbi, M.; Martínez, S. 2005. Radiación global en el interior de una cobertura plástica con cultivo de tomate en La Plata, Buenos Aires, Argentina. XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Campinas, SP, Brasil.

COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y EVALUACIÓN DE ÍNDICES TÉRMICOS PARA MAÍZ "NEGRO DEL COMAHUE FCA" (*ZEA MAYS VAR. SUBNIGROVIOLACEO*) EN CINCO SALTOS, RÍO NEGRO, ARGENTINA

González*, D.A.; Forquera, J.C.; Verdile, H.; Orrego, L.; Pueblas, L.

Facultad de Cs. Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos 8303, Argentina

***Contacto:** diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar

Palabras clave: ciclo de vida; integral térmica; regresión no-lineal sigmoidea

INTRODUCCIÓN

La predicción de los eventos fenológicos tiene importancia en diversos aspectos prácticos de la agronomía. Mucha información existe sobre la aplicación de modelos de tiempo térmico, sumas térmicas o grados día para lograr la identificación de mejores épocas de siembra, el escalonamiento de fecha de cosecha, planeamiento de las actividades agrícolas y programas de mejoramiento (Warrington y Kanemasu, 1983). La temperatura es la causa principal de variación anual de las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. Esta nueva variedad de maíz, que no cuenta con antecedentes en la zona de la norpatagonia, es el producto de una mutación natural aparecida espontáneamente en granos de mazorcas de una variedad mejorada del maíz colorado denominada "Don Amilcar FCA"; que a su vez fuera obtenida y presentada por Verdile (2013) a los productores de la Norpatagonia. Estos granos fueron seleccionados masalmente durante cuatro temporadas hasta lograr un alto porcentaje de uniformidad en la composición de las mazorcas, constituyéndose así en una potencial variedad distintiva para nuestra región con fines de consumo humano. Resulta de utilidad el estudio y evaluación de los índices térmicos del cultivo de maíz al igual que la respuesta fenológica, dado que esta información es inexistente en Cinco Saltos, Río Negro. Las sumas térmicas se asocian a modelos lineales, exponenciales o sigmoideos, con ellos se puede predecir el momento de ocurrencia de las distintas fases fenológicas del maíz (Gilmore y Rogers, 1958; Coelho y Dale, 1980; Lozada y Angelocci, 1999). En la región pampeana Argentina, las características agroclimáticas han sido estudiadas en detalle por diversos autores y se destacan, entre otros, Damario y Pascale (1972) realizando proyecciones de sumas térmicas a otras latitudes del país, no existiendo referencias de este cultivar en la zona de Cinco Saltos, Río Negro. De un material similar fue reportado su fenología e índices por Gonzalez y otros (2018) para la misma zona. La marcha calórica del suelo y del aire, desde la siembra del cultivo hasta la cosecha, se ajusta matemáticamente a una función sigmoidea. El objetivo del trabajo es realizar el seguimiento fenológico y ajustar índices térmicos para el cultivo de maíz cultivar "Negro del Comahue FCA – *Zea mays var subnigroviolaceo*" en el período 2019-2020 a funciones matemáticas sigmoideas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron 25 filas de maíz en el cuadro 8 de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) en Cinco Saltos en sentido norte- sur, según orientación del sistema de riego (dos pasadas de sembradora) por 60 metros de largo. El marco de plantación fue de 0,20 m entre plantas y 0,85 m entre filas. La fecha de siembra fue el 26 de noviembre del 2019 y la determinación de la madurez fisiológica el 3 de marzo del 2020. El material utilizado fue Maíz Negro del Comahue FCA proveniente de granos seleccionados masalmente durante cuatro temporadas hasta lograr un alto porcentaje de uniformidad en la composición de las mazorcas. Para la construcción de los índices térmicos se utilizaron los datos relevados en la estación meteorológica automática de la Universidad Nacional del Comahue de Cinco Saltos (CCSS) (38° 56'S; 67° 59' O; 285 msnm). La observación fenológica se realizó una vez por semana, utilizando la escala desarrollada por Ritchie y Hanway (1982), registrando cada estadío cuando el 50% de las plantas presentaban las características morfológicas de la fase identificada. Se marcaron 3 zonas de observación de 150 plantas sobre las cuales se realizó el seguimiento. Se evaluaron los modelos de tiempos térmicos descriptos en Murphy y Hurtado (2015):

1. Modelos que solo usan temperatura
   - A) Modelo lineal con temperatura base (TB) 8 °C (GD8)
   - B) Modelo lineal con TB 8 °C y máxima (TM) 30 °C (GD8-30)
   - C) Modelo lineal modificado (Gilmore-Roger) TB 10 °C y TM 30 °C (G&R)
   - D) Modelo lineal y cuadrático de Ontário (TT). Independiente la temperatura máxima (tM) y mínima (tm) del día, se calcula mediante un modelo cuadrático la tM con una base de 10 °C y de manera lineal la tm con una base de 4,4 °C; finalmente se promedia para cada día.
2. Modelos combinados de temperatura y fotoperiodo
   - E) Modelo Heliotérmico (IHT0). El producto de la suma de temperaturas (método directo) y el fotoperíodo dividido 100
   - F) Modelo Fototérmico (UFT8). El producto de la suma de temperatura (método residual con TB 8°C) y el fotoperíodo

Para cada uno de los modelos se realizó un ajuste aplicando un modelo no lineal del tipo sigmoideo, en todos los casos se minimizó el error cuadrático medio. La estructura de la función utilizada fue:

$$IT = \frac{\alpha}{\left(1+\beta.e^{(-\chi.Dias)}\right)} + \delta \qquad (1)$$

Donde IT = Índice térmico del modelo ajustado acumulado, α = parámetro 1 de ajuste, β = parámetro 2 de ajuste, χ = parámetro 3 de ajuste, δ = parámetro 4 de ajuste, Días= días después de la emergencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa las etapas fenológicas registradas y la duración en días de cada una de ella. La duración del ciclo hasta madurez fisiológica fue de 129 días. Se desplegaron totalmente 12 hojas. También se muestran los valores calculados de los índices térmicos para cada uno de los modelos y etapas del cultivo. La tasa media de aparición de hojas fue de 76 °Cd por hoja para GD8, 71 °Cd para GD8-30, 61 °Cd para G&R, 131 °Cd para TT. En el caso de índices combinados fue de 17 unidades para IHT0 y 11 unidades para UFT8. En la Tabla 2 se representan los parámetros del ajuste para cada modelo aplicado (todos los parámetros resultaron significativos) y su error cuadrático medio (CME). En la Figura 1 se ilustran las mazorcas cosechadas. El maíz Negro del Comahue FCA requirió 13 días menos para llegar a su madurez y una cantidad de calor inferior, independientemente para todos los índices evaluados Los GD8 acumulados para todo el ciclo alcanzaron un valor de 1572 °C días, 239 menos que para el maíz colorado Don Amílcar.

Tabla 1. Modelos de tiempo térmico evaluados por etapa fenológica del maíz y su duración aproximada.

Etapa	Temperatura -Lineales			No Lineal	Temperatura y Fotoperíodo		Días
	GD8	GD8-30	G&R	TT	IHT0	UFT8	
Siembra - Emergencia							10
Emergencia - Panoja	911	854	736	1574	207	132	63
Panoja - Floración	165	162	141	315	37	22	14
Floración - Madurez	496	476	405	902	103	62	42
Totales acumulados	1572	1491	1282	2791	347	216	129

Tabla 2. Parámetros de regresión de cada modelo de tiempo térmico.

	GD8	GD8-30	G&R	TT	IHT0	UFT8
α	3726	4005	3154	8417	837,8	448,3
β	1,798	1,595	1,702	1,462	1,508	1,772
χ	0,0156	0,0135	0,0149	0,0118	0,0158	0,019
δ	-1337	-1549	-1179	-3428	-335	-162,5
CME	111,6	64,7	49,7	95,2	2,19	2,12



Figura 1. Mazorcas cosechadas.

CONCLUSIONES

El maíz Negro del Comahue FCA en la temporada 2019-2020 logró cumplimentar todas sus etapas de desarrollo y llegó a madurez fisiológica, con fecha de siembra 26 de noviembre. Para los modelos que sólo usan temperatura, G&R tuvo el CME más bajo y en los modelos combinados, UFT8 presentó el menor CME, siendo éste también el menor de todos los modelos analizados, situación ya reportada para el maíz don Amílcar FCA. A los efectos de obtener mayor caracterización del material y extender los resultados, se incorporarán al ensayo otras fechas de siembra en las próximas temporadas y se determinará el valor nutricional para consumo humano.

REFERENCIAS

Coelho, D.; Dale, R. 1980. An energy-crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development-planting to silking. Agronomy Journal 72(3):503-510.

Damario, E.; Pascale, A. 1972. Estimación de suma de temperaturas efectivas normales para estudios agroclimáticos. Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires 19 (3):109-124.

Gilmore, E.; Rogers, J. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal 50 (5):611-615.

González, D.A.; Forquera, J.C; Pueblas, L; Orrego, LM. 2018. Comportamiento fenológico y evaluación de índices térmicos para maíz colorado Don Amilcar en Cinco Saltos, Río Negro, Argentina. XVII RADA. Villa de Merlo, p 44-45.

Lozada, B.; Angelocci, L. 1999. Determinação da temperatura-base e graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da semeadura á floração de um hídrico de milho (*Zea mays*). Revista Brasileira de Agrometeorologia, 7(1):31-36.

Murphy, G.; Hurtado, R. 2015. Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía UBA, p270-290.

Ritchie, S.W; Hanway, J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University, Iowa. Special Report N°48.

Verdile, H. 2013 Cartilla descripción del Maíz Colorado Don Amílcar FCA, Catedra de Taller Agrícola, publicado en Boletín Electrónico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNComahue - ISSN 1852-4559 Vol. 5 Nro2 (jun 2013).

Warrington, I.; Kanemasu, E. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. Agronomy Journal 75(5):749-754.

CUANTIFICACIÓN DEL SUBPERIODO FENOLÓGICO EMERGENCIA-ENCAÑAZÓN EN CEBADA

Hernández, G.; Laddaga, J.; Rodríguez, D.; Vilatte, C.; Aguas, L.; Eseiza, M.; Marchessi, J.; Cañibano, A.; Confalone*, A.

Núcleo de Investigación NAACCE, Facultad de Agronomía-UNCPBA. Azul (7300) BA, Argentina

***Contacto:** aec@faa.unicen.edu.ar

Palabras clave: sumas térmicas; grados-día; fenología; cereales de invierno

INTRODUCCIÓN

La utilización del concepto de tasa de desarrollo (inversa del tiempo de duración) permite conocer la respuesta fenológica de los cultivos (De Wit, 1970). La fenología de cereales y leguminosas de invierno es regulada principalmente por la repuesta genética a la temperatura y fotoperíodo de tal forma que se puede analizar la duración de un subperíodo -o el ciclo completo- por medio de funciones lineales entre los mismos (Confalone *et al*., 2011).

La cebada tiene una respuesta fotoperiódica de tipo cuantitativa de día largo. Es decir, que a medida que se incrementa el fotoperíodo (de junio a diciembre en el hemisferio sur), el ciclo ontogénico se acorta gradualmente hasta un determinado punto llamado fotoperíodo umbral, en el cual se llega al fotoperíodo óptimo, donde la respuesta a este factor se satura y su duración solo es modificada por la temperatura (Miralles *et al*., 2014). La sensibilidad frente al fotoperíodo y el fotoperíodo umbral son características genéticas y por lo tanto, variables entre cultivares de cebada, incluso la sensibilidad varía también en un mismo cultivar para diversas etapas del desarrollo. Por esto, la predicción de la fenología de distintos materiales es una valiosa estrategia para escapar a diferentes eventos de estrés, así como proveer las condiciones propicias para aumentar la duración de ciertas etapas vinculadas estrechamente a la generación de rendimiento (Ramirez-Cáceres, 2013).

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el subperíodo emergencia-encañazón (E-En) de un cultivar de cebada por medio de un modelo lineal aditivo considerando la interacción entre temperatura y fotoperíodo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los inviernos de los años 2016 y 2018 en el Campus de la Facultad de Agronomía-UNCPBA, Azul, Provincia de Buenos Aires (lat.: 36º46´S; long.: 59º50´W y 132 msnm.) se sembraron parcelas experimentales de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv. Rayen INTA, las que fueron regadas y fertilizadas. Se realizaron tres fechas de siembra: segunda quincena de junio-primera de julio, segunda de julio-primera de agosto y segunda quincena de agosto-primera quincena de septiembre. Los eventos fenológicos fueron registrados tres veces por semana. Se analizó el tiempo térmico desde la emergencia a encañazón por considerarlo uno de los principales estadios de los cultivos de invierno utilizados como forrajeros. Los datos de temperatura se obtuvieron de la estación agrometeorológica situada a metros de las parcelas del experimento.

La tasa de progreso hasta alcanzar las distintas fases fenológicas (d^{-1}) se calculó como la inversa del tiempo requerido para que 50 % de las plantas alcanzaran dicha fase. La tasa de desarrollo se relacionó con la temperatura media diaria del período (T, °C) y el fotoperíodo (F; $h \cdot d^{-1}$) a través de modelos lineales simples, utilizando el modelo RoDMod (Watkinson *et al*., 1994) con el que también se obtuvieron los valores de fotoperíodo diario. Los datos de temperatura mínima y máxima se registraron diariamente en la estación agrometeorológica ubicada a pocos metros de las parcelas. En cultivares o subperíodos fenológicos de un mismo cultivar que no presentan sensibilidad al fotoperíodo la tasa de desarrollo se calcula por el modelo termal:

$$d^{-1} = a_1 + b_1 \cdot T \qquad (1)$$

El plano termal está limitado en su sector inferior por la temperatura base (Tb) donde por definición la tasa de desarrollo es cero y por lo tanto $Tb = (-a_1/b_1)$. En cultivares o subperíodos fenológicos sensibles al fotoperíodo la tasa de progreso hacia una determinada fase se describe por el modelo fototermal:

$$d^{-1} = a_2 + b_2 \cdot T + c_2 \cdot F \qquad (2)$$

Donde: a_1, b_1, a_2, b_2 y c_2 son parámetros específicos para cada cultivar, T es temperatura, F es fotoperíodo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A medida que transcurren las fases fenológicas se observa un aumento en los valores medios de temperatura y fotoperíodo, así como una disminución en la amplitud de los mismos. Los valores medios de temperatura del aire a la que estuvo expuesta la cebada en las diferentes fechas de siembra fueron de 12,51 °C con valores mínimos de 9,3 °C y máximos de 15,3 °C. El fotoperíodo promedio fue de 12,94 h con valores mínimos de 10 h y máximos de 14,17 h. La tasa de desarrollo, expresada como la inversa de la duración del subperíodo E-En tuvo una fuerte

correlación con el modelo lineal aditivo, con respuesta significativa a la temperatura y el fotoperíodo. También el parámetro c_2 fue significativo (P<0,001) y el modelo fototermal mostró un mejor ajuste que el modelo termal. En la Tabla 1 se muestran los parámetros del modelo termal y fototermal y la cuantificación del subperíodo E-En.

Tabla 1. Parámetros de los modelos termal y fototermal utilizados para calcular la temperatura base (Tb), Fotoperíodo base (Fb) y Fotoperíodo umbral (Fo) en cebada Rayen INTA.

Condición	F>Fo	Fb<F<Fo	F<Fb
Modelos	$d^{-1} = a_1 + b_1 \cdot T$	$d^{-1} = a_2 + b_2 \cdot T + c_2 \cdot F$	$d^{-1} = a_3$
Parámetros	a_1= -0,006371 ** ± 13,601	a_2 =-0.024681*** ± 9.821; b_2 =0.0004313***	a_3=0,0040625***
	b_1 = 0,001749*** ± 1,160	±0.710; c_2 =0.0026896*** ±1.401	
	r^2=0,96	r^2= 0,99	
	Tb=-(-0,006371/0,001749)		
	Pc = ((-0,006371- (-0,024681) + (0,001749- 0,0004313) * T) / 0,0026896)		
	Fb= ((0,0040625-(-0,024681) – (0,0004313 * T))/ 0,0026896)		

*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001.

Si el fotoperíodo supera al fotoperíodo umbral (F>Fo), la tasa de desarrollo depende del modelo termal, cuyos parámetros se pueden ver en la Tabla 1. A partir del modelo termal se calculó la temperatura base y fue de 3,64 °C valores que se encuentran en el intervalo esperado de 0 a 5 °C según Miralles *et al* (2014).

Si el fotoperíodo es superior al fotoperíodo base e inferior al umbral (Fb<F<Fo), la tasa de desarrollo depende del modelo fototermal. El fotoperíodo umbral u óptimo, que para este cultivar en las condiciones de la zona de estudio fue de 12,9 h^{-1} con un aumento de 30 minutos por cada grado de aumento de la temperatura, poco menor que el hallado por Ramirez-Cáceres (2013) quien obtuvo un Fo de 12,5h para los cultivares Scarletty y C61.

El parámetro a_3 (0,0040625 h^{-1}) permitió obtener el fotoperíodo base, de 8.6 h^{-1} con una disminución de 10 minutos por cada grado de aumento de la temperatura. La obtención de un valor pequeño pero mayor que cero para el parámetro a_3 indica que el cultivar de cebada Rayen INTA muestra una respuesta cuantitativa al fotoperíodo, y la encañazón no es totalmente inhibida en fotoperíodos extremos (muy cortos); si bien la misma finalmente ocurre, se alcanza mediante una alta demora en el tiempo.

CONCLUSIONES

Por medio de esta metodología simple se pudo parametrizar el subperíodo emergencia-encañazón de la cebada Rayen INTA creciendo en condiciones de campo. Se trata de un subperíodo sensible a la temperatura y al fotoperíodo y se logra obtener la temperatura y el fotoperíodo basales, así como el fotoperíodo umbral de este cultivar de cebada. Se trata de un subperíodo sensible a la temperatura y al fotoperíodo.

REFERENCIAS

Confalone, A.; Lizaso, J.; Ruíz-Nogueira, B.; Sau, F. 2011. Modelización de la fenología del haba *cv* Alameda. Revista FCA UNCUYO 43 (1):75-84.

De Wit, C.T. 1970. Photosynthesis of leaf canopies. Verslagen van landbouw kundige Onderzoekingen (Agricultural Research Report) 663. Pudoc, Wageningen. 57 p.

Miralles, D.; González, F.; Abeledo, L.; Serrago, R. 2014. Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo. Buenos Aires: Orientación Gráfica, Argentina.

Ramírez Cáceres, G. M. 2013. Efecto del fotoperíodo y la temperatura sobre el ciclo ontogénico de dos variedades de cebada (Scarlett y C61) Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-fotoperiodo-temperatura-cebada.pdf [20 de junio de 2020]

Watkinson, A.R.; Lawn, R.J.; Ellis, R.H.; Qi, A.; Summerfield, R.J. 1994. RoDMod. A computer program for characterizing genotypic variation in flowering responses to photoperiod and temperature. CSIRO, Division of Tropical Crops & Pastures, St. Lucia, Queensland, Australia. 49 p.

Zadoks J.; Chang T.; Konzak, C. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. Weed Research. 14:415-421.

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

Iglesias, M.P.[1]; Panunzio Moscoso, M.P.[2]; Irigoyen*, A.I.[1]

[1] *Facultad de Cs. Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta Nac. 226 km 73,5, Balcarce, 7620, Argentina*
[2] *Complejo Agroindustrial del Sudeste (CAISE), Bolívar 263, Cte. N. Otamendi,7603, Argentina*

***Contacto**: airigoyen@mdp.edu.ar

Palabras clave: ciclos 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 a), 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 las seis fechas de siembra 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). Es de interés describir que ocurre con esos mismos escenarios de manejo en los ambientes térmicos recientes y futuros. Los escenarios climáticos proyectados para nuestro país tienen un grado de incertidumbre (CIMA, 2015) y aunque se dispone de series como futuro próximo y lejano, es pertinente plantear medidas de adaptación para los horizontes actuales y los más inmediatos.

El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos de la variación de temperatura en los escenarios climáticos recientes y futuros (2015-2039) para emisión moderada (RCP 4.5) sobre la duración de la estación de crecimiento (EC) de maíz para manejos agrícolas (fecha de siembra x ciclo de madurez) en la región centro-sudeste bonaerense.

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). 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 la región que fueron evaluados con series del pasado (Panunzio Moscoso *et al.*, 2016), y que en este trabajo se indican con los nombres de esas localidades. La estación de crecimiento (EC) fue evaluada para escenarios agrícolas que combinaron seis fechas de siembra, desde fines de septiembre (25-09) hasta mediados de noviembre (15-11) y tres ciclos de madurez del cultivo (1-corto, 2-intermedio y 3-largo). La EC en cada escenario agrícola (fecha de siembra x ciclo) fue simulada para 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). La duración (en días) de la EC para cada escenario 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 siguió la escala de Ritchie *et al*. (1997) para indicar los estados fenológicos. Se emplearon los mismos requerimientos térmicos que en escenarios pasados (Panunzio Moscoso *et al*., 2016) para determinar las fechas de ocurrencia de R1 y R6. 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios proyectados en las series de temperatura del aire para el semestre cálido generaron cambios en la duración de los subperíodos vegetativo y reproductivo del cultivo y así, de la duración de estación completa. La EC se redujo en toda la región respecto a la EC simulada con la serie histórica (Panunzio Moscoso *et al.*, 2016), con valores medianos de duración desde 147 a 127 días para las fechas de siembra de fines de setiembre y mediados de noviembre, respectivamente. Azul mostró una EC promedio de todos los escenarios 10 días menos extensa que la EC estimada para las demás localidades de la región (Figura 1). Una EC con menos de 130 días de duración tuvo una frecuencia relativa de 0,43 en Azul y alrededor de 0,20 en las restantes localidades. La EC se acortó, en promedio para los 18 escenarios, desde 18 días (Azul) a 26 días (Balcarce) respecto a la serie histórica. En el escenario agrícola con fecha tardía (15-11) y ciclo largo (ciclo 3), la duración de la EC se redujo entre 40 y 50

días. A su vez, la duración de la EC disminuyó entre 4 y 5 días por cada 10 días de atraso en la fecha de siembra, cualquiera sea el ciclo de madurez, mientras que en la serie histórica esta relación varió según el ciclo (desde 1 a 4 días para los ciclos 3 y 1, respectivamente). La duración del subperíodo reproductivo se afectó más que la duración del subperíodo vegetativo, en toda la región. La DRVEC, correlacionada positivamente con el rendimiento potencial del cultivo en la región (Irigoyen *et al.*, 2018), disminuyó 2% por cada 10 días de atraso en la siembra y no mostró diferencias entre los ciclos de madurez en el intervalo de fechas evaluado (Figura 2).

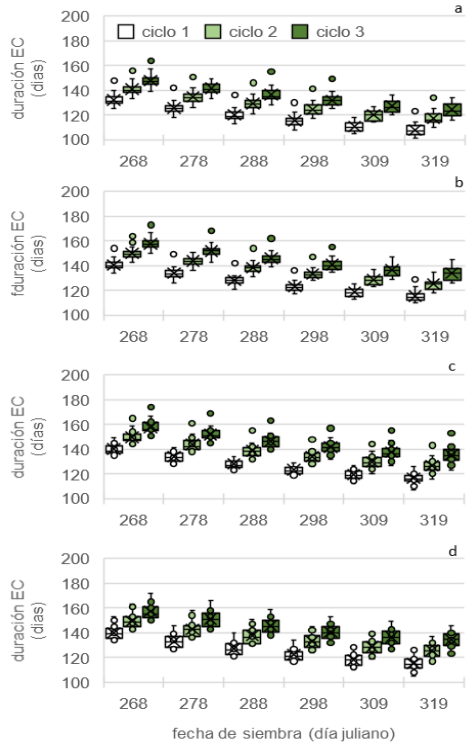


Figura 1. Variación interanual (serie 2015-2039) de la duración de la estación de crecimiento (EC) de maíz simulada para escenarios agrícolas con fechas de siembra y ciclos de madurez en localidades del centro-sudeste bonaerense. a. Azul. b. Tandil. c. Balcarce. d. Mar del Plata.

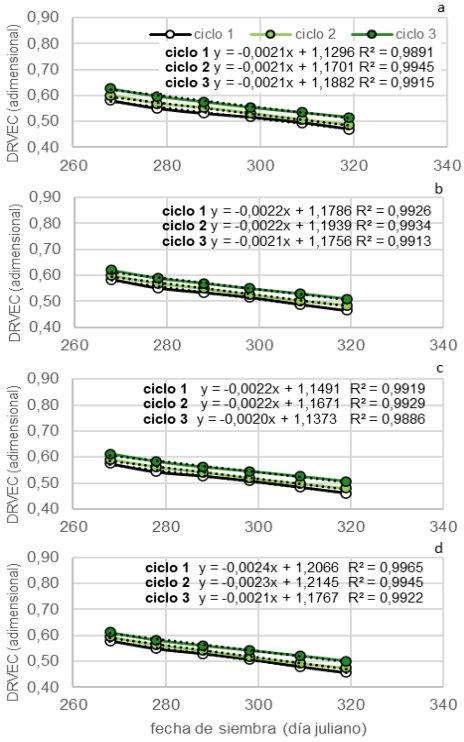


Figura 2. Duración relativa media del subperíodo vegetativo a la estación de crecimiento (DRVEC) de maíz simulada (serie 2015-2039) para escenarios agrícolas con fechas de siembra y ciclos de madurez en localidades del centro-sudeste bonaerense. a. Azul. b. Tandil. c. Balcarce. d. Mar del Plata.

CONCLUSIONES

Este trabajo sugiere que la estación de crecimiento (EC) de maíz en la región centro-sudeste bonaerense será más corta y con menor duración del subperíodo reproductivo bajo un ambiente térmico similar al escenario de moderada emisión RCP 4.5. Dado que una menor duración de la EC se asocia con menor rendimiento del cultivo, deberán explorarse las opciones de manejo agrícola que permitan extender la EC (*i.e* ciclos largos en siembras tardías), sin que otro factor se torne limitante.

AGRADECIMIENTOS

Este 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 la categoría Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN). A.I. Irigoyen es investigador asociado a universidades (INas) de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC).

REFERENCIAS

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.

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 Monog. 31:5-29.

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

Iglesias, M.P.[1]; Panunzio Moscoso, M.P.[2]; Irigoyen*, A.I.[1]

[1] *Facultad de Cs. Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata Ruta Nac. 226 km 73,5 Balcarce, 7620, Argentina*
[2] *Complejo Agroindustrial del Sudeste (CAISE), Bolívar 263, Cte. N. Otamendi, 7603, Argentina*

***Contacto**: airigoyen@mdp.edu.ar

Palabras clave: ciclos 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 cultivo de 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. Es de interés conocer cuáles son las modificaciones esperables según los escenarios climáticos recientes y a futuro (CIMA, 2015) que afectan tanto las fechas de ocurrencia de las amenazas meteorológicas (*i.e* temperaturas mínimas) como las fechas de ocurrencia de los estados susceptibles. El objetivo del trabajo fue evaluar el grado de exposición a las temperaturas mínimas extremas en estados sensibles del cultivo de maíz, con manejos agrícolas de fechas de siembra y ciclos de madurez en la región centro-sudeste bonaerense para los escenarios climáticos (2015-2039) proyectados con moderada emisión (RCP 4.5).

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). 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), que se indican con los nombres de esas localidades. 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 ≤0°C) y agrometeorológicas (HAM, temperatura mínima ≤3°C) de la serie. La estación de crecimiento (EC) fue simulada para escenarios agrícolas que combinaron seis fechas de siembra, desde fines de septiembre (25-09) hasta mediados de noviembre (15-11) y tres ciclos de madurez, corto (ciclo 1), intermedio (ciclo 2) y largo (ciclo 3). La EC en cada escenario agrícola fue obtenida para cada localidad y cada campaña (2015-2039) mediante un modelo de desarrollo del cultivo basado en el concepto de tiempo térmico (Ritchie y NeSmith, 1991). La ocurrencia de los estados fenológicos claves para evaluar los riesgos debidos a temperaturas mínimas extremas, cuatro hojas desarrolladas (V4) y madurez fisiológica (R6), se estimó con base en requerimientos térmicos reportados en la literatura y ya empleados para evaluar escenarios pasados (Panunzio Moscoso *et al*., 2016). La exposición a bajas temperaturas fue descripta según los dos subperíodos susceptibles: a) ocurrencia de HM y HAM después de V4; b) ocurrencia de HM y HAM antes de R6.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios en las series de temperatura media y mínima del aire generaron cambios en la fenología simulada del cultivo y en las fechas de ocurrencia de las amenazas (primeras y últimas HM y HAM). Según las series proyectadas de la temperatura mínima, se distinguió un cambio importante en la región centro-sudeste que muestra localidades con años sin HM (20 y 8 años para Mar del Plata y Balcarce, respectivamente). En las Figuras 1 y 2 se muestra la variabilidad interanual de los estados susceptibles simulados. El estado V4 se alcanzó después de la ocurrencia de FEUHM y FEUHAM en Mar del Plata y después de la ocurrencia de FEUHM en Balcarce, en este caso la frecuencia relativa de HAM después de V4 fue muy baja (<0,05, en fechas tempranas). Por su parte, V4 ocurrió antes de las FEUHAM y FEUHM en Azul y Tandil, reduciéndose en ambas localidades la frecuencia relativa de la adversidad al atrasar la fecha de siembra. El estado R6 fue alcanzado antes de la ocurrencia de heladas tempranas (FEPHM y FEPHAM) en Balcarce y Mar del Plata. En Azul y Tandil, los escenarios evaluados no expusieron al cultivo a HM, pero si a HAM en aquellos casos con ocurrencia de R6 después del día juliano 58. Los cambios en fenología que significaron adelantos en las fechas de ocurrencia de

los estados V4 y R6, en todos los escenarios agrícolas, fueron más homogéneos dentro de la región que los cambios en las fechas extremas de las amenazas.

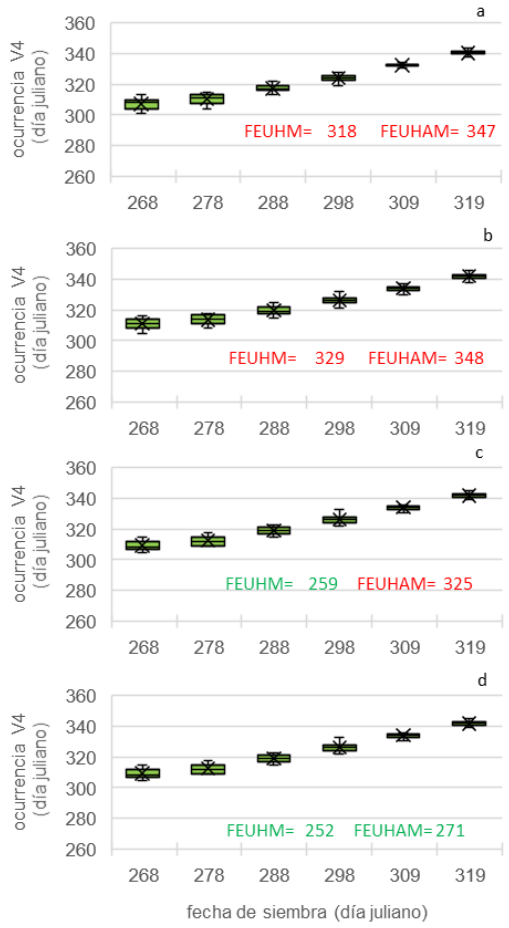


Figura 1. Variabilidad interanual de las fechas de ocurrencia del estado de cuatro hojas desarrolladas de maíz (V4) en ciclos corto, intermedio y largo según fecha de siembra y localidad (serie 2015-2039). a. Azul. b. Tandil. c. Balcarce. d. Mar del Plata. FEUHM: fecha extrema de última helada meteorológica. FEUHAM: fecha extrema de última helada agrometeorológica (en color verde cuando todos los escenarios evaluados quedaron libres de exposición).

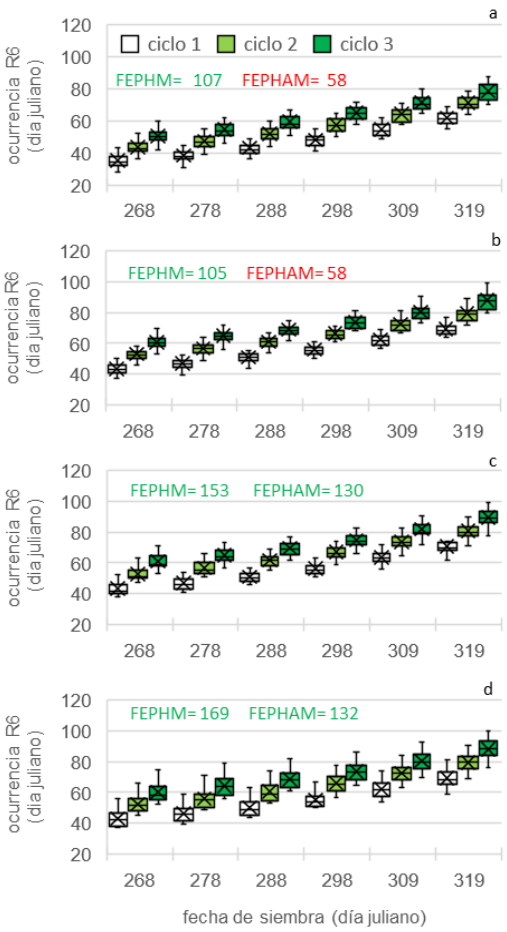


Figura 2. Variabilidad interanual de las fechas de ocurrencia del estado de madurez fisiológica de maíz (R6) según fecha de siembra, ciclo de madurez y localidad (serie 2015-2039). a. Azul. b. Tandil. c. Balcarce. d. Mar del Plata. FEPHM: fecha extrema de primera helada meteorológica. FEPHM: fecha extrema de primera helada agrometeorológica (en color verde cuando todos los escenarios evaluados quedaron libres de exposición). Azul. b. Tandil. c. Balcarce. d. Mar del Plata.

CONCLUSIONES

Los escenarios agrícolas que fueron simulados para cuatro localidades del centro-sudeste bonaerense, combinando fechas de siembra y ciclos de madurez de maíz, resultaron con estaciones de crecimiento menos expuestas a temperaturas mínimas extremas durante los estados sensibles del cultivo según los escenarios climáticos proyectados con moderada emisión (RCP 4.5) que en las evaluaciones con series del pasado.

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 la categoría Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN). A.I. Irigoyen es investigador asociado a universidades (INas) de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia 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.

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. Agron. Mon. 31:5-29.

SUMAS TÉRMICAS PARA CEREALES DE INVIERNO

Laddaga, J.; Hernández, G.; Rodríguez, D.; Vilatte, C.; Aguas; L.; Eseiza, M.; Marchessi, J.; Cañibano, A.; Confalone*, A.

Núcleo de Investigación NAACCE, Facultad de Agronomía-UNCPBA. Azul (7300) BA, Argentina

***Contacto:** aec@faa.unicen.edu.ar

Palabras clave: tiempo térmico; fenología; grados-día; cereales de invierno

INTRODUCCIÓN

La temperatura es la principal causa de variación anual en el desarrollo de los cultivos y en algunas especies, la duración del fotoperíodo influye también en el mismo. De esa forma, la relación entre temperatura y desarrollo sustentó la elaboración de los modelos para el cálculo de las sumas térmicas usadas para predecir el momento de ocurrencia de distintas fases fenológicas o etapas del desarrollo. Las distintas versiones de los métodos de sumas térmicas difieren en el grado de precisión de sus previsiones, en función de las interacciones entre la variación del tiempo meteorológico y la fisiología del cultivo (Confalone y Navarro, 1999). El ciclo ontogénico de los cereales está dividido en etapas de desarrollo o fases fenológicas: emergencia, macollaje, encañazón, espigazón, antesis, llenado de grano, madurez fisiológica. La tasa de desarrollo determina la duración del ciclo y tiene una respuesta universal a la temperatura (Sadras *et al.*, 2000), puesto que en todas las etapas ontogénicas a medida que la temperatura aumenta por encima de un valor base (0-4 °C) hasta un valor óptimo (25-26 °C) según el cultivar y etapa fenológica, la tasa de desarrollo se incrementa reduciendo la duración de las etapas (Miralles *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar la performance de algunos modelos de sumas térmicas para predecir la fase fenológica de encañazón en cultivos de trigo, cebada y avena.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Campus de la Facultad de Agronomía-UNCPBA, Azul, Provincia de Buenos Aires (lat.: 36º46´S; long.: 59º50´W y 132 msnm.) se sembraron parcelas experimentales durante los años 2017 y 2018 conteniendo tres cultivos: trigo pan (*Triticum aestivum* L.) cv. INTA Bonaerense, cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv. Rayen INTA y avena (*Avena sativa* L.) *cv*. Marita INTA. Se realizaron tres fechas de siembra: 1 de julio, 1 de agosto y 18 de septiembre. Para la observación de las fases fenológicas de los cultivos se utilizó la clave de Zadoks (Zadoks *et al*., 1974). Se consideró que las plantas de cada parcela alcanzaron determinado estadio de desarrollo cuando el 50 % de las plantas presentaban las características morfológicas de la fase en cuestión. Los eventos fenológicos fueron registrados tres veces por semana. Se analiza el tiempo térmico desde la emergencia a encañazón por considerarlo uno de los principales estadios de los cultivos de invierno utilizados como forrajeros. Los datos de temperatura se obtuvieron de la estación agrometeorológica situada a metros de las parcelas del experimento. Para evaluar la performance de los modelos, se utilizó el coeficiente de variación (CV= (Desvío estándar/promedio)) y también el desvío en días (Desv. Días= (Desvío estándar / (promedio/ días)) (Aspiazu y Shaw, 1972). Los métodos utilizados fueron:

1.- Método residual: se realiza la sumatoria en el subperíodo emergencia-encañazón de:

$$TT = \sum_{E}^{En} \frac{Tmax + Tmin}{2} - Tb \quad (1)$$

Donde Tmax: Temperatura máxima diaria; Tmin: temperatura mínima diaria y Tb: temperatura por debajo de la cual no se observa desarrollo. Se tomaron valores de: 0, 2 y 4º C.

2.- Método residual modificado: método similar al anterior pero con una corrección de la temperatura máxima diaria si presenta valores por encima de 30 °C.

$$TTm = \sum_{E}^{En} \frac{Tmax\ C + Tmin}{2} - Tb \quad (2)$$

Donde Tmax C: temperatura máxima corregida, utilizando la ecuación:

$$Tmax\ C = 30 - (Tmax - 30) \quad (3)$$

3.- Método fototérmico: similar al método residual en base 0 °C, pero se multiplica por el fotoperíodo diario (duración luminosa del día, desde la salida hasta la puesta del sol, a la que se le añade la duración de los dos crepúsculos) y se divide por 24 h del día.

$$UF = \sum_{E}^{En} \frac{(Tmed - Tb) * Fotop}{24} \quad (4)$$

Donde Tmed: temperatura media del aire; Tb: temperatura base; Fotop: Fotoperíodo diario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las distintas fechas de siembra sufren un acortamiento de la duración en días hasta llegar a encañazón. En la Tabla 1 se muestran los promedios de los distintos métodos evaluados, los coeficientes de variabilidad, y el desvío en días a fin de efectuar comparaciones entre los mismos. De los tres cereales estudiados, el trigo presentó el subperíodo Emergencia-Encañazón más largo. La variabilidad (Tabla1) de los días calendarios fue mayor que la de los otros modelos, lo que indica que es el peor método para estimar los estados fenológicos. El método fototérmico en todos los cereales estudiados presentó menores coeficientes de variabilidad y desvío en días, lo que demuestra la dependencia de la duración del fotoperíodo que tienen los cereales de invierno en su desarrollo (Miralles *et al*., 2014). El segundo método resultó ser T.T.2 en trigo, T.T.4 en cebada y avena.

Tabla 1. Duración media del subperíodo fenológico Emergencia-Encañazón en trigo, cebada y avena, coeficiente de variación (C.V.) y el desvío en días (Desv. Dias) para los diferentes métodos evaluados: días (D), método residual con temperatura base: 0 °C ($T.T._0$); 2 °C ($T.T._2$) y 4 °C ($T.T._4$), método residual modificado (T.T.m) y método fototérmico (UF) considerando las tres fechas de siembra de los años 2017 y 2018.

Cultivo	Estadístico	D	$T.T._0$	$T.T._2$	$T.T._4$	T.T.m	UF
Trigo	Media (°Cd)	82,2	1003,4	843,8	653,7	1007,2	562,1
	C.V. (%)	17,9	7,3	5,9	9,3	7,7	0,9
	Desv. días (d)	14,7	6,0	4,8	7,7	6,3	0,7
Cebada	Media (°Cd)	68,8	817,3	683,0	549,3	813,9	451,0
	C.V. (%)	20,6	7,8	6,0	5,6	8,4	1,5
	Desv. días (d)	14,2	5,4	4,1	3,8	5,8	1,0
Avena	Media (°Cd)	56,2	644,6	538,6	433,4	644,6	359,1
	C.V. (%)	19,7	8,5	7,0	6,4	8,5	0,5
	Desv. días (d)	11,1	4,8	3,9	3,6	4,8	0,3

CONCLUSIONES

La predicción de las fases de desarrollo de los cereales de invierno es más precisa con los modelos de sumas térmicas y fototérmicas que por medio de los días calendario. El modelo fototérmico pudo predecir de forma más eficiente el evento fenológico Encañazón en los tres cereales estudiados que los restantes modelos. Esto indica la dependencia al fotoperíodo que tienen el trigo, la cebada y la avena para su desarrollo. La segunda posición en la comparación le correspondió al método residual con temperatura base 2 °C para trigo y de 4 °C para cebada y avena.

REFERENCIAS

Aspiazu, C.; Shaw, R. 1972. Comparison of several methods of growing degree-unit calculations for corn (*Zea mays* L.*)*. Journal of Science 46(4):435-442.

Confalone, A.; Navarro, M. 1999. Comparación de Modelos de tiempo térmico para maíz. Revista Brasileira de Agrometeorologia 7:207-2011.

Miralles, D.; González, F.; Abeledo, L.; Serrago, R. 2014. Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo. Buenos Aires: Orientación Gráfica, Argentina.

Sadras, V.; Ferreiro, M.; Gutheim, F.; Kantolic, A. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. En: Andrade y Sadras (eds.) Bases para el Manejo del Maíz, el Girasol y la Soja, p.29-60. Bs As. Panamericana.

Zadoks J.; Chang T.; Konzak, C. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. Weed Research 14:415-421.

MAPAS BIOCLIMÁTICOS DE LA ARGENTINA DEL PERÍODO 1971-2010

Maio*, S.; Calabrese, L.; Spescha, L.

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

***Contacto:** smaio@agro.uba.ar

Palabras clave: bioclimatología; cartografía

INTRODUCCIÓN

Es conocida la estrecha relación existente entre el clima y las actividades humanas, por lo tanto, resulta importante conocer con el mayor detalle posible los términos de dicha relación, con el propósito de poder intervenir de una forma adecuada sobre la ordenación y la planificación de dichas actividades. Con este fin y con el propósito de tener una idea de la distribución geográfica actual de los tipos bioclimáticos correspondientes a los principales períodos de turismo y de otras actividades, se realizaron mapas de la Argentina, evaluándose las condiciones bioclimáticas de los meses de enero y julio que son representativas para las principales estaciones del año, verano e invierno, respectivamente.

Olgyay (1963,1973) desarrolló un diagrama de confort climático en el que se integran dos variables fundamentales para el bienestar humano, la humedad y la temperatura con el objeto de determinar las condiciones ambientales para la construcción de edificios. En Argentina, algunos autores, Hoffman y Medina (1971) definieron las áreas geográficas teniendo en cuenta los tipos bioclimáticos; Brazol (1954) realizó un bosquejo bioclimático del país, Hoffman en 1981 efectuó una zonificación bioclimática teniendo en cuenta la influencia del clima en las adversidades de las diferentes regiones para determinar comienzo y fin de clases.

El objetivo de este trabajo es efectuar una zonificación bioclimática obtenida a través del estudio de las condiciones ambientales estivales e invernales ya que las mismas ofrecen valiosa aplicación en las diversas actividades humanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinaron los tipos bioclimáticos mensuales según la metodología de Hoffmann y Medina (1971) que considera ocho tipos y se pueden subdividir considerando la temperatura máxima, la humedad relativa y la amplitud térmica, variables que influyen en el sentir climático o sea en las necesidades de confort de una persona sedentaria, en la sombra y sin viento, y vestida con ropa liviana. Se analizaron los meses de enero y julio, representativos del verano e invierno. Se trabajó con información meteorológica diaria de temperatura máxima, humedad relativa y amplitud térmica. Dichos datos corresponden a 133 Estaciones Meteorológicas de la Argentina pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional del período 1971-2010. Se utilizaron los números de orden de los tipos bioclimáticos (Tabla 1) con los significados de cada uno de ellos y el de los subíndices de humedad relativa (HR %) y supraíndices de amplitud térmica (AT).

Tabla 1. Tipos bioclimáticos según Hoffmann y Medina (1971).

Nº de orden	Denominación	Temperatura máxima media mensual (ºC)	Símbolo	Subíndices de HR promedio Significado	HR (%)	Amplitud térmica (AT)	Símbolo
8	Caluroso, 24hs.	33 a 37	H	Húmedo	≥ 60	> 20ºC	AAT
7	Caluroso, noches confortables afuera	33 a 37	h	Subhúmedo	50-59	15-20ºC	AT
6	Cálido	28 a 32		Sin subíndice	40-49	<15ºC	Sin supraíndice
5	Confortable	22 a 27	S	Seco	26-39		
4	Templado	18 a 21	SI	Seco irritante	≤ 25		
3	Fresco	15 a 17					
2	Frío moderado	10 a 14					
1	Frío	5 a 9					
0	Muy frío	0 a 4					
FG	Frío Glacial	<0					

Después de procesar las variables meteorológicas diarias se computaron los promedios mensuales de temperatura máxima, humedad relativa y se determinaron las regiones bioclimáticas para los meses de enero y julio, representando a las estaciones del verano e invierno, respectivamente. Con el software QGIS se georreferenciaron las estaciones meteorológicas. Con la interpolación de estos puntos se generaron 3 mapas asociados a los elementos: temperatura máxima, humedad relativa y amplitud térmica. Con la herramienta

"calculadora raster" se categorizaron los mapas considerando los valores del Mapa bioclimático de la Argentina. Para generar las regiones según el tipo bioclimático, se realizó una superposición de los tres elementos interpolados y categorizados. Estas regiones muestran un diagnóstico del clima en relación con el confort higrotérmico. Se determinaron regiones bioclimáticas para cada mapa según las estaciones del año, invierno y verano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, en el mes de enero, característico de la estación del verano, el factor latitud determina diferentes zonas bioclimáticas desde el trópico hasta Tierra del Fuego, desde el tipo 2 (Frío Moderado) hasta el tipo 8 (Caluroso, 24 h). A partir de los 30 grados Sur de latitud, y desde el noreste, sur de Corrientes, Santa Fe hasta Neuquén en el sudoeste y noreste de Chubut prevalece el 6 (Cálido), húmedo y subhúmedo. Este es el tipo predominante en el país diferenciándose la zona típica de veraneo con descripción confortable debido al efecto regulador del mar, situación que se repite en una pequeña porción de Salta y Jujuy; en este caso por influencia de la altura. En la Patagonia, es el tipo 5 que la caracteriza, es decir un clima confortable, pero en el sur y oeste de la misma predomina el de orden 4 (templado). La provincia de Tierra del Fuego está dividida en dos tipos bioclimáticos, uno fresco y el otro frío moderado en el extremo sur. La Figura 2que identifica el invierno, presenta tipos bioclimáticos desde el orden 1 (frío) al 5 en el extremo norte siendo confortable. El norte argentino se caracteriza por ser templado mientras que una franja del centro por ser fresco. Buenos Aires, La Pampa, sur de Mendoza, Neuquén y parte del este de la Patagonia es una región con frío moderado mientras que el resto de la Patagonia y Tierra del Fuego predomina el frío. En esta estación, una pequeña zona en el centro de Formosa es de tipo confortable. Se observa que el invierno es benigno pues no aparece el tipo muy frio y el frio queda circunscripto al oeste de Patagonia prevaleciendo el templado y el fresco en casi todo el país.

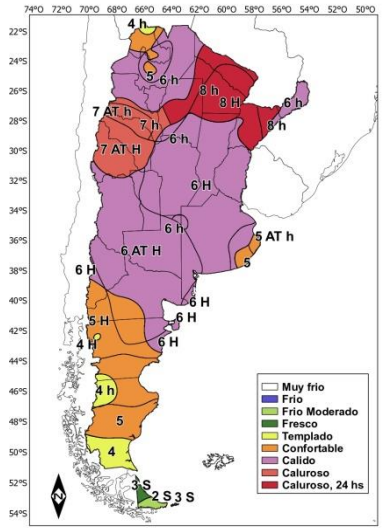


Figura 1. Mapa bioclimático de la Argentina en enero.

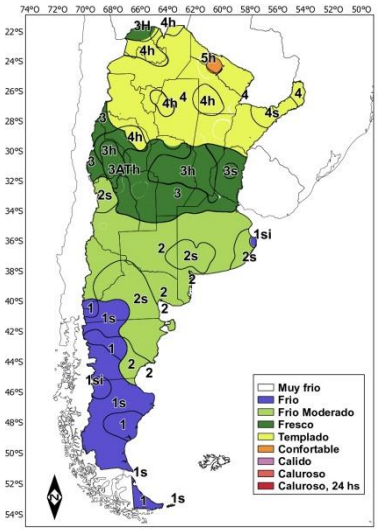


Figura 2. Mapa bioclimático de la Argentina en julio.

CONCLUSIONES

En ninguna estación del año aparece el tipo muy frío. El tipo predominante en cuanto extensión geográfica en verano es cálido y en invierno entre templado y frio moderado. Las diferentes condiciones climáticas definidas en esta zonificación tienen una importancia decisiva en el sentir del hombre como también en el desarrollo de sus actividades. A los fines de este estudio se expusieron solamente los mapas bioclimáticos del período 1971-2010, pero cabe destacar que comparados con los publicados por Hoffmann y Medina (1971) difieren en el verano principalmente por una región más extensa cálida mientras que en el invierno se reduce la región 3 (fresco) y, se amplía la zona bioclimática de tipo 4 (templado). Dichas diferencias, a priori podrían estar vinculadas al aumento de la temperatura, debido a los efectos del cambio climático.

REFERENCIAS

Brazol, D. 1954. Bosquejo Bioclimático de la República Argentina. Meteoros, Año IV, Nº4, Buenos Aires.

Hoffmann, J.A.J.; Medina, L.1971. Ensayo de una clasificación bioclimática en la República Argentina. Meteorológica II (1-3):150-170.

Hoffmann, J.A.J. 1981. Zonificación bioclimática de la República Argentina según la influencia del clima en la problemática educativa. Centro Nacional de Documentación e Información Educativa. Buenos Aires. República Argentina, 29 pp.

Olgyay, V. 1963. Design with Climate. Princeton University Press. New Jersey, USA.

Olgyay, V. 1973. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton University Press. New Jersey.

VARIABLES TÉRMICAS DE EMERGENCIA EN PRODUCCION INTENSIVA DE ROBLE EUROPEO (*QUERCUS ROBUR* L.*)*

Maio, S.; Lamas*, A.

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453 CP 141, Argentina

***Contacto:** lamas@agro.uba.ar

Palabras clave: bioclimatología; tiempo térmico; fenología

INTRODUCCIÓN

La aplicación de modelos térmicos es una herramienta valiosa que permite evaluar y predecir las relaciones planta-ambiente (Trugdill *et al.,* 2005). En ese contexto la temperatura ejerce diversas funciones, según se considere el crecimiento o el desarrollo y es uno de los principales factores ambientales que controlan las distintas fases fenológicas. Su efecto sobre la emergencia puede describirse en términos de temperaturas cardinales: Temperatura mínima (Tmin); Temperatura óptima (Topt) y Temperatura máxima (Tmax) (Mac Cartan, 2015). Cualquiera sea la disponibilidad lumínica, de nutrición o hídricas, existen niveles de temperatura por debajo y por encima de las cuales el crecimiento de los cultivos no se manifiesta. La Tmin y Tmax corresponden, respectivamente, a los límites inferior y superior; mientras que la Topt es la temperatura o rango de temperaturas en la que la emergencia ocurre más rápidamente (Nori *et al.*, 2014). Con estos supuestos, el concepto de tiempo térmico o grados día se basa en la hipótesis de que la tasa de emergencia aumenta linealmente con la temperatura (T) y es directamente proporcional a la diferencia entre T y Tmin, hasta el límite de Topt. En el ámbito de la producción es aceptado que la señal de emergencia es la visualización de la plántula emergiendo. El objetivo de este estudio es determinar el tiempo térmico para la emergencia del primer brote de roble europeo (*Quercus robur*), en invernáculo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en invernáculo ubicado dentro del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (Latitud: -34,5ºS; Longitud: -58,4ºO). Se utilizaron400 semillas de roble europeo (*Quercus robur*), las bellotas se limpiaron con agua destilada y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 10 % (Dey y Buchanan, 1995), luego se mantuvieron en cámara a 4°C durante 3 semanas (Mc Cartan, *et al.*, 2015). El sustrato utilizado fue vermiculita y arena en una relación de 2:1, previamente esterilizados en autoclave a 1,36 atm de presión y a una temperatura de 240ºC durante 30 minutos.

La siembra se realizó el 1 de marzo de 2019, las bellotas fueron dispuestas en cajones de 40 cm x 50 cm, sembrando en un marco de plantación de 10 cm por 10 cm y a 2 cm de profundidad, a razón de 30 por cajón. El suministro del agua fue con un sistema automatizado de micro aspersores, con una frecuencia de 1 riego cada 8 horas y una lámina de 3 mm, por turno. Las mediciones de temperatura fueron realizadas con un datalogger. Los cajones se colocaron en mesadas y se hicieron observaciones fenológicas cada 3 días. La emergencia fue registrada hasta que el brote tuviera 5 mm de longitud (Mc Cartan *et al.*, 2015). Se calculó el poder germinativo (PG), que expresa el porcentaje final de bellotas germinadas.

$$PG = \frac{Sg}{Ss} x\ 100 \quad (1)$$

Dónde: PG es el poder germinativo, Sg son las bellotas germinadas, Ss, número total de bellotas sembradas. Las bellotas sin germinar fueron desechadas. El tiempo térmico (θ), cuya unidad es grados/día, se define como cantidad de grados centígrados (T) por encima de la temperatura base (Tb), en que las semillas acumulan grados día en un período de tiempo (t) determinado, la expresión:

$$\theta e = (T - Tb) * te \quad (2)$$

Dónde: θT_e es el "tiempo térmico" o tiempo ajustado (en unidades de "grados-días") para un determinado período con porcentaje de emergencia e; t_e es el tiempo cronológico para la emergencia, expresado en porcentaje (Bradford, 1995), (Bewley *et al*., 2013), (Côme y Corbineau, 2006). La temperatura base de emergencia (Tb_e) utilizada es de 4,1° C (Dürr, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El poder germinativo resultó del 95% y se puede atribuir al enfriamiento, aunque fueron sometidas las semillas y mejoró la tasa de germinación, coincidente con lo reportado por García-Martin (2001). Considerando la aparición del primer brote los grados-día calculados se encuentran en el rango de 1182,4° día a 1351,4°día, Figura 1. Para esta fase fenológica el primer día de ocurrencia fue el 75 y el último observado ocurrió el día 90. Mientras

que la temperatura óptima de emergencia es 15°C con un rango de 1251,4 ° día y 1271,4° día donde se registraron casi el 71 % de ocurrencia. No se observaron tallos múltiples ni deformaciones en el proceso de la fase. Guibert y Le Pichon (2001) informaron que con una temperatura diaria de 20 °C no sólo ocurren el mayor número de germinaciones sino además hay significativamente menos plantas anormales. Mientras Corbineau *et al.* (2001) afirman observaciones de múltiples brotaciones por encima de 20 °C. La Tabla 1 resume la temperatura base utilizada, su desvío y los valores del 50 % acumulado en la fase de emergencia. Durante el ensayo se registraron temperaturas más altas que la temperatura base de emergencia. Farmer (1977) registró casos similares en situaciones de producción en invernadero. Eso contrasta con la idea de que es necesario un invierno frío para la emergencia. Mac Cartan (2015) señala que el tiempo térmico tiene correlación negativa con la temperatura base; o sea que las especies con bajas temperaturas base, requieren más grados días para alcanzar el 50% de germinación y viceversa (Dürr*et al*., 2015). La temperatura media de emergencia fue 15,2 °C, coincidente con Finch-Savage y Whalley (2006), quienes fijaron el óptimo por debajo a los 20°C.

Tabla 1. Parámetros de Tiempo Térmico.

Parámetro	
Temperatura Base (°C)	4,1
Tiempo Térmico de Fase (grados día)	1351,4
Tiempo Térmico 50 % (grados día)	1240,5
Desvío Standard	57,1

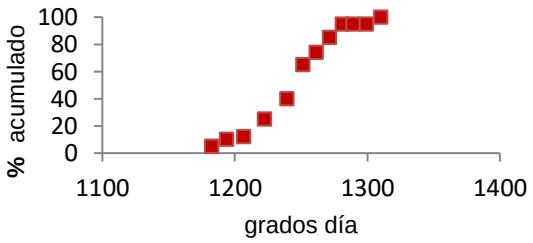


Figura 1. Tiempo Térmico acumulado %.

CONCLUSIONES

La aparición de brotes es una respuesta altamente dinámica y adaptable, permitiendo la producción de semillas en condiciones controladas de invernáculo durante casi todo el año. Por lo observado en este ensayo y para las condiciones descriptas, *Quercus robur* tiene un fuerte mecanismo de regeneración, con muy buena adaptación a los cambios térmicos que ocurren en un invernáculo. Ante escenarios de aumento de temperatura en las áreas urbanas, es poco probable un efecto negativo dado que las temperaturas medias son mayores que la temperatura base.

REFERENCIAS

Bewley, J.D.; Bradford, K.; Hilhorst, H.; Nonogaki, H. 2013. Seeds: physiology of development, germination and dormancy, 3rd edn. Springer, New York, 313 p.

Côme, D.; Corbineau, F. 2006. Germination rate. In: Black M, Bewley JD, Halmer P (eds) The Encyclopedia of seeds: science technology and uses. Cromwell Press, Trowbridge, 273 p.

Corbineau F, Dacher F, Côme D. 2001 Influence de la durée de conservation des glands au froid et de la température de germination sur le développement des plantules de chêne sessile. Rev For Fr LIII 32–43.

Dey, D.C.2014. Sustaining oak forests in eastern North America: regeneration and recruitment, the pillars of sustainability. For Sci 60:926–942.

Dürr, C.; Dickie, J.B.; Yang, X.Y.; Pritchard, H.W. 2015. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: contribution to a seed trait database. Agric Forest Met 200:222–232.

Farmer, R.E. 1977. Epicotyl dormancy in white and chestnut oaks. For Sci 23:329–332.

Finch-Savage W.; Whalley, R. 2006. Germination field emergence models. In: Black M, Bewley JD, Halmer P (eds) The encyclopedia of seeds: science technology and uses. London, U.K.

García-Martín, G.; González-Benito, E.M.; Manzanera, J.A. 2001. *Quercus suber* L. Somatic embryo germination and plant conversion: Pretreatments and germination conditions. In Vitro Cell. Dev.Biol.-Plant 37:190-198.

Guibert, M.; Le Pichon, C. 2001. Influence de la température sur la germination, la levée et sur les taux de semis á tiges múltiples chez le chêne sessile. Rev For. Fr. LIII44–54.

Mc Cartan, S.; Jinks, R.L.; Barsoum, N. 2015. Using thermal time models to predict the impact of assisted migration on the synchronization of germination and shoot emergence of oak (*Quercus robur* L.). Annals of Forest Science 72:479-487.

Nori, H.; Moot, D.J.; Black, A.D. 2014. Thermal time requirements for germination of four annual clover species. New Zealand Journal of Agricultural Research, vol. 57, no. 1, pp. 30-37. http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2013.863786

Santana, D.G.; Ranal, M.A. 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília: Editora UNB.

Trudgill, D.L.; Honek, A.; Van Straalen, N.M. 2005. Thermal time - Concepts and utility. Annals of App. Biology 146:1-14.

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TRANSMITANCIA EFECTIVA DE LA RADIACIÓN PAR EN UN INVERNADERO

Martínez*, F. J.[1]; Stainoh, F.A.[1]; Merino, R.A.[1]; Hakim, G.[2]; Gandolfo, E.[2]; Carnelos, D.A.[2,3]; Covi, M.[1]

[1] UBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Av. Int. Cantilo CABA, Argentina
[2] UBA, FAUBA, Cátedra de Floricultura, Habana 3870 CABA, Argentina
[3] UBA, FAUBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, Av. San Martin 4453 CABA, Argentina

***Contacto:** martinezfacundo94@gmail.com

Palabras clave: radiación solar, PAR, invernáculo

INTRODUCCIÓN

La luz solar es un factor determinante para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los invernaderos alteran la dirección e intensidad de los rayos solares incidentes y resguardan a los cultivos de la intemperie, de manera que ofrecen protección del frío excesivo. La importancia de la calidad de la luz y la cantidad transmitida en invernaderos ha sido investigada con y sin elementos generadores de sombra en un interior (Kittas 1999, Smith, 1982). La cantidad de luz que ingresa típicamente se manipula para optimizarla de acuerdo con las necesidades de los cultivos o plantas ornamentales allí presentes, mientras que la calidad de esta puede alterarse con mallas o telas coloreadas que modifican el espectro y/o incrementan la proporción de luz difusa.

Dentro del espectro de la luz visible resulta de particular interés la radiación fotosintéticamente activa (o PAR, por sus siglas en inglés, con longitudes de onda entre 400-700 nm) debido al rol fundamental que desempeña en el proceso de fotosíntesis. En base a lo anterior, en el presente trabajo se buscó estudiar cómo se vio afectada la radiación PAR en el interior de un invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo entre los días 18 de agosto y 23 de octubre del año 2019 en un invernadero con dimensiones de 20m x 6m, ubicado en las instalaciones de la Facultad de Agronomía (UBA) en Villa Devoto, CABA, Argentina (34°35'48.4"S 58°30'44.2"O), con techo parabólico y orientación aproximadamente norte-sur.

El interior del sitio fue representado mediante una grilla rectangular de 40 vértices, ubicando postes de referencia a 2m de distancia aproximadamente, disponiendo de esta forma 10 a lo largo y 4 a lo ancho sobre toda el área disponible (Figura 1.A). Se ubicaron seis sensores de radiación PAR, a 50 cm sobre la superficie, cinco de ellos en posiciones fijas y uno con localización móvil, para complementar las mediciones fijas aumentando la cobertura espacial. Estos dispositivos funcionaron todos los días de la campaña, las 24 hs, sin tener en cuenta las condiciones ambientales.

El sensor CEN (Figura 1.B) era un Li-Cor 190, mientras que el resto (incluso el exterior) eran sensores fabricados por la CNEA, todos calibrados por última vez en agosto de 2019. Dichos dispositivos tomaban registros de las variables cada 30 segundos, que posteriormente promediaban cada 15 minutos, y se almacenaban en un logger dispuesto en el interior del invernáculo. Posteriormente se integraron los registros para obtener los totales diarios.

Con la información de la radiación PAR total diaria externa e interna para cada sensor, se realizó el cociente interno/externa para determinar la transmitancia efectiva. Este valor fue promediado para cada sensor y se realizó un mapa de contornos con el software Surfer 13, interpolando espacialmente con la técnica de krigeaje. Por otra parte, la información de la transmitancia efectiva recolectada por cada sensor fijo fue representada en un diagrama de cajas y bigotes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores diarios estimados de transmitancia efectiva para todos los sensores fijos evidenciaron una mediana de 0,63 con intervalos intercuartiles entre 0,57-0,69 y valores máximos y mínimos de 0,76 y 0,36 respectivamente, como se puede observar en la Figura 2. Además, se puede notar que los sensores SO, CEN y NE, que en la Figura 1.B se ubican en las regiones de mayores valores de transmitancia efectiva, tienen sus medianas por encima de 0,65, y los valores máximos relativos más grandes. Sin embargo, el intervalo intercuartil del CEN es menor que el de los otros dos, lo cual implica una menor dispersión de los valores de transmitancia en esa región. No obstante, CEN es el único que presenta outliers, siendo uno de ellos el menor valor registrado para todos los sensores. Tanto el sensor NO como SE tienen las medianas relativas más pequeñas, no obstante, los valores máximos y mínimos de NO son superiores e inferiores a los de SE respectivamente, además de que el intervalo intercuartílico del primero mencionado es mayor al otro, destacando la notable dispersión de los datos de la región noroeste del invernáculo. Esta información resulta importante al momento de caracterizar el rendimiento de especies hortícolas.

Por ejemplo, de acuerdo con el modelo planteado por Albright *et al.* (2000), los puntos SE y CEN presentarían una diferencia del 24,71% en la producción de biomasa seca aérea de lechuga. En la Figura 1.B se observa la distribución espacial de la transmitancia efectiva media en el interior del invernáculo, donde puede notarse que, en los primeros 12 m (sobre el eje x, es decir, a lo largo de la estructura), el gradiente de dicha variable se encuentra dirigido hacia el centro del recinto aproximadamente, teniendo notables valores mínimos (de alrededor de 0,45) en los laterales y valores de hasta 0,66 en la región central. En los últimos 2 m del sitio (eje X) pareciera haber una región ligeramente más luminosa, con un gradiente netamente E-O. Por otra parte, las mediciones del sensor móvil contra los laterales parecen indicar una disminución en la variable, en respuesta a un posible efecto de borde.

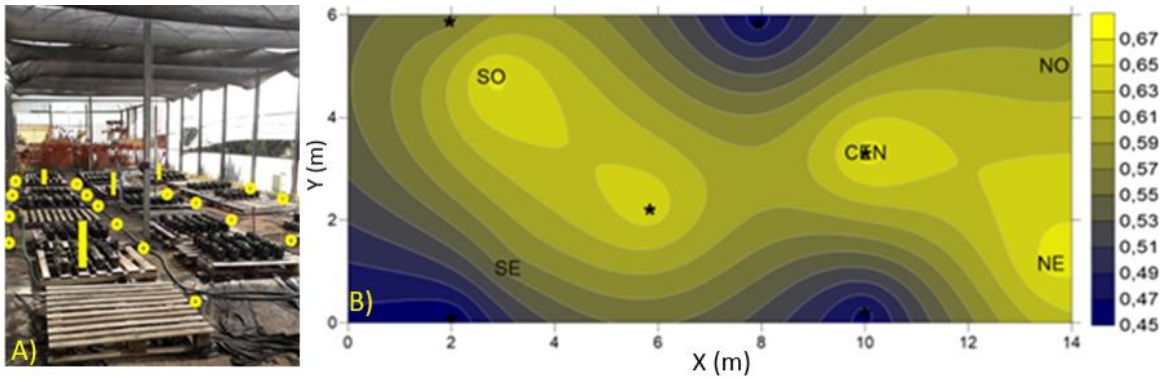


Figura 1. A) Fotografía del interior del recinto, mirando hacia el N. Los rectángulos indican las ubicaciones de algunos de los sensores fijos y los círculos las posiciones posibles para el sensor móvil. **B)** Distribución espacial de la transmitancia efectiva (adimensional) en el invernáculo. Las ubicaciones en la que fue rotando el sensor móvil se representan con estrellas negras, mientras que las posiciones de los sensores fijos se indican con sus nombres abreviados.

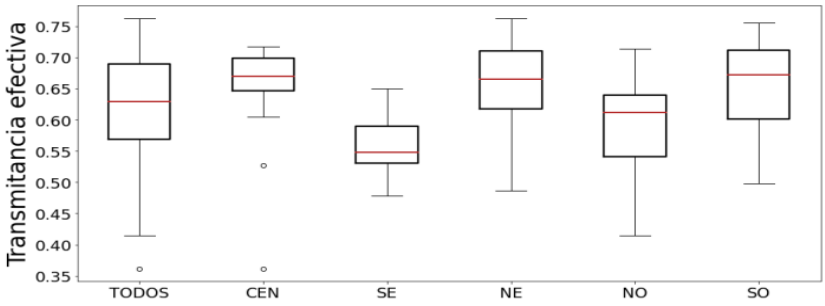


Figura 2. Diagramas de cajas y bigotes de los cinco sensores fijos dispuestos en el invernáculo (CEN, SE, NE, NO, SO), y del conjunto (TODOS). Los bordes superiores e inferiores de las cajas representan los cuartiles respectivamente, mientras que la línea roja interna se corresponde al valor de la mediana.

CONCLUSIONES

La distribución espacial de la transmitancia efectiva dentro del invernadero tiene un patrón muy distinto en los primeros 12 m (en el sentido del eje X, a lo largo del recinto), donde se presentan zonas muy heterogéneas con valores mínimos destacables, y otro patrón bastante más homogéneo en los últimos 2 m.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con fondos del proyecto PDE 2020 (ACS-2019-418-E-UBA-SG).

REFERENCIAS

Albright, L.D.; Both, A.J.; Chiu, A.J. 2000. Controlling greenhouse light to a consistent daily integral. Transactions of the ASAE 43(2):421.

Kittas, C.; Baille, A.; Giaglaras, P. 1999. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. Journal of Agricultural Engineering Research, 73(4):341-351.

Smith, H. 1982. Light quality, photoperception, and plant strategy. Annual Review of Plant Physiology 33(1):481-518.

POTENCIALIDAD DEL INTERIOR DE UNA VIVIENDA PARA REALIZAR UNA HUERTA URBANA EN LA PLATA (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Martínez*, S.[1]; Benassi, A.[2]; Garbi, M.[1]

[1] *Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina*
[2] *Planeamiento y Diseño del Paisaje, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina*

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

Palabras clave: radiación fotosintéticamente activa; PAR; Casa Curutchet; hortalizas

INTRODUCCIÓN

El concepto de huerta urbana incluye la producción de alimentos y plantas ornamentales con objetivos que han ido variando a lo largo de la historia; siendo hacia el siglo 21 una herramienta útil frente al cambio climático, como medio para el reciclaje de residuos orgánicos, la mitigación de emisiones de CO_2 y el ahorro de nutrientes esenciales; además cumplir un rol económico y social fundamental, contribuyendo a mejorar la nutrición, reducir gastos en alimentos e incluso vender excedentes (Bisgrovea, 2010; Abul-Soud *et al*., 2014; Eigenbrod y Gruda, 2015). Por las características de los lugares disponibles, muchas veces estas huertas se realizan en condiciones extremas, de manera que la disponibilidad climática puede afectar el tipo de producto a obtener (Drescher, 2004). Entre otros factores, la radiación solar es fundamental para el crecimiento y desarrollo vegetal, aunque frecuentemente es dejada de lado en el análisis del microambiente (Wei *et al*., 2017). Las especies hortícolas, en general, requieren niveles de 800 a 1400 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ para alcanzar la saturación lumínica a nivel de hoja individual (Ramos y Rallo, 1992; Lorenzo, 2012). Mediciones de radiación fotosintéticamente activa (PAR) realizadas en la zona de La Plata indican que al mediodía, con condiciones diáfanas pueden registrarse valores de 1700 a 1900 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ en verano a 1000 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ en invierno, con reducciones significativas al interior de los invernaderos, con mínimos de 400 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ (Martínez *et al*., 2016 a y b). Mediciones realizadas en San Miguel (Buenos Aires) mostraron que la PAR representa un 49 +/-3% de la radiación global, manteniéndose una relación lineal entre ambas (Righini y Grossi Gallegos, 2005). Esta situación permite inferir que, aún en condiciones de disponibilidad de luz, la PAR podría ser un factor limitante en la planificación de huertas urbanas; siendo objetivo de este trabajo evaluar la PAR recibida en distintos puntos de una vivienda ubicada en el casco urbano de la ciudad de La Plata.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las mediciones se realizaron en la Casa Curutchet, ubicada en Av. 53 Nº 320, entre las calles 1 y 2 de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina (34°54′41″S 57°56′31″O). Es una vivienda unifamiliar diseñada por el arquitecto suizo Le Corbusier, construida entre 1949 y 1953, y declarada Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 2016. Reúne los 5 principios enunciados por Le Corbusier: planta libre, para circular; los pilotis, que son las columnas circulares que se ven en toda la casa; la fachada libre, estructura independiente por la cual las ventanas pueden tener cualquier forma y tamaño; la ventana corrida, que va sin paramentos de una punta a la otra del edificio; y la terraza jardín (Merro Jhonston, 2011). Se encuentra construida sobre un terreno de 180 m^2 cuyo eje longitudinal presenta una inclinación de 45º con orientación norte. Se registró la PAR recibida a las 12 h del día 4/12/2018 utilizando una barra BAR-RAD 100 (Cavadevices®) de 1 m de longitud orientándola con el eje hacia el norte, en posición horizontal. Se tomaron 20 datos por punto de medición, correspondiendo los mismos a: 1. Vereda, 2. Acceso casa (Planta baja), 3. Garage (Planta baja), 4. Terraza sol pleno (1º piso), 5. Terraza ingreso sala estar (1º piso), 6. Cocina (1º piso), 7. Patio cocina (1º piso), 8. Estudio (2º piso). Los datos se sometieron a análisis de la varianza y prueba de Tukey ($p<0,05$) según un diseño enteramente aleatorizado con 20 repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La vereda es el espacio de máxima exposición de esta edificación, siendo el punto en el que se registró la máxima incidencia de PAR, con valores esperables durante el verano en La Plata (Martínez *et al*.,2016 b). Al interior de la casa, solo en la terraza, en condiciones de sol pleno se registraron niveles de PAR que podrían satisfacer en forma adecuada los requerimientos de las principales especies hortícolas (Ramos y Rallo, 1992; Lorenzo, 2012). En el resto de los puntos de medición, incluso los comprendidos en el exterior, como la terraza en la puerta de acceso a la sala estar, con exposición al frente; como en el patio de la cocina, con exposición al fondo, la radiación recibida en horas de máxima insolación presenta restricciones importantes para el crecimiento vegetal, considerando que aún con intensidades lumínicas saturantes para hojas individuales, no todas las partes de la planta estarían expuestas a esta condición, dependiendo de la arquitectura del dosel y de la intercepción que realice de la radiación fotosintéticamente activa incidente (Ramos y Rallo, 1992).

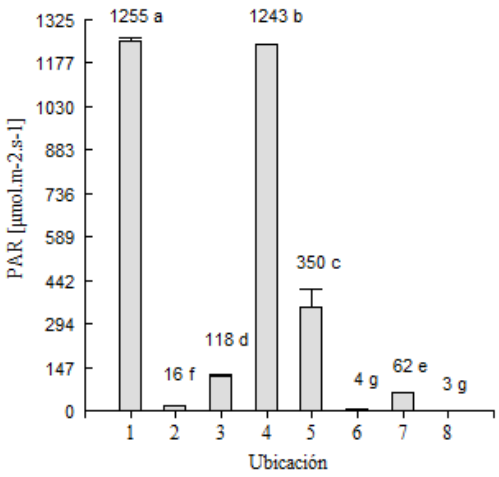


Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa (PAR) recibida en distintos puntos del exterior e interior de Casa Curutchet (La Plata, Buenos Aires, Argentina). Líneas sobre las barras indican error estándar. CV = 3,49; R^2 = 1,00; p < 0,0001. Referencias: 1. Vereda, 2. Acceso casa (Planta baja), 3. Garaje (Planta baja), 4. Terraza sol pleno (1º piso), 5. Terraza ingreso sala estar (1º piso), 6. Cocina (1º piso), 7. Patio cocina (1º piso), 8. Estudio (2º piso).

CONCLUSIONES

La disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa registrada al interior de la vivienda, en las condiciones de estudio, evidenciaron la dificultad de alcanzar niveles energéticos adecuados para el crecimiento de la mayoría de las especies hortícolas, lo que haría prever la necesidad de recurrir a iluminación artificial para la producción en espacios internos de la edificación.

REFERENCIAS

Abul-Soud, M.A.; Emam, M.S.A.; Abdrabbo, M.A.A.; Hashem, F.A.; Abd-Elrahman, S.H. 2014. Sustainable urban horticulture of sweet pepper via vermicomposting in summer season. Journal of Advances in Agriculture 3:110-122.

Bisgrovea, R. 2010. Urban Horticulture: Future Scenarios. Acta Horticulturae 881:33-46.

Drescher, A.W. 2004. Food for the cities: urban agriculture in developing countries. Acta Horticulturae 643:227-231.

Eigenbrod, C.; Gruda, N. 2015. Urban vegetable for food security in cities. A review. Agronomy for Sustainable Development 35:483-498.

Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios Nº 3. CEA 03:23-44.

Martínez, S.; Carbone, A.; Garbi, M.; Somoza, J.; Grimaldi, M.C.; Cerisola, C. *Ex aequo*. 2016a. Influencia del envejecimiento del polietileno sobre la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (PAR) hacia el interior de un invernadero parabólico. Revista Argentina de Agrometeorología VII:83-86.

Martínez, S.; Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Carbone, A.; Morelli, G.; Somoza, J.; Cerisola, C. 2016b. Radiación fotosintéticamente activa transmitida al interior de dos tipos de invernaderos en La Plata, Buenos Aires. XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología, Puerto Madryn, 20 al 23 de septiembre de 2016.

Merro Jhonston, D. 2011. El Autor y el intérprete: Le Corbusier y Amancio Williams en la Casa Curutchet. 1:100 Ediciones.

Ramos, E.; Rallo, L. 1992. Nueva Horticultura. Tecnología y economía de los sistemas hortícolas intensivos. Ediciones Mundi-Prensa.

Righini, R.; Grossi Gallegos, H. 2005. Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación global en San Miguel, Provincia de Buenos Aires. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 9. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/83063, consultado: 11/05/2020.

Wei, H.; Huang, Z.; Lin, M. 2017. A decision support system for plant optimization in urban areas with diversified solar radiation. Sustainability 9 (2): 215. https://doi.org/10.3390/su9020215, consultado: 11/05/2020.

TIEMPO TÉRMICO: EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO DE TOMATE INJERTADO Y SIN INJERTAR CULTIVADO EN JUNÍN (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Martínez*, S.B.[1]; Masi, M.A.[1]; Pomés, J.[1]; Chale, W.[1], De Benedetto, J.P.[1]; Zanek, C.[1], Fariña, L.[1]; Barbero, G.[2]

[1] *Universidad Nacional del Noroeste (UNNOBA), Calle Monteagudo 456(B6000) Junín, Buenos Aires, Argentina*
[2] *Alumno de la carrera de Ingeniería Agronómica (ECANA, UNNOBA), Argentina*

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

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*; temperatura, grados-día

INTRODUCCIÓN

El tomate *Solanum lycopersicon* L. (su denominación anterior, *Lycopersicum esculentum* Mill., es aun ampliamente utilizada), se encuentra dentro de los productos hortícolas más importantes por su consumo, superficie en producción y por la tecnología e investigación desarrollada, es por ello que se considera la hortaliza más cultivada en el mundo. Según un informe agropecuario realizado en Junín, en el año 2010, el partido concentra una incipiente actividad hortícola, y el censo hortícola de la provincia de Buenos Aires 2005 (CHAFABA 2005), estimaba que Junín tiene un potencial socio-productivo vinculado al abastecimiento local.

Estudios de relevamiento en 2017 encontraron que aproximadamente en la localidad existen productores hortícolas con una superficie de producción en invernadero de 4,3 ha, el 50% de los productores hortícolas cada 2,1 ha tiene una superficie promedio de 9556 m². Se destaca bajo esta forma de producción, que el 66% corresponde a tomate y el resto a hortalizas de hoja (Monsutti *et al*., 2020). Existen en la actualidad numerosas variedades híbridas que se introducen año a año para su producción bajo cubierta. Por el elevado costo de la semilla híbrida es necesario evaluar cómo se comportan las diferentes variedades ante las condiciones bioclimáticas de cada localidad. Estos estudios nos permiten, además, ajustar la época de trasplante para obtener una mejor producción y determinar cuáles son las variedades que mejor se adaptan, en este caso, a nuestro cinturón hortícola de incipiente desarrollo (Martínez *et al., 2014;* Andreau *et al., 2006*a, 2008b; Garbi *et al.,* 2008).

Existen trabajos acerca de las características de materiales genéticos que han sido utilizados exitosamente a lo largo de los años (Grimaldi *et al*., 2003; Garbi *et al*., 2006; Cremaschi *et al.;* 2012 Guaymasi *et al*., 2018). Esto conlleva a evaluar el comportamiento de los nuevos híbridos y la producción de tomates injertados en nuestra región a través del tiempo térmico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en un invernadero metálico parabólico de 18 m x 40 m, con orientación norte-sur ubicado en la Estación Experimental Las Magnolias UNNOBA; en el que el 16/11/2019 se trasplantaron un híbrido de tomate: SVTH2900 sin injertar (T1) e Injertado sobre pie Maxifort (T2). Para su estudio se registró fecha de inicio de floración y fructificación (inicio 30 % y plenitud de fase con el 80% de órganos presentes) y fecha de primera cosecha. En el interior del invernadero se computó temperatura del aire a 1,5 m con un Dattalogger RC-5 Elitech Se definieron los subperíodos trasplante-floración (Tr-Fl), trasplante-fructificación (Tr-Fr), trasplante-cosecha (Tr-Co), floración-fructificación (Fl-Fr) y fructificación-cosecha (Fr-Co), calculando los grados-día acumulados (GDA) mediante el método residual de Brown (1975) con una temperatura base de 10ºC. Se cosecharon semanalmente los frutos hasta sexto racimo. La cosecha inició el 17/01/2019 y finalizó el 16/03/2020. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los datos se sometieron a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 y 2 podemos observar que se encontraron diferencias significativas entre el híbrido injertado y sin injertar en la cantidad de días (Tabla 1), y grados días acumulados (GDA) (Tabla 2). La cantidad de días a inicio de floración y fructificación fue inferior en T1 respecto a T2, esto es coincidente con lo encontrado por otros autores quienes determinaron que existe un retraso fenológico entre el portainjerto y la copa, que aumenta el número de días en cada subperiodo en comparación con la copa sin injertar (Andreau *et al.*, 2009).

Las diferencias del híbrido 2900 injertado sobre Maxifort difiere con lo estimado por Ducasse, *et al* 2012, quienes evaluando portainjertos en transplantes más tempranos, encontraron que Maxifort para Tr-Fl necesitó 25 días y para Tr-Fr 33 días con GDA de 357,5 y 445,95 respectivamente. Esto demuestra que los valores encontrados en este ensayo son menores, pero estaría relacionado directamente a la fecha del transplante, ya que, la tasa de aparición de racimos florales es lineal a los GDA (Garbi *et al*., 2006), y, a su vez, depende en forma directa de la temperatura. Y si bien cada material genético puede presentar características particulares, la temperatura del aire durante el ciclo de cultivo influye sobre el nivel de acumulación calórica alcanzada, según fue reportado por Warnock (1973), quien, al estimar la suma térmica requerida por un híbrido de tomate en diferentes años, observó

una mayor acumulación de grados-día cuando se registraron temperaturas del aire más elevadas y una disminución del número de días en cada sub período, como ocurrió en este ensayo (Lozada & Angelocci, 1997; Sadek *et al*., 2013; Almaguer Sierra *et al*., 2014).

Tabla 1. Duración de subperíodos en tomate SVTH2900 sin injertar y SVTH2900 injertado cultivado en Junín bajo invernadero.

	Tr - Fl		Tr - Fr		Tr - Co		Fl - Fr		Fr - Co	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Días	15	19	27	30	62	65	11	15	35	38
	p = 0,079		0,079		0,079		0,079		0,079	

Tabla 2. Grados-día acumulados por subperíodo en tomate SVTH2900 (T1) sin injertar e injertado (T2) cultivados en Junín bajo invernadero **.**

	Tr - Fl		Tr - Fr		Tr - Co		Fl - Fr		Fr - Co	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Grados-día acumulados	257	285	426	338	724	771	183	192	315	294
	p = 0,022		0,022		0,022		0,022		0,022	

CONCLUSIONES

En las condiciones de ensayo, los híbridos de tomate SVTH2900 injertados y sin injertar mostraron buenas condiciones de adaptabilidad para su producción en el cinturón hortícola juninense, permitiendo una buena producción en un transplante intermedio.

REFERENCIAS

Amaguer-Sierra, P.; Rodríguez-Fuentes, H.; Barrientos Lozano, L.; Mora Ravelo, S.G.; Vidales-Contreras, J.A. 2014. Relación entre grados-día y la producción de *Opuntia ficus-indica* para consumo humano en Marín, Nuevo León. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5:1055-1065

Andreau, R. H.; Garbi, M.; Martínez, S. 2006. Evaluación de cinco híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum.* Mill), en cultivo protegido en el cinturón hortícola platense utilizando la técnica de registro de cultivo. Revista Argentina de Horticultura 25(59):61.

Andreau, R.; Garbi, M.; Martínez, S.; Morelli, G.; Zeoli, F. (*Ex aequo*).2009. Respuesta fenológica y productiva de plantas tomate (*Solanum lycopersicon* L.) sometidas a injerto. Boletín electrónico de tomate Nº 21. http://www.mercadocentral.com.ar/site2006/publicaciones/boletin/pdf/Tomate21.pdf

Andreau, R. H.; Martínez, S.; Morelli, G.; Garbi, M.; Strassera, M. E; Dalmazzo, P.; Somoza, J. 2008. Ensayo comparativo de rendimiento de 8 híbridos de tomate redondo larga vida indeterminado conducidos bajo cubierta plástica en La Plata. Revista Argentina de Horticultura 27 (64): 146 ISSN de ed on-line: 1851-9342

Brown, D.M. 1975. Heat unit for corn in Southern Ontario. Ontario: Ontario Department of Agriculture and Food. 4 pp.

Censo hortícola de Buenos Aires. 2005. (CHFBA´05). Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires.

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.

Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.B.; Giménez, 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 Agrometeorologia 14:168-173.

Garbi, M..; Martínez, S.; Andreau, R.; Morelli, G.; Chale, W.; Grimaldi, M.C. 2008. Ensayo comparativo de rendimiento de 9 híbridos comerciales de tomate redondo indeterminado estructural conducidos bajo cubierta. Revista Argentina de Horticultura 27(64):143.

Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G. 2003. Unidades calóricas acumuladas en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero plástico. Revista Brasileira de Agrometeorologia 11:379-383.

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). ISSN de la edición on line 1851-9342

Lozada, B.; Angelocci, L. R. 1997. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa de duração dos subperíodos de desenvolvimento do milho. In: Anais Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. SBA, Piracicaba, Brasil. p. 9-11.

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 (2):218-223

Monsutti, M.; Muzi, M.; Melilli, P.; Beribe, M.; Prividiera, G.; Tellería, M.; Fernández, L.; Meccia, J. 2020. Caracterización de la Producción Hortícola del Partido de Junín. Horticultura, Revista RIA 46 (2):1-8.

VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA TRANSMITANCIA RADIATIVA EN UN INVERNÁCULO CON MEDIASOMBRA

Merino*, R.A.[1]; Martínez, F.J.[1]; Stainoh, F.A.[1]; Hakim, G.[2]; Gandolfo, E.[2]; Carnelos, D.A.[2,3]; Covi, M.[1]

[1] *UBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Av. Int. Cantilo CABA, Argentina*
[2] *UBA, FAUBA, Cátedra de Floricultura, Habana 3870 CABA, Argentina*
[3] *UBA, FAUBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, Av. San Martín 4453 CABA, Argentina*

***Contacto:** rmerino@fcen.uba.ar

Palabras clave: radiación PAR, invernadero

INTRODUCCIÓN

El uso de invernaderos representa una opción robusta para mantener una producción constante de hortalizas y/o plantas ornamentales a lo largo de todo el año. Debido a que el crecimiento óptimo de un vegetal sucede bajo condiciones ambientales ideales, la caracterización del entorno existente dentro de los invernáculos resulta fundamental para la toma de decisiones de manejo que permitan obtener los mayores rendimientos posibles.

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) es uno de los factores principales que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Si bien la radiación solar que recibe un invernáculo depende fuertemente de su ubicación geográfica y del momento del año (Sethi, 2009), la forma en que el recurso lumínico se distribuye dentro del mismo depende de otros factores como su orientación y diseño arquitectónico. Por otro lado, en situaciones donde la temperatura del aire dentro del invernáculo es elevada, resulta conveniente la presencia de un cobertor o mediasombra que limite el flujo de energía radiativa entrante. Si bien la mediasombra genera una reducción de la radiación solar total transmitida a través del techo, también influye en la variabilidad espacial de la luz incidente sobre toda la superficie del invernáculo.

El objetivo de este trabajo es estudiar la variabilidad espacial y temporal de la radiación PAR incidente dentro de un invernáculo con mediasombra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El lugar de estudio está constituido por un invernadero de forma rectangular (20m x 6m) y techo parabólico con mediasombra, con orientación aproximada norte-sur, ubicado en un predio de la Facultad de Agronomía (UBA), Ciudad de Buenos Aires. Al oeste del invernadero hay una serie de árboles. Se instalaron siete sensores cuánticos de flujo lumínico PAR. Seis de ellos fueron ubicados dentro del invernadero, de los cuales cinco se instalaron en posiciones fijas, mientras que el restante realizó mediciones en distintas posiciones variables. Por otro lado, se instaló un sensor con las mismas características en el exterior del invernadero para realizar una comparación de la transmitancia efectiva de la radiación PAR en los distintos puntos de medición internos.

El periodo de estudio fue desde el 25/10/2019 hasta el 06/03/2020. Durante este periodo se realizaron mediciones periódicas cada 30 segundos en todos los sensores, y un promediado cada 15 minutos. El sensor "móvil" fue relocalizado cada cinco o siete días. Luego de un exhaustivo control de calidad sobre los datos obtenidos, se realizaron cálculos de la integral de radiación PAR diaria. Posteriormente, se realizaron estimaciones de transmitancia efectiva para todos los acumulados obtenidos, calculada como el cociente entre la radiación PAR medida por cada sensor dentro del invernadero y la radiación PAR registrada por el sensor externo. Sobre estos valores se realizó una interpolación espacial de Kriging cada uno de los subperiodos, determinados por la posición del sensor "móvil", y se estimaron valores medianos de transmitancia en todo el dominio utilizado. Por último, se calcularon valores del índice de claridad *Kt* diarios para el PAR (Pashiardis *et al*., 2017) para todo el periodo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La transmitancia efectiva dentro del invernadero presenta un marcado gradiente espacial en la dirección oeste-este (Figura 1), con valores cercanos a 0,35 sobre el extremo Este, y hasta 0,10 sobre la cara opuesta. Esta variación espacial se registra de forma casi continua sobre toda el área de estudio.

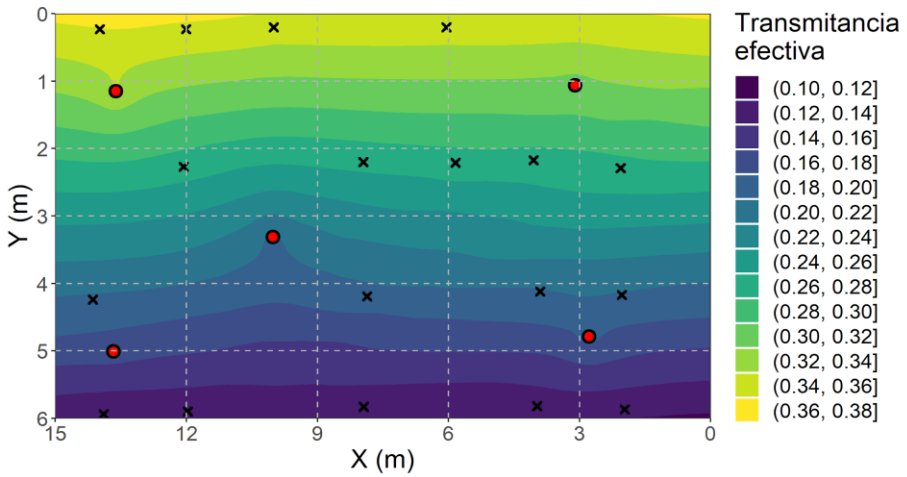


Figura 1. Transmitancia efectiva mediana (adimensional) para todo el periodo de estudio. Los puntos en rojo indican las posiciones de los sensores fijos, mientras que las cruces indican las distintas posiciones del sensor "móvil".

La transmitancia media registrada dentro del invernadero no presentó variaciones significativas frente a distintos valores de altura solar máxima a lo largo del periodo de estudio (Figura 2). Existe, sin embargo, una marcada relación entre los valores de transmitancia media, el desvío estándar de los sensores, y el índice de claridad solar (*Kt*). En días con índice de claridad alto (despejados), la transmitancia media del invernadero será mayor, pero con mayor variabilidad en distintas zonas del mismo. En días con índice de claridad menor (nublados), la transmitancia media cae, pero de forma más homogénea.

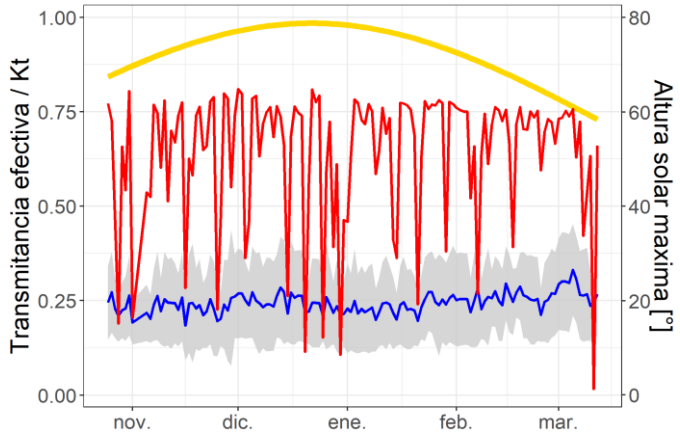


Figura 2. Transmitancia efectiva media diaria para todos los sensores PAR dentro del invernadero (azul), desvío estándar de la transmitancia efectiva de los sensores PAR (gris), índice de claridad *Kt* (rojo), y altura solar máxima [°] (amarillo).

CONCLUSIONES

Los valores de transmitancia efectiva sobre todo el dominio del invernadero resaltan la importancia de la orientación de la estructura y su entorno, teniéndose valores de flujo radiativo tres veces más altos sobre uno de los lados del mismo respecto al opuesto. Por otro lado, se registró una estrecha relación entre el índice de claridad y los valores de transmitancia media y desvío, mientras que la época del año tuvo menor impacto sobre ellos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con fondos del proyecto PDE 2020 (ACS-2019-418-E-UBA-SG), financiado por UBA y MinCyT.

REFERENCIAS

Sethi, V.P. 2009. On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modeling and experimental validation. Sol. Energy 83:021-038.

Pashiardis, S.; Kalogirou, S.A.; Pelengaris, A. 2017. Characteristics of photosynthetic active radiation (PAR) through statistical analysis at Larnaca, Cyprus. SM Journal of Biometrics & Biostatistics.

TEMPERATURAS EN UN MONTE FRUTAL CON MICROASPERSIÓN PARA DEFENSA CONTRA HELADAS

Mestre, N.; 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:** acaretta@fca.uncu.edu.ar

Palabras claves: variación de temperatura, aspersión subarbórea

INTRODUCCIÓN

En la provincia de San Juan, el cultivo de frutales alcanza las 5784 ha, representando una parte importante de la actividad agrícola. Las especies cultivadas son en mayor o menor grado susceptibles a las heladas tardías, destacándose el almendro. Con un bajo requerimiento de frío invernal, los eventos frecuentes de termoperiodismo asincrónico por vientos zonda, muy cálido y seco, estimulan la fase de floración. Pasado el viento, la temperatura retorna a sus valores normales de fines de invierno con advección de frentes fríos, produciendo severos daños por heladas. A lo mencionado se suma el bajísimo porcentaje de humedad relativa que alcanza el aire.

Los métodos activos para mitigar el efecto de las heladas se pueden clasificar en forma general, en los que redistribuyen calor (como la ventilación artificial) y los que aportan calor al sistema. De estos, el riego por aspersión tradicional, basado en el aporte calórico de la congelación del agua asperjada, es el método más eficiente aún en condiciones de heladas por advección. Sin embargo, además de la inversión inicial para su instalación, la escasez de agua propia de la zona, lo hacen prácticamente inviable. En los últimos años, han surgido alternativas que intentan reducir el consumo de agua y disminuir costos mediante un sistema dual de defensa contra heladas y riego. Estas características disminuyen costos de instalación, riesgos de enfermedades, roturas debido al peso del hielo y anegamiento del suelo, (Snyder y de Melo-Abreu, 2010). Una de estas alternativas es la colocación de microaspersores ubicados por debajo de los árboles, con menores caudales que aportarían calor fundamentalmente al suelo y a la parte baja de la planta. Sin embargo, queda por probar la verdadera eficacia de este sistema (Fernández y Rossi, 2018) en general y en montes adultos, en especial. Para investigar este aspecto y satisfacer la consulta de una empresa local, se plantea un ensayo que evalúa el efecto del riego subarbóreo en la variación con la altura de la temperatura del aire durante de tres heladas tardías (agosto).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ensayo se utilizó un sistema de microaspersión bajo canopia, en la propiedad perteneciente a la empresa OLYGA SA ubicadas en La Rinconada, Pocito-San Juan, (31° 39' 10,5" S y 68° 37' 02,5" W). Cuenta con 7 ha implantadas con *Prunus dulcis* en un marco de plantación de 6 x 5 m. El sistema de riego subarbóreo, que a su vez es usado para control de heladas, cuenta con aspersores Rain Bird boquilla amarrilla y rotor azul y erogan una lámina de 3 mm/h. Para el estudio se instalaron sensores de temperatura a 10, 25, 50, 100, 150 y 200 cm de altura desde la superficie del suelo, en una parcela "tratamiento" (ttr), con el sistema de riego y en una zona testigo, (tte), fuera del área cultivada (Vargas y Chipana, 2015). Se registraron valores cada 15 minutos.

El monitoreo de temperatura se realizó con la estación meteorológica inalámbrica USB-PC-WH1080 y con sensores tipo botón dentro de la parcela tratamiento. El riego se puso en marcha cuando la temperatura testigo alcanzó los 2,0 °C, aproximadamente. Este momento de inicio fue determinado por la experiencia del profesional de la propiedad, en coincidencia con lo señalado por Tyson *et al.* (1988), Evans, 2000 y Parsons y Boman (2003), para evitar el congelamiento de los laterales de riego. El suelo se mantuvo sin malezas y apisonado. Se compararon los registros de temperatura a las alturas antes indicadas, una hora después de iniciada la helada meteorológica (HM) en el sensor testigo, ubicado a 1,5 m. Se presenta un análisis preliminar de los días 20, 21 y 22 de agosto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran las diferencias entre las temperaturas de testigo y tratamiento, una hora después de iniciada la helada meteorológica (HM). De los dieciocho valores analizados, solo cuatro (*) indican una temperatura mayor en parcela tratada mientras que ocho muestran lo contrario. Por otra parte, seis de las mediciones presentan una tte igual a ttr.

Tabla 1. Diferencia de temperatura a distintas alturas entre parcela y testigo, a una hora de iniciada la HM.

Fecha	Hora/Altura	10 cm	25 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
20/08/2018	3:33	0,5 (*)	0,5 (*)	-0,5	-0,5	0,0	0,5 (*)
21/08/2018	7:33	1,0 (*)	0,0	-0,5	-0,5	0,0	0,0
22/08/2018	7:28	0,0	-0,5	-0,5	-1,0	-0,5	0,0

En las Figuras 1a, 1b y 1c, se observa la marcha de temperatura con la altura, tanto en la parcela como en testigo, una hora después de iniciarse la helada meteorológica.

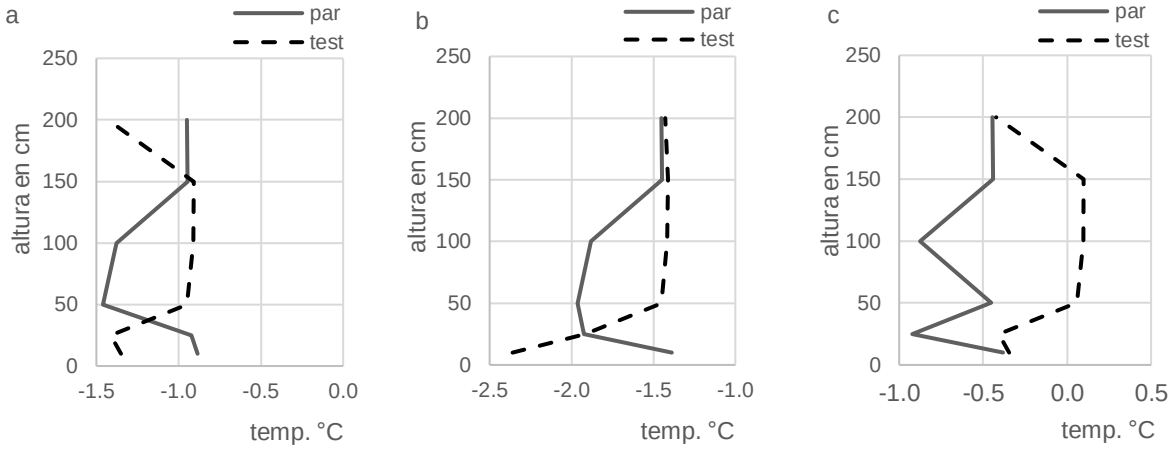


Figura 1. Marcha de la temperatura con la altura una hora después de iniciada la HM, para el 20 de agosto (a), 21 de agosto (b) y 22 de agosto (c).

El registro extremo de 1 °C a 10 cm permite que el promedio alcance 0,6 °C. Las diferencias favorables de temperatura se producen en los primeros 25 cm aproximadamente. Esto coincide con el objetivo del método que es mantener el suelo cerca de 0 °C (Tassara, 2007). A partir de ahí hasta 1,5 m la temperatura es menor en el área regada. Esto podría deberse a la evaporación del hielo, que no alcanza a ser compensada por la lámina aplicada, como indican Parsons y Boman, 2003. Si bien los 3 mm/h de este ensayo superan lo sugerido por los autores mencionados (2 mm/h), es probable que la baja humedad relativa habitual de la zona eleve la tasa de evaporación.

CONCLUSIÓN

La poca frecuencia, la baja magnitud de los aumentos térmicos y la escasa altura que alcanzan no sería suficiente para heladas de mediana magnitud (-2 °C) habituales en la zona y época. Estos resultados preliminares, obtenidos en condiciones particulares de una finca, indicarían que el sistema de microaspersión es de muy limitada eficacia para control activo de heladas en montes frutales adultos.

REFERENCIAS

Evans, R. 2000. The art of protecting grapevines from low temperature injury. En: Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Meeting, Washington, USA.

Fernández, D.; De Rossi, R. 2018. Defensa contra heladas. https://inta.gob.ar/sites/default/files/fernandez_revista_81_fyd-7.pdf. Consultado 18/08/2019.

Parsons, L.R.; Boman, B.J. 2003. Microsprinkler Irrigation for Cold Protection of Florida Citrus. https://edis.ifas.ufl.edu/ch182. Consultado 09/08/2018.

Snyder, R.; de Melo-Abreu, J.P. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Volumen 1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 241 p.

Tassara, M.A. 2007. Las heladas primaverales. Protección en frutales de clima templado-frío. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Río Negro, Argentina. 158 p.

Tyson, A.; Sneed, R.; Mainland, C.; Perry, K.; Poling, B.; Sanders, D.; Unrath, R. 1988. Frost/Freeze Protection by sprinkler irrigation. Southern Region Small Fruit Consortium. (USA). https://smallfruits.org/weather/ https://smallfruits.org/files/2019/06/SRSFC-Weather.pdf. Consultado 01/07/2019.

Vargas, M.R.; Chipana, R. 2015. Control de bajas temperaturas mediante el riego por aspersión fijo en el Altiplano Central de Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 2(1):55-67. 15/06/2019.

APTITUD AGROCLIMÁTICA DEL TERRITORIO ARGENTINO PARA EL CULTIVO DE CÁÑAMO (*CANNABIS SATIVA*)

Mora*, F.[1,2]; Sorlino, D.[3]

[1] *Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida - CERZOS (CONICET/UNS), Bahía Blanca, CP 8000, Argentina*
[2] *Cátedra de Agrometeorología, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, CP 8000, Argentina*
[3] *Cátedra de Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos, CABA, C1417DSE, Argentina*

***Contacto:** mora.francisco88@gmail.com

Palabras clave: bioclimatología; agroclimatología; zonificación

INTRODUCCIÓN

El cáñamo es uno de los cultivos no alimenticios con más historia del mundo. En Argentina, su cultivo se dio exclusivamente con fines textiles y tuvo su mayor auge en la primera mitad del siglo XX, hasta su prohibición (Soriano, 2017). No obstante, en los últimos años, esta especie comenzó a ser reconsiderada por su importancia en el campo de la medicina. En Europa su cultivo con propósitos medicinales ha aumentado un 3000% en la última década (Carus y Sarmento, 2016). Considerando la posibilidad que en un futuro próximo se arbitren las normas para la posibilidad de cultivar cáñamo, el propósito del presente trabajo es determinar la aptitud agroclimática del territorio argentino para su cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopiló la información climática de 153 sitios productores de Cannabis alrededor del mundo (Figura 1) y de ensayos a campo encontrados en la bibliografía científica. A partir del análisis estadístico de los datos se determinaron una serie de índices térmicos (Temperatura mensual media (ºC), Temperatura mínima mensual media (ºC), Temperatura máxima mensual media (ºC), Temperatura máxima anual media (ºC), Probabilidad de ocurrencia de temperaturas mayores a 40 ºC (%), Fecha media de última helada, Fecha media de primera helada con una probabilidad del 20% y Tiempo térmico), hídricos (Precipitación mensual media (mm), Balance hidrológico climático, Evapotranspiración máxima mensual media (mm), Índice de Satisfacción Hídrica (ISH%) y Distribución del ISH%)) y fotoperiódicos (Fotoperíodo diario) que permitieron, a través de aproximaciones sucesivas, delimitar zonas optimas, aptas y marginales para la producción de cáñamo en el territorio argentino. Para esto se utilizaron, como base, las cartas del Atlas Agroclimático de la Argentina para el período 1981-2010 (Murphy *et al.*, 2020) y la zonificación se llevó a cabo mediante una clasificación por tipos agroclimáticos a través de un sistema de información geográfica de código libre.

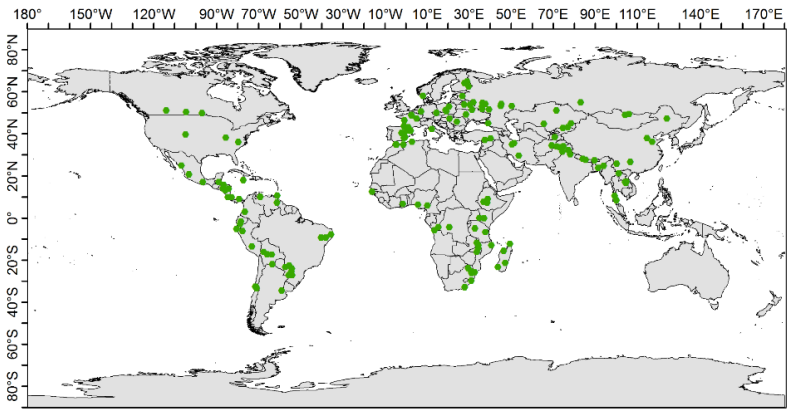


Figura 1. En verde, sitios donde prospera el cultivo de Cannabis en el mundo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se delimitaron siete áreas con diferentes aptitudes agroclimáticas (Figura 2). El área óptima para el cultivo de cáñamo abarca el centro y este de San Luis, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, suroeste de Corrientes, noreste de La Pampa y norte y sudeste de Buenos Aires. Por un lado, la zona verde oscuro permitiría el cultivo tanto de ciclo largo (6 meses) como corto (4 meses), por otro lado, las zonas azules permitirían un cultivo de ciclo corto, cumpliendo de forma óptima a todas las necesidades térmicas, hídricas y fotoperiódicas. Dentro de éstas últimas, en la zona azul cuadriculado no se podrían llevar a cabo cultivos de ciclo largo debido a que el fotoperíodo en estas latitudes acortaría el ciclo, independientemente de la variedad elegida. En cambio, la limitante en la zona azul liso es que no se llegan a satisfacer las necesidades hídricas de forma óptima. Sin embargo, considerando la capacidad de esta especie a soportar sequias moderadas (Lisson y Mendham, 1998), se podría considerar esta zona como apta para el cultivo de cáñamo de ciclo largo. El área apta comprende el centro de Salta, noroeste de Santiago del Estero, sudeste de La Rioja y San Juan, este de Mendoza, oeste de San Luis, centro de La Pampa, noreste de

Buenos Aires. Dentro de esta área, las zonas en verde claro satisfacen de manera óptima las necesidades térmicas y fotoperiódicas pero no así las necesidades mínimas hídricas, por lo que es una zona apta bajo un esquema de producción intensiva bajo riego, pudiendo realizarse cultivos de ciclo largo y corto.

Las zonas color beige cuadriculado, también satisfacen de manera óptima los requerimientos térmicos sin satisfacer las necesidades mínimas hídricas, sin embargo, no se podrían llevar a cabo cultivos de ciclo largo debido a que el fotoperíodo en estas latitudes acortaría el ciclo, independientemente de la variedad elegida.

El área marginal para el cultivo de cáñamo abarca el sur de La Pampa, sudoeste de Buenos Aires, este de Neuquén, centro y este de Rio Negro, centro y este de Chubut y noreste de Santa Cruz. Este área está delimitada en color beige en las zonas donde solo los requerimientos térmicos son satisfechos y la producción de cáñamo debería realizarse bajo una modalidad intensiva y escogiendo variedades que tengan un bajo requerimiento de tiempo térmico debido a que el fotoperíodo en esta zona podría extender el ciclo.

Por último, las zonas en color morado cuadriculado satisfacen los requerimientos térmicos de variedades de ciclo corto, sin embargo, el fotoperíodo resulta muy extenso, lo cual determinaría una extensión del ciclo que lo pondría en riesgo por heladas otoñales. En esta área solo es posible el cultivo bajo riego de variedades insensibles al fotoperíodo.

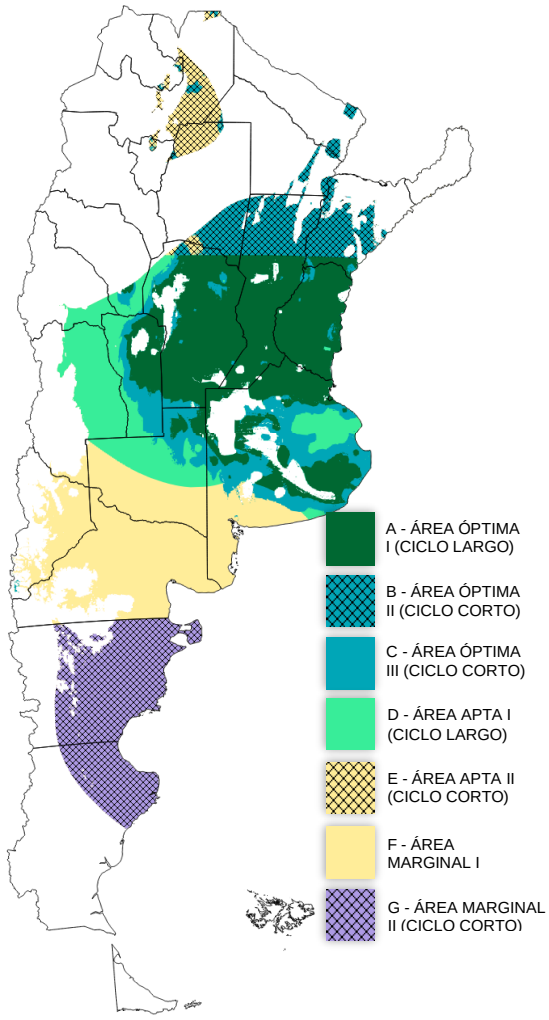


Figura 2. Tipos agroclimáticos para el cultivo de cáñamo.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de zonificación de la aptitud agroclimática para el cultivo de cannabis en el territorio argentino resulta un elemento útil para incrementar la probabilidad de éxito en cantidad y calidad de resina producida si se liberara su cultivo. Adicionalmente, resulta una herramienta útil para la aplicación de futuras leyes que regulen su producción con fines medicinales o industriales, y la propicien en zonas adecuadas para la optimización de la expresión genotipo-ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Al CERZOS por el apoyo económico para realizar esta presentación. El trabajo forma parte de la tesis de graduación de F. Mora.

REFERENCIAS

Carus, M.; Sarmento, L. 2016. The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers.

Lisson, S.N.; Mendham, N.J. 1998. Response of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) to varying irrigation regimes. Journal of the International Hemp Association 5(1):9-15.

Murphy, G.M.; Spescha L.; Fernandez Long M.E.; Carnelos, D.; Calabrese, L. 2020. Atlas agroclimático de la Argentina para el período 1981-2010. 2020. FAUBA. Editor Murphy, G. M. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina, 176 p. En prensa.

Soriano, F. 2017. Marihuana. Ed. Planeta Argentina.

INFLUENCIA DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS METEOROLÓGICOS EN EL RENDIMIENTO DE DOS CULTIVARES DE VID EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN

Ortiz, M.; Albors*, C.M.

Cátedra de Climatología Agrícola, Departamento de Agronomía FI. UNSJ. Av. Libertador Gral. San Martín 1109 (o). Capital San Juan Argentina

***Contacto:** marianoalbors@gmail.com

Palabras claves: viento; temperatura; Cereza; Syrah

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cultivo de la vid (*Vitis vinífera* L.) es uno de los que presenta mayor tradición e historia. Si bien cuenta con una gran rusticidad, por lo general este cultivo se encuentra entre los 50° latitud norte y 50°latitud sur. La provincia de San Juan tiene aproximadamente el 21,2% del total nacional de superficie cultivada con vid. Del total provincial, 71% de la superficie se destina a uvas para elaboración de vinos y/o mostos, el 22% para consumo en fresco y el 7% para pasas. Como en cualquier cultivo, el éxito comercial depende de diversos factores siendo el clima uno de los más importantes (Jones y Davis, 2000). Dependiendo del régimen climático se puede determinar la capacidad de producción del cultivo en una zona o región (Piña y Bautista, 2004). Las etapas del cultivo son afectadas ya sea por la temperatura y el viento, fundamentalmente, la precipitación o la humedad atmosférica, entre otros. La temperatura es un factor importantísimo para definir las etapas fenológicas de la vid y cada fase tiene sus propios valores térmicos óptimos (Valor y Sánchez, 2003). El viento puede afectar la polinización, producir daños mecánicos y afectar la temperatura y humedad atmosférica, (Stafne, 2019). Se considera importante, entonces, analizar la influencia de los elementos meteorológicos principales en los rendimientos de cultivares selectos de vid.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se realizó para el departamento 25 de Mayo con los cultivares Cereza y Syrah. Los datos, cedidos por el INV, fueron de producción total y superficie implantada. El período analizado es 2000-2018 para ambos cultivares. Los cultivares seleccionados cubren todos los destinos del producto como elaboración de mosto, vinificación o consumo en fresco, en el caso de Cereza, y Syrah, uva tinta fina para vinificar. Se trabajó con el rendimiento, cociente entre producción de vid y área implantada, por año. Los datos meteorológicos corresponden a la estación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) San Juan en la Escuela Agrotécnica de 25 de Mayo. Se utilizaron registros diarios de temperatura, humedad relativa y dirección y velocidad del viento. Los datos fueron procesados en planilla de cálculo Microsoft Excel 2016. Se calcularon los promedios de temperaturas máximas (Tmax.) y mínimas (Tmin), humedad relativa (HR) y velocidad del viento (Vv) a 2 m.

El análisis se concentró en los meses de primavera (septiembre, octubre, noviembre), cuando ocurren las fases de floración y cuaje de los cultivares seleccionados. Se realizó un análisis de correlación simple entre los promedios de las variables seleccionadas y el rendimiento, para cada cultivar. Por último, se calcularon los coeficientes de determinación R^2 para estimar la variación de rendimiento que podría atribuirse a las variables meteorológicos.

RESULTADOS

Los coeficientes de correlación se muestran en la Tabla1. Los valores más altos corresponden al viento en el mes de setiembre para ambos cultivares al igual que la Tmax, en este caso para octubre. También se destaca la humedad relativa, esta vez sólo para Syrah y prácticamente en los tres meses. También se observa que la mayoría de los coeficientes son negativos, es decir que una variación del elemento podría perjudicar los rendimientos de Syrah y Cereza de manera inversa. Los únicos coeficientes positivos corresponden a viento y humedad relativa, aunque su valor es prácticamente nulo.

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre rendimientos y elementos meteorológicos, para los cultivares Cereza y Syrah.

Cereza	Vel. (m/s	HR %	Tmax. °C	Tmin. °C	Syrah	Vel. m/s	HR %	Tmax. °C	Tmin. °C
Septiembre	-0,49	-0,05	-0,23	-0,12	Septiembre	-0,61	-0,56	-0,12	-0,03
Octubre	0,09	0,05	-0,41	-0,02	Octubre	0,11	-0,44	-0,56	-0,08
Noviembre	0,11	0,07	-0,21	-0,14	Noviembre	-0,49	-0,32	-0,02	-0,02

Con respecto a los coeficientes de determinación las Figuras 1 y 2, a, b y c, muestran los resultados para cada mes analizado**.** Se puede observar que durante setiembre el factor de mayor importancia es la velocidad del viento. En octubre, los rendimientos dependen en mayor medida de la temperatura máxima y de la humedad relativa. El último mes se caracteriza por presentar la menor influencia de las variables, siendo el máximo apenas de 4% para la Tmax.

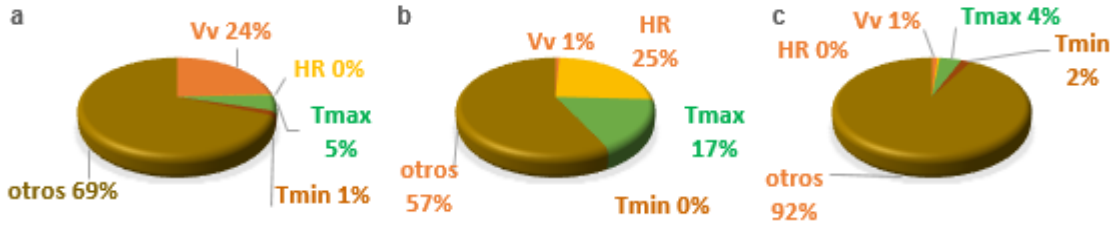


Figura 1. CoeficientesR^2 de determinación para el cultivar Cereza a. septiembre, b. octubre y c. noviembre.

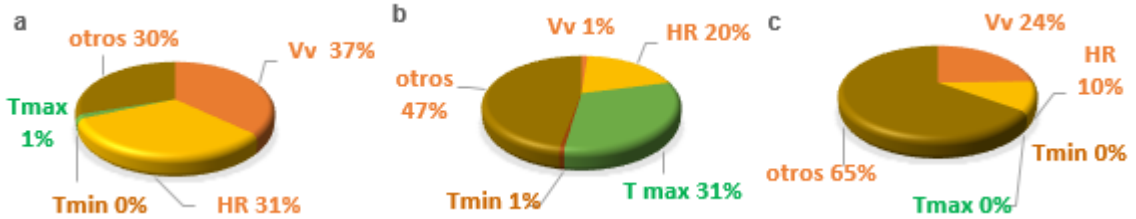


Figura 2. Coeficientes R^2 de determinación para el cultivar Syrah a. septiembre, b. octubre y c. noviembre.

CONCLUSIONES

La influencia observada de los elementos meteorológicos principales en los rendimientos depende del cultivar y de la fase fenológica (mes), pero se rescata para ambas la influencia adversa del viento en setiembre y de la temperatura máxima en octubre. Para todas las variables predomina una influencia negativa, es decir que el aumento de velocidad del viento, temperatura o humedad produce una disminución de rendimientos. Sin embargo, los valores positivos, aunque casi nulos, indican que las variables pueden tener un efecto distinto según cultivar y fase fenológica. El viento sería el elemento de mayor impacto adverso para ambos cultivares en setiembre, afectando la brotación, por daño producido en los brotes nuevos (Stafne, 2019).

La temperatura máxima es otro parámetro importante en octubre, afectando negativamente a la floración. Con respecto a humedad relativa, se destaca su influencia en Syrah durante todo el periodo, siendo despreciable en Cereza. En general, Syrah es más susceptible que Cereza a las variables meteorológicas consideradas.

REFERENCIAS

Jones, G.; Davis, R.E. 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. American Journal of Enology and Viticulture 51 (3):249-261.

Piña, S.; Bautista, D. 2004. Ciclo fenológico de cultivares de vid (*Vitis vinífera* L.) para mesa en condiciones tropicales. Bioagro 16 (1):9-15.

Stafne, E. 2019. "Wind Damage to Grapevines". Universidad Estatal de Mississippi.https://grapes.extension.org/dano-causados-por-el-viento-en-plantas-de-vid-wind-damage-to-grapevines/

Valor, O.; Sánchez, Y.J. 2003. Brotación, fertilidad de brotes laterales y ubicación del racimo en el cultivar de vid Tucupita en condiciones tropicales. Bioagro 15 (3):201-208.

SIMULACIÓN DE LA DURACIÓN DE MOJADO A PARTIR DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS SIMPLES

Pardi*, H.M.[1]; Moschini, R.C.[2]

[1] *Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP, 60 y 119, 1900, La Plata, Bs. As., Argentina*
[2] *Instituto de Clima y Agua CIRN INTA Castelar, Argentina*

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

Palabras clave: precipitación; rocío; amplitud térmica

INTRODUCCIÓN

Patógenos fúngicos, causantes de enfermedades en cultivos, necesitan para generar eventos de infección la ocurrencia de mojado en hojas y en órganos florales, junto a una temperatura favorable que module la velocidad del proceso de infección. La duración de mojado inducido por la precipitación y por rocío constituye un parámetro muy difícil de medir y predecir (Norman, 1982). Los patógenos biotróficos (como las royas en trigo) requieren para la infección cortos períodos de mojado, en general asociados a la ocurrencia de rocío. Mojados inducidos por rocío se pueden estimar combinando la ocurrencia de días secos (sin precipitación) con altos registros de humedad relativa (Moschini y Perez, 1999). Mojados de larga duración (24 a 72 h) son requeridos para la infección por patógenos fúngicos necrotróficos, causante de enfermedades como la septoriosis de la hoja (Pardi *et al*., 2018) y la fusariosis de la espiga (FET) en el cultivo de trigo. Para el trabajo de desarrollo de la primera ecuación predictiva de la incidencia de la FET en Argentina (Moschini y Fortugno, 1996) no se dispusieron de registros directos de la duración del mojado generado por precipitación, situación que forzó a su estimación de una manera indirecta. Para ello se combinó la ocurrencia diaria de precipitación con altos registros de humedad relativa del aire en períodos de dos días, observando un coeficiente de determinación de 0,81 contra solo 0,17 de la variable que contabiliza el número de días con precipitación.

Muchas valiosas largas series históricas de datos diarios de temperatura y precipitación no disponen de registros diarios de humedad relativa. Lo mismo sucede con las bases de datos sintéticos modelizadas para los distintos escenarios de cambio climático (BDC 3CN CIMA, 2015). En estos casos las variables que estiman la duración del mojado inducido por precipitación o por rocío se pueden combinar con la ocurrencia de bajos registros de amplitud térmica, como en los modelos ajustados para predecir la liberación de ascosporas de *Diaporthe helianthi* en girasol (Moschini *et al*, 2019).

El objetivo de este trabajo fue contrastar los días con mojado inducido por precipitación y por rocío (sin precipitación) combinados con la simultánea ocurrencia de altos registros de humedad relativa (HR) versus los que combinan con una amplia gama de registros de amplitud térmica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos diarios de temperatura máxima (Tx°) y mínima (Tn°C), precipitación (Prec, mm) y humedad relativa (HR%: media de la observaciones realizadas a las 9:00, 15:00 y 21:00 h) de la serie 1971-2015 se recolectaron de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) ubicadas en Balcarce (BAL), Barrow (BAR), Junín (JUN), Las Flores (LFL), La Plata (LPL), Pehuajó (PEH), Pergamino (PER), San Pedro (SPE) en la provincia de Buenos Aires, Marcos Juárez (MJ) en la provincia de Córdoba y Zavalla en la provincia de Santa Fe (Figura 1). La amplitud térmica (AT) se calculó diariamente haciendo la diferencia entre Tx y Tn.

Análisis de mojado inducido por precipitación: por estación meteorológica se calculó el número de días con simultánea ocurrencia de Prec y altos registros de HR (DPrecHR>70 y DPrecHR>80). Ambos DPrecHR>70 y DPrecHR>80 se contrastaron (% medio de aciertos, 10 estaciones) con los días con precipitación y simultánea ocurrencia de distintos valores de AT: DPrecAT<22, <16, <14, <12, <9, <8, <7, <6 y <5°C). Análisis de mojado inducido por rocío: por estación meteorológica se calculó el número de días sin ocurrencia de precipitación (DSecos) y altos registros de HR (DSecosHR>70 y DSecosHR>80). Ambos DSecosHR>70 y DSecosHR>80 se contrastaron (% medio de aciertos, 10 estaciones) con los DSecos y simultánea ocurrencia de distintos valores de AT: DSecosAT<22, <16, <14, <12, <9, <8, <7, <6 y <5°C).



Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas analizadas.

Ambos análisis se realizaron en el lapso que se inicia el día juliano 166 (14 de junio) y finaliza el día juliano 328 (23 de noviembre), ventana temporal en la cual se desarrollan enfermedades del cultivo de trigo y otros cultivos de invierno (Cordo *et al*, 2017, Prioletta *et al*, 2015). Se calculó el % medio de aciertos, considerando las 10 estaciones meteorológicas analizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Figura 2, se pueden observar los aciertos medios considerando las 10 estaciones en ambos tipos de análisis. Para ambos análisis de mojado inducido por la precipitación y por rocío, el % de aciertos va incrementándose a una tasa media de 1,8 %°C^{-1} y de 3,8 %.°C^{-1} respectivamente a medida que reducimos la AT.

En el análisis de mojado inducido por precipitación (Figura 2a) prima la idea de días en los que ocurren precipitaciones y altos registros de humedad del aire que reducen la evaporación del agua interceptada, prolongando en el tiempo la situación de mojado. Días con HR>80% la cantidad de aciertos alcanza un valor medio del 84% a AT< 8°C y de 93% reduciendo la AT a niveles menores de 6°C, mientras en los Días con HR>70% los valores medios alcanzados para las mismas AT son de 97% y 99% de aciertos.

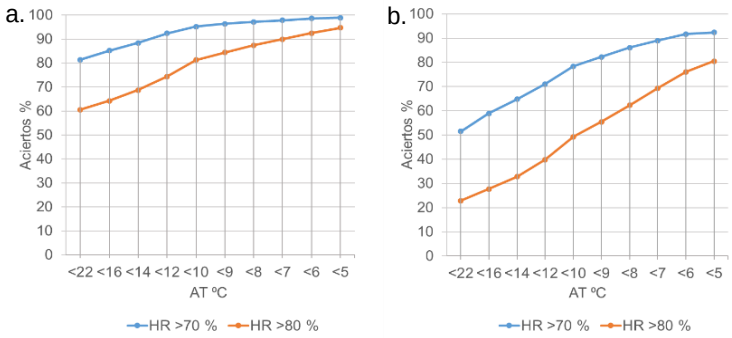


Figura 2. Porcentaje medio de aciertos (%): **a.** coincidencia en el número de días DPrecHR>70 y DPrecHR>80 vs DPrecAT (<22, <16, <14, <12,<10, <9, <8,<7, <6 o <5°C); **b.** Igual cálculo para DSecosHR>70 y DSecosHR>80 vs. DSecosAT (iguales valores)

Análisis de mojado inducido por rocío: el mojado por rocío ocurre en días secos con alta humedad del aire, cielo despejado y viento en calma durante la noche (enfriamiento del suelo por pérdida de radiación de onda larga). Los días con bajos registros de amplitud térmica se asocian a días con altos registros de nubosidad y humedad. Por ello al contrastar los días secos con alta humedad con los días secos y AT moderada a alta, el % de aciertos es menor al observado en días con precipitación (Figura 2 b). El incremento de aciertos en DSecos aumenta rápidamente alcanzando valores interesantes a partir de AT <10°C. En DSecosHR>80% se presenta un valor medio de aciertos de 49% al contrastarlo con DsecosAT<10°C, al reducir en 4°C la AT, los aciertos alcanzan un valor de 76%. En DSecosHR>70%, el % medio de aciertos pasa de 78% a 92%, al contrastarlo con valores de AT (<10° y <6°C).

CONCLUSIONES

La utilización de la AT en lugar de HR constituye un buen recurso para estimar la duración de mojado inducido por la precipitación o el rocío, resolviendo la falta de registros de HR en muchas series históricas de datos meteorológicos. En días con ocurrencia de precipitación o en días secos, con ocurrencia de HR>70% se logra una concordancia satisfactoria respecto a la alternativa de usar AT<10. Con valores de HR>80%, el mayor porcentaje de aciertos se da con AT<7°C.

REFERENCIAS

BDC 3CN CIMA. 2015. Base de datos climática de la 3ra Comunicación Nacional sobre el cambio climático, CIMA (CONICET) y la Universidad de Buenos Aires (UBA). http://3cn.cima.fcen.uba.ar/index1.php.

Cordo, C.A.; Mónaco, C.I.; Altamirano, R.; *et al.* 2017. Weather Conditions Associated with the Release and Dispersal of *Zymoseptoria tritici* Spores in the Argentine Pampas Region. International Journal of Agronomy vol. 2017, Article ID 1468580, 13 pages. doi:10.1155/2017/1468580.

Moschini, R.C.; Fortugno, C. 1996. Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina. European Journal of Plant Pathology 102:211-218.

Moschini, R.C.; Perez B.A. 1999. Predicting wheat leaf rust severity using planting date, genetic resistance, and weather variables. Plant Disease 83:381-384.

Moschini, R.C., Rodríguez, M.J.; Martínez, M.I.; Stewart, S. 2019. Weather-based predictive models for *Diaporthe helianthi* ascospore release in Uruguay. Australasian Plant Pathology 48:519-527

Norman, J.M. 1982. Simulation of microclimates. p. 65-99. In J.L. Hatfield and I.J. Thomason (ed.) Biometeorology in integrated pest management. Academic Press, New York

Pardi, H.M.; Moschini, R.C.; Simón M.R. 2018. Cuantificación del efecto de las condiciones meteorológicas sobre el índice de infección de mancha foliar en trigo. Actas digitales XVII Reunión Argentina de Agrometeorología, Villa de Merlo, San Luis, Argentina, 19, 20 y 21 de septiembre de 2018. p12-13. ISBN 978-987-42-9620-7.

Prioletta, S.M.; Migues, J. C.; Di Pane, F. 2015. Enfermedades prevalentes en trigos panaderos: caso de la Chacra Experimental Barrow, ciclo 2014-2015. Revista SNS Nº8 junio de 2015. ISSN 2314-2901 / revistasns@senasa.gov.ar pág. 43-51.

MODIFICACIÓN DEL AMBIENTE EN CULTIVO DE ARÁNDANO (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) EN LA PLATA

Pinciroli, M.; Martínez*, S.; Morelli, G.; Puig M. L.; Garbi, M.

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, y Fruticultura Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, CP. 1900, Argentina

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

Palabras clave: peso fruto; radiación; temperatura

INTRODUCCIÓN

La producción argentina de arándanos es relativamente nueva, en la actualidad, la mayor parte se exporta en fresco hacia el hemisferio norte en contraestación. La producción de arándanos es una inversión de alto riesgo, con la particularidad de tener un tiempo de cosecha y empaque concentrado en 40-50 días. El momento de cosecha tiene una gran influencia en el valor de mercado. Una práctica tecnológica que permite modificar el periodo de cosecha y así obtener mejor precio es la cubierta plástica. Mediante esta modificación del microclima y una cuidadosa selección de cultivares, el período de cosecha en los Países Bajos se pudo extender de 8 semanas a 5 meses (Andrew *et al*., 2009). Paralelamente, la cubierta plástica puede provocar disminución en la irradiación con un impacto negativo en muchos procesos fisiológicos como el cuajado, la maduración, el rendimiento, la calidad, la conservación de la fruta poscosecha; incluso puede provocar una disminución en la población de insectos polinizadores (Godoy, 2018). El objetivo fue evaluar la modificación del ambiente provocada por la instalación de una cubierta plástica desde floración a cosecha y su influencia sobre el peso del fruto en dos variedades de arándano en la localidad de La Plata.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre una plantación de arándanos de 10 años, ubicada en la E. E. `Julio Hirschhorn` de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de la Plata (34,982º de latitud sSur, a los 57,997º de longitud Oeste y a 45 m.s.n.m.). El monte posee un marco de plantación de 3,0 x 1,0 m; posee sistema de riego por goteo y cortinas de casuarinas. Se utilizaron las variedades O´Neal y Misty. Desde floración hasta final de cosecha, las plantas se cubrieron con polietileno de 150 micrones de espesor. Se realizaron 6 cosechas, con frecuencia semanal, a partir del 7/11/2018, recolectando la totalidad de los frutos maduros de las plantas seleccionadas en dos ambientes: bajo cubierta plástica y a campo. Se contaron y pesaron aproximadamente 100 bayas por submuestra. Se registraron los datos de temperatura del aire, con una estación automática marca Davis Instruments modelo Avantage Pro2 a campo y un datalogger Elitech bajo la cubierta, desde el 9/12/2018 al 20/12/2018. El 17/10/2018 se midió la radiación fotosintéticamente activa (PAR) al mediodía, a nivel del suelo (h=0m) y sobre el canopeo (h=1,5 m) utilizando una barra BAR-RAD 100 (Cavadevices®) de 1 m de longitud, promediando 10 datos por tratamiento y repetición, y al mediodía del 20/12/2018 se midió la temperatura en hoja a dos alturas: hojas basales (h=0,3 m) y apicales (h=1,0 m) con Pistola Infrarroja medidor Temperatura Laser Sica. Con los datos de temperatura de hoja, radiación PAR se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA) multifactorial, mediante el programa Infostat Estudiantil® 2018. Se utilizaron como fuentes de variación los 2 ambientes y las 2 alturas. Con los datos de peso de fruto se realizó un ANOVA una vía para cada una de las cosechas. En todos los casos, las medias se compararon por el test de Tukey ($p< 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas y el riego por goteo durante el ciclo permitieron el normal desarrollo del cultivo tanto a campo abierto como bajo cubierta. Durante el año 2018 se registraron 602 horas de frio. Las variedades utilizadas tienen similares requerimientos climáticos, es así que tanto O´Neal como Misty presentaron fecha promedio de inicio de floración el día 19/9/2018. El promedio de las temperaturas del aire registradas fueron 20,6 y 23,3 ºC a campo y bajo cubierta plástica respectivamente. En esta oportunidad, el promedio de las temperaturas del aire medidas bajo túnel resultaron 2,7ºC mayor que las registradas a campo. Andrew *et a*l (2009) registraron temperaturas diarias del aire 3 a 15 ºC mayores bajo túnel que en el exterior, en Georgia EEUU (45º lat N). Al analizar las temperaturas medidas con infrarrojo, tanto en hojas basales como apicales, fuera y dentro del túnel se pudo constatar que no hay diferencias significativas (Tabla 1). Si consideramos que la temperatura en hoja se midió un día en que la temperatura media fue de 25,1 y 21,6 ºC adentro y afuera del túnel con un máximo de 39,1 ºC en el interior del túnel, se puede apreciar la alta tasa de regulación térmica que provocan los procesos metabólicos como la transpiración. En cuanto a los valores de radiación solar, si consideramos el valor de 1207 $\mu mol.s^{-1}.m^{-2}$ como 100% de radiación PAR se pudo observar que bajo túnel, la radiación fue menor en un 20% (Tabla 2). Por otro lado, y comparando los valores a nivel de suelo, el follaje de las plantas produjo una intercepción de la radiación fotosintéticamente activa de un 50 y 62% a campo y bajo cubierta con respecto al valor máximo (Tabla

2). Los investigadores Hicklenton *et al.* (2008) en Georgia (45° N) observaron que la cubierta plástica redujo la luz disponible en aproximadamente un 33%. Con el fin de analizar si la cubierta pudiese influir sobre el peso del fruto se comparó este parámetro en las 6 cosechas a campo y bajo túnel. Puede observarse que la cubierta plástica no produjo una modificación sustancial (Figura 1A).

Tabla 1. Valores de temperatura media en hoja a dos alturas, a campo y bajo cubierta, promedio de las dos variedades en la localidad de la Plata.

Temperatura (°C)	campo	plástico
hojas basales (h= 0,3 m)	21,9 a	20,9 a
hojas apicales (h= 1,0 m)	23,7 a	21,6 a

Ref. h: altura sobre el suelo

Tabla 2. Valores de radiación fotosintéticamente activa a nivel del suelo y por encima del canopeo (derecha) a campo y bajo cubierta, promedio de las dos variedades en la localidad de la Plata.

PAR ($\mu mol.s^{-1}.m^{-2}$)	campo	plástico
suelo (h= 0,0 m)	609 c	454 d
canopeo (h= 1,5 m)	1207 a	960 b

Ref. PAR: radiación fotosintéticamente activa, h: altura

Este resultado se diferencia del encontrado por Hicklenton *et al.* (2008) quienes registraron que los frutos de las plantas cubiertas fueron más pequeños que los controles en 2 estaciones de crecimiento, quizás apuntando a una menor polinización. Si bien la partenocarpia es común en el arándano y puede producir frutos de tamaño comercial, el tamaño del fruto y el rendimiento cosechado se reducen cuando las flores no son efectivamente polinizadas. Cubrir las plantas durante el período de floración puede reducir las visitas de los polinizadores. Los valores de peso de fruto promedio resultaron 1,3 y 2,0 g por fruto para las variedades Misty y O´Neal respectivamente (Figura 1, B), ambas superan el tamaño de fruta premium del mercado (> 0,75 g). Según Morales (2017) la variedad O´Neal es una variedad de fruta grande, de excelente calidad y además si bien es una variedad autofértil, produce bayas de mayor tamaño cuando se planta junto a otra variedad. El peso de fruto promedio de los dos ambientes y las dos variedades no se mantuvo constante durante las 6 cosechas presentando valores entre un máximo de 1,89 y un mínimo de 1,16 g en la última cosecha. Se pudo observar una disminución de un 29,6% del peso del fruto desde la primera cosecha hasta la última esto coincide con diferentes autores que han observado reducciones de 33,6 % y 19,8% según años productivos (Milivojevic *et al*., 2016).

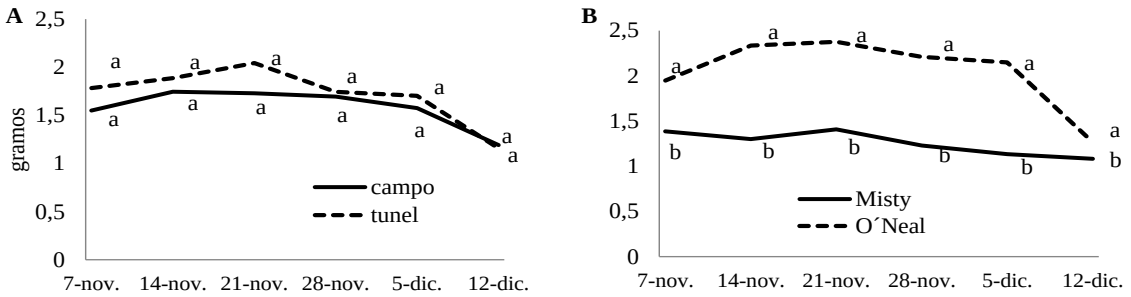


Figura 1. Valores medios de peso de fruto, expresados en gramos, para los dos ambientes túnel y campo (A) y las dos variedades Misty y O´Neal (B) en las 6 cosechas en la localidad de La Plata.

CONCLUSIONES

Dado que no se observaron variaciones en el peso de fruto, la utilización de túnel de plástico durante el período de cosecha no sería recomendable como práctica tecnológica en la región. Resultaría de interés, evaluar su aplicación en periodos más prolongados, con el fin de modificar la fecha de producción y sus efectos sobre la duración del ciclo, y paralelamente, considerar la disminución de la radiación fotosintéticamente activa y su impacto negativo en muchos procesos fisiológicos, que repercuten sobre la producción y la calidad del fruto.

REFERENCIAS

Andrew, B.; Ogden; van Iersel, M.W. 2009. Southern highbush blueberry production in high tunnels: Temperatures, development, yield, and fruit quality during the establishment years. Hortscience 44 (7):1850–1856.

Godoy, C.A.; Monterubbianesi, G.; Sanchez, E.; Tognetti, J.A. 2018. Cluster illumination differentially affects growth of fruits along their ontogeny in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Scientia Horticulturae 230:1–10.

Hicklenton P, Forney C., Domytrak C.2008. Row covers to delay or advance maturity in highbush blueberry.Small Fruits Review, 3:1-2, 169-181, DOI: 10.1300/J301v03n01_17 https://doi.org/10.1300/J301v03n01_17 .

Milivojević, J.; Radivojević, D.; Nikolić, M.; Dragišić, M.J. 2016. Changes in fruit quality of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) during the ripening season Acta Hortic. 1139:654-664.

Morales, C.G. 2017. Variedades de arándanos. Capítulo 1. En: Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA – INDAP 98 pp.

ARUNDO DONAX L. COMO FUENTE DE BIOENERGÍA EN EL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Rodríguez*, D.[1]; Laddaga, J.[1]; Ressia, J.[2]; Lázaro, L.[2]; Grosso, J.[2].; Bongiorno, C.[2].; Confalone, A.[1]

[1] *NAACCE: Núcleo de Estudios en Actividades Agropecuarias y Cambio Climático. Facultad de Agronomía-UNCPBA, Azul, Argentina*

[2] *CIISSAS*: *Centro de Investigaciones integradas sobre Sistemas Agronómicos Sustentables, Facultad de Agronomía UNCPBA, Azul (7300) BA, Argentina*

***Contacto**: lrodriguez@faa.unicen.edu.ar

Palabras clave: caña de Castilla; biomasa; cambio climático

INTRODUCCIÓN

El impacto de los combustibles fósiles sobre la generación de gases de efecto invernadero (GEIs) ha intensificado el estudio de nuevas fuentes de energía renovables, entre ellas los cultivos energéticos, ya que desacelerar el calentamiento global es el principal desafío ambiental para la humanidad (IPCC, 2014).

Arundo donax L. (caña de Castilla) es una especie C_3 pero de alta eficiencia fotosintética que se reproduce por rizomas. Una vez implantado, el cultivo puede dar producciones durante 15 a 20 años con una elevada capacidad de reproducción vegetativa. Si bien en otros países la rápida velocidad de producción de biomasa la ubican como candidata para el desarrollo de biocombustibles (Barney y Di Tomaso, 2008), en Argentina hasta la actualidad es considerada una maleza. Aun así, Falasca *et al*. (2011) analizaron el potencial de la caña de Castilla en nuestro país y determinaron la factibilidad de cultivo para una amplia zona. En un ensayo preliminar en Azul (Facultad de Agronomía-UNCPBA), la producción de biomasa en el primer año de cultivo fue entre 5196 y 11317 kg/ha para densidades de 1 y 2 plantas/m^2, respectivamente (Barrado *et al*., 2019), lo que demuestra la posibilidad de convertirse en un cultivo energético en nuestra región. El objetivo de este trabajo fue ampliar la información existente y evaluar cómo el manejo del cultivo: condiciones potenciales (con riego y fertilización) y reales (sin riego, ni fertilización) en Azul, centro geográfico de la provincia de Buenos Aires, afectan la determinación del crecimiento y la producción de biomasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron rizomas de la especie *Arundo donax* L. de cañaverales naturalizados, los que fueron posteriormente divididos en trozos de 8-10 cm, y plantados el 27/09/2019 en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía UNCPBA, Azul (lat.: 36°45'S; long.: 59°50'W), en un suelo Argiudol típico, siguiendo un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres repeticiones en unidades experimentales de 36 m^2. Los tratamientos fueron diferentes condiciones de crecimiento i) potenciales (suelo regado por goteo, manteniéndose próximo a capacidad de campo y fertilizado con 110 kg N y 20 kg P por ha) y ii) reales, en secano y sin fertilización, ambos en dos densidades: 1 y 2 plantas m^{-2}, en hileras separadas a un metro. La información meteorológica se obtuvo del observatorio meteorológico situado en la chacra.

Periódicamente se realizaron mediciones de altura de plantas, número de tallos, índice de área foliar (IAF) y de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR). La PAR diaria se estimó como el 50% de la medición diaria radiación global. Se realizaron ajustes temporales para cada tratamiento del IAF a la ecuación gaussiana ($r^2 \geq 0{,}812$) y de la eficiencia de intercepción de PAR acumulada por el cultivo a la ecuación de Richards ($r^2=0{,}99$).

Luego de las primeras heladas, cuando el cultivo pasó a la etapa de latencia por bajas temperaturas, se realizó la cosecha de la parte aérea del cultivo con el fin de determinar la biomasa aérea producida y componentes del rendimiento. También se calculó la eficiencia en la utilización de la radiación (EUR), obtenida como el cociente entre la materia seca aérea total producida y la PAR acumulada por el cultivo y se realizó un ANOVA con nivel de significancia de 0,05, las medias se separaron mediante test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cultivo, la radiación global promedio fue de 18,4 MJ $m^{-2}d^{-1}$, mientras que los promedios de temperatura máxima, mínima y media fueron de 25,1, 9,6 y 17,3 °C, respectivamente. La precipitación acumulada en el ciclo del cultivo fue de 610,4 mm. En el mes de abril a los 170 y 171 días después de la emergencia (DDE), se verificó la ocurrencia de las primeras heladas de 2020, las que a pesar de ser heladas leves (-0,3 °C) habrían comenzado a limitar el crecimiento, aunque la senescencia total se produjo el 20/06/2020. La captura de radiación se vio fuertemente condicionada por los tratamientos. El IAF máximo (Tabla 1) en la condición potencial fue 4,31 en la mayor densidad y disminuyó 24 % en la menor densidad de plantación; mientras que en la condición real el IAF máximo fue 1,59, promedio de ambas densidades. Únicamente el

tratamiento potencial en la densidad de 2 plantas m^{-2} logró alcanzar, con un valor de 4,31, el IAF crítico (aquel que intercepta el 95 % de la radiación incidente) (Tabla 1), acumulando en el ciclo completo 1496 MJ PAR m^{-2}. En la densidad menor la eficiencia de intercepción se redujo un 43% respecto a la mayor densidad.

Tabla 1. Altura máxima de plantas (m), IAF máximo, relación tallos/planta, biomasa aérea total, IPAR acumulado total y EUR, para cada tratamiento Pot (regado y fertilizado) y Real (secano y sin fertilización) y densidad de plantación (Dens. plantas m^{-2}) de cultivos de caña de Castilla creciendo en Azul, prov. Bs. As.

Trat.	Dens. ($pl./m^2$)	Alt. Máx. (m)	IAF Máximo	Tallos/pl.	Biomasa ($kg\ ha^{-1}$)	IPAR ($MJ.m^2$)	EUR (g/MJ)
Pot.	2	3,37 a	4,31 a	7,58 a	18116,25 a	1496,8 a	1,19 a
	1	3,22 a	3,28 a	5,32 b	14898,75 a	871,53 b	1,72 a
Real	2	1,59 b	1,73 b	4,09 c	5122,5 b	282,92 c	0,72 b
	1	1,42 b	1,45 b	4,21 c	2712,5 b	383,27 c	0,99 b

*valores en las columnas seguidos de la misma letra, no difieren entre sí por el test de Tukey (P< 0,05)

El riego y la fertilización produjeron un incremento significativo en todos los parámetros evaluados (Tabla 1). La densidad sólo afectó el número de tallos/planta en el tratamiento potencial, pero esto no se tradujo en un aumento significativo de la materia seca. En un ensayo realizado en Azul, en un suelo no apto para agricultura y sin fertilización, pero con riego, en el primer año de cultivo, Barrado *et al.* (2019) obtuvieron algo más de 11000 kg/ha al incrementar la densidad de plantación un 100%, al pasar de 1 a 2 plantas m^{-2}. La EUR fue mayor en el tratamiento Potencial, sin diferencias significativas entre densidades. Cosentino *et al*. (2016) encontraron valores de EUR en experimentos realizados en el Hemisferio norte que van desde 1,4 g/MJ, cuando creció sin riego ni fertilización, llegando a 1,8-1,9 g/MJ en cultivos regado y fertilizados. Es importante destacar que los primeros años del cultivo pueden considerarse como de implantación o establecimiento, y se estima que la producción de biomasa se incrementará anualmente hasta el tercer año, a partir del cual se estabilizaría el rendimiento (Volta *et al*., 2016).

CONCLUSIONES

Se evidenció una mayor producción de biomasa en el tratamiento potencial respecto del real. Estas diferencias están fundamentadas en una mayor intercepción de radiación solar producida por mayor superficie foliar fotosintetizante y una mayor EUR. Si bien solo se alcanzó el IAF crítico en el tratamiento potencial, plantado a mayor densidad, es probable que en el transcurso de los años, la densidad menor y el tratamiento real alcancen el mismo.

AGRADECIMIENTOS

Parte de este trabajo es financiado por el Proyecto Estratégico de Investigación, Desarrollo y Transferencia (03-PEIDyT-02E) "*Arundo donax* L. como fuente de bioenergía para la sustitución de combustibles fósiles"

REFERENCIAS

Barney, J. N.; Di Tomaso, M. 2008. Nonnative Species and Bioenergy: Are We Cultivating the Next Invader? BioScience 58(1):64-70, https://doi.org/10.1641/B580111.

Barrado, N.; Elizalde, F.; Rodríguez, D.; Laddaga, J.; Hernández, G.; Bongiorno, C.; Vilatte, C.; D'Alfonso, C.; Aguas, L.; Confalone, A. 2019. *Arundo donax* L., una alternativa para producir energía en el centro de la provincia de Buenos Aires. IV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental. Florencio Varela, Buenos Aires. 2019. 6p.

Cosentino, S.; Ptané, C.; Snzone, E.; Tsta, G.; Sordia, D. 2016. Leaf gas exchange, water status and radiation use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) in a changing soil nitrogen fertilization and soil water availability in a semi-arid Mediterranean area. European Journal of Agronomy 72:56-69.

Falasca, S.; Flores, N.; Galvani, G. 2011. ¿Puede usarse una especie invasora como *Arundo donax* L. (caña común) con fines energéticos en Argentina? INTA N° Doc BC-INF-07-11.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Report: Climate Change 2014.

Volta, A.; Villani, G.; Marletto, V.; Ceotto, E. 2016. Growth of the perennial energy crop giant reed (*Arundo donax* L.) simulated with ARMIDA, a modified version of the LINTUL model. Rivista Italiana di Agrometerologia 34:5-12.

CAPTURA DE RADIACIÓN SOLAR Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE *ARUNDO DONAX* L. EN EL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Rodríguez *, D.[1]; Lázaro, L.[2]; Laddaga, J.[1]; Ressia, J.[2]; Grosso, J.[2]; Bongiorno, C.[2]; Confalone, A.[1]

[1] *NAACCE: Núcleo de Estudios en Actividades Agropecuarias y Cambio Climático. Facultad de Agronomía, UNCPBA Azul (7300) BA, Argentina*

[2] *CIISSAS: Centro de Investigaciones integradas sobre Sistemas Agronómicos Sustentables, Facultad de Agronomía UNCPBA. Azul (7300) BA, Argentina*

***Contacto**: lrodriguez@faa.unicen.edu.ar

Palabras clave: biomasa; cultivo de tejidos; coeficiente de extinción; índice de área foliar

INTRODUCCIÓN

La distribución de la radiación solar es considerada como el elemento microclimático más importante en una comunidad vegetal. El coeficiente de extinción de luz del dosel (k) es un factor importante al aplicar la ley de Lambert-Beer en cultivos, ya que su valor está determinado por la estructura del dosel, la especie y el patrón de plantación (Zarea *et al*., 2005).

Arundo donax L. es una especie C_3, que se propaga vegetativamente a partir de fragmentos de tallos y rizomas. Esto puede limitar el cultivo a gran escala, ya que lleva mucho tiempo e implica costos y esfuerzos considerables. El cultivo de tejidos permite obtener plantas libres de enfermedades, a la vez facilita propagar masivamente material vegetal en cualquier época del año, conservando su potencial genético y calidad sanitaria, cualidades apreciadas para realizar un cultivo (Cavallaro *et al*., 2011). (Falasca, *et al*., 2011) delimitaron las áreas aptas para el cultivo en Argentina y concluyeron que la región Centro-Sur de la Provincia de Buenos Aires es apta, ya que presenta adecuada disponibilidad de energía radiante.

En condiciones óptimas de crecimiento, la productividad de la biomasa puede describirse por la cantidad de radiación solar interceptada por las hojas principalmente y la eficiencia con la que dicha radiación interceptada se convierte en materia seca vegetal. (Cosentino *et al*., 2016) encontraron valores de eficiencia en el uso de la radiación (EUR), en experimentos realizados en Italia, que van desde 1,26 g/MJ cuando crece sin riego ni fertilización, llegando a 1,94 g/MJ en condiciones potenciales. En Italia, en condiciones ambientales favorables, se ha informado de un notable rendimiento durante el primer año de cultivo, superior a 20 t/ha (Cosentino *et al*., 2016). Sin embargo, no está claro que puedan obtenerse esos resultados en condiciones de cultivo en nuestra región pampeana.

El objetivo del trabajo fue determinar la producción de biomasa en función de la intercepción y eficiencia de utilización de la radiación, de un cultivo de *Arundo donax* L., en condiciones potenciales (con riego y fertilización) y reales (sin riego, ni fertilización), en Azul, centro geográfico de la provincia de Buenos Aires, partiendo de plantines obtenidos por técnicas de micropropagación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La implantación del cultivo *Arundo donax* L. se realizó en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de Azul, en un suelo Argiudol típico. Previamente, los plantines (obtenidos por micropropagación) permanecieron 3 meses en invernadero.

A fin de octubre se realizó el trasplante, siguiendo un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones, en unidades experimentales de 36 m^2, la densidad de plantación fue de 1 planta*m^{-2}, con hileras separadas un metro. Los tratamientos fueron diferentes condiciones de crecimiento: i) potenciales (suelo regado por goteo, manteniéndose próximo a capacidad de campo y fertilizado con 110 kg de N y 20 kg de P) y ii) reales en secano y sin fertilización.

Periódicamente se realizaron mediciones de altura de plantas, número de tallos, índice de área foliar (IAF) y de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR). La PAR diaria se estimó como el 50% de la medición diaria radiación global. Además, se determinó el PAR interceptado (IPAR), acumulado por el cultivo, en ambos tratamientos, y el coeficiente de extinción de la luz (k) en el tratamiento potencial, a partir de la relación entre el IAF y la radiación interceptada. En el invierno siguiente (9/07/2020), se realizó la cosecha del cultivo con el fin de determinar el rendimiento en biomasa. Por último, se calculó la eficiencia en la utilización de la radiación (EUR), obtenida como el cociente entre la materia seca aérea total producida y la IPAR acumulada por el cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cultivo, la radiación global media fue de 18,4 MJ/m^{2}d^{-1}, mientras que las medias de temperatura máxima, mínima y media fueron de 25,1 °C, 9,6 °C y 17,3 °C, respectivamente. La precipitación acumulada en el ciclo del cultivo fue de 610 mm. A partir de abril se verificó la ocurrencia de las primeras heladas de 2020 (-0,3 °C), que, a pesar de ser leves, habrían limitado el crecimiento de la especie. En la Figura 1 se presenta la relación entre el IAF y la fracción de PAR interceptada (FPARi) en condiciones potenciales de crecimiento, cuya relación media determinó un coeficiente de extinción de la luz de 0,56. Este valor es superior al estimado por Cosentino *et al.* (2016) que hallaron valores de k que oscilaron entre 0,38 y 0,44, para diferentes condiciones de riego y fertilización, pero con densidades de plantación superiores a la de nuestros experimentos.

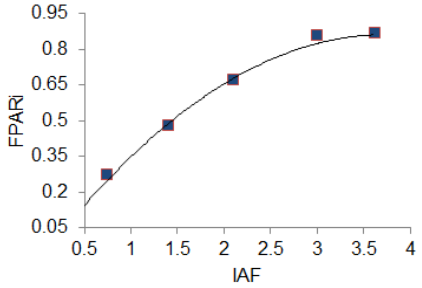


Figura 1. Fracción de PAR interceptada (FPARi) en función del índice de área foliar (IAF) para *Arundo donax* L. creciendo en condiciones potenciales (riego y fertilización con N y P) en Azul, Provincia de Bs. As. La curva (FPARi = 1-e $^{(-k*IAF)}$; r^2=0,99) indica un valor estimado del coeficiente de extinción del dosel (k) de 0,56. Los símbolos representan el valor promedio de las observaciones, de la relación entre FPARi y el IAF**.**

Tabla 1. Altura de plantas (m), IAF máximo, IPAR y EUR, alcanzado antes de la senescencia y algunos componentes del rendimiento obtenidos en la cosecha de *Arundo donax* L. creciendo en dos condiciones: Potencial (cultivo regado y fertilizado) y Real (en secano y sin fertilización) en Azul, Provincia de Bs. As.

Tratamiento	Altura Máx. (m)	IAF Máx.	Tallos.p^{-1}	Peso tallo (g)	Biomasa (kg.ha^{-1})	IPAR (MJ.m^2)	EUR (g/MJ)
Potencial	3,03 a	2,68 a	11,92 a	84,03 a	10007,08 a	636,27 a	1,57 a
Real	2,00 b	1,23 b	8,52 b	45,63 a	3701,25 b	362,91 b	0,99 a

*valores en las columnas seguidos de la misma letra, no difieren entre sí según test de Tukey (α=0,05)

La altura, IAF máximo, tallos por planta, biomasa, e IPAR fueron superiores en el tratamiento potencial, difiriendo significativamente del tratamiento real (Tabla 1). El Tratamiento potencial produce 1,57 g de biomasa por cada MJ de PAR interceptado, sin diferencias significativas ente tratamientos. En Italia, en ausencia de restricciones hídricas y nutricionales el valor de EUR fue de 1,94 g/MJ (Cosentino *et al*., 2016).

CONCLUSIONES

En el primer año, la mayor producción de materia seca lograda por el cultivo creciendo en condiciones potenciales, está fundamentada en la mayor cantidad de PAR interceptado. El valor del coeficiente de extinción del dosel hallado es mayor que el encontrado en la bibliografía.

AGRADECIMIENTOS

Parte de este trabajo fue financiado por el Proyecto Estratégico de Investigación, Desarrollo y Transferencia (03-PEIDyT-02E) de la UNCPBA "*Arundo donax* L. como fuente de bioenergía para la sustitución de combustibles fósiles". Agradecemos al Sr. Tomás Corti (empresa VERTTECH S.A.S.) por proveer los plantines para este trabajo.

REFERENCIAS

Cavallaro, V.; Tringali, S.; Patané, C. 2011 Large-scale in vitro propagation of giant reed (*Arundo donax* L.), a promising biomass species, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 86(5): 452-456.

Cosentino, S.; Ptané, C; Snzone, E; Testa, G; Scordia, D. 2016. Leaf gas exchange, water status and radiation use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) in a changing soil nitrogen fertilization and soil water availability in a semi-arid Mediterranean area. European Journal of Agronomy 72:56-69.

Falasca, S.; Flores, N.; Galvani, G. 2011. ¿Puede usarse una especie invasora como *Arundo donax* L. (caña común) con fines energéticos en Argentina? INTA N° Doc BC-INF-07-11.

Zarea, M. J.; Ghalavand, A.; Daneshian, J. 2005. Effect of planting patterns of sunflower on yield and extinction coefficient. Agron. Sustain. Dev. 25:513-518.

RAINFALL TREND CHANGES IN CENTRAL-NORTH OF ENTRE RIOS

Sabattini*, J.A.; Sabattini, R.A.

Professor of Ecology of Agricultural Systems, College of Agricultural Sciences, National University of Entre Ríos. Route No. 11, km 10. CP 3100, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina

***Contacto:** julian.sabattini@fca.uner.edu.ar

Keywords: climate change; breakpoints; nonparametric trend tests

INTRODUCTION

In central Argentina, the annual rainfall regime shows increasing rates from approximately the 1940s until the end of the century (Barros *et al.*, 2015; Perez *et al.*, 2015; de la Casa *et al*., 2018). Recently results in annual rainfall changes in five sub-regions of the Argentine Pampa Region indicate that the Western Pampas are more vulnerable to abrupt changes than the Eastern Pampas (Perez *et al.*, 2015). However, so far there are no reports that confirm what the change in rainfall regime was in the central region of Entre Ríos. Time series assessing and change point detection have become an active area of research because of the fast changing scenarios. Various non-parametric tests, including Mann-Kendall test and Pettit's test, are widely used to detect trend and change point in historical series of climatic and hydrological variables (Jaiswal *et al.*, 2015). The aim of this work was to evaluate the long-term changes of rainfall in the central-north region of Entre Ríos between 1945 and 2019, based on monthly, yearly and seasonal precipitation.

MATERIAL AND METHODS

Monthly rainfall data for the period 1945-2019 from 6 localities in the southern of department La Paz (Province of Entre Rios): Hasenkamp (HAS), Las Garzas (LGA), Alcaraz Norte (ALN), Bovril (BOV), Hernandarias (HER), El Solar (ELS), was used. This data was collected with conventional rain gauges, from the official records of the Department of Hydrology (Dirección de Hidráulica de Entre Rios, in spanish) and Grain Exchange of Entre Rios Province. Data from the 6 locations was subjected to a quality control check in order to examine for possible errors and outlier values. After this step, the monthly values of all rainfall stations were grouped into meteorological seasons.

Homogeneity testing is very crucial in climatological studies to represent the real variations in weather and climate. Four widely used statistical tests mentioned below were applied to the data to test for homogeneity, where the null hypothesis of all four tests is data being homogeneous. The change point detection is an important aspect to assess the period from where significant change has occurred in a time series. Pettitt's test, von Neumann ratio test, Buishand range test and Standard Normal Homogeneity tests have been applied for change point detection in climatic series (Vezzoli *et al.*, 2012). For selecting the change point, we used the Winingarad *et al.* (2003) method: No change point or homogeneous (HG) if no or one test out rejects the null hypothesis at 5% significance level, Doubtful series (DF) if two out of tests reject the null hypothesis and change point or inhomogeneous (CP) if more than two tests reject the null hypothesis. Trends tests are applied to time series data to identify significant positive or negative trends. When the time series are serially independent, the Mann–Kendall test and Spearman's Rho test were applied to test for trends (Jaiswal *et al.*, 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

The results depicting the homogeneity state of different series have been presented in Table 1. The change point analysis on long-term series in all localities indicated a significant change point in annual rainfall. The breaking point occurred in 1977 for the LGA, ALC and HER locations; year 1997 for BOV and HAS; and 1982 for the ELS locality. These results are consistent with those obtained in the north of the country where the rainfall change was concentrated in a step change during the 1970s (Barros *et al.*, 2015). The behavior of historical series of monthly rainfall confirmed that November, December, and the summer season, have significant change points (increase in rainfall) for all localities. Until the 1960s, precipitation trends were small, but became considerable annual precipitation trends since 1960, and from 2005, trends were positive for all subtropical Argentina (Barros *et al.*, 2015). In the last decade, a substantial change in the average climate conditions was observed in many regions of Argentina, particularly in the southern region of Mesopotamian Pampa (Perez *et al.*, 2015). Like the regional results, this study observed a sustained increase in monthly rainfall until the changing point in the 1970s, and after that the annual rate of increase was even higher. Qualitatively there was a change that indicated a significant increase in summer precipitation Undergoing studies (not shown) are showing indications of time series changes in the productivity of natural grasslands in native forests of Entre Ríos. Recently reports showed that the growth cycle has changed in this ecosystem (Sabattini *et al.*, 2018; Sabattini *et al.*, 2019), which could be attributed to changes in precipitation regimes. These observations are similar to yield changes of the main crops, where the frequency of extreme weather events constitutes a growing risk (Barros *et al.*, 2015).

Table 1. Results of change point detection analysis and trends of rainfall for all localities. Reference: homogeneous series (HG), change point (CP), doubtful point (DF). Trends: ~ none, ↑ increase, ↓ decrease, ¿? Doubtful

Period	LGA			ALN			BOV			HAS			ELS			HER		
	a	B	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
JAN	HG	-	~	HG	-	~	DF	2016	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~
FEB	DF	1976	↑	HG	-	~	HG	-	↑	HG	-	↑	HG	-	~	HG	-	~
MAR	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~
APR	HG	-	¿?	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	CP	1978 1980	↑	CP	1978	↑
MAY	DF	1980 2009	↑	HG	-	↑	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	↑	DF	1973 2017	↑
JUN	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~
JUL	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~
AUG	HG	-	~	HG	-	~	DF	2014	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~
SEP	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~
OCT	HG	-	↑	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	↑	HG	-	~	DF	1982	↑
NOV	CP	1976	↑	CP	1976	↑	CP	1992 1997	↑	CP	1975 1976	↑	CP	1985	↑	CP	1977	↑
DEC	DF	1986 1988	↑	HG	-	↑	DF	1989	↑	HG	-	↑	CP	1989	↑	CP	1989 1996	↑
Summer	CP	1976	↑	DF	2004 1976	↑	DF	1995 2008	↑	DF	1995 2004	↑	CP	1995 2004	↑	HG	-	↑
Autumn	HG	-	↑	HG	-	~	HG	-	¿?	HG	-	↑	DF	1979	↑	CP	1985	↑
Winter	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~	HG	-	~
Spring	HG	-	↑	HG	-	~	HG	-	¿?	HG	-	↑	HG	-	↑	HG	-	↑
Annual	CP	1977	↑	CP	1977	↑	DF	1997 1999	↑	CP	1997	↑	CP	1982	↑	CP	1977 1989 1999	↑

Reference: a- Nature Serie, b- Year shift, c- Trend, LGA- Las Garzas, ALN- Alcaraz Norte, BOV- Bovril, HAS- Hasenkamp ELS- El Solar, HER- Hernandarias.

CONCLUSSION

The change point of rainfall regimes for all localities at the area of study was similar with other regions in the country. However, the changes in rainfall had characteristics in each place of the study. In general, all localities showed rainfall annual changes after 1977, with a sustained increase to the present. Only one locality (ELS) showed the breakpoint later, due to causes that have not been yet explained. The knowledge of rainfall changes is important for both environmental and economical point of view, as they have a direct impact on different ecosystems. In this sense, studies are necessary to evaluate the consequences of rainfall changes on vegetation, particularly in the native forest that is ecosystem dominant in this region.

ACKNOWLEDGMENT

This work was carried out in the framework of research and development project UNER-PID No. 2196. "Ecological succession of a native forest intervened in the Spinal Ecorregion".

REFERENCES

Barros, V.R.; Doyle, M.E.; Camilloni, I. 2008. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and the low-level circulation. Theor. Appl. Climatol. 93:19-33

Barros, V.R.; Boninsegna, J.A., Camilloni, I.A.; Chidiak, M.; Magrín, G.O.; Rusticucci, M. 2015. Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. WIREs Climate Change 6:151-169.

de la Casa, A. Ovando, G.G.; Nasello, O.B. 2018. Changes in the Intensity and Variability of Precipitation in the Central Region of Argentina between 1960 and 2012. Climate. 6, 66; doi:10.3390/cli6030066

Jaiwal, R.K.; Lohani, A.K.; Tiwari, H.L. 2015. Statistical analysis for change detection and trend assessment in climatological parameters. Environmental Process 2:729-749.

Perez, S.; Sierra, E.; Mono, F.; Massobio, M. 2015. Changes in average annual precipitation in Argentina's Pampa Region and their possible causes. Climate 3:150.167.

Sabattini, J.A.; Sabattini, R.A.; Urteaga Omar, F.; Bacigalupo, M.; Cian, J.C.; Sabattini, I.A.; Dopazzo, V.M. 2019. Recuperación del pastizal natural en un bosque nativo degradado del Espinal argentino: persistencia del control químico de arbustivas. Investigación Agraria, 21(2):93-107.

Sabattini, R.A.; Sabattini, J.A.; Cian, J.C.; Lindt, M.A. 2018. Mechanical recovery of a native forest with shrubs of the Espinal Ecoregion (Argentina). Journal Forestist. Istanbul University 68(2):78-86

Vezzoli, R.; Pecora, S.; Zenoni, E.; Tonneli, F. 2012. Inhomogeneity, change points, trends in observations: an application to Po river discharge extremes. Centre Euro-Mediterraneo Sui Combiamenti Climatici (CMCC) Research Paper 138:1-15.

EFECTO DE LA HETEROGENEIDAD PAR EN INVERNADEROS SOBRE EL CRECIMIENTO EN *IMPATIENS WALLERANA*

Sanabria*, F.[1]; Peretti, M.[1]; Gandolfo, E.[2]; Fernández Zapiola, G.[1]; De La Vega, B.[1]; Coviella, L.[1]; Covi, M.[3]; Carnelos, D.A. [1,2]

[1] *UBA, Catedra de Climatología y Fenología Agrícola FAUBA, Av. San Martin 4453 CABA, Argentina*
[2] *UBA, Catedra de Floricultura FAUBA, Habana 3870 CABA, Argentina*
[3] *UBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Grupo de Biometeorología, Av. Int. Cantilo CABA, Argentina*

***Contacto:** fsanabria@agro.uba.ar

Palabras clave: bioclimatología; biomasa acumulada; ornamentales

INTRODUCCIÓN

El crecimiento óptimo de un vegetal ocurre bajo condiciones ambientales óptimas como las que en ciertas ocasiones se pueden encontrar en un invernadero. La eficiencia de este para producir condiciones ambientales compatibles con una máxima productividad se ve afectada por su diseño arquitectónico, los materiales utilizados y la orientación frente a los rayos solares (Ali-nezhad y Eskandari, 2012). Dependiendo de las características de la cubierta, la transmisión de radiación directa dentro puede ser aproximadamente del 20% de la recibida fuera del mismo mientras que la transmisión de la radiación difusa puede duplicar ese valor, mostrando la importancia de esta última (Baille *et al.*, 2002). Sin embargo, existen pocos datos cuantitativos sobre la importancia de la radiación difusa como determinante del nivel de radiación dentro de los invernaderos. Un aumento de la proporción de radiación difusa genera una mejor distribución horizontal de la radiación dentro del invernadero (Hemming *et al.*, 2008).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) y la temperatura son los dos factores principales que regulan los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas mediante su efecto sobre la tasa de acumulación de peso seco. El peso seco es un buen estimador del carbono total de la planta, lo que permite analizar importantes aspectos de su fisiología, mientras que la tasa de crecimiento relativo (RGR, por sus siglas en inglés "relative growth rate") es el concepto central del análisis de crecimiento (Di Benedetto y Tognetti, 2016). La RGR se puede calcular a partir del peso seco total de cada planta individual (separada por tratamiento y repetición) (Hoffmann and Poorter, 2002). El objetivo del trabajo fue cuantificar el efecto de la oferta lumínica sobre la RGR en la especie ornamental para bordura *Impatiens wallerana*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue llevado a cabo en un invernáculo parabólico (6 x 20m) con orientación sudeste – noroeste de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina (34°35' S; 58° 30' O) desde el 25 de febrero al 3 de junio de 2019 (1° experimento) con dos repeticiones desde el 15 de abril al 12 de agosto de 2019 (2° experimento) y desde el 12 de julio al 11 de noviembre de 2019 (3° experimento). En cada experimento se sembraron 540 semillas de *Impatiens wallerana* "Accent White" (Goldsmith Ind., U.S.A.) en bandejas de plástico con 50 y 288 celdas por bandeja (55,70; 17,37 cm^3 $celda^{-1}$ respectivamente) rellenas con turba de *Sphagnum* canadiense (musgo-perlita-vermiculita 70/20/10 v/v/v).

Cuando las plantas alcanzaron el estado de trasplante (luego de la expansión del cuarto par de hojas verdaderas) fueron trasplantadas a macetas de 1200 cm^3 rellenas con sustrato canadiense a base de turba. Lotes de 60 plantas (30 de cada bandeja) fueron colocadas en 9 sitios definidos dentro del invernáculo (1-9), crecieron y se desarrollaron sin limitantes hídricas ni nutricionales. Se realizaron tres cosechas durante cada experimento, se lavaron las raíces, se secaron la parte aérea y las raíces en estufa a peso constante y se determinó el peso seco (PS) de la parte aérea y de la parte radical. Luego se calculó la RGR aérea y radical, como la pendiente de la regresión lineal del PS en el tiempo. Las diferencias entre las pendientes fueron evaluadas utilizando el paquete SMATR (Warton e*t al*., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La RGR fue diferente en la mayoría de los sitios y presentó un gradiente espacial dentro del invernáculo probablemente relacionado en parte con la heterogeneidad de la PAR. En términos generales, la RGR aumentó con el incremento de la distancia a la entrada, aunque este efecto no se observó en los sitios 1 a 3 (Figura 1), sin embargo, no se alcanzaron valores estadísticamente significativos en los tres experimentos (Tabla 1). Debido a la orientación que presenta el invernáculo y al sombreo que produce la vegetación del predio los sitios cercanos al ingreso (sudeste) reciben menor PAR mientras que los sitios cercanos a la parte posterior (noroeste) reciben mayor radiación. Las plantas obtenidas a partir de semillas germinadas en bandejas de 288 tuvieron siempre mayor RGR que las que provenían de bandejas de 50 celdas, en los experimentos 2 y 3 estas diferencias fueron significativas (Tabla 1). Además, la RGR de las raíces fue mayor que de la parte aérea con diferencias más

marcadas en plantas provenientes de bandejas de 288. Al observar las barras de error estándar entre experimentos, la RGR aérea parece mostrar mayor variabilidad que la RGR de las raíces, salvo para algunos tratamientos.

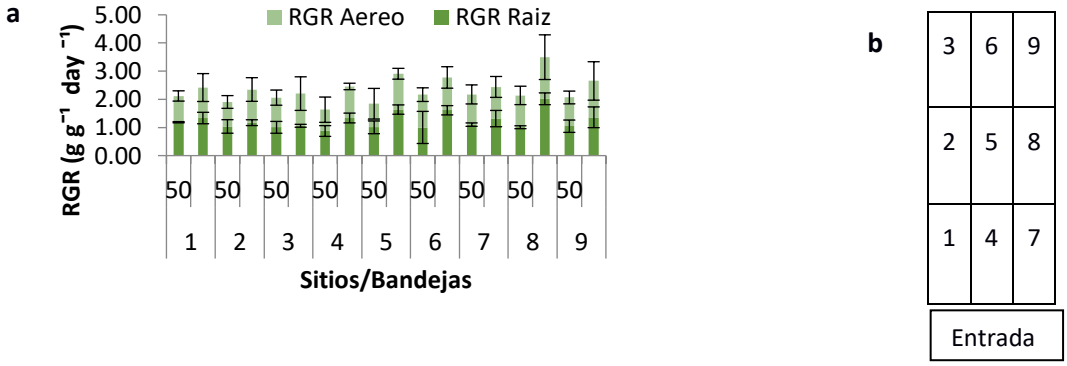


Figura 1. Tasa de crecimiento relativo para cada tratamiento. a) Las barras apiladas representan la RGR parte aérea y raíz para cada sitio de plantas germinadas en bandejas de 50 y 288 celdas. Las barras de error indican el error estándar entre experimentos. b) Esquema de la distribución de los sitios dentro del invernáculo.

Tabla 1. Resultados de la comparación de la RGR de la parte aérea y de la raíz en cada tratamiento. La tabla muestra los valores p para cada tratamiento en cada experimento.

Exp	Tratamiento	Aéreo	Raíz
	Bandeja	0,13	0,41
1	Sitio	0,50	0,37
	Bandeja-Sitio	0,05	0,07
	Bandeja	< 0,01	< 0,01
2	Sitio	0,12	0,10
	Bandeja-Sitio	0,21	< 0,01
	Bandeja	0,02	< 0,01
3	Sitio	0,40	0,13
	Bandeja-sitio	0,16	0,69

CONCLUSIONES

La RGR presentó una marcada variación espacial vinculada a la oferta lumínica de PAR dentro del invernáculo. La variación espacial fue más evidente en plantas provenientes de semillas germinadas en bandejas de 288 que las de 50. Como es ya sabido, el tamaño de contenedor donde fueron germinadas las semillas condicionó la RGR, sobre todo de la parte radical.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con fondos del proyecto PDE 2020 (ACS-2019-418-E-UBA-SG).

REFERENCIAS

Ali-nezhad, F.M.; Eskandari, H. 2012. Effect of Architectural Design of Greenhouse on Solar Radiation Interception and Crops Growth Conditions. Internationa Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(3):122–127.

Baille, A.; López, J.C.; Cabrera, J.; Gonzáles-Real, M. M.; Pérez-Parra, J. 2002. Characterization of the Solar Diffuse Component Under “Parral” Plastic Greenhouses.

Di Benedetto, A.; Tognetti, J. 2016. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. RIA 42 1900, 258–282.

Hemming, S.; Dueck, T.; Janse, J.; Van Noort, F. 2008. The effect of diffuse light on crops. Acta Horticulturae 801:293–1300.

Hoffmann, W. A.; Poorter, H. 2002. Avoiding bias in calculations of relative growth rate. Annals of Botany 90(1):37–42. https://doi.org/10.1093/aob/mcf140.

Warton, D.I.; Duursma, R. A.; Falster, D.S.; Taskinen, S. 2012. smatr 3- an R package for estimation and inference about allometric lines. Methods in Ecology and Evolution 3(2): 257–259. https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00153.

INFLUENCIA DE LA OFERTA TÉRMICA E HÍDRICA DURANTE EL PERÍODO R3-R6 EN EL CONTENIDO DE PROTEÍNAS DEL GRANO DE SOJA EN VILLA MERCEDES (SAN LUIS)

Sartori*, M.L.; Rojas, E.

Departamento de Ciencias Agropecuarias. FICA. Universidad Nacional de San Luís. Ruta Nacional 148 Norte. Villa Mercedes, 5730, prov. San Luis, Argentina

***Contacto:** tanasartori@hotmail.com

Palabras clave: temperatura; precipitaciones; *Glycine max*

INTRODUCCIÓN

En Argentina ha habido una fuerte expansión del cultivo de soja, oleaginosa de excelente nivel nutricional debido a sus contenidos de aceite y proteínas de alta calidad. Este aumento del área sembrada respondió en parte a la rentabilidad del cultivo sumada a los aumentos de rendimiento logrados en los últimos diez años como resultado de las mejoras en la genética y las técnicas de manejo. Conjuntamente con el aumento de los rendimientos, se ha producido una disminución en el contenido de proteína que se acentuó en las últimas cuatro campañas, con un promedio en las sojas de primera de 34,0%, el valor más bajo de los 21 años de muestreo en acopios y cooperativas de la región central del país (Cuniberti, 2018).

Carrera et al. (2011), analizando la variabilidad de los componentes químicos de la semilla en cultivares de soja no transgénicos, reportaron correlación positiva entre el contenido de proteínas y los ambientes frescos durante el periodo de llenado de granos. Asimismo, Dardanelli *et al.* (2006) observaron asociación entre el porcentaje de proteína y la temperatura, que se manifestó por caídas de dicho porcentaje con temperaturas cercanas a 20 °C durante el llenado de granos y aumentos cuando los valores térmicos fueron inferiores. El déficit de precipitaciones causa una reducción en el contenido de proteína del grano de soja y un aumento en el contenido de aceite (Wijewardana *et al*., 2019).

Los factores genéticos, ambientales y/o las prácticas de manejo influyen en la variación de la fecha de ocurrencia de las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Esta variación determina cambios en la oferta térmica e hídrica a la que están expuestos los genotipos durante las mismas fases fenológicas, pudiendo influir en la determinación del contenido de proteína.

El objetivo del presente trabajo fue determinar un valor umbral de temperaturas máximas medias, mínimas medias, medias y/o de precipitaciones durante el periodo fenológico R3-R6 a partir del cual la expresión del contenido de proteínas del grano de soja aumente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron setenta y seis genotipos de soja seleccionados por mayor contenido de proteínas, en Villa Mercedes (San Luis) en la campaña 2018/19, en un diseño de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Se registraron las fechas de ocurrencia de las fases fenológicas R1, R3, R6 y R8 según la escala de Fehr y Caviness (1977). A partir de los datos registrados por la estación meteorológica automática de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la UNSL, se calcularon las temperaturas máximas medias (TMAX), mínimas medias (TMIN) y promedio (TMED) para el período R3-R6 correspondientes a cada uno de los genotipos y el total de precipitaciones para dichos períodos (PPT). En el Laboratorio de Calidad del INTA Marcos Juárez, utilizando un equipo multianalizador de tecnología NIRT (INFRATEC 1226), se determinaron los niveles de proteínas (PR) y aceite (AC) expresados como porcentaje sobre materia seca.

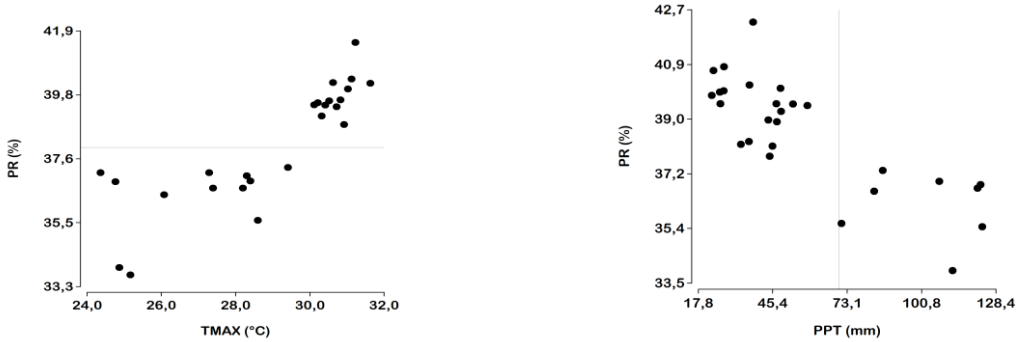
A los efectos de determinar la influencia de las TMIN, TMAX, TMED y PPT sobre la variación de PR de los genotipos se empleó el marco teórico de los modelos lineales mixtos (Demidenko, 2013) utilizando cada una de las variables mencionadas por separado. Con la finalidad de comparar los distintos modelos ajustados al conjunto de datos se utilizaron el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio Bayesiano de información (BIC).

En todos los modelos ajustados se tomó a los genotipos como efectos aleatorios y a las variables de temperatura y las repeticiones como efectos fijos. Los umbrales de temperatura y precipitaciones a partir de los cuales se expresaron los mayores contenidos de proteínas se determinaron en función de los resultados del test DGC de comparación de medias de dichas variables durante R3-R6. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software INFOSTAT (Di Rienzo, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los modelos fueron significativos para las variables de temperatura durante el periodo R3-R6. Minuzzi *et al.* (2007) mencionaron que la temperatura se encuentra entre los factores ambientales que más inciden en la variación del contenido de proteína. Los AIC y BIC para los modelos utilizados mostraron que las variables que mejor ajustaron a la variación de PR fueron TMAX y PPT, (resultados no mostrados), con efectos muy significativos (P<0,0001) y significativos respectivamente (P<0,02).

En la Figura 1 se muestran los resultados del test DGC para la comparación de medias de TMAX durante R3-R6, donde puede observarse que la variación de las temperaturas máximas durante dicho período generó respuestas en los porcentajes de proteínas que variaron entre 41,5 % y 33,7 %, estando los valores superiores a 38 % asociados a temperaturas máximas mayores a 30,0 °C.



Figuras 1 y 2. Diagramas de dispersión de los valores de proteína promedio obtenidos en los distintos rangos de temperaturas máximas medias (a) y precipitaciones (b) registradas durante el período R3-R6, para genotipos de soja.

CONCLUSIONES

La temperatura máxima media registrada y las precipitaciones acumuladas durante el período R3-R6 fueron las variables que mejor explicaron la variación en PR de los genotipos de soja en Villa Mercedes (San Luis) en la campaña 2018/19.

El test DGC para TMAX y PPT determinó que los valores de temperatura máxima superiores a 30,0 °C durante R3-R6 se correspondieron con porcentajes de proteína superiores al 38 % en tanto que las precipitaciones acumuladas durante el mismo período, superiores a 70 mm, se asociaron con los menores porcentajes de proteína.

REFERENCIAS

Carrera, C.; Martínez, M.J.; Dardanelli, J.; Balzarini, M. 2011. Environmental Variation and Correlation of Seed Components in Nontransgenic Soybeans: Protein, Oil, Unsaturated Fatty Acids, Tocopherols, and Isoflavones. Crop Sci. 51:800–809. https://doi.org/10.2135/cropsci2010.06.0314

Cuniberti, M. 2018. Calidad de la Soja Argentina. Región Núcleo Sojera, Primera. ed. INTA.

Dardanelli, J.; Balzarini, M.; Martínez, M.J.; Cuniberti, M.; Resnik, S.; Ramunda, S.F; Herrero, R.; Baigorri, H. 2006. Soybean maturity groups, environments, and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. Crop Sci. 46:1939–1947. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.12-0480

Demidenko, E. 2013. Mixed Models: Theory and Applications with R. John Wiley & Sons.

Di Rienzo, J.A. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Httpwww Infostat Com Ar.

Fehr, W.; Caviness, C. 1977. Stages of soybean development. Spec. Rep.87. Iowa State University. Agricultural and Home Economics Experiment Station.

Minuzzi, A.; Mora, F.; Sedrez Rangel, M.A.; De Lucca, E.; Braccini, A.; Scapim, C.A. 2007. Características Fisiológicas, Contenido de Aceite y Proteína en Genotipos de Soya, Evaluadas en Diferentes Sitios y Épocas de Cosecha, Brasil. Agric. Téc. 67:353–361. https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000400003

Wijewardana C.; Raja Reddy, K.; Bellaloui, N. 2019. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. Food Chemistry 278:92-100, ISSN 0308-8146, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.035.

COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE CÁLCULO DE CARPOGRADOS Y AJUSTE DE UN MODELO NO LINEAL PARA *CYDIA POMONELLA* EN CINCO SALTOS RÍO NEGRO

Sprumont, N.; González*, D.A., Rivero, V.I.; Forquera, J.C.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos 8303, Argentina

***Contacto:** diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar

Palabras clave: grados día; modelación estadística; Carpocapsa

INTRODUCCIÓN

La carpocapsa (*Cydia pomonella*) es la plaga principal de la producción frutícola de pepita en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. El uso de los índices térmicos (carpogrados - CG) para pronosticar su comportamiento ya fue reportado en la zona por Vermeulen *et al.* (1989). *Cydia pomonella* se desarrolla según un tiempo fisiológico (TF) determinado por las condiciones climáticas, siendo la temperatura el factor más importante (Bloesch y De Siebenthal, 1988). El método más usado que permite medir este TF se basa en la acumulación de unidades de calor. Se calculan las unidades fisiológicas de desarrollo comprendidas entre las temperaturas por debajo del umbral máximo de desarrollo y por encima del umbral mínimo (Romoser y Stoffolano, 1994). El sistema de alarma utilizado en el Alto Valle para esta plaga se basa en el cálculo de los grados-día que se realiza restándole al promedio de las temperaturas diarias de las 9, 15 y 21 hs el umbral mínimo de desarrollo de carpocapsa de 10°C (Riedl, 1983). Estos datos se comienzan a calcular a partir del 1 de agosto de cada año, y en la actualidad es la herramienta fundamental para la toma de decisiones en el manejo sanitario de carpocapsa en la región (Menni, 2012). Sin embargo, existen otros métodos para determinar los grados-día. Este conocimiento permite a productores y técnicos definir las prácticas de manejo más adecuadas para el control poblacional del insecto, los momentos de mayor vulnerabilidad del mismo y, en conjunto con el monitoreo de adultos, minimizar el número de aplicaciones de agroquímicos. En el presente trabajo se realiza la comparación de tres métodos de cálculo de CG para 9 temporadas consecutivas y se efectúa una modelación no lineal para ajustar los CG acumulados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos climáticos registrados por la estación meteorológica automática de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCo), ubicada en Cinco Saltos, Río Negro (39ºLatS, 68ºLongO y 283 msnm). Los datos utilizados corresponden a las temperaturas registradas cada 10 min, acumuladas a partir del 1 de agosto de cada año, durante 9 temporadas comprendidas entre 2011 y 2020. Los registros se procesaron en una hoja de cálculo, con la herramienta tabla dinámica y se obtuvieron los resultados para los siguientes métodos de medición de CG:

- Método Máximo y Mínimo (Mm): se obtuvo a partir del promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias restándole el umbral mínimo (10 °C).
- Método Clásico (Cl): este método es el método "Alto Valle", utilizado actualmente correspondiente al promedio de las temperaturas diarias de las 9, 15 y 21 horas restándole el umbral mínimo (10°C).
- Método Promedio (Pr): se obtuvo a partir del promedio de las temperaturas diarias cada diez minutos (144 mediciones diarias) restándole el umbral mínimo (10°C).

Se consideran los días julianos a partir del 1 de agosto consecutivos para todas las temporadas. Los datos relevados fueron procesados por el software estadístico R. Para cada uno de los métodos se realizó un ajuste a un modelo no lineal del tipo sigmoideo. La estructura de la función utilizada es:

$$CG = \frac{\alpha}{(1+\beta.e^{-\gamma D})} + \delta \qquad (1)$$

donde CG: carpogrados, α: parámetro 1 de ajuste, β: parámetro 2 de ajuste, γ: parámetro 3 de ajuste, δ: parámetro 4 de ajuste, D: días a partir del 1° de agosto.

Teniendo en cuenta el desarrollo de la plaga, momentos de mayor vulnerabilidad y métodos de control aplicados, se realizó el análisis sobre los siguientes momentos críticos: 90°D: vuelos de adultos de la 3^{era} generación (gen) de la temporada anterior; 250°D: nacimiento de larvas de la 1^{era} gen; 750°D: vuelos de adultos de la 1^{era} gen; 1350°D: vuelos de adultos de la 2da gen. Se realizó con la finalidad de evaluar la coincidencia en los métodos de cálculo en cuanto a los días en los que se acumula esa cantidad de calor. Durante la temporada 2019/2020 se realizó la colocación de trampas de feromonas para carpocapsa en uno de los cuadros plantados con frutales de pepita en el campo experimental de la Facultad. Se realizó el monitoreo de adultos hasta el inicio de los vuelos de la segunda generación (fines de enero) suspendido por el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) para contrastar fenología de plaga con los CG. En cuanto al análisis estadístico, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, para los momentos críticos considerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas entre el método Cl y los demás los métodos de cálculo (Tabla 1) en la cantidad de días requeridos para acumular grados día, lo que podría provocar un error en la elección del momento de control. Una estrategia de control que no se efectué en el momento de mayor susceptibilidad de la plaga genera consecuencias negativas, mayor número de aplicaciones y mayor gasto económico, mayor cantidad de residuos de agroquímicos en la fruta y mayor contaminación por deriva e infiltración en suelo y capa freática. También, al aumentar la cantidad de aplicaciones de agroquímicos, aumenta la presión de selección sobre la plaga, acelerando el proceso de resistencia a esos grupos químicos, como así también el riesgo de intoxicaciones de los operarios. Se observa que el método Cl, utilizado actualmente en la región, presenta diferencias significativas con el método Pr (que sería el que mejor representa la dinámica térmica diaria) para los cuatro momentos críticos en estudio, resultados similares fueron reportados por Menni (2012). En la Figura 1 se compara CG con lecturas y la diferencia en días para llegar a los umbrales en el método Cl respecto de los métodos del Pr y del Mm, durante la temporada 2019-2020, fue de +/- 2,5 días para los 90 CG y de +/- 12 días para 250 y 750 CG. Es decir, que el método del Pr y del Mm se anticipa cronológicamente al método Cl. Es importante considerar que la estrategia de manejo de carpocapsa en la zona se basa en el control químico de la primera generación, produciéndose el primer pico de emergencia a los 250 CG.

Tabla 1. Comparación de los métodos de cálculo de índice térmico para cuatro momentos críticos.

Método	90	250	750	1350
Cl	a	a	a	a
Pr	b	b	b	b
Mm	ab	b	b	b

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) según test de Tukey.

Tabla 2. Parámetros de regresión del modelo carpocapsa.

	Pr	Mm	Cl
α	2072	2048	2423
β	68,3	59,82	54,62
γ	0,026	0,0255	0,025
δ	-43,88	-48,06	-61,30

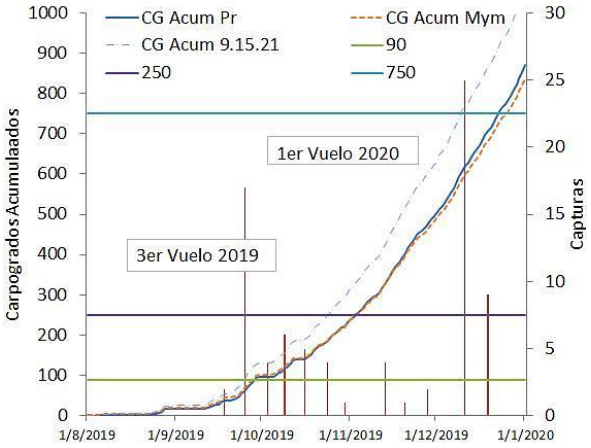


Figura 1. Evolución de las capturas de los machos de carpocapsa y CG acumulados, temporada 2019-2020

Basándose la frecuencia de aplicación en función de la residualidad del agroquímico y asumiendo que la decisión de control por el método Cl podría realizarse 12 días después que por el método Pr o de Mm, se estaría generando un bache sin control que traería consecuencias negativas en la eficiencia de la estrategia de manejo. Por otro lado, las máximas caídas de adultos registradas para una temporada en particular en trampas coinciden con el método Cl. En la Tabla 2 se muestran los parámetros de regresión del modelo, en todos los casos los parámetros fueron significativos ($p < 0,001$) y el cuadrado medio del error menor para el modelo del Pr.

CONCLUSIONES

El método Cl se diferenció significativamente de los métodos del Pm y del Mm, implicando desfasajes de hasta 25 días en la ocurrencia de los momentos críticos analizados. Teniendo en cuenta que entre el método del Pr y el del Mm no se registraron diferencias significativas, sería conveniente utilizar Mn, ya que reduce significativamente la cantidad de datos a procesar. Se seguirá probando distintos modelos, con temperaturas umbrales máximas para ajustar los índices que posibiliten hacer prognosis de la plaga en los momentos críticos. En principio, el método Cl sería un mejor estimador dada la coincidencia en los picos de capturas de machos adultos. A los efectos de verificar y extender estos resultados, en la próxima temporada se incorporarán al ensayo trampas de feromonas para el monitoreo biológico y comprender mejor su comportamiento.

REFERENCIAS

Bloesch, B.; De Siebenthal, J. 1998. The air temperature as forecast and warning means for the control of insects. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 20: 121-126.

Cichón, L. 1999. Fenología de *Cydia pomonella* (L.) en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. Base para el desarrollo de un sistema de alarma. En Fruticultura Moderna 9 años de Cooperación técnica 1990-1999. Parte 2, pp. 70-77. INTA.

Riedl, R. 1983. Fauna and flora of the Mediterranean Sea. P. Parey.320 pp.

Romoser, W.S.; Stoffolano, J.G. 1994. The Science of Entomology, Dubuque, IA: Wm. C.

Vermeulen, J.; Cichón, L.; Parra, E. 1989. Sistema de alarma termoacumulativo para el control de carpocapsa (*Cydia pomonella*, L.) para el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. INTA 16 pp.

Menni, M.F.; Cichón, L.; Garrido, S. 2012. Modelación logística y validación de la emergencia y la eclosión de huevos del primer vuelo de *Cydia pomonella* (L.) en el Alto Valle del Río Negro. X Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística. Córdoba, Argentina.

VARIACIÓN DE LA TRANSMITANCIA DE LA RADIACIÓN PAR EN UN INVERNADERO CON Y SIN PRESENCIA DE COBERTOR

Stainoh*, F.A.[1]; Merino, R.A.[1]; Martinez, F.J.[1]; Hakim, G.[2]; Gandolfo, E.[2]; Carnelos, D.A.[2,3]; Covi, M.[1]

[1] *UBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Av. Int. Cantilo CABA, Argentina*
[2] *UBA, FAUBA, Cátedra de Floricultura, Habana 3870 CABA, Argentina*
[3] *UBA, FAUBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, Av. San Martín 4453 CABA, Argentina*

***Contacto:** fstainoh@gmail.com

Palabras clave: invernáculo; mediasombra; radiación fotosintéticamente activa

INTRODUCCIÓN

El manejo de cultivos en invernaderos comerciales se ha utilizado durante décadas. En particular, tienen el objetivo de regular ciertas variables climáticas para optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, como la temperatura o incluso la precipitación en regiones más tropicales. El efecto de dichas variables es altamente dependiente de las características del invernadero. En el caso de la radiación, la respuesta espectral puede encontrarse alterada según el material por el cual está compuesto el invernadero (Kittas *et al.*, 1999). Consecuentemente, el rendimiento final del cultivo interior puede encontrarse afectado (Dayan *et al.*, 1986).

Teniendo en cuenta esto, el objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de un cobertor comparando el comportamiento de la transmitancia de la radiación fotosintéticamente activa (PAR).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero rectangular (20m x 6m) ubicado en las instalaciones de la Facultad de Agronomía (UBA) en Villa Devoto, CABA (34°35'48.4"S 58°30'44.2"O), en donde se realizaban mediciones de radiación PAR a partir de 6 sensores. 5 de ellos se ubicaban dentro, posicionados uno en cada esquina y uno en el centro (Figura 2), mientras que el sexto se ubicaba en el exterior de la estructura para obtener un valor de referencia. Los sensores estaban conectados a un logger que muestreaba cada 30 segundos y promediaba cada 15 minutos, obteniendo así un total de 96 registros diarios, de los cuales se utilizaron los promedios totales por día.

Las transmitancias efectivas se obtuvieron como el cociente entre el PAR medido por los sensores dentro del invernadero y el sensor externo de referencia. Para comparar las transmitancias dentro del invernadero reduciendo el impacto de la componente astronómica, se trabajó con los datos correspondiente a la semana anterior del agregado del cobertor (del día juliano 290 al 296) y con la semana posterior (del día juliano 298 al 304). Ambos períodos cubrieron un rango similar de índice de claridad atmosférica PAR (Pashiardis *et al.*, 2017). Las diferencias entre grupos se evaluaron mediante el test de Mann-Whitney (Hettmansperger y McKean, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron cambios característicos en la transmitancia media del invernadero al colocarse la mediasombra. En primer lugar, en la Figura 1 se ilustra la transmitancia efectiva (barras azules), y el desvío estándar relativo de la radiación fuera (serie verde) y de la radiación media adentro (serie roja). La transmitancia efectiva disminuyó más del 50% luego del día del agregado de la mediasombra. Por otro lado, la variabilidad relativa de la radiación dentro del invernadero aumentó en forma marcada asociado a la disminución de la media. A pesar de la muestra reducida con la que se trabajó, en los días sin cobertor se observa que la desviación estándar relativa de la radiación dentro del invernadero y la transmitancia tienen un comportamiento opuesto, mientras que con mediasombra la relación es creciente. Por último, aunque el desvío estándar relativo de la radiación fuera aumentó ligeramente, no se puede asumir que existe una diferencia significativa entre ambas muestras ($p<0,05$).

El patrón espacial de la transmitancia efectiva se modificó con el sombreo (Figura 2). Ambos casos muestran una distribución heterogénea de la radiación, con un centro de alta transmitancia en la región NE. En cuanto a las diferencias entre ambas, la distribución sin mediasombra presenta un eje de alta transmitancia en sentido SO-NE, mientras en el caso posterior las mayores transmitancias se encuentren hacia el este del invernadero.

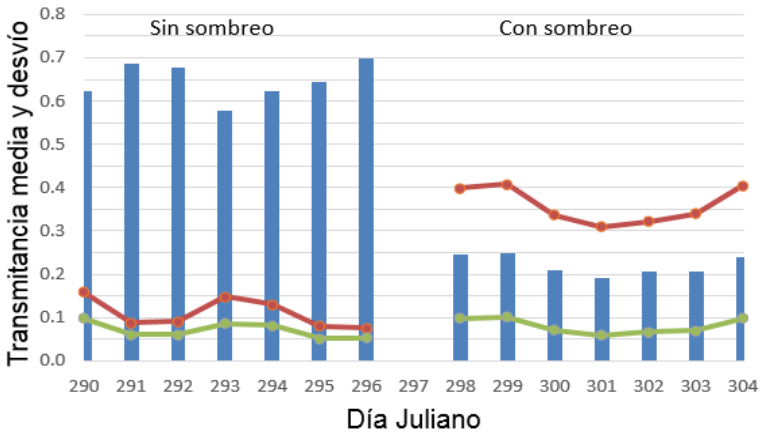


Figure 1. Series de transmitancia efectiva media (azul), desvío estándar relativo de la radiación PAR media dentro (rojo) y desvío estándar relativo de la radiación PAR fuera del invernadero (verde). Todas las variables son adimensionales.

.

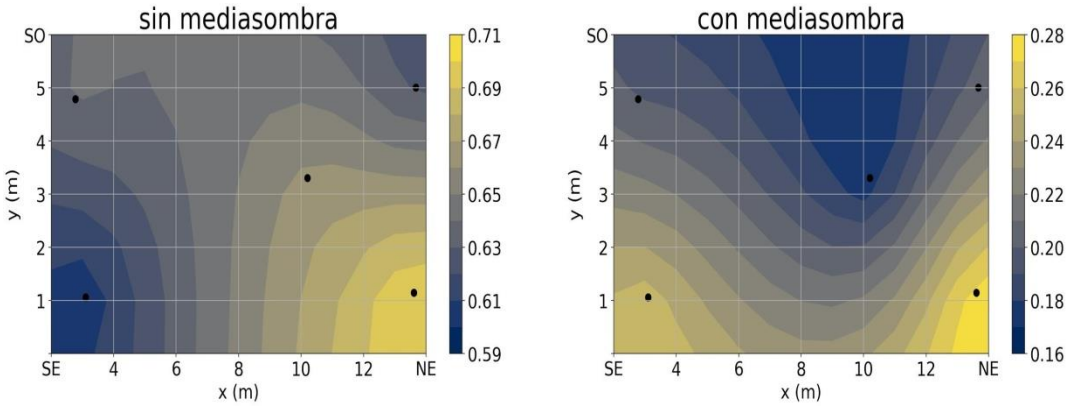


Figura 2. Distribución espacial de la transmitancia efectiva (adimensional) en el invernadero de estudio. Los puntos en negro corresponden a la ubicación de los sensores PAR. La interpolación está hecha a partir del método de Kriging utilizando un modelo de variograma lineal. Los puntos cardinales se encuentran representados con las siglas SO (suroeste), SE (sureste) y NE (noreste).

CONCLUSIONES

En este trabajo, se comparó el comportamiento de la radiación PAR dentro de un invernadero antes y luego de agregar un cobertor. El uso del este redujo el promedio espacial de la transmitancia en más de un 50%. Por otro lado, se incrementó la variabilidad espacial, expresada a través del desvío estándar relativa de la media. Esto significa que la heterogeneidad de las transmitancias creció en importancia al colocar la mediasombra. Es posible que el resultado se encuentre relacionado a las características del cobertor en sí. La distribución espacial, de carácter heterogéneo, también es distinta en ambos escenarios.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con fondos del proyecto PDE 2020 (ACS-2019-418-E-UBA-SG) financiado por la UBA y MCyT.

REFERENCIAS

Dayan, E.; Enoch, H.Z.; Fuchs, M.; Zipori, I. 1986. Suitability of greenhouse building types and roof cover materials for growth of export tomatoes in the besor region of israel: ii. Effect on fresh and dry matter production. Biotronics: Environment Control and Environmental Biology 15:71-79.

Hettmansperger, T.P.; McKean, J.W. 2010. Robust nonparametric Statistical Methods. CRC Press. 554 p.

Kittas, C.; Baille, A.; Giaglaras, P. 1999. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. Journal of Agricultural Engineering Research 73 (4):341-351.

Pashiardis, S.; Kalogirou, S.A.; Pelengaris, A. 2017. Characteristics of photosynthetic active radiation (PAR) through statistical analysis at Larnaca, Cyprus. SM Journal of Biometrics & Biostatistics 2 (2):1-16.

EXIGENCIA BIOMETEOROLÓGICA DE TOMATE INJERTADO PARA INICIAR LA FASE REPRODUCTIVA, SEGÚN FORMA DE CONDUCCIÓN DE LA PLANTA

Suazo Castro, B.R. [1]; Martínez, S.B.[2]; Puig, L.[2,3]; Garbi*, M.[2]; Maiale, S.[3]

[1] *Doctorando Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina*
[2] *Climatología y Fenología Agrícola (FCAyF, UNLP), Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina*
[3] *IIB-INTECH, Argentina*

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

Palabras clave: injerto; temperatura; radiación global

INTRODUCCIÓN

En tomate (*Solanum lycopersicum*), como en otras especies, se ha observado un retraso en la floración de las plantas injertadas, lo que se atribuye a la interrupción temporaria del crecimiento producida por el injerto (Maurya *et al*., 2019). Los híbridos interespecíficos utilizados como pie influyen sobre los materiales usados como copa generando un crecimiento vigoroso que permite la conducción de la planta a mayor número de ramas (Mourão *et al*., 2015). Además, presentan distinta adaptabilidad a la temperatura, lo que podría transmitirse a la copa. Si bien la conducción a más de dos ramas de tomate injertado no evidenció efectos sobre la fenología, se registró una prolongación en la duración del ciclo productivo (Mourão *et al*., 2015; Oyarzun, 2018); destacándose que las observaciones mencionadas fueron realizadas sin discriminar el desarrollo individual de las ramas adicionales. Este conocimiento aportaría más herramientas para la planificación, dado que en horticultura la predicción del desarrollo es útil para la toma de decisiones técnicas, obteniéndose mayor precisión al complementar observaciones fenológicas con variables ambientales (Bouzo y Favaro, 2014). El objetivo de este trabajo fue evaluar modificaciones en la cantidad días y requerimientos ambientales atribuibles al injerto y forma de conducción de la planta para el inicio de la fase reproductiva en cada rama.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en un invernadero metálico parabólico de 24 m x 40 m, con orientación norte-sur ubicado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (FCAyF, UNLP; 34° 58´S, 57° 54´W). El 08/10/2019 se trasplantó tomate híbrido F1 Elpida, utilizando plantas sin injertar (testigo), autoinjertadas (evaluación del efecto mecánico del injerto) e injertadas sobre Maxifort (evaluación de influencia estiónica). Las plantas se condujeron a una, dos y cuatro ramas (con una densidad de 4 ramas por m lineal en todos los tratamientos). Se registró fecha de floración del primer racimo en cada rama (plenitud de fase con el 80% de flores abiertas). En el interior del invernadero se registró temperatura del aire y radiación global a 1,5 m con una estación meteorológica Davis Perception II. Entre trasplante y floración se calcularon: días, temperatura media, media máxima, media mínima, radiación global media y acumulación de grados-día (método residual de Brown, 1975) con una temperatura base de 10 ºC. Para conocer el estado fisiológico de las plantas, en cada rama, sobre el foliolo terminal de la hoja ubicada por debajo del racimo, se midió clorofila a través del índice de verdor (SPAD-502 Plus, Konica Minolta), promediando 10 mediciones por hoja. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones, con 12 ramas por parcela. Los datos se sometieron a análisis de la varianza y prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El injerto no modificó el momento de inicio de la fase reproductiva, pudiendo descartarse efectos atribuibles a técnica o a la influencia genética del pie (Tabla 1). La concordancia en la aparición del primer racimo floral en plantas con distinto número de ramas también fue observada también por Mourão *et al*. (2015). Los días y suma térmica registrados a floración en la primera rama son coincidentes con lo reportado por Oyarzun (2018) quien evaluó el mismo pie injertado con otros híbridos; mientras que el comportamiento de la combinación Elpida-Maxifort concuerda con lo observado por Ducasse (2014). Las ramas adicionales requirieron una cantidad de días significativamente mayor para alcanzar plenitud de floración, con una tendencia a una mayor exigencia en suma térmica, aunque sin diferencias estadísticas definitorias en relación a las ramas primarias. Esto puede deberse a que determinados procesos del desarrollo, como la floración en tomate, dependen puntualmente de la temperatura que se registra en el momento de ocurrencia del proceso (de Koning, 1990), valores medios que se mantuvieron en un rango estrecho durante el desarrollo de las distintas ramas, y adecuados para la especie cuyos óptimos se determinaron entre 18 y 20 ºC (Calvert, 1964). Castilla Prados (1995) señala que valores de radiación total diaria en torno a 0,85 $MJ.m^{-2}$, equivalentes a 9,84 $W.m^{-2}$ (Allen *et al.*, 2006), son el umbral mínimo para floración y cuajado en este cultivo, registrándose valores medios diarios superiores en todo el periodo. Además, puede inferirse que las plantas con mayor número de ramas hacen un uso más eficiente de la radiación solar, considerando que no se observaron diferencias significativas en el índice de verdor entre tratamientos (promedios de 55,3 a 62,3

unidades SPAD); habiéndose registrado un incremento significativo en la intercepción de radiación fotosintéticamente activa en plantas injertadas y conducidas a 2 ó 4 ramas (Oyarzun, 2018). La misma autora reportó una prolongación en el ciclo productivo en esas plantas, efecto que se explica por el retraso fenológico a partir de la segunda rama.

Tabla 1. Requerimientos de las plantas entre trasplante y primera floración.

Rama	Tratamiento Conducción	Días	GDA	Temperatura [ºC] Media (M)	M máxima	M mínima	Rad. global media diaria [W.m^{-2}]
1	Elpida 1R	33 a	342,04 ab	20,0 ab	20,9 ab	19,1 ab	150,0 ab
	Elpida autoinjerto 1R	28 a	279,88 a	19,5 a	20,4 a	18,6 a	144,0 a
	Elpida-Maxifort 1R	28 a	279,88 a	19,5 a	20,4 a	18,6 a	144,0 a
	Elpida 2R	33 a	342,04 ab	20,0 ab	20,9 ab	19,1 ab	150,0 ab
	Elpida 4R	28 a	279,88 a	19,5 a	20,4 a	18,6 a	144,0 a
	Elpida autoinjerto 2R	28 a	279,88 a	19,5 a	20,4 a	18,6 a	144,0 a
	Elpida autoinjerto 4R	33 a	342,05 ab	20,0 ab	20,9 ab	19,1 ab	150,0 ab
	Elpida-Maxifort 2R	33 a	342,05 ab	20,0 ab	20,9 ab	19,1 ab	150,0 ab
	Elpida-Maxifort 4R	38 ab	404,22 abc	20,4 ab	21,3 ab	19,5 ab	156,0 b
2	Elpida 2R	45 b	531,31 bc	20,9 ab	21,8 ab	20,0 ab	158,7 b
	Elpida 4R	49 b	584,77 c	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
	Elpida autoinjerto 2R	45 b	544,54 bc	20,9 ab	21,8 ab	20,0 ab	158,7 b
	Elpida autoinjerto 4R	49 b	564,93 c	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
	Elpida-Maxifort 2R	45 b	567,67 c	20,9 ab	21,8 ab	20,0 ab	158,7 b
	Elpida-Maxifort 4R	49 b	552,77 bc	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
3	Elpida 4R	49 b	581,00 c	21,1 b	22,0 b	20,2 b	158,7 b
	Elpida autoinjerto 4R	49 b	564,27 c	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
	Elpida-Maxifort 4R	49 b	545,73 bc	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
4	Elpida 4R	49 b	576,73 c	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
	Elpida autoinjerto 4R	49 b	562,13 c	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
	Elpida-Maxifort 4R	49 b	537,13 bc	21,1 b	22,0 b	20,2 b	160,0 b
C.V.		14,03	24,10	2,29	2,19	2,39	3,87
R^2		0,79	0,67	0,75	0,75	0,75	0,67
p		<0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas según prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0,05$)

CONCLUSIONES

No se observaron modificaciones en las exigencias biometeorológicas de las plantas debido al injerto o a la conducción de la planta a más de una rama. El retraso fenológico a partir de la segunda rama puede deberse a la edad fisiológica, dado que se originan a partir de brotes formados a partir del tallo principal, que compone la rama primaria.

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. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. FAO.

Bouzo, C.A.; Favaro, J.C. 2014. Comparison of heat unit methods to predict tomato anthesis. ΦYTON 83:167-170.

Brown, D.M. 1975. Heat unit for corn in Southern Ontario. Ontario: Ontario Department of Agriculture and Food. 4 pp.

Calvert, A. 1964. The effect of air temperature on growth of young tomato plants in natural light conditions. Journal of Horticultural Science 39 (3):194-211.

Castilla Prados, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. En: Nuez, F. (Ed.). El cultivo de tomate. Madrid: Mundi-Prensa.

de Koning, A.N.M. 1990. Long term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regimes. Scientia Horticulturae 45:117-127.

Ducasse, A. 2014. Comportamiento de tres híbridos de tomate injertados y cultivados en suelo con nemátodos. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Buenos Aires.

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. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Buenos Aires. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70266, consultado: 8/05/2020.

Peil, R.M.N.; Gálvez, J.L. 2004. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. Horticultura Brasileira 22 (2):265-270.

COMPORTAMIENTO DE VACAS HOLSTEIN DURANTE LA ESTACIÓN CÁLIDA EN LA CUENCA CENTRAL ARGENTINA

Toffoli, G.D.[1]; Costamagna, D.A.[1,2]; Fernández G.[1,3]; Landucci, T.A[1].; Chingolani, F.[1]; Méndez, L.A.[1]; Leva*, P.E[1].; Taverna, M[2].

[1] *Facultad de Ciencias Agrarias. R. P. Kreder 2080. 3080. Esperanza, Santa Fe - Argentina*
[2] *INTA EEA Rafaela, Ruta 34, km 227. Rafaela, Santa Fe - Argentina*
[3] *Facultad de Ciencias Veterinarias. R. P. Kreder 2080, 3080. Esperanza, Santa Fe - Argentina*

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

Palabras claves: sistema automatizado de ordeño; estrés calórico; semi estabulación

INTRODUCCIÓN

El entorno térmico que rodea a las vacas lecheras se considera como uno de los factores externos que afectan negativamente su desempeño (Nardone *et al.*, 2010). Estos animales prefieren temperaturas ambientales entre 5 y 25 °C, definida como zona de termoneutralidad. Cada vez que la temperatura se presenta fuera de la zona térmica traspasando el límite superior, la fisiología del animal cambia a un estado perturbado, dado que las vacas ya no pueden enfriarse adecuadamente y entran en estrés por calor.

En condiciones de estrés calórico producen cambios conductuales, merma en la producción, etc. El comportamiento de las vacas es un indicador que expresa el grado de adaptación al ambiente en el cual se encuentran. Una de las conductas que son indicadores del estado fisiológico y de salud de las vacas es la actividad de locomoción y el tiempo destinado a los eventos de acostado, parado y de rumia. Las vacas pasan entre 30 y 60 % del día en la posición echada (E). Es importante que las vacas echadas estén cómodas ya que es muy significativo para la salud. Esto último, ayuda a evitar enfermedades de casco, cojera, aumenta el consumo de alimento y la actividad de rumia (Bernabucci, *et al*., 2014).

Durante períodos con estrés por calor se reduce del tiempo de la conducta E (Anderson *et al.*, 2013) y también se observa una disminución de la actividad de alimentación y de rumia (Soriani *et al*., 2013). El objetivo de este estudio fue analizar las conductas parado, echado y rumia en vacas manejadas en un sistema semi estabulado con ordeño robotizado durante el verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el tambo de ordeñe voluntario del INTA Rafaela durante el verano 2020, para lo cual se seleccionaron 20 vacas Holstein que transcurrían el primer tercio de la lactancia. La producción de leche promedio fue 30 L/v/día. Los animales accedían al patio de alimentación, provisto de una estructura de media sombra y sistema de refrigeración BCS DeLaval®, y al patio de recreación, donde había 3 medias sombras móviles, desde las 07:15 h hasta las 19:00 h. A las 19:00 h y hasta las 07:00 h del día siguiente, se le permitió el acceso al pastoreo. La entrega de alimento con el mixer se efectuó una vez al día a las 07:30 h. Se llevaron a cabo observaciones de comportamiento durante dos días consecutivos (desde 07:15 h de un día hasta las 18:00 h del día siguiente) por semana durante enero y febrero.

Las conductas registradas fueron: parado (P) sus cuatro patas erguidas, sin movimiento, echado (E) mayor parte del cuerpo en contacto con el suelo sin hacer nada, y rumiando (R), desplazamiento del maxilar, ya sea E (ER) o P (PR). La conducta de cada vaca se registró por escaneo de los animales (Martin y Bateson, 1996) con un intervalo de media hora. Para la descripción de las conductas, se diferenciaron de acuerdo al momento del día entre fase diurna: (FD) desde las 07:15 h hasta las 19:45 h, y fase nocturna (FN) desde las 20:15 h momento en que la mayoría de los animales se encontraban en la pastura hasta las 07:15 h, en que las vacas regresaban a la unidad de ordeño y el sistema ya no les permite retornar a la pastura. También se registró en el lugar donde se encontraba la vaca. La información meteorológica fue suministrada por la estación agrometeorológica del INTA Rafaela.

Con los datos horarios de temperatura del aire y de la humedad relativa se determinaron los ITH horario, según la ecuación de Thom (1959) y luego las horas diarias con ITH > 68, y de acuerdo a esto se clasificaron los días en severos (S) con 12 horas ITH > 68 y cálidos (C) menos de 12 horas con ITH > 68.

$$ITH = (1{,}8 * t_a + 32) - (0{,}55 - 0{,}55 * hr) * (1{,}8 * t_a - 26) \quad (1)$$

Dónde: t_a: temperatura horaria del aire; hr: humedad horaria relativa al tanto por uno (1).

Los datos de comportamiento fueron analizados mediante una ANOVA ajustado a un modelo de diseño de parcelas divididas con mediciones repetidas en el tiempo y también se confeccionaron tablas de contingencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para contabilizar las horas de ITH, solo se consideraron las horas en que se llevaron a cabo los registros de conducta, o sea desde las 07:15 h de un día hasta las 18:00 h del día siguiente. De esta manera los días 13/01 y 27/01 y los días 03/02 y 04/02 presentaron más de 12 horas con ITH > 68 y se consideraron como S. Los valores de ITH medio diario de esos días variaron entre 72 ± 3,6 (27/01; 14 horas ITH > 68) y 82,8 ± 3,8 (14/01; 18 horas ITH > 68). El resto de los días, (28/01, 10/02, 11/02, 20/02 y 21 /02) el rango del ITH medio diario fue de 64,2 ± 4,3 (21/02; 7 horas ITH > 68) y de 71,7 ± 7,17 (28/01; 10 horas ITH > 68). Estos días se clasificaron como C.

Realizado el análisis de la varianza, primero para la conducta P y E, no se encontró diferencia significativa ($p=0,61$) entre los periodos S y C, pero se halló diferencia significativa entre la FD y FN ($p<0,0001$). Durante el periodo S en la FN el porcentaje de vacas P fue de 50,5 % y el de E fue de 46,4 % y en la FD fue de 78,7 % P y de 17,2 % E. En el período C en la FD el porcentaje de P fue 68,3 % y de E fue de 27,8 %. En la FN P fue de 31,4 %, y E de 65,6 %. En el caso de PR y ER tampoco se encontró efecto significativo entre los períodos S y C ($p=0,73$) pero si entre la FD y FN ($p<0,0001$). Durante la FD en el periodo S el porcentaje de PR fue de 14,4 % y ER fue de 7,58 %. Durante la noche PR fue de 8,9 y ER fue de 24,0 %. En cambio, durante los días C en FD, los PR alcanzaron el 15,6 % y los ER el 13,2 %. En la FN los porcentajes fueron para PR de 8,74 para ER de 36,5 %. Los lugares donde permanecieron las vacas más tiempo P fue el corral de espera 32,9 % y en la sombra el 20,9 %, y PR 43,8 % en el corral de espera. Las vacas cuando estuvieron E en mayor porcentaje en la sombra (37,5 %) y en la pastura (30,7 %) y ER el 34,5 % en el patio recreativo y 31,9 % en la pastura.

Los resultados alcanzados muestran que estos animales permanecieron P en conjunto en los periodos analizados el 28,1 % similares a los informado por Tapki y Sahin (2006) y E 15,8 %, inferior a lo presentado por otros autores (Tapki y Sahin, 2006; Ghiano *et al.*, 2016) donde el porcentaje de las E fue 27 % y en este trabajo en ninguno de los dos periodos analizados la conducta E supera el 20 % (C: 17,5 %; S: 14,5 %). En relación a la rumia los valores son superiores a los comunicados por Tapki y Sahin (2006) siendo para el C: 29,5 % y para el S: 25,5 %.

CONCLUSIONES

Se observó que en los días muy estresante y a pesar de que este tambo ofrece a los animales sombra durante las horas de mayor insolación predomina la conducta parado y disminuye la actividad de rumia. Solo durante la noche se observó aumento de las conductas echado y rumia, coincidiendo con el momento que se encuentran en la pastura. Los días que presentaron menos horas de estrés, se pudo apreciar durante el día un incremento de la actividad de rumia, tanto en la posición parado como echado. Podemos inferir que para mitigar el estrés calórico la implementación de solamente sombras en los lugares de descanso no es suficiente para mejorar el confort de las vacas de alta producción, aunque en el patio de comida y corral de espera existe un sistema de refrescado.

REFERENCIAS

Anderson, S.D.; Bradford, B.J.; Harner, J.P.; Tucker, C.B.; Choi, C.Y.; Allen, J.D.; Hall, L.W.; Rungruang, S.; Collier, R.J.; Smith, J.F. 2013. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. J Dairy Sci. 96:4738-4750.

Bernabucci, U.; Biffani. S.; Buggiotti, L.; Vitali, A.; Lacetera, N.; Nardone, A. 2014. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. Journal of Dairy Science 97, 471-486.

Ghiano, J.E.; Leva, P.E.; Walter, E.; Taverna, M.; Toffoli, G.D.; García, M.S.2016. Mitigación del estrés calórico en vacas lecheras en un clima subhúmedo Revista Fave-Ciencias agrarias 15:1-1-10.

Nardone, A.; Ronchi, B.; Lacetera, N.; Ranieri, M: S.; Bernabucci, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livestock Science 130: 57-69.

Martin, P.; Bateson, P. 1986. Measuring Behaviour. Cambridge University Press. London. UK

Soriani, N.; Panella, G.; Calamari, L. 2013 Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production J. Dairy Sci. 96:5082-5094

Tapki, I.; Sahin, A. 2006. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. Applied Animal Behaviour Science 99:11-12.

Thom, E. C. 1959. The discomfort index Weatherwise 12:57-59.

COMPARACIÓN ENTRE OBSERVACIONES Y ESTIMACIONES DE HUMEDAD DEL SUELO EN LA CAPA ARABLE EN LA PAMPA HÚMEDA

Veliz, A.E.; Spescha, L.B.

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. San Martín 4453 Buenos Aires (C1417DSE) Argentina

***Contacto:** veliz@agro.uba.ar

Palabras clave: almacenaje; modelo BHOA; simulación

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del contenido de agua en el suelo y su evolución durante los ciclos de los cultivos es uno de los principales factores que permite inferir el comportamiento de las futuras cosechas. Sin embargo, en la práctica se torna muy dificultosa su determinación con muestras de suelo y su posterior procesamiento en laboratorio, ya que demanda una inversión muy costosa en recursos y tiempo (Klute, 1986). Es por ello que se recurre a la estimación de esos valores con modelos de balances hidrológicos que simulan la realidad y cuantifican la disponibilidad de humedad del suelo durante el ciclo de los cultivos. Fernández Long y otros (2012) han desarrollado un Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) que modela adecuadamente el almacenaje de agua tanto en suelos de textura franco-arenosa de la Pampa Occidental o Arenosa como franco arcilloso a franco limoso de la Pampa Ondulada (Veliz *et al.,* 2014, 2016) hasta un metro del perfil edáfico. Sin embargo, durante la primera etapa que constituye el momento de la siembra y hasta el establecimiento de las plántulas es imperioso determinar la humedad en los primeros centímetros del suelo, lo que es dado en llamarse la capa arable, que corresponde a los horizontes más superficiales. El objetivo de este estudio es analizar y comparar las mediciones de humedad de suelo realizadas a campo, con las estimaciones de reserva de agua en el suelo obtenidos con el modelo BHOA en los primeros 30 cm del perfil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron datos de mediciones diarias de humedad gravimétrica (θg) de suelo cada 30cm de profundidad de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de INTA Pergamino (33º56'S 60º33'W, 655m snm), en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, correspondiente a un suelo oscuro, muy profundo y bien drenado clasificado como Argiudol típico. Las observaciones analizadas fueron tomadas con una frecuencia de hasta tres veces por semana en la mayoría de los casos.

Para la estimación del BHOA se utilizó la información meteorológica diaria de la EEA Pergamino para el período analizado. Los coeficientes hídricos correspondientes a los potenciales -33 kPa y -62 kPa, capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) respectivamente, se obtuvieron con los datos de humedad equivalente para la profundidad de 30cm. Con las observaciones de θg y la densidad aparente (δap) se calculó la humedad volumétrica θ (Ec. 1) y la lámina de agua (L) (Ec. 2) hasta los 30 cm de profundidad (p).

$$\theta = \theta g * \delta ap \qquad \text{(Ec. 1)}$$

$$L(mm) = \theta\left(\frac{cm3}{cm3}\right) * p(mm) \qquad \text{(Ec. 2)}$$

El ajuste del modelo BHOA se evaluó a través del cálculo de la raíz del error cuadrático medio (RMSE), la raíz del error cuadrático medio normalizado (NRMSE), el sesgo (BIAS) y el coeficiente de correlación (R^2) entre las series observada y estimada de Pergamino. La eficiencia del modelo se evaluó mediante el índice de Nash-Sutcliffe (NSE) y el índice de acuerdo (d). Se consideró cada serie completa y luego se evaluó también el comportamiento según los semestres cálido y frío.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los resultados del BHOA y las observaciones de almacenaje de agua del suelo de la serie Pergamino (1967-1969) en los primeros 30 cm. Puede apreciarse que el modelo, aunque con cierta subestimación, copia fielmente la evolución del contenido de humedad del suelo durante todo el período analizado. El análisis de los índices de ajuste del modelo se presenta en la Tabla 1. El BIAS indica la tendencia del modelo a subestimar el almacenaje de agua en el suelo en todos los casos. En cuanto al análisis de los estimadores de error, Moriasi y otros (2007) indican que cuanto menor sea el RMSE, mejor será el rendimiento del modelo, y el NRMSE muestra valores adecuados, ya que se encuentra entre 20 y 30% en todos los casos (Steduto *et al.*, 2012; García Vila *et al.*, 2009). El coeficiente de correlación (R^2) demuestra una muy buena asociación del modelo con los valores medidos con un R^2=0,74 para el ciclo completo y algo menor, 0,61 y 0,64 cuando se lo analiza por semestre. El índice NSE (Nash and Sutcliffe, 1970) en todos los casos presenta valores muy adecuados, incluso durante el semestre cálido llega a 1, expresando la eficiencia del modelo en la

estimación de la variable humedad de suelo. El índice de acuerdo (d) (Willmott, 1981) muy cercano a 1 en todos los casos indica un muy buen acuerdo entre los valores observados y estimados.

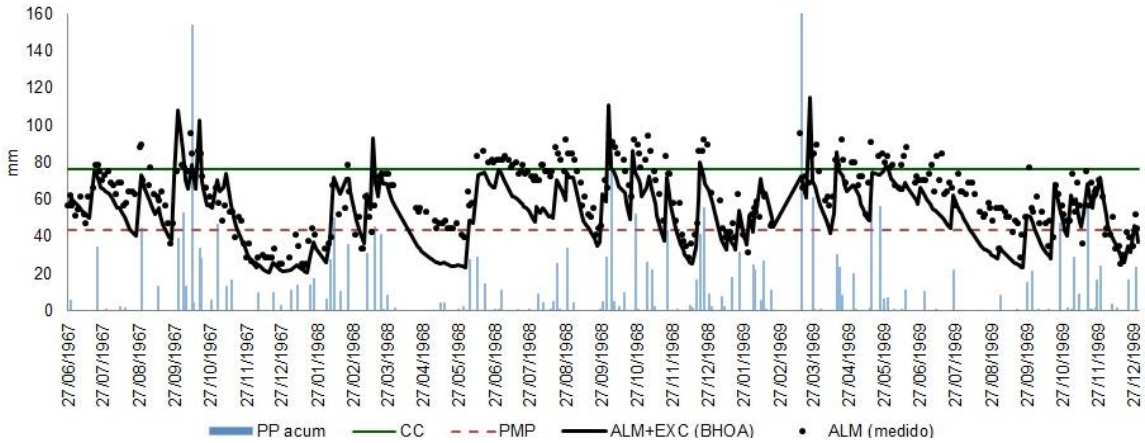


Figura 1. Variación del almacenaje estimado por el BHOA desde el 27 de junio de 1967 hasta 31 de diciembre de 1969, los datos observados de humedad del suelo medidos a 30 cm de profundidad y las precipitaciones acumuladas en el período.

Tabla 1. Índices de ajuste del modelo en cada uno de los períodos analizados

Período analizado	BIAS	RMSE	NRMSE	R^2	NSE	d
Ciclo completo	-8,4	14,6	24,0	0,74	0,3	0,75
Semestre cálido	-3,9	13,1	23,6	0,61	1	0,90
Semestre frío	-12,8	15,8	24,1	0,64	-0,4	0,80

CONCLUSIONES

De los resultados presentados y analizados en este trabajo se infiere que el BOHA estimó de manera muy precisa el contenido de agua en la capa arable de un suelo de la Pampa Ondulada, y por lo tanto constituye una herramienta muy confiable para determinar la reserva de agua del suelo.

REFERENCIAS

Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G.M. 2012. Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). Revista Agronomía y Ambiente FAUBA 32 (1-2):31-47.

García-Vila, M.; Fereres, E.; Mateos, L.; Orgaz, F.; Steduto, P. 2009. Deficit Irrigation Optimization of Cottton with AquaCrop. Agron. J. 101:477-487.

Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods In: A. Klute (ed.). Part 1 Physical and Mineralogical Methods p: 635-652.

Moriasi, D.N; Arnold, J.G.; Van Liew, M.W.; Bingner, R.L.; Harmel, R.D.; Veith, T.L. 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. Transactions of the ASABE, 50:885-900.

Nash, J.E.; Sutcliffe, J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles, J. Hydrol. 10:282–290.

Steduto, P.; D. Raes; T. Hsiao; E. Fereres. 2012. AquaCrop concepts, rationale and operation. In: Stedutto, P.; T. C. Hsiao; E. Fereres and D. Raes. Crop Yield Response to Water. Pp. 17- 49. FAO Irrigation and Drainage Paper 66. 2012. FAO, Rome, Italy.

Veliz, A.E.; Casagrande, G.A.; Fernández Long, M.E.; Spescha, L.B. 2014. Comparación entre mediciones y estimaciones de almacenaje de agua del suelo en la región semiárida pampeana. En Actas de la Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, Piriápolis, Uruguay. ISBN 978-987-688- 082-4. Pp. 127-128.

Veliz A.; Fernández Long M.E.; Spescha L.B. 2016. Comparación entre las mediciones y estimaciones del almacenaje de agua en la región pampeana húmeda. En Actas de la XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología, Puerto Madryn, Argentina. ISBN 978-987-42-2098-1 Pp. 135-136.

Willmot, C.J. 1981. On the validation of models. Physical Geography 2:184-194.

Área Temática 2

Micrometeorología

y Relaciones Suelo-Planta-Atmósfera

DISPOSITIVO DE BAJO COSTO PARA REGISTRO DE VARIABLES CRÍTICAS ANTE HELADAS

Aguilera*, R.B.[1]; Serú, A.O.[2]; Flores Sterba, C.A.[1,3]; Caretta, A.I.[1]; Ortega Bonilla, A.M.[1]

[1] *Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500, Luján de Cuyo, Mendoza, CP 5505, Argentina*
[2] *Escuela de Comercio Martín Zapata, Universidad Nacional de Cuyo, Pedro Molina y Perú, Ciudad de Mendoza, CP 5500, Argentina*
[3] *Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza, Boulogne Sur Mer 3050, Ciudad de Mendoza, CP 5500, Argentina*

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

Palabras clave: electrónica; medición; temperaturas

INTRODUCCIÓN

Para la investigación en materia de Agrometeorología es necesaria la recopilación de datos para monitoreo, estudio y análisis de un proceso o evento. La toma manual de datos puede requerir mucho esfuerzo y acabar en una baja frecuencia de observaciones. La automatización por medio de electrónica comercial ayuda en este aspecto pero aumentando los costos (Fisher y Gould, 2012). La tecnología de hardware y software de código abierto Arduino, permitió que estudiantes e investigadores realicen monitoreo de sus proyectos a bajo costo (El-Abd, 2017). Estas tecnologías emergentes permiten el acceso a numerosos elementos como microcontroladores programables, sensores, relojes de tiempo real (RTC por sus siglas en inglés), y módulos de memoria y comunicación, entre muchos otros que pueden ser fácilmente incorporados a un circuito simplificando de esta manera el diseño de un dispositivo de medición (López *et al.*, 2017).

En Mendoza las heladas constituyen la adversidad más importante del área cultivada (Ortíz Maldonado, 2001). El estudio de estos eventos requiere instrumental de monitoreo que permita el recupero de la información de forma frecuente. Usando Arduino se pueden colocar más sensores y automatizar la toma de datos, abaratando el estudio. El objetivo de este trabajo es presentar un dispositivo de bajo costo para registro de variables críticas ante heladas utilizando la tecnología Arduino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se planeó un dipositivo que registrará temperatura a diferentes alturas, humedad atmosférica y contará con una alarma de aviso cuando se alcance cierta temperatura crítica definida.

Los componentes principales del dispositivo datalogger fueron una placa Arduino Nano con un microcontrolador de 8 bits ATmega328P-AU y reloj de 16MHz; un RTC DS3231 y un módulo Bluetooth HC-05 con las especificaciones del estándar Bluetooth 2.0. Los datos se almacenan mediante una tarjeta de interfaz utilizando una memoria micro SD y a su vez también pueden ser recuperados desde un teléfono inteligente que cuente con tecnología Bluetooth 2.0 o superior y una aplicación de terminal Bluetooth. Los sensores utilizados para medir temperatura a diferentes alturas son los DS18B20 y para humedad el DHT22. El DS18B20, sensor de temperatura digital, es un dispositivo con protocolo de comunicación *One-Wire* con resolución programable de 9 bit a 12 bit capaz de realizar mediciones desde -55°C hasta 125°C (+/-0.5°C). El DHT22 es un sensor de humedad capacitivo y un termistor, también consta de un circuito integrado básico en el interior que hace la conversión de analógico a digital y este envía una señal digital con la temperatura y la humedad. Mide humedad relativa desde 0 a 100% (+/-2%) con una resolución de 0,1%.

En cuanto al aspecto operativo, se ha priorizado la estabilidad de los procesos de control, medición, registro y comunicación, en articulación estricta con el óptimo consumo y régimen de trabajo de las baterías. Se incorporó tecnología de software y hardware para el encendido controlado de periféricos internos, así como externos, lo cual propicia una mayor autonomía y duración de las baterías empleadas. La alimentación se logró mediante baterías recargables de litio. Cuando la temperatura del sensor ubicado a 1 metro de altura llegue a un valor determinado como umbral, se encenderá una luz. Esto servirá de aviso, dando tiempo para la preparación del personal ante una posible defensa activa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto en el que está enmarcado este desarrollo está en sus primeras etapas. En esta instancia se ha desarrollado el prototipo final de este tipo de dispositivos, logrando almacenar los datos medidos en la tarjeta de memoria y consultarlos vía Bluetooth de manera exitosa. Recientemente se logró la versión en *"Printed Circuit Board"* (PCB) o placa de Circuito Impreso (Figura1b) que será llevada a campo en los próximos meses. Por lo tanto, no se presentarán en esta oportunidad resultados de los registros a campo en una noche de helada. Con estos dispositivos en principio se plantean estudios que impliquen mediciones a 1, 3, 6 y 9 metros en vid (Figura

1a). Estas alturas surgen de la necesidad de contar con información sobre el perfil de temperaturas a esas alturas y analizar la factibilidad del uso de máquinas de viento como control activo o evaluar su desempeño en zonas donde ya estén instaladas. Estas máquinas alcanzan una altura aproximada de 10 metros. De todas maneras, como los sensores de temperatura están unidos a cables individuales, estas alturas propuestas son ajustables dependiendo del cultivo y estructura de soporte disponible. La ventaja de este dispositivo radica en su economía y practicidad, permite tener los datos de todos los sensores en un solo archivo a diferencia de usar sensores *datalogger* por separado. Además, los intervalos de medición, umbrales para el encendido de la luz de aviso pueden ser fácilmente modificadas a partir de la modificación del código programado en la placa Arduino.

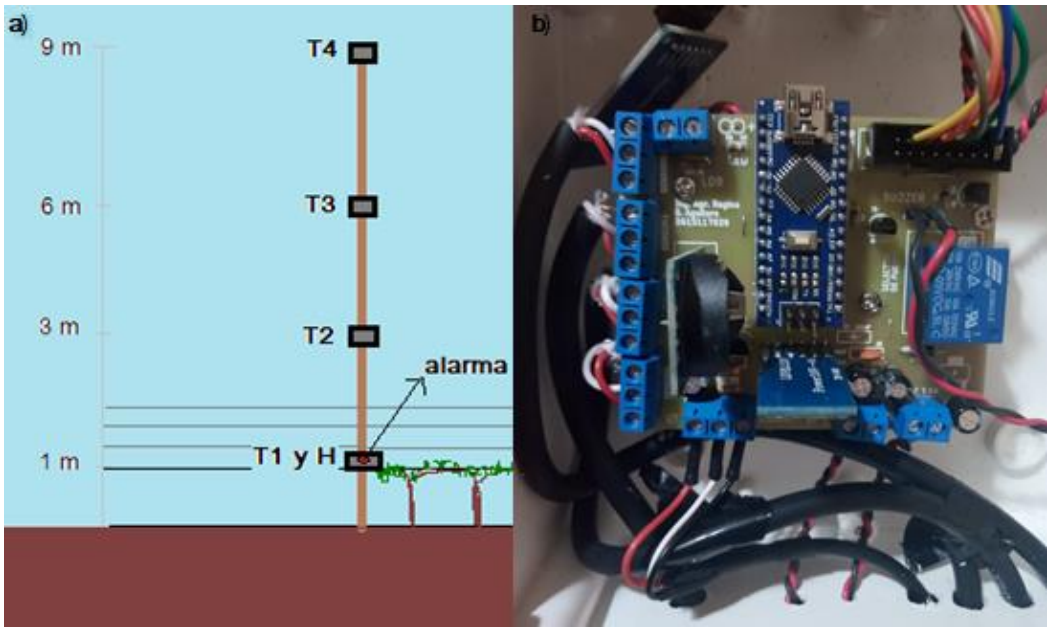


Figura 1. a) Esquema del dispositivo de medición con alarma de aviso: T1 (temperatura nivel1), H (humedad relativa), T2 (temperatura nivel 2), T3 (temperatura nivel 3), T4 (temperatura nivel 4). b) PCB con componentes soldados.

CONCLUSIONES

Con la tecnología Arduino se creó un dispositivo a medida del cual se espera que posibilite el estudio de eventos de heladas, permitiendo el análisis del comportamiento del perfil de temperaturas con la altura. Se espera poder recabar información sobre el perfil típico de temperatura para heladas de tipo radiativas y altura de techo de inversión para contribuir a la toma de decisiones para hacer más eficientes los métodos de control.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del dispositivo se realizó en el marco del proyecto A105 SIIP 2019-2021 de la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo.

REFERENCIAS

El-Abd, M. 2017. A Review of Embedded Systems Education in the Arduino Age: Lessons Learned and Future Directions. International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP) 7(2):79-93.

Fisher, D.K.; Gould, P.J. 2012. Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research. Modern Instrumentation 1:8-20.

López, E.; Vionnet, C.; Contini, G.; Pérez Elena; M.; Manzo, R. 2017. Desarrollo de una estación de medición agroclimática con hardware libre. En IX Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2017)-JAIIO 46-CLEI 43, 2017, Córdoba, Argentina.

Ortíz Maldonado, A. 2001. Distribución Geográfica de los Elementos Meteorológicos Principales y Adversidades de Mendoza. Triunfar. Córdoba, Argentina. 141p.

EFECTOS DE LOS PULSOS DE LLUVIA SOBRE LOS FLUJOS DE CO_2 EN LA ESTEPA PATAGÓNICA

Burek*, A.[1]; Silleta, C.L.[1,2]; Bucci, S.J.[1,2]; Cavallaro, A.[1,2]; Askenazi, V.J.[1]; Goldstein G.[3]; Cristiano, P.M.[2,3]; Scholz, F.G.[1,2].

[1] *Grupo de Estudios Biofísicos y Ecofisiológicos, Instituto de Biociencias de la Patagonia (CONICET-UNPSJB), Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Ciudad Universitaria km 4, Comodoro Rivadavia, 9005, Chubut, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Godoy Cruz 2290, CABA, C1425FQB, Argentina*
[3] *Laboratorio de Ecología Funcional, Departamento de Ecología Genética y Evolución, Instituto IEGEBA (CONICET-UBA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Piso 2, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, CABA, C1428EHA, Argentina*

***Contacto:** antonellaburek@gmail.com

Palabras clave: ecosistemas semiáridos; covarianzas turbulentas; precipitación

INTRODUCCIÓN

En ecosistemas áridos y semiáridos, como la estepa patagónica argentina, las precipitaciones durante la estación seca ocurren como pequeños pulsos de lluvia. Algunos estudios han evaluado los efectos de este fenómeno durante el periodo seco sobre la respuesta fotosintética de la vegetación (Golluscio *et al.*, 2009) y otros han analizado los efectos de pequeños pulsos sobre la respiración del suelo (Lopez Ballesteros *et al.*, 2016; Silletta *et al.*, 2019). Estos estudios muestran un rápido incremento en las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) los días posteriores al pulso de lluvia debido al aumento de respiración del suelo e inactividad fotosintética. En este estudio se evaluó los efectos de los pulsos de lluvia sobre el intercambio neto de carbono analizando los flujos de CO_2 mediante la técnica de covarianzas turbulentas en una estepa ubicada en el sudoeste de Chubut.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el Campo Experimental Río Mayo (45°24′11″S 70°17′37″W) dependiente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado en el sudoeste de la Provincia del Chubut. La fisonomía dominante del área son las estepas sub-arbustivas y arbustivas. La precipitación media anual es de 152 mm con mayor frecuencia en los meses de otoño e invierno. El estudio se realizó entre junio 2015 y enero de 2019.

Los flujos de dióxido de carbono (F_{CO2}) se determinaron mediante la técnica de covarianzas turbulentas. El sistema de medición consistió de un anemómetro sónico 3D (CSAT3, Campbell Sci.) y un analizador de gases de camino abierto (IRGA Li7500/7550, Li-Cor) instalados en una torre micrometeorológica a 2 metros del suelo. Los datos se adquirieron con una frecuencia de 10 Hz y se procesaron mediante el software EddyPro 6.2.0 (Li-Cor, Inc., USA). Durante el procesamiento se descartaron datos inconsistentes y se realizaron las correcciones apropiadas para que se cumpla la teoría aplicada.

Los F_{CO2} fueron calculados cada 30 minutos. Se filtraron los períodos durante los eventos de lluvia y con poca turbulencia ($u^*<0.2$ m seg^{-1}). El porcentaje de datos perdidos de F_{CO2} para todo el periodo analizado fue 35%. Se rellenaron los datos faltantes mediante un paquete de R (REddyProc) y se realizó un control de calidad de datos rellenados. Se obtuvieron valores de índice de área foliar (IAF) mediante imágenes satelitales del sensor Terra-MODIS (MOD15A2). Las precipitaciones se registraron cada 10 minutos mediante un pluviómetro a cangilones ubicado a 7 metros del punto de medición de F_{CO2}. A partir de mayo de 2017 hasta diciembre de 2018 el pluviómetro no registró precipitación. Para este período se utilizaron datos de precipitación cada 15 minutos de la estación INTA ubicada a 6 km del punto de estudio. La técnica de covarianzas turbulentas no es utilizada en presencia de lluvia por lo que se trabajaron con cortos periodos de tiempo con precipitación para evitar la pérdida de datos y se eliminaron los datos rellenados F_{CO2} en los instantes en que se registraron precipitaciones. Se analizaron los promedios diarios de F_{CO2} en el día en que la precipitación acumulada fue mayor a 1 mm (día 0), en el día previo (día -1) y tres días posteriores al pulso de lluvia (día 1, 2 y 3). Se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) y un test de Tukey a los promedios diarios de F_{CO2} para analizar la respuesta del balance de carbono antes, durante y posterior el evento lluvia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variabilidad diaria de F_{CO2} indica que la estepa patagónica es un sumidero de CO_2 (valores negativos) durante el periodo diurno, asociado a la actividad fotosintética (datos no mostrados). Sin embargo, durante la noche emite CO_2 (valores positivos) vinculado a la respiración de la vegetación y organismos y por la ausencia de actividad fotosintética. El patrón diurno sugiere que la asimilación de CO_2 supera a las emisiones

por respiración. A fines de la primavera e inicio del verano se observó un incremento en el consumo de CO_2 como resultado del incremento en el IAF (datos no mostrados). Durante el período analizado se registraron 30 eventos de precipitación con valor promedio 2,29±1,41 mm. Luego de rellenar y eliminar los datos de F_{CO2} durante los eventos de precipitación, debido a la deficiencia que presenta la técnica de covarianzas turbulentas, se obtuvieron más del 90% de datos totales para los cinco días (Figura 1).

Durante los días en los que ocurrió un evento de precipitación disminuyó la asimilación de carbono respecto a los días posteriores y anteriores. Dos días posteriores al evento de lluvia el F_{CO2} presenta valores cercanos al día previo. Resultados similares se encontraron en otros ecosistemas semiáridos en respuesta a pulsos de lluvia y fueron asociados al incremento en la respiración (Ivans *et. al*, 2006). Similarmente, en un área cercana al sitio de estudio (menor a 5 km) Silletta *et al*. (2019) observó que la respiración del suelo se triplicó al día siguiente de un pulso de lluvia de 3 mm. A pesar de que la variabilidad de los F_{CO2} fue significativamente diferente (p<0,001) entre los cinco días, sólo los días con pulsos de lluvia marcaron una diferencia significativa con el día anterior (p=0,155) y posterior (p=0,0019) (Tabla 1). Los F_{CO2} entre el día -1 y 1,2 y 3 no presentaron diferencias significativas (Tabla 1).

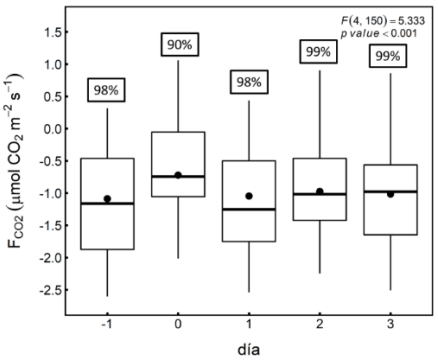


Figura 1. Comparación de los promedios diarios de F_{CO2} antes (-1), durante (1) y tres días después (1, 2 y 3) a eventos de lluvia mayores a 1 mm. El borde inferior y superior de la caja son el primer y tercer cuartil respectivamente. La línea horizontal dentro de la caja es la mediana. El bigote inferior y superior indican los valores mínimos y máximos respectivamente. Los puntos dentro de la caja corresponden a la media de los casos considerados para cada evento. Los porcentajes en recuadro indican la cantidad de datos considerados.

Tabla 1. Análisis estadísticos de los promedios diarios de F_{CO2} comparado entre los días con sus respectivas significancias. Las diferencias significativas (p<0.05) están indicadas con *.

Comparación de días	p	Comparación de días	p
día 0 vs día 1	0,0019*	día -1 vs día 0	0,0155*
día 0 vs día 2	0,1714	día -1 vs día 1	0,9899
día 0 vs día 3	0,3287	día -1 vs día 2	1,0000
día 3 vs día 1	0,9648	día -1 vs día 3	0,9999
día 3 vs día 2	1,0000	día 2 vs día 1	0,9267

CONCLUSIONES

Se analizó la variabilidad de F_{CO2} en un ecosistema semiárido bajo los efectos de pulsos de lluvia de corta duración mediante la técnica de covarianzas turbulentas. Se registró una disminución en la asimilación de carbono inmediatamente después del evento, lo cual podría estar principalmente asociado al estímulo de la respiración microbiana y de las raíces. Los resultados sugieren que la estepa patagónica es un ecosistema sensible a los pulsos de lluvia, teniendo una respuesta rápida, pero de corta duración que disminuye transitoriamente su capacidad de secuestrar CO_2.

REFERENCIAS

Golluscio, R.A.; Escalada; V.S.; Pérez, J. 2009. Minimal plant responsiveness to summer water pulses: ecophysiological constraints of three species of semiarid Patagonia. Rangeland Ecology & Management 62:171-178.

Ivans, S.; Hipps, L.; Leffler, A.J.; Ivans, C.Y. 2006. Response of water vapor and CO_2 fluxes in semiarid lands to seasonal and intermittent precipitation pulses. Journal of Hydrometeorology 7:995-1010.

López-Ballesteros, A.; Serrano-Ortiz, P.; Sánchez-Cañete; E.; Oyonarte, C.; Kowalski, A.S.; Pérez-Priego, Ó.; Domingo, F.2016. Enhancement of the net CO_2 release of a semiarid grassland in SE Spain by rain pulses. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 121:52-66.

Silletta, L.C.; Cavallaro, A.; Kowal, R.; Pereyra, D.A.; Silva, R.A.; Arias, N.; Scholz F.G.; Bucci, S.J. 2019. Temporal and spatial variability in soil CO_2 efflux in the Patagonian steppe. Plant and Soil 444:165-176.

ESTRUCTURAS COHERENTES DE LA TURBULENCIA SOBRE UN CULTIVO DE MAÍZ

Curto*, L.[1,2]; Gassmann, M.I.[1,2]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160, CABA, 1428, Argentina*
[2] *CONICET, Godoy Cruz 2290, CABA, 1425, Argentina*

***Contacto:** curtolucia@gmail.com, lcurto@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: capa de superficie; flujo turbulento; transporte vertical

INTRODUCCIÓN

La interacción del aire con superficies genera turbulencia. En la atmósfera, esa interacción se da en la Capa de Superficie (CdS) de la Capa Límite Atmosférica. Si bien la turbulencia tiene una estructura azarosa, también puede organizarse en entidades denominadas "estructuras coherentes" (CS, por sus siglas en inglés), las cuales contribuyen significativamente al transporte de cantidad de movimiento, calor y masa y son de los fenómenos de mayor escala dentro de la CdS (Thomas y Foken, 2007). Los movimientos verticales de aire ascendentes (eyecciones) y descendentes (hundimientos) de las CS son los responsables de los transportes verticales turbulentos de cantidad de movimiento y escalares (Shaw *et al*., 1983; Wallace, 2016) aún dentro de las coberturas vegetales.

Entender el comportamiento de las CS es necesario para mejorar su representación en los modelos de predicción meteorológicos. Además, el transporte de escalares puede aplicarse no sólo a calor sino también a gases y a esporas fúngicas, responsables de la propagación de enfermedades en cultivos (Pérez *et al*., 2020).

La naturaleza de las CS es distinta según el régimen de estabilidad atmosférica: "low speed streaks" que transportan en conjunto cantidad de movimiento y escalares en condiciones neutrales o levemente inestables, y "plumas" que transportan más eficientemente escalares en condiciones inestables (Li y Bou-Zeid, 2011).

Los objetivos de este trabajo son identificar la presencia de CS que contribuyen a los transportes de cantidad de movimiento y temperatura, y caracterizarlas según los movimientos verticales ascendentes y descendentes en alguna de las topologías conocidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos micrometeorológicos obtenidos con un anemómetro sónico (RM Young 81000, RM Young, Traverse City, MI, USA) ubicado a 5 m de altura sobre un cultivo de maíz en la Unidad Integrada Balcarce (37°45'S, 58°18'O), durante el verano 2011-2012.

Los datos de las componentes del viento y de temperatura, obtenidos a frecuencia de 20 Hz, se separaron en rondas de media hora de duración, y se utilizó terna micrometeorológica. Se seleccionaron las rondas con viento del sector correspondiente al lote de maíz. Para identificar la presencia de CS se utilizó la Metodología de los Cuadrantes (MC) (Shaw *et al*., 1983), la cual es una técnica estadística que permite la detección de las CS a través de separar las contribuciones de las tensiones de Reynolds ($u'w'$) según el signo de las perturbaciones de velocidad de viento horizontal (u') y vertical (w'), permitiendo identificar eyecciones ($w'>0$) y hundimientos ($w'<0$). Las contribuciones de cada cuadrante se obtienen según la Ec. (1), donde $S_{i,H}$ es la contribución del cuadrante i-ésimo (i=1,2,3,4), $\underline{u'w'}$el promedio temporal de cada ronda de $u'w'$, y $< u'w' >_i$el promedio de cada cuadrante (Shaw *et al*., 1983). Además, la suma de las contribuciones S_i no deben superar el valor de 1 para ser consideradas CS.

$$S_i = \frac{<u'w'>_i}{\underline{u'w'}} \qquad (1)$$

Las contribuciones temporales relativas de cada cuadrante (τ_i) se obtuvieron como el tiempo de permanencia total en cada cuadrante respecto del tiempo total. Análogamente se puede extender al análisis de escalares, como el transporte turbulento de temperatura ($w'T'$) (Wallace, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de 3644 rondas de datos, solo 722 correspondieron a viento medio del sector del cultivo, y sobre éstas se trabajó en la detección de CS. Con el MC se detectaron 132 (18%) rondas con presencia de CS asociadas al transporte $u'w'$ y 459 para transporte $w'T'$ (64%). Esas CS fueron responsables del 63% de los flujos de cantidad de movimiento y temperatura, en procesos que abarcaron en promedio 18 minutos de los 30 de duración de cada ronda en las que estuvieron presentes.

Al separar las contribuciones de cada cuadrante (S_i), se puede observar que para transporte de cantidad de movimiento *u'w'* (Figura 1(a)) S_4 (hundimientos) dominan sobre S_2 (eyecciones) en relación al transporte total, con cerca de 90% de S_4/S_2 mayores que 1. En el transporte de temperatura *w'T'* (Figura 1(b)) hay dominio de S_1 (eyecciones) sobre S_3 (hundimientos) en contribución al transporte total *w'T'*, con 70% de valores de cociente entre 1,0 y 1,5, y solo el 20% de los casos. La diferencia de los cuadrantes entre los flujos estudiados se debe a que, en el caso de *u'w'* su magnitud es de valor negativo debido a que la superficie actúa como sumidero de cantidad de movimiento, indicando un sentido del flujo turbulento medio hacia el suelo, mientras que en condiciones diurnas *w'T'* es positivo debido a que debido al calentamiento de la superficie por incidencia de la radiación solar hace que el sentido del flujo de temperatura sea desde la superficie hacia la atmósfera (Stull, 2012). Al estudiar las contribuciones temporales de cada cuadrante, se observa que en transporte *u'w'* (Figura 1(c)) dominan los hundimientos (τ_4) sobre las eyecciones (τ_2), con más del 60% de los casos de valores τ_4/τ_2 en el intervalo 1,0-1,5. A su vez, para transporte *w'T'* (Figura 1(d)) se observa que dominan los hundimientos (τ_3) sobre las eyecciones (τ_1) pues más del 80% de los casos pertenecen a valores de τ_1/τ_3 de entre 0,5 y 1,0.

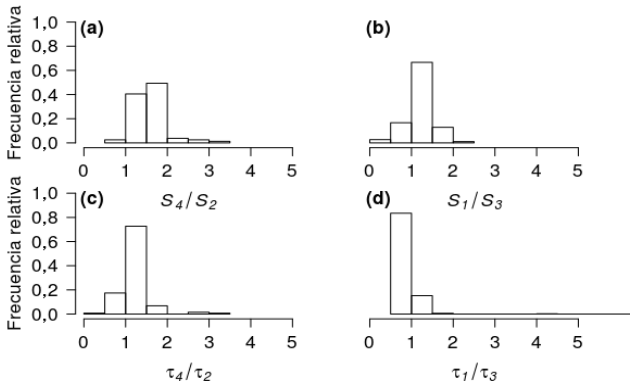


Figura 1. Frecuencia relativa de S_4/S_2 en CS para transporte vertical turbulento de cantidad de movimiento horizontal (a) y su contribución temporal τ_4/τ_2 (c), y frecuencia relativa de S_1/S_3 en CS para transporte vertical turbulento de calor sensible (b) y su contribución temporal τ_1/τ_3 (d) sobre el cultivo de maíz.

CONCLUSIONES

Las CS resultaron ser entidades efectivas en el transporte vertical turbulento de propiedades. En este trabajo se manifestaron más frecuentes para transporte *w'T'*, y no tanto para *u'w'*, y cuando estuvieron presentes explicaron más de la mitad de los flujos turbulentos durante 18 de los 30 minutos de duración de cada ronda. El mayor número de CS de transporte *w'T'* que *u'w'* podría indicar que se desarrollaron en condiciones más bien inestables, dado que su estudio se realizó en condiciones diurnas en los meses de verano.

Sobre el cultivo de maíz los hundimientos dominaron en intensidad y tiempo sobre las eyecciones, para transporte *u'w'*, correspondiendo a CS del tipo "low speed streaks", más eficientes en este transporte. En cambio, para transporte *w'T'* las eyecciones dominaron en intensidad y los hundimientos en tiempo, indicando que las CS son de naturaleza tipo "pluma", con ascendentes más vigorosas y descensos más débiles, pero más frecuentes. Las CS correspondiente al tipo "pluma" resultan más efectivas para el transporte turbulento de propiedades escalares (como la temperatura, humedad, etc.).

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada con fondos Provenientes de los proyectos PIP-CONICET 11220130100347CO y 20020130100224BA. La Dra. Curto posee beca Postdoctoral CONICET.

REFERENCIAS

Li, D.; Bou-Zeid, E. 2011. Coherent structures and the dissimilarity of turbulent transport of momentum and scalars in the unstable atmospheric surface layer. Boundary-layer meteorology 140 (2):243–262, doi:10.1007/s10546-011-9613-5.

Pérez, C.F.; Gassmann, M.I.; Tonti, N.; Curto, L. 2020. Panorama sobre la producción, el transporte y depósito de aerosoles de origen biológico. Meteorológica 45(1):1-24.

Shaw, R.H.; Tavangar, J.; Ward, D.P. 1983. Structure of the Reynolds Stress in a Canopy Layer. Journal of Climate and Applied Meteorology 22: 1922-1931.

Stull, R.B. 2012. An introduction to boundary layer meteorology (Vol. 13). Springer Science & Business Media.

Thomas, C.; Foken, T. 2007. Flux contribution of coherent structures and its implications for the exchange of energy and matter in a tall spruce canopy. Boundary-Layer Meteorology 123 (2):317-33.

Wallace, J.M. 2016. Quadrant analysis in turbulence research: history and evolution. Annual Review of Fluid Mechanics, 48, 131–158, doi:10.1146/annurev-fluid-122414-034550.

ESCALA TEMPORAL DE ESTRUCTURAS COHERENTES DE LA TURBULENCIA SOBRE UN CULTIVO DE MAÍZ

Curto*, L.[1,2]; Gassmann, M.I.[1,2]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160, CABA, 1428, Argentina*
[2] *CONICET, Godoy Cruz 2290, CABA, 1425, Argentina*

***Contacto:** curtolucia@gmail.com, lcurto@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: capa de superficie; flujo turbulento; wavelets

INTRODUCCIÓN

La Capa de Superficie (CdS) es la porción más cercana al suelo de la Capa Límite Atmosférica. En ella se pueden organizar fenómenos de las escalas más grandes de la turbulencia, las "estructuras coherentes" (CS, por sus siglas en inglés), responsables de transportes verticales turbulentos significativos de cantidad de movimiento, calor y masa. Las CS se pueden visualizar como rampas en las series de tiempo de las variables turbulentas, y sus escalas temporales características se pueden detectar a partir de las mismas (Gao y Li, 1993).

Según el régimen de estabilidad, las CS presentan topologías distintas: bajo condiciones neutrales o levemente inestables se desarrollan "low speed streaks", transportando cantidad de movimiento y escalares de manera similar; en condiciones inestables dominan las CS tipo "plumas", de menor escala temporal asociada y con transporte de escalares más eficiente (Li y Bou-Zeid, 2011).

Los objetivos de este trabajo son identificar la escala temporal característica de CS que contribuyen a los transportes de cantidad de movimiento y temperatura, y caracterizarlas en alguna de las topologías conocidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos micrometeorológicos obtenidos con un anemómetro sónico (RM Young 81000, RM Young, Traverse City, MI, USA) ubicado a 5 m de altura sobre un cultivo de maíz en la Unidad Integrada Balcarce (37°45'S, 58°18'O), durante el verano 2011-2012. Los datos de las componentes del viento y de temperatura, obtenidos a frecuencia de 20 Hz, se separaron en rondas de media hora de duración, y se utilizó terna micrometeorológica (terna cuyo eje X coincide con la dirección del viento medio $\bar{u}$). Se seleccionaron las rondas con viento del sector correspondiente al lote de maíz y se identificó la presencia de CS con la Metodología de los Cuadrantes (MC) (Li y Bou-Zeid, 2011) para transporte vertical de cantidad de movimiento ($u'w'$) y de temperatura ($w'T'$).

Se estudiaron por separado los casos según la estabilidad atmosférica clasificada por la Longitud de Obukhov (L). L está dado por la Ec. (1), con $\bar{T}$ el valor promedio de la temperatura del aire para cada ronda, g la aceleración de la gravedad, k la constante de von Kármán (valor considerado de 0,4), y u_* la velocidad de fricción (Ec. (2), con $\overline{u'w'} < 0$). Se consideraron como rondas neutrales aquellas con $|L| > 1000$ m, e inestables con -10 m < L < 0 m (Stull, 2012).

$$L = \frac{-\bar{T}{u_*}^3}{kg\overline{w'T'}} \qquad (1)$$

$${u_*}^2 = \left|\overline{u'w'}\right| \qquad (2)$$

La Metodología de Wavelets (MW) es similar a la transformada de Fourier, con algunas diferencias: se puede aplicar a series no estacionarias y permite separar CS con diferentes escalas temporales en distintos períodos de tiempo, a través de la Varianza Wavelet (VW) (Gao y Li, 1993). Se aplicó esta metodología a las series temporales de perturbaciones de velocidad de viento horizontal (u') y vertical (w'), y temperatura (T') de media hora de duración con presencia de CS y clasificadas según L, reduciendo la frecuencia temporal a 1 Hz. Al promediar cada 1 s las series temporales se filtran los torbellinos correspondientes al subrango inercial, que no contribuyen significativamente al transporte turbulento de propiedades (Smedman *et al*., 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De 3644 rondas de datos, sólo 722 correspondieron a viento medio del sector del cultivo. Con la MC se detectaron 132 (18%) rondas con presencia de CS asociadas al transporte $u'w'$ y 459 para transporte $w'T'$ (64%). De las rondas con presencia de CS solo 95 correspondieron a situaciones inestables y 32 a condiciones neutrales o levemente inestables. En los casos inestables 94 rondas tenían presencia de CS asociadas a $w'T'$, y 1 sola a $u'w'$, mientras que de las neutrales 3 estaban asociadas a $w'T'$, 8 a $u'w'$ y 21 transportaron ambos flujos.

Sobre los 95 casos mencionados previamente se identificaron los máximos relativos de la VW en cada ronda y para cada variable turbulenta (u', w' y T'). En los casos inestables hay un predominio de transporte turbulento

por CS de escalas temporales entre 350 y 400 s para las variables *u'* y *T'* (40% de los casos), seguidos de otras de muy pequeña escala, entre 0-50 s (15-35% de los casos) (Figura 1 (a) y (c)). En *w'* (Figura 1 (b)) dominan las CS de escala entre 0-50 s (50% de los casos), y en segundo lugar los de 350-400 s (30% de los casos). En los casos neutrales cobran importancia las contribuciones de CS de 0-50 s en *u'* y *w'* (35 y 60% de los casos) (Figura 1 (d) y (e)), y las de 350-400 s en *T'* (60% de los casos) (Figura 1 (f)). En general, disminuye la frecuencia relativa de las escalas temporales que menos contribuyen en los casos inestables.

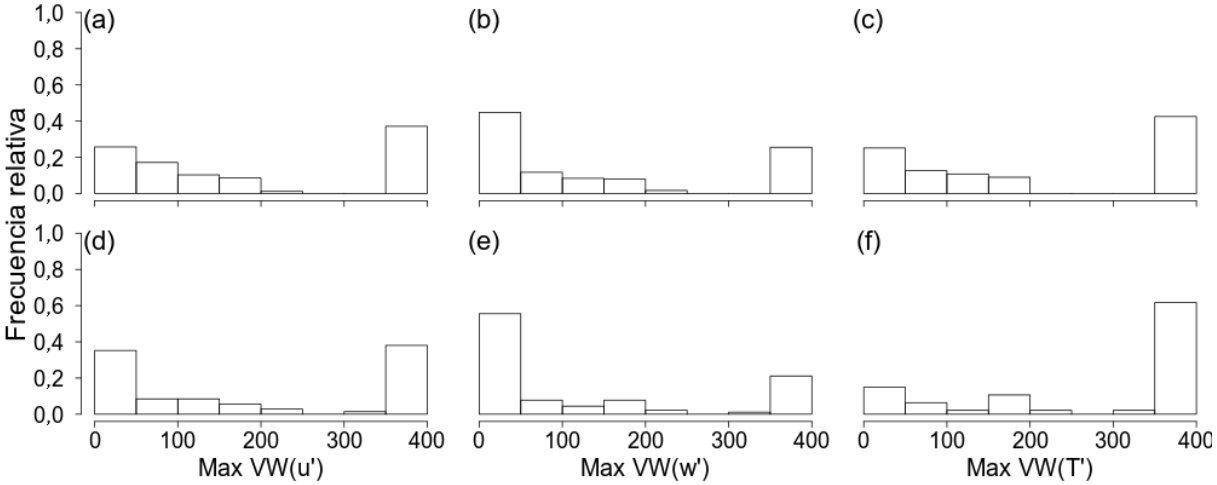


Figura 1. Histogramas de frecuencias relativas de máximos de varianza wavelet para *u'* (a y d), *w'* (b y e) y *T'* (c y f) bajo condiciones inestables (a, b y c) y neutrales (d, e y f).

CONCLUSIONES

Entender el comportamiento de las CS es necesario para poder mejorar la representación de la turbulencia en los modelos de predicción del estado atmosférico, cuyas parametrizaciones las representan parcialmente. Además, el transporte de magnitudes escalares por las CS es aplicable no sólo a calor, sino también a gases como vapor de agua, dióxido de carbono y metano, entre otros, y al transporte de partículas como esporas fúngicas (Pérez *et al*., 2020) o patógenos responsables de enfermedades en cultivos.

En este trabajo se estudió el comportamiento que las CS presentan según la estabilidad atmosférica: en condiciones inestables dominan las asociadas al transporte *w'T'* sobre las de *u'w'*, y en condiciones neutrales o levemente inestables las CS las transportan ambas propiedades. El mayor número de CS se desarrollaron en condiciones inestables, dado que el estudio se realizó en condiciones diurnas en verano.

Sobre maíz, en condiciones neutrales se desarrollaron CS del tipo "low speed streaks" de escala característica 400-450 s (7 minutos aprox.), que transportan *u'w'* y *w'T'* de manera conjunta. En condiciones inestables se desarrollaron "plumas" de escala característica menor (0-50 s, menores a 1 minuto), con transporte *w'T'* más significativo. Para condiciones de estabilidad intermedia, se observa la presencia de ambos tipos de CS, con una disminución de la frecuencia de 0-50 s y aumento de la de 350-400 s, coincidiendo con Smedman *et al*. (2007). Los valores de entre 250 y 350 s (4 a 6 minutos) representan CS cuya escala espacial supera a la CdS.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada con fondos provenientes de los proyectos PIP-CONICET 11220130100347CO y UBACyT 20020130100224BA. La Dra. Curto posee beca Postdoctoral CONICET.

REFERENCIAS

Gao, W.; Li, B.L. 1993. Wavelet analysis of coherent structures at the atmosphere-forest interface. Journal of Applied Meteorology 32(11):1717-1725.

Li, D.; Bou-Zeid, E. 2011. Coherent structures and the dissimilarity of turbulent transport of momentum and scalars in the unstable atmospheric surface layer. Boundary-layer meteorology 140 (2): 243–262, doi:101007/s10546-011-9613-5.

Pérez, C.F.; Gassmann, M.I.; Tonti, N.; Curto, L. 2020. Panorama sobre la producción, el transporte y depósito de aerosoles de origen biológico. Meteorológica 45 (1):1-24.

Smedman, A.S.; Högström, U.; Hunt, J.C.; Sahlée, E. 2007. Heat/mass transfer in the slightly unstable atmospheric surface layer. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society: A journal of the atmospheric sciences, applied meteorology and physical oceanography 133 (622):37–51.

Stull, R.B. 2012. An introduction to boundary layer meteorology (Vol. 13). Springer Science & Business Media.

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL EN CEBADA DE SECANO POR MEDIO DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS

Faramiñán*, A.M.G.; Carmona, F.; Olivera Rodríguez, P.; Bayala, M.; Silicani, M.; Rivas, R.E.

Instituto de Hidrología de Llanuras (CIC-UNCPBA-CONICET), Gral. Pinto 399, Tandil, B7000, Argentina

***Contacto:** adanfaraminian@ihlla.org.ar

Palabras clave: balance de energía; balance hidrológico; estación agrometeorológica; NDVI

INTRODUCCIÓN

La gestión y utilización sostenibles de los recursos naturales es primordial en la actualidad. Según la FAO (Steduto *et al.*, 2012), los recursos hídricos ya son escasos hoy y lo serán cada vez más a medida que avancemos hacia el futuro, lo que amenaza la seguridad alimentaria. Tal demanda de alimentos solo puede satisfacerse si somos capaces de actuar de manera eficaz y sostenible en ambos lados de la ecuación alimentaria, es decir, la producción y el consumo. Para ser sostenible en la producción se necesita primordialmente información precisa de la relación suelo-vegetación-atmósfera para la toma decisiones sobre los recursos. Unas de las variables importantes a monitorear es la evapotranspiración (*ET*), un término predominante en el balance hídrico de la superficie, principalmente en la llanura pampeana Argentina, en donde más del 80% del agua en el suelo se pierde por este flujo (Weinzettel & Usunoff, 2001).

Es muy difícil estimar la *ET* real de los cultivos, dada la complejidad en determinar con precisión las resistencias aerodinámicas y estomáticas (Carmona *et al.*, 2011). Para lograr esto se necesita información continua de muchos parámetros (altura del cultivo y área foliar, entre otros). Por lo mencionado anteriormente, en este trabajo se presenta el estudio y seguimiento de un cultivo de cebada en condiciones de secano con el fin de generar dos modelos de *ET* por medio de modelos lineales generalizados (*GLM*). El primero se generó a partir de un mínimo de datos meteorológicos (radiación neta, velocidad del viento, humedad relativa y temperatura del aire) y el segundo con un elevado número de variables posibles de medir.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó para un ciclo de un cultivo (campaña 2019) de cebada cervecera (Andreia) implantada en un suelo franco-arcilloso en la estancia "La Alcira" (37,49ºS, 58,49ºO, altitud 186 m) partido de Tandil. En Faramiñán *et al.* (2020), trabajo presentado en este congreso, se describen los sensores, arreglo y precisión de la estación. La *ET* se determinó por medio del balance hidrológico (*ETr*, Fernández Long *et al.*, 2012) y aplicando la ecuación de Penman-Montieth considerando las resistencias estomática y aerodinámica de la cebada (*ETPM*) (Allen *et al.*, 1998). Con el fin de generar nuevos métodos que representen la *ET* de la cebada se realizaron diferentes *GLM*. Según Saggi y Jain (2019), los *GLM* son una extensión de los modelos lineales que permiten utilizar distribuciones no normales de los errores (binomiales, Poisson, Gamma, entre otros) y varianzas no constantes. El *GLM* relaciona la regresión lineal con la variable respuesta a través de una función de enlace y permite que la magnitud de la varianza de cada medición sea una función de su valor predicho. La expresión general que explica el principio del método es:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^{k} \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i \qquad (1)$$

donde Y_i (variable respuesta) es la *ETr*, β_j (variables explicativas) son las variables agrometeorológicas medidas en la estación, *i* el número de medidas, *k* el número de variables, β_0 es la pendiente del modelo y ε_i son los residuos generados. Se realizó un análisis exploratorio de todas las variables explicativas previamente a generar los *GLM*, se quitaron las variables con dependencia lineal (-0,.7>*r de Spearman*>0,7) y se seleccionaron las variables explicativas con $p<0.01$. Con los modelos generados, se comprobaron todos los supuestos estadísticos que debe cumplir un *GLM* (Madsen & Thyregod, 2011). Se utilizó el software *RStudio* para todos los procesos. En https://github.com/adanfaraminian/IHLLA se encuentra el código (R_CEBADA.R) en donde se detalla el procedimiento en la creación de los *GLM*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se grafican las medidas diarias acumuladas (en mm) de *ETPM*, *ETr* y las medidas obtenidas por los *GLM*. Se generaron dos modelos, el primero (*ETr GLM1*, mm día^{-1}) se realizó partiendo de las variables de mayor peso en la *ET*: la radiación de onda corta entrante (R_s, W m^{-2}), la velocidad del viento (m s^{-1}), la humedad relativa (%) y la temperatura del aire (T_a, K). El segundo (*ETr GLM2*, mm día^{-1}) se creó iniciando con la mayor

cantidad de variables posibles, con la condición de independencia lineal. Las ecuaciones generadas por medio de los *GLM* se muestran a continuación,

$$ETr\ GLM1 = -14.99 + (5,29\times10^{-2}\times T_a) + (6,25\times10^{-3}\times R_{s\downarrow}) \quad (2)$$

$$ETr\ GLM2 = -30.99 + (12,53\times10^{-2}\times T_a) + (3,39\times NDVI) + (-1,59\times10^{-2}\times G) + (-1,62\times10^{-2}\times R_{L\downarrow}) \quad (3)$$

donde *NDVI* es el índice de vegetación de diferencia normalizada (valores entre 0 y 1), *G* el flujo de calor en el suelo (W m^{-2}) y R_L la radiación de onda larga entrante (W m^{-2}). Todas las variables de las ecuaciones 2 y 3 explican de forma significativa la *ETr* ($p<0.01$). Los coeficientes generados tienen las unidades para que cada variable se transforme en mm $día^{-1}$. Inicialmente se analizó el método combinado (aerodinámico y radiativo) *ETPM*. Se observó que el método se ajustó a los valores del balance hidrológico durante toda la campaña, principalmente en el periodo crítico de la planta. Los métodos GLM muestran un buen ajuste en relación a *ETr*. Se observan diferencias entre los modelos en el inicio de la campaña cuando la cobertura del cultivo es baja. Sin embargo, *ETr GLM2* se ajusta bien cuando la cobertura es completa (en este estudio a partir del 21/9) debido a la inclusión del *NDVI* en el modelo. Por último, se observó que la velocidad del viento y la humedad relativa del aire no fueron significativas en ambos modelos *GLM*. Esto no afirma que los términos sean despreciables, pero en estos primeros resultados predictivos se obtuvo que no es necesario incluirlos en el cálculo.

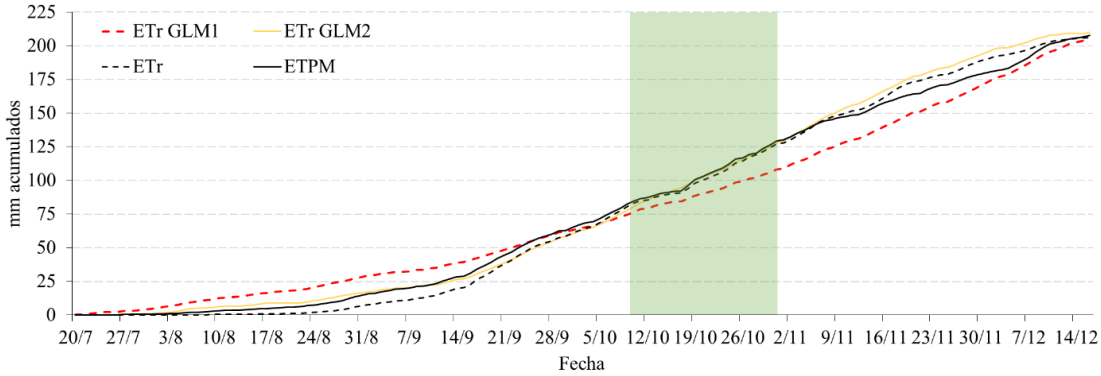


Figura 1. Evapotranspiración acumulada calculada por *ETPM*, *ETr*, *ET GLM1* y *ET GLM2* en mm $día^{-1}$. En verde se marca el periodo crítico del cultivo.

CONCLUSIONES

En este estudio se muestra el seguimiento de la *ET* de una cebada de secano. Se observó que el método de Penman-Montieth es eficiente cuando se compara con *ETr*, sin embargo es difícil de aplicarlo porque se requiere un seguimiento continuo de las dimensiones del cultivo. Por lo tanto, se presentaron dos métodos generados por medio de *GLM* utilizando mediciones directas como variables explicativas. Se observó que la temperatura del aire es un término fundamental en este proceso. Por otro lado, se muestra que el *NDVI* es un índice de importancia para caracterizar la vegetación, dado que explica significativamente la *ETr*. Este estudio es una primera aproximación en la generación de métodos predictivos, en futuros trabajos se planea validar los mismos y aplicarlos en diferentes cubiertas vegetales.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se realizó gracias a los proyectos FONARSEC FITS MAyCC Nº 19/13 y PICT 2016-1486.

REFERENCIAS

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and Drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 328 p.

Carmona, F.; Rivas, R.; Ocampo, D.; Schirmbeck, J.; Holzman, M. 2011. Sensores para la medición y validación de variables hidrológicas a escalas local y regional a partir del balance de energía. Aqua – LAC, Journal of the International Hydrological Programme for Latin America and Caribbean 3(1):26-36.

Faramiñán, A.M.G; Carmona, F.; Olivera Rodríguez, P.; Degano, M.F.; Rivas, R.E.; Silicani, M. 2020. Estación móvil de balance de energía para el monitoreo integral de cultivo: caso de estudio en cebada. En: XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología, 2020, Paraná, Argentina.

Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). Rev. Agronomía & Ambiente 32(1-2):31-47.

Saggi, M. K.; Jain, S. 2019. Reference evapotranspiration estimation and modeling of the Punjab Northern India using deep learning, Computers and Electronics in Agriculture 156:387-398

Steduto, P.; Hsiao, T.C.; Fereres, E.; Raes, D. 2012. Crop yield response to water. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 500 p.

Weinzettel, P.; Usunoff E. 2001. Cálculo de la recarga mediante la aplicación de la ecuación de Darcy en la zona no saturada. En: Las caras del agua subterránea, 2001, Barcelona, España.

CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO AQUACROP PARA LA SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *MEDICAGO SATIVA* L. EN LA LOCALIDAD DE PARANÁ

Martín*, B.[1], Sacido, M.[1]; Coronel, A.[1,2]

[1] *Facultad de Ciencias, UNR, Argentina*
[2] *IICAR-Instituto Mixto CONICET-UNR, Campo Exp."J. F. Villarino", Zavalla, Santa Fe, Argentina*

***Contacto:** bmartin.unr@gmail.com

Palabras clave: alfalfa; estimación; situación hídrica

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la principal especie forrajera de la Argentina (Basigalup y Rossanigo, 2007), por lo que resulta de gran interés conocer su crecimiento en diferentes condiciones edafoclimáticas, con la finalidad de establecer mecanismos que ayuden a su mejor utilización. Contar con un modelo de crecimiento permitirá analizar la variabilidad productiva estacional e interanual en la especie. El modelo de simulación AquaCrop (Steduto *et al.*, 2009) es apropiado para cuantificar la respuesta de los cultivos al agua y para integrar los procesos de producción de biomasa en diferentes escenarios hídricos. El objetivo de este trabajo es calibrar y validar el modelo AquaCrop para simular el crecimiento de alfalfa en las condiciones ambientales de Paraná.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se basó en el análisis de datos históricos de la producción de biomasa forrajera de alfalfa (BF, Mg de MS ha^{-1} $corte^{-1}$) en cortes a campo en la localidad de Paraná. Se utilizó la información de BF de la Red de Evaluación de cultivares de alfalfa de INTA (INTA, período 2000/2014 para la calibración y 2015-2017 para la validación), en cortes realizados en los períodos estacionales primavera-verano (P/V) y otoño-invierno (O/I), para los grupos de latencia corta (GL 8-10). Los datos de temperatura, heliofanía, viento, humedad relativa, precipitaciones (P) y napa freática se obtuvieron de la EEA INTA Paraná (31,83°S, 60,53°O). Se calculó la evapotranspiración de referencia por el método de FAO Penman-Monteith. Se definieron años secos, húmedos o normales del período 2000-2018 (año seco: cuando los valores de P fueron menores al promedio del período histórico en un 25%; año húmedo: cuando las P registraron valores mayores al promedio del período más un 25%, siendo los restantes años normales). De los datos de la Red de evaluación de INTA se contabilizaron en el período 2000-2014 129 cortes, los que fueron agrupados en dos categorías: O/I y P/V. A su vez cada categoría se subdividió según las situaciones hídricas de años secos, húmedos y normales, resultando 5 grupos de cortes con 12 datos de BF cada uno.

El modelo AquaCrop no presenta la posibilidad de simulación de cortes periódicos, de manera que se estableció la estrategia de considerar al período "entre cortes" como si fuera el ciclo de alfalfa. Por lo tanto, se corrió el modelo para cada uno de los períodos "entre cortes" de los 5 grupos (72 corridas totales). El módulo "suelo" se construyó a partir de la información de perfiles de suelo realizados en la estación experimental INTA Paraná. Dado que AquaCrop no tiene activo la opción de "especies forrajeras" y los datos de la Red sólo incluyen la BF al final del corte, los parámetros conservativos y no conservativos del módulo "cultivo" se calibraron partiendo de información bibliográfica. Algunos de estos parámetros fueron: densidad de plantas (D), porcentaje de cobertura máxima en cada estación del crecimiento (CC), índice de cosecha (IC), profundidad efectiva de la raíz (Ze), productividad hídrica (WP), temperaturas umbrales (TU), temperatura base (Tb), y condiciones iniciales (remanente del corte anterior y contenido inicial de agua en el suelo). La bondad del ajuste entre la biomasa observada (BO) en los cortes en la Red y la estimada en el modelo (BE) se valoró a través del coeficiente de determinación R^2 y los estadísticos: raíz del error cuadrático medio (RMSE), la eficiencia de modelación (EF) y el índice de Willmott (d), calculados según las expresiones propuestas por Araya *et al*. (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales parámetros de cultivo ajustados para alfalfa se observan en la Tabla 1. Se pudo comprobar que el modelo es significativamente sensible a las condiciones previas del período de corte en los parámetros: condición hídrica del perfil edáfico y biomasa aérea remanente. Los valores en las BO y BE, por ciclo estacional, se presentan en la Figura 1.

Tabla 1. Parámetros ajustados del módulo cultivo de AquaCrop. Ref: m: mínima; O: óptima; M: máxima.

D (plantas m^{-2})	CC (%)		IC (%)	Ze (m)	TU (°C)			Tb (°C)		WP (g m^{-2})
	P/V	O/I			m	O	M	P/V	O/I	
170 - 190	85	65	75	3,5	5	25	35	5	2,5	15

No se observaron diferencias significativas entre los valores de las BO y BE en el modelo, razón por la cual se confirma el buen ajuste en la calibración lograda en alfalfa. No se observó un comportamiento contrastante entre períodos húmedos, secos o normales en las BE o BO. Este comportamiento puede deberse a que el suelo característico de la localidad, Argiudol ácuico, posee limitaciones al ingreso de agua. Si bien puede almacenar cantidades importantes de ella, el rango aprovechable es escaso y presenta problemas de aireación, resistencia a la penetración en profundidad causada por un horizonte muy arcilloso que limita el enraizamiento efectivo, aún en condiciones de años normales (Tasi, 2009). Así, la producción de forraje estará condicionada principalmente por la captura de los recursos agua en el suelo, a pesar de recibir altos aportes por P.

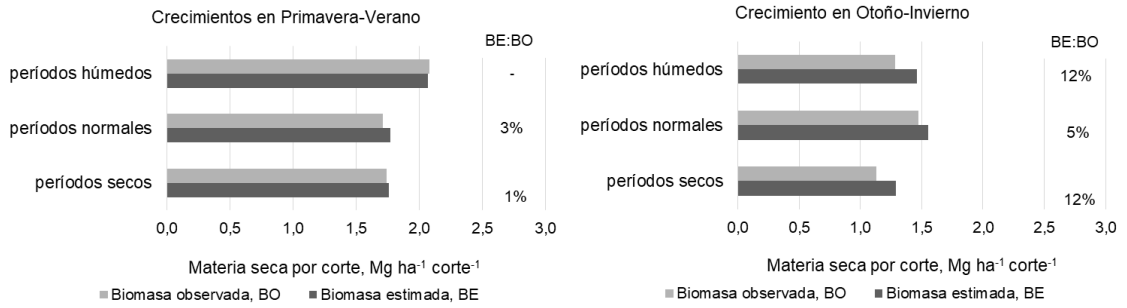


Figura 1. Valores promedio de la biomasa estimada como salida del modelo (BE) y la biomasa observada en los ensayos de corte de la Red (BO), y brechas entre ellas (BE:BO).

En la Figura 2, se representa la relación entre valores observados en cada corte y los estimados a partir del modelo AquaCrop para el período de validación. En todos los casos, la línea continua corresponde a la recta identidad (1:1) y la de puntos al modelo de mejor ajuste lineal ($p<0,05$), durante el ciclo 2015-2017. Si bien se observa un buen ajuste se determina un punto de inflexión de la biomasa (entre 1 a 1,5 Mg de MS ha^{-1} corte^{-1}) donde para valores menores a dicho punto el modelo subestima, mientras que para valores mayores sobrestima. Los valores subestimados corresponderían a los crecimientos en otoño-invierno. Los resultados en la estadística en la validación, considerando todas las BO en el período 2015-2017, fueron aceptables para valores de biomasa forrajera, el coeficiente de determinación fue de 0,70, los valores de los errores cuadráticos medios del 29% y normalizados del 21%, la eficiencia de simulación del 0,68 y el índice de concordancia (d) 0,89.

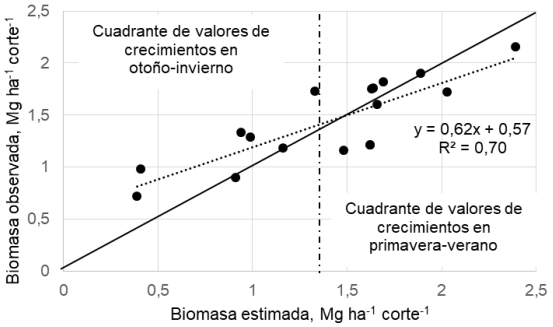


Figura 2. Relación entre valores observados y los estimados a partir del Modelo AquaCrop, durante el ciclo 2015-2017. La línea continua corresponde a la recta identidad (1:1) y la de puntos al modelo de mejor ajuste lineal ($p<0,05$).

CONCLUSIONES

La precisión obtenida en la simulación de la BF en alfalfa demuestra que el modelo AquaCrop, con las parametrizaciones aplicadas en este trabajo, simula adecuadamente el desarrollo del crecimiento en alfalfa, evaluados bajo las condiciones edafoclimáticas de Paraná. La aplicación del modelo AquaCrop, para su uso en cultivos perennes como la alfalfa, ha evidenciado muchas potencialidades y algunas deficiencias que deberían ser subsanadas a futuro en ensayos a campo.

REFERENCIAS

Araya, A.; Kisekka, I.; Holman, J. 2016. Evaluating deficit irrigation management strategies for grain sorghum using AquaCrop. Irrigation Science 34(6):465-481.

Basigalup, D.; Rossanigo, R. 2007. Panorama actual de la alfalfa en la Argentina. En: El cultivo de alfalfa en Argentina. Basigalup (Ed.). Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 476 pp.

Steduto, P.; Hsiao, T.C.; Raes, D.; Fereres, E. 2009. AquaCrop-the FAO crop model to simulated yield response to water: I. Concepts and underlying principles. Agronomy Journal 101(3):426-437

Tasi, H.A.A. 2009. Aplicación de las Cartas de Suelos de Entre Ríos, Argentina, para evaluar Índices de Productividad Específicos para los principales Cultivos Agrícolas. Tesis doctoral, Universidad da Coruña, Galicia, España.

DINÁMICA DE AGUA EN EL SUELO EN SOJA SEMBRADA A DIFERENTES ESPACIAMIENTOS ENTRE HILERAS

Nagore* M.L.[1]; Mujica, H.[1]; Perozzi, F.[1]; Darwich, G.[1]; Pereyra Iraola M.[1]; Bodega J.L.[1]; Martínez D.R.[1]; Cambareri M.[1]; Echarte, L.[1,2]

[1] *FCA, UNMDP Balcarce, Argentina*
[2] *EEA INTA Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Ruta 226, km 73,5; Balcarce, 7620, Argentina*

***Contacto:** nagore.marialujan@inta.gob.ar

Palabras clave: agua disponible; perfil de extracción de agua

INTRODUCCIÓN

Reducciones en el espaciamiento entre hileras de soja (*Glycine max* L. Merr), manteniendo constante la densidad de plantas, disminuye la competencia entre las plantas durante las primeras etapas del cultivo, resultando en plantas de mayor tamaño (Vega y Andrade, 2002). Además de aumentar el crecimiento de las platas en etapas tempranas, una distribución más equidistante, producto del acercamiento de las hileras, disminuye las pérdidas de agua desde el suelo por evaporación, escurrimiento y erosión, aumentando la transpiración del cultivo en dichas etapas (Baigorri y Salado Navarro, 2012).

En situaciones de sequía progresiva, hileras angostas anticipan el estrés y es posible que el agua del suelo se agote antes de etapas críticas de definición del rendimiento. Mujica (2017) y Mujica *et al*. (2019) demostraron que un aumento en el espaciamiento entre hileras, de 35 a 70 cm, mejoró el rendimiento del cultivo en un año con limitantes hídricas en etapas vegetativas. Más aún, se demostró (Perozzi *et al*., 2020) que de los dos determinantes que contribuyen al rendimiento en función del recurso agua (evapotranspiración y eficiencia de uso del agua), el aumento del espaciamiento entre hileras mejoró la eficiencia de uso del agua para producir granos (EUAg) aumentó, mientras que no hubo cambios en la evapotranspiración estacional (ET), aunque modificó el patrón de consumo durante la estación (menor tasa de ET en períodos vegetativos y mayor en períodos reproductivos). Así, se sugirió que el aumento en EUAg ante un mayor espaciamiento entre hileras sucedía por una mayor transferencia de agua a momentos críticos de determinación del rendimiento. En este trabajo se estudia la dinámica del agua en el suelo, considerando en particular el contenido de agua en diferentes ubicaciones en el sistema "hilera-entre hileras" con el fin de dilucidar los factores que contribuyen a una mayor eficiencia en el uso del agua en cultivos de soja con mayor espaciamiento entre hileras cuando ocurren limitantes hídricas en períodos vegetativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos fueron llevados a cabo en la EEA INTA, Balcarce, Buenos Aires, Argentina, durante la campaña 2015-16 (Exp. 1) y 2018-19 (Exp. 2). La variedad DM 3810 fue sembrada el 2-12-15 y el 21-11-18, a dos espaciamientos entre hileras: 35 cm y 70 cm, en ambos experimentos. La densidad de plantas fue de 35 pl m^{-2} en todas las parcelas. El ensayo fue conducido en condiciones de secano, bajo un sistema de labranza convencional, sobre un suelo de tipo franco arcilloso clasificado como Argiudol típico, sin deficiencias nutricionales. En ambos experimentos se utilizó un DBCA (n=3). El contenido de agua del suelo se midió a lo largo del ciclo en dos sitios de la parcela, en la hilera del surco y en el entresurco, hasta una profundidad de 120 cm, por el método combinado: gravimétrico (0-10 cm de profundidad) y de atenuación de neutrones utilizando una sonda Troxler 103 A (Troxler Electronic Lab, NC). El contenido de agua del suelo se obtuvo como un porcentaje del agua disponible del suelo (AD), la cual fue calculada como la diferencia entre el contenido de agua del suelo real menos el punto de marchitez permanente o límite mínimo y dividido por el AD total del suelo. Los datos de precipitaciones fueron recolectados de la estación meteorológica de la EEA INTA Balcarce, situada a 600 m de distancia en línea recta del sitio de ensayo. Los efectos de los tratamientos fueron evaluados por ANVA con una significancia del 5 %, cuando hubo diferencias entre medias se utilizó el test LSD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En una campaña donde las precipitaciones fueron escasas hasta mediados del mes de febrero, el AD del suelo en etapas tempranas se redujo de manera significativa en el distanciamiento a 35 cm, tanto en la hilera del surco como en el entresurco, junto con la hilera del sembrado a 70 cm (Figura 1), mientras que entre las hileras de surco sembradas a 70 cm el AD fue entre 14-16% mayor ($p<0,05$). En etapas reproductivas se observó la misma tendencia, pero con una diferencia menos acentuada, en el orden de 7-11 puntos porcentuales entre el tratamiento sembrado a 70 cm entre hileras, versus los demás. En el Exp. 2, donde las precipitaciones al inicio del ciclo fueron mayores, se observó una mayor reducción del AD en el tratamiento sembrado a 35 cm ($p<0,05$) respecto del sembrado a 70 cm en las 3 primeras fechas de medición. Por lo tanto, una distribución de las plantas más equidistantes (menor distanciamiento entre hileras) reduce significativamente el agua disponible entre las hileras de surco. Ello conduce a un consumo mayor de agua en etapas vegetativas (Perozzi *et al* 2020), observándose un

efecto negativo sobre el rendimiento cuando las precipitaciones son escasas. Además, el uso de hileras anchas permite conservar una significativa proporción de agua en el entresurco, la cual sería de utilidad en situaciones con estrés progresivo (Mujica, 2017). El perfil de agua del suelo en un momento en particular fue afectado por el distanciamiento entre hileras (Figura 2) en los momentos donde fueron observadas diferencias en el AD (Figura 1). El contenido de agua a lo largo del perfil del suelo a principios de febrero en el Exp. 1 (Figura 2) presento interacción entre el distanciamiento entre hileras y la posición del tubo ($p<0,05$; Figura 2) siendo el mayor contenido de agua entre las hileras de surco sembradas a 70 cm; las diferencias se observan prácticamente a lo largo de todo el perfil hasta los 100 cm (Figura 2). Las mismas tendencias en el contenido de agua del suelo se pudieron observar en forma repetida a lo largo del ciclo en el Exp. 1 (datos no mostrados). En el Exp. 2 se observa el mismo patrón de reducción del contenido del agua en las tres primeras mediciones, previo a la ocurrencia de abundantes precipitaciones. A modo de ejemplo, el 16 de enero el contenido de agua en el suelo fue mayor en el tratamiento sembrado a 70 cm respecto del de 35 cm ($p<0,05$; Figura 2) independientemente de la posición del tubo de medición; las diferencias se observaron principalmente por debajo de los 60 cm de profundidad.

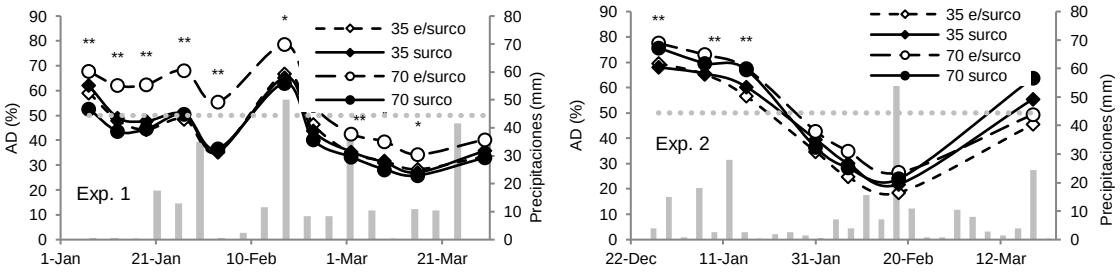


Figura 1. Agua disponible (AD) en los tratamientos de distanciamiento entre hileras de 35 cm y de 70 cm, en la hilera del surco y entre hileras de surco, en los experimentos 1 y 2. En barras se indican las precipitaciones en mm. ** diferencias significativas al 0,05; * diferencias significativas al 0,01.

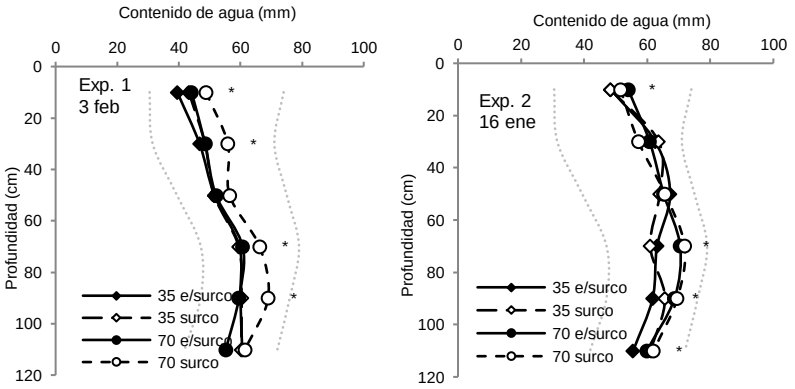


Figura 2. Contenido de agua en el suelo hasta 120 cm de profundidad en los tratamientos de distanciamiento entre hileras de 35 cm y de 70 cm, en la hilera del surco y entre hileras de surco, en los experimentos 1 y 2. Líneas punteadas indican límite mayor (upper limit) y menor (lower limit) del agua disponible en el suelo. * diferencias significativas al 0,05.

CONCLUSIONES

Variaciones en el distanciamiento entre hileras produce cambios en la dinámica del agua del suelo en soja en secano. Hileras anchas posee la ventaja de incrementar la conservación de agua en el entresurco en etapas tempranas que luego serán utilizadas en momentos más críticos del cultivo. El patrón de extracción de agua se modifica en todo el perfil del suelo (0-120 cm), incluso en las capas superficiales expuestas a la evaporación.

REFERENCIAS

Baigorri; H.E.J.; Salado Navarro L.R. 2012. El cultivo de soja en Argentina. (No. 633.340982). Agroeditorial.

Mujica, H. 2017. Efecto del espaciamiento entre hileras sobre el agua disponible del suelo en un cultivo de soja. Tesis de grado: Ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agrarias, Universidad de Mar del Plata, Balcarce, Argentina.

Mujica H.; Nagore M.L.; Cambareri, M.; Martínez, D.R.; Pereyra Iraola, M.M.; Bodega, J.L.; Echarte, L.2019. Efecto del espaciamiento entre hileras sobre el agua disponible del suelo en un cultivo de soja. Mercosoja. 4-5 sep 2019. Bolsa de Comercio de Rosario, Santa Fe, Argentina.

Perozzi, F.; Mujica, H.; Darwich, G.; Pereyra Iraola M.M.; Bodega J.L.; Martínez D.R.; Cambareri, M.; Echarte L.; Nagore M.L. 2020. Consumo de agua en cultivos de soja sembrados a diferentes espaciamientos entre hileras. RALDA 2020.

Vega C.R.C.; Andrade F.H., 2002. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras En: Bases para el manejo de maíz, girasol y soja Andrade, F.H.; Sadras, V. (eds.); 2002. Bases para el manejo del maíz; el girasol y la soja (2da edición). Médica Panamericana: Buenos Aires; Argentina 443 p.

CONSUMO DE AGUA EN CULTIVOS DE SOJA SEMBRADOS A DIFERENTES ESPACIAMIENTOS ENTRE HILERAS

Perozzi, F.[1]; Mujica, H. [1]; Darwich, G.[1]; Pereyra Iraola M.M.[1]; Bodega J.L.[1]; Martínez D.R.[1]; Cambareri M.[1]; Echarte L.[1,2]; Nagore* M.L.[1]

[1] *FCA, UNMDP Balcarce, Argentina*
[2] *EEA INTA Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Ruta 226, km 73,5; Balcarce, 7620, Argentina*

***Contacto:** nagore.marialujan@inta.gob.ar

Palabras clave: rendimiento; evapotranspiración; eficiencia de uso del agua

INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja (*Glycine max* L. Merr) es uno de los principales cultivos extensivos sembrados en Argentina. El rendimiento obtenido por el productor es en promedio de 2700 kg ha^{-1}, mientras que el rendimiento alcanzable se estimó en 3900 kg ha^{-1} para el sudeste bonaerense (Aramburu Merlos *et al*., 2015). La brecha de rendimiento puede ser reducida es parte por la adecuación de las prácticas de manejo. En sistemas de secano en particular es necesario un uso adecuado del agua disponible durante el ciclo del cultivo, que permita captar la mayor cantidad posible de radiación solar manteniendo un uso eficiente del recurso agua a través del ciclo del cultivo. Dentro de las prácticas de manejo que podrían modificar la dinámica del agua del suelo estudiaremos el distanciamiento entre hileras.

El mayor rendimiento puede ser el resultado de un mayor consumo del agua durante el ciclo del cultivo (evapotranspiración; ET) y/o a una mayor eficiencia de uso del agua para producir granos (EUAg) la cual integra la producción de biomasa y su partición a granos (Passioura, 1996)

En general, el uso de hileras angostas asegura la cobertura desde etapas tempranas, permitiendo mantener o incrementar los rendimientos respecto al uso de hileras anchas. Sin embargo, espaciamiento entre hileras angostas extraen una mayor proporción de agua en etapas tempranas, asociado a mayores tasas de crecimientos en dicha etapa, lo cual sería desfavorable en situaciones donde las lluvias ocurren antes de la siembra y el cultivo depende en gran parte del agua almacenada en el suelo (Taylor, 1980; Reicosky *et al*., 1982; Holshouser y Whittaker, 2002; Mujica, 2017). Por lo tanto, en este trabajo se estudiarán los determinantes del rendimiento en función del recurso agua (ET y EUAg) en cultivos de soja sembrados a dos espaciamientos entre hileras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos fueron llevados a cabo en la EEA INTA, Balcarce, Buenos Aires, Argentina, durante la campaña 2015-16 (Exp. 1) y 2018-19 (Exp. 2). La variedad DM 3810 fue sembrada el 2-12-15 y el 21-11-18, a dos espaciamientos entre hileras: 35 cm (DH35) y 70 cm (DH70). La densidad de plantas fue de 35 pl m^{-2} en todas las parcelas. El ensayo fue conducido en condiciones de secano, bajo un sistema de labranza convencional, sobre un suelo de tipo franco arcilloso clasificado como argiudol típico, sin deficiencias nutricionales. Plagas, malezas y enfermedades fueron debidamente controladas. En ambos experimentos se utilizó un DBCA, con 3 repeticiones. La producción de granos fue determinada luego de madurez fisiológica por la cosecha de las plantas de los surcos centrales de cada parcela. El contenido de agua del suelo se midió a lo largo del ciclo hasta una profundidad de 120 cm por el método combinado: gravimétrico (0-10 cm de profundidad) y de atenuación de neutrones utilizando una sonda Troxler 103 A (Troxler Electronic Lab, NC). La evapotranspiración (ET) fue estimada como la suma de precipitación más riego más/menos la variación de almacenaje de agua, para cada intervalo de medición. La tasa de ET diaria fue estimada como la ET divido el tiempo transcurrido entre etapas vegetativas y en etapas críticas. La eficiencia en el uso del agua para producir granos (EUAg) se estimó como la relación entre el rendimiento en granos y el agua evapotranspirada durante todo el ciclo del cultivo. Los datos de precipitaciones fueron recolectados de la estación meteorológica de la EEA INTA Balcarce. Los efectos de los tratamientos fueron evaluados por ANVA con una significancia del 5 %, cuando hubo diferencias entre medias se utilizó el test LSD de mínima diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la ocurrencia de precipitaciones (Tabla 1) los experimentos se caracterizaron como: i) Exp.1, escasas durante etapas vegetativas y hasta mediados del mes de febrero (mes más crítico en la definición del rinde de soja) y ii) Exp.2, abundantes en etapas vegetativos y con leve déficit en febrero. El rendimiento del cultivo de soja sembrado a 70 cm de distancia entre hileras superó en un 12% al mismo cultivo distanciado a 35 cm en el Exp. 1, mientras que no hubo diferencias en el rinde en el Exp. 2 (Tabla 2). De manera similar, en diversos trabajos se observan aumentos del rendimiento en soja cuando se incrementó el espaciamiento del entresurco asociados con eventos de sequía (Taylor, 1980; Pedersen *et al*., 2002). El mayor rendimiento en DH70 en el Exp. 1 no se asoció con cambios en la ET acumulada durante el ciclo, mientras que se produjo un incremento en la EUAg (Tabla 1).

A su vez, una mayor EUAg en hileras anchas se relacionó con una mayor partición a estructuras reproductivas (Mujica *et al*., 2019), ya que la producción de biomasa se redujo en estos tratamientos.

La tasa de ET diaria en etapas vegetativas fue superior en el tratamiento DH35 en ambos experimentos ($p<0,05$), mientras que durante el período crítico solo hubo diferencias en tasa en el Exp.1 donde el déficit hídrico fue más pronunciado. Las mayores tasas de ETveg en el menor distanciamiento entre hileras se relacionaron con un mayor crecimiento temprano asociado a que los cultivos interceptaron mayor radiación en forma anticipada (Mujica, 2017). En una campaña con déficit temprano la mayor tasa de ETveg en hileras anchas condujo a una menor tasa de ET en etapas más críticas para la fijación de granos (Tabla 2). Por lo tanto, una mayor distancia entre surcos cuando ocurrió un estrés temprano y hasta mediados del PC evito caídas en el rendimiento del cultivo de soja, permitiendo transferir agua desde etapas tempranas a etapas más críticas.

Tabla 1. Precipitaciones (mm) acumuladas en los experimentos 1 y 2 y precipitación histórica para la localidad de Balcarce.

	Precipitaciones (mm)		
Mes	Exp.1	Exp.2	Histórico
Nov	81,3	83,8	69,6
Dic	10,5	104,7	99,4
Ene	77,6	82,0	101,2
Feb	136,9	65,7	76,3
Mar	52,5	81,3	61,3
Abr	81,8	51,3	45,9

Tabla 2. Rendimiento (kg ha^{-1}), evapotranspiración acumulada durante el ciclo del cultivo (ET; mm); eficiencia de use del agua para producción de granos (EUAg; kg ha^{-1} mm^{-1}); tasa de evapotranspiración en etapas vegetativas (ETveg; mm) y durante el período crítico (ETpc; mm), en los tratamientos de distanciamiento entre hileras de 35 cm (DH35) y de 70 cm (DH70) en los experimentos 1 y 2.

		Rendimiento kg ha^{-1}	ET mm	EUAg kg ha^{-1} mm^{-1}	Tasa ETveg mm $día^{-1}$	Tasa ETpc mm $día^{-1}$
Exp. 1	DH35	3632	428,4	8,5	3,6	4,7
	DH70	4128	419,6	9,8	3,2	5,1
		*	ns	*	*	*
Exp.2	DH35	3943	357,4	11,1	2,6	3,8
	DH70	3862	344,1	11,3	2,3	3,9
		ns	ns	ns	*	ns

* indica diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$); ns indica diferencias no significativas ($p>0,05$).

CONCLUSIONES

El rendimiento de un cultivo de soja aumenta junto con el distanciamiento entre hileras cuando ocurre déficit hídrico en etapas tempranas y hasta etapas críticas del cultivo. La ET de soja sembrada en distintos distanciamientos entre hileras fue similar, mientras que un mayor rendimiento en tratamientos con alta distanciamiento entre hileras se asoció principalmente con incrementos en el EUAg. La tasa de ETveg diaria se incrementó con el uso de hileras angostas en todos los casos, conduciendo a una reducción de la tasa de ETpc cuando la sequía fue más severa; mientras que el uso de hileras anchas permitió un uso conservador del agua en etapas vegetativas, y mantuvo altas tasas de ET en etapas críticas, las cuales se tradujeron en una mayor producción de granos.

REFERENCIAS

Aramburu Merlos, F.; Monzón, J.P.; Mercau, J.; Taboada, M.; Andrade, F.H.; Hall, A.; Jobbágy, A.; Cassman, K.; Grassini, P. 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. Field Crops Research 184:145-154.

Holshouser, D.L.; Whittaker, J. P. 2002. Plant population and row-spacing effects on early soybean production systems in the Mid-Atlantic USA. Agronomy Journal 94(3):603-611.

Mujica, H. 2017. Efecto del espaciamiento entre hileras sobre el agua disponible del suelo en un cultivo de soja. Tesis de grado: Ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Mar del Plata, Balcarce, Argentina.

Mujica H.; Nagore M.L.; Cambareri M.; Martínez D.R.; Pereyra Iraola M.M.; Bodega J.L.; Echarte L.2019. Efecto del espaciamiento entre hileras sobre el agua disponible del suelo en un cultivo de soja. Mercosoja. 4-5 sep 2019. Bolsa de Comercio de Rosario, Santa Fe, Argentina.

Passioura, J.B. 1996. Drought and drought tolerance. Plant Growth Regulation 20:79-83.

Pedersen, P.; Lauer, J. G. 2002. Influence of rotation sequence on the optimum corn and soybean plant population. Agronomy Journal 94(5): 968-974.

Reicosky, D.C.; Rowse, H.R.; Mason, W. K.; Taylor, H. M. 1982. Effect of irrigation and row spacing on soybean water use. Agronomy Journal 74(6):958-964.

Taylor, H.M. 1980. Soybean growth and yield as affected by row spacing and by seasonal water supply. Agronomy Journal 72(3):543-547.

¿EL CAMBIO DE USO DEL SUELO PUEDE INFLUENCIAR LAS TEMPERATURAS MICROAMBIENTALES? EL CASO DEL IBERÁ (CORRIENTES, ARGENTINA)

Rey Montoya*, T.S.[1], Fabrizio de Iorio, A.[2], Gallardo Lancho, J.F.[3]; Fernández López, C.[1]

[1]INTA Corrientes.Ruta 12, km 1008. 3416. El Sombrero, Corrientes, Argentina
[2]FAUBA. Av. San Martín 4453, C1417DSE, Buenos Aires, Argentina
[3]IRNASa, CSIC. C/ Cordel de Merinas, 40. 37008. Salamanca, España

***Contacto:** soledad.reymontoya@gmail.com

Palabras clave: microclima; forestales; pastizales

INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropogénicas (variabilidad externa; Farreras, 2014).

Los ecosistemas, según sus diferentes características, tendrán sensibilidades distintas a los impactos producidos sobre algunos parámetros (Lindner *et al*., 2010) y para cuantificarlas será necesario el uso de instrumentos específicos para registrar los cambios microclimáticos.

Desde abril de 2013 la Provincia de Corrientes, con el Convenio entre el Ministerio de la Producción y el INTA, gracias al fondo "Adaptación y resiliencia de la agricultura familiar del noreste de Argentina ante el impacto del cambio climático y su variabilidad" (www.ucar.gob.ar/index.php/fondo-de-adaptacion-para-el-cambio-climatico) mejoró y amplió la Red de Observatorios Agrometeorológicos; el Proyecto antes mencionado permitió también el desarrollo de prototipos de EMAs portátiles (Estaciones Meteorológicas Automáticas), denominados NIMBUS III, los cuales permiten obtener registros comparativos en distintos microclimas. De acuerdo con lo expuesto, el objetivo del trabajo fue analizar la variación del microclima tras el singular cambio de uso del suelo en sitios arenosos del Complejo Iberá.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se sitúa en el Departamento de Concepción (Corrientes, Argentina), el cual se halla dentro del Macrosistema Iberá, cuyos suelos se clasifican como Entisoles arenosos (*Psammaquents*) apoyados sobre paleosuelos. Para analizar la variación del microclima tras el cambio de uso del suelo se instalaron prototipos de EMAs, diseñadas y construidas en el Laboratorio de Sensores del Instituto de Clima y Agua (CIRN/INTA). Estas estaciones constan de: sensor de temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación por impacto y viento por ultrasonido; sonda registradora de temperatura, humedad y salinidad de suelo cada -10 cm hasta -1,2 m; la humedad la mide con sensores capacitivos; sensor de radiación global termopílico; Data-logger: El modelo corresponde al utilizado en las estaciones *Nimbus* de la red de estaciones meteorológicas de INTA; desarrollado por INTA (ICyA) y UTN (FR Avellaneda). Registra cada 10 min los datos generados por los sensores.

Los prototipos de las estaciones meteorológicas portátiles fueron calibrados *in situ* para las variables de humedad de suelo, tras ser instaladas bajo el dosel forestal y en campo natural. Los tratamientos analizados fueron: a) Forestal (PMP), Plantación de medio plazo (7 años) *Pinus* sp.; densidad arbórea de 608 plantas ha^{-1}, podadas a 5,4 metros de altura; b) Pastizal (TPN), Testigo pastizal natural; pajonales con predominio de especies de paja colorada (*Andropogon lateralis*), sectores dominados por paja amarilla (*Sorghastrum* sp.) y en combinación con especies herbáceas de menor porte (como pasto horqueta *Paspalum* sp., *Axonopus* sp.) entre las que se encuentran algunas leguminosas (como *Desmodium* sp., entre otras).Los datos obtenidos se analizaron con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al*., 2018).

RESULTADOS Y DISCUSION

Tomando los datos de la estación ubicada en la forestación en relación con el sitio testigo se detectó una diferencia significativa de temperaturas en el invierno, tanto para temperaturas medias, mínimas y máximas diarias del aire (Fig. 1, 2 y 3), en concomitancia con datos expresados por otros autores (Farreras, 2014).

El análisis de regresión lineal indicó un R^2 = 0,35; 0,30 y 0,52 para Tamb (Figura 1), Tamin (Figura 2) y Tamax (Figura 3), respectivamente, en la estación de invierno ($p < 0,05$); estos valores se consideran de bajo ajuste respecto a las otras estaciones con R^2 superiores a 0,80 ($p < 0,05$), lo que demuestra mayores diferencias de temperatura respecto a la situación testigo en la época invernal. Mediante la prueba LSD de Fisher ($p < 0,05$) se hallaron menores temperaturas los sitios PMP que en los TPN, con diferencias de 2,3-1,7 y 2,9 °C para las variables Tamb, Tamin y Tamax, respectivamente.

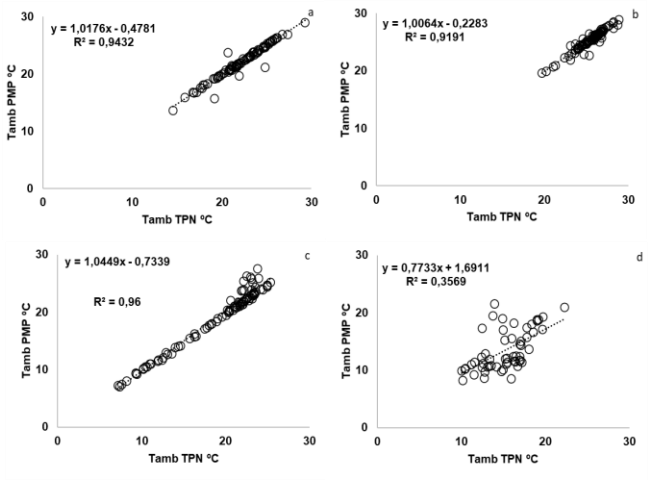


Figura 1. Relación entre la temperatura media diaria ambiental (Tamb) del sitio testigo (TPN) y del reforestado (PMP) en: a) Primavera, b) Verano, c) Otoño y d) Invierno.

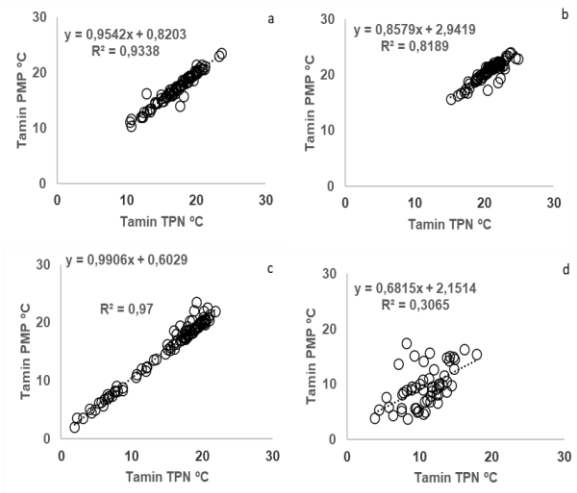


Figura 2. Relación entre la temperatura mínima diaria ambiente (Tamin) del sitio testigo (TPN) y de la forestación (PMP) en: a) Primavera, b) Verano, c) Otoño y d) Invierno

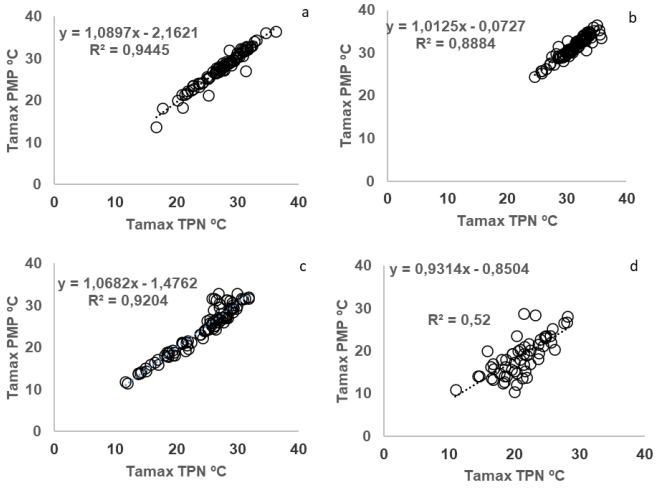


Figura 3. Relación entre la temperatura máxima diaria ambiente (Tamax) del sitio testigo (TPN) y de la forestación (PMP) en: a) Primavera, b) Verano, c) Otoño y d) Invierno

CONCLUSIÓN

Se concluye que el cambio de uso del suelo de pastizal a reforestado influye en las temperaturas extremas ambientales en invierno, siendo más bajas al repoblarse lo que eleva, consecuentemente, la humedad relativa ambiente. En las otras estaciones no se pudo corroborar que la implantación de coníferas actúe amortiguando las temperaturas ambientales.

REFERENCIAS

Di Rienzo, J.A.; Casanoves. F.; Balzarini. M.G.; González. L., Tablada, M.; Robledo, CW. 2018. Grupo InfoStat, InfoStat versión 2018. F.C.A., Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). U.R.L. www.infostat.com.ar.

Farreras, V. 2014. Valoración económica de los efectos de la presión antrópica sobre el piedemonte mendocino. Una aplicación de los experimentos de elección discreta. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO. 46: 113-133.

Lindner, M.; Maroschek, M.; Netherer, S.; Kremer, A.; Barbati, A.; García Gonzalo, J.; Seidl, R.; Delzon, S.; Corona, P.; Kolstrom, M.; Lexer, M.J.; Marchetti, M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Forest Ecology & Management 259: 698-709.

www.ucar.gob.ar/index.php/fondo-de-adaptacion-para-el-cambio-climatico/2128-adaptacion-al-cambio-climatico-se-desarrollan-nuevas-estaciones-agrometeorologicas-portatiles.

Área Temática 3

Instrumental, Redes de Observación y Servicios Agroclimáticos

MÓDULO DE REGISTRO BASADO EN ARDUINO

Aguilera*, R.B.[1]; Serú, A.O.[2]; Flores Sterba, C.A.[1,3]; Caretta, A.I.[1], Lobato, I.J.[1]; Santander, V.[1]; Cerezo, M.M.[1]; Laguna Solar, R.L.[1]; Aranda M.V.[1]; Berrino, A.[1]; Fernandez, M.[1]

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

[2] *Escuela de Comercio Martín Zapata, Universidad Nacional de Cuyo, Pedro Molina y Perú, Ciudad de Mendoza, CP 5500, Argentina*

[3] *Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza (ISCAMEN), Boulogne Sur Mer 3050, Ciudad de Mendoza, CP 5500, Argentina*

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

Palabras clave: hardware libre; datos; agrometeorología

INTRODUCCIÓN

En la agrometeorología, sobre todo de la región de Cuyo con una agricultura de tipo intensiva, es importante contar con información meteorológica entre zonas cercanas para hacer un manejo del cultivo. Esto implica uso de instrumental costoso para automatizar el registro y aumentar la frecuencia de observaciones. El registro de datos propio no solo sirve para la planificación de una producción agropecuaria sino también para la investigación aplicada o pura, y posterior enseñanza en la Agroclimatología. Desde la década pasada la llegada de Arduino, irrumpió en la electrónica low cost permitiendo variadas experiencias en educación (Barbosa *et al*., 2018). Cada año, se publican numerosos artículos en diferentes conferencias y revistas de educación en ingeniería que informan sobre la integración de Arduino en la enseñanza (El-Abd, 2017). Arduino es una plataforma de hardware y software libre creada en 2005, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares (Lledó Sanchez, 2012). El software de Arduino es de fácil uso para principiantes y lo suficientemente flexible como para ser manejado por usuarios experimentados (Larrea Broch, 2017).

El presente trabajo tiene como finalidad presentar un módulo registrador de variables meteorológicas a campo a partir de la tecnología Arduino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los componentes principales del módulo de registro fueron una placa Arduino Nano con un microcontrolador de 8 bits ATmega328P-AU y reloj de 16MHz; un escudo de expansión compatible para facilitar la conexión de sensores y módulos y un módulo Bluetooth HC-05 con las especificaciones del estándar Bluetooth 2.0. Las variables a medir son la temperatura y humedad relativa del aire, mediante el sensor DHT22, temperatura del suelo a dos profundidades con sensores DS18B20, nivel de luz por medio de una fotoresistencia LDR GL5539 (dispositivo cuya resistencia varía con el nivel de luz recibido).

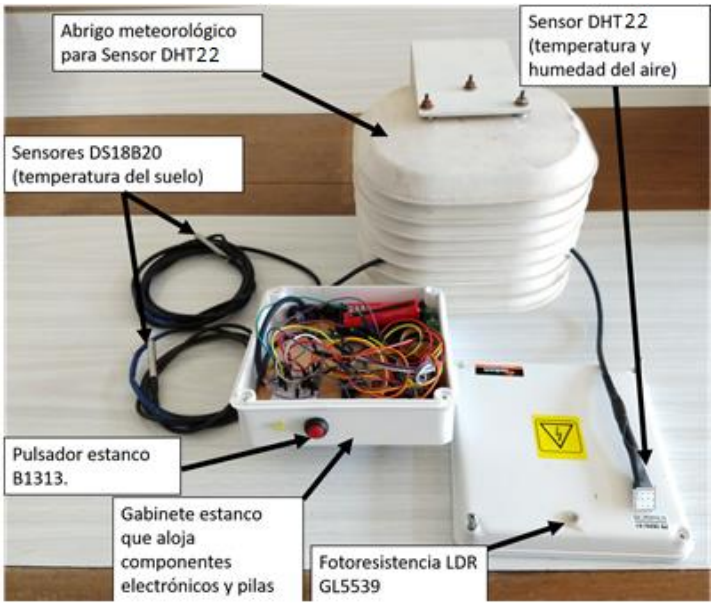
Los datos se almacenan mediante una tarjeta de interfaz utilizando una memoria micro SD y a su vez también pueden ser recuperados desde un teléfono inteligente que cuente con tecnología Bluetooth 2.0 o superior y una aplicación de terminal Bluetooth. A partir de un botón reset ubicado en el exterior de la caja junto con un led se sincroniza al módulo bluetooth para la descarga de datos en formato *.csv*. El circuito prototipo se ubicó en una caja estanca 165x165x67 mm (IP 65).

El sensor de temperatura y humedad relativa del aire se aloja en un abrigo meteorológico "Davis 7714 Weather Radiation Shield". Los sensores de temperatura de suelo ya vienen encapsulados y son resistentes al agua. La conexión de los sensores con el módulo controlador se ha logrado mediante cables de audio estéreo, mallado, adecuado a los factores ambientales del contexto. La alimentación se logró mediante dos baterías recargables de litio modelo 18650.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta instancia se ha logrado el desarrollo del prototipo final, resultado de un proceso artesanal de construcción que implica soldadura de los componentes y uso de cables de prototipado. Esto dificulta la escalabilidad del proceso. Se ha logrado el almacenaje de los datos medidos en la tarjeta de memoria y su consulta vía Bluetooth.

El uso de la plataforma Arduino ha permitido el desarrollo de un módulo de medición diseñado según la necesidad del medio a un precio económico en comparación de otros aparatos comerciales. A su vez, el uso de tecnologías de hardware y software libre ha sido un impulsor del trabajo colaborativo y ha posibilitado afianzar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC).



Descarga de datos modular1: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
id,0001,29/6/2020,8:14:15,luz(%),0,t_amb(C),7.60,h_amb(%),68.00,t_s-1(C),6.81,t_s-2(C),5.00;
id,0001,29/6/2020,8:30:29,luz(%),26,t_amb(C),7.60,h_amb(%),69.00,t_s-1(C),6.88,t_s-2(C),5.25;
id,0001,29/6/2020,8:46:42,luz(%),49,t_amb(C),7.70,h_amb(%),68.00,t_s-1(C),7.13,t_s-2(C),5.50;
id,0001,29/6/2020,9:2:56,luz(%),68,t_amb(C),7.90,h_amb(%),68.00,t_s-1(C),7.25,t_s-2(C),5.50;
id,0001,29/6/2020,9:19:9,luz(%),79,t_amb(C),8.10,h_amb(%),68.00,t_s-1(C),7.25,t_s-2(C),5.50;
id,0001,29/6/2020,9:35:22,luz(%),83,t_amb(C),8.00,h_amb(%),68.00,t_s-1(C),7.25,t_s-2(C),5.75;
id,0001,29/6/2020,9:51:36,luz(%),85,t_amb(C),8.00,h_amb(%),67.00,t_s-1(C),7.38,t_s-2(C),6.00;
id,0001,29/6/2020,10:1:3,luz(%),88,t_amb(C),8.00,h_amb(%),68.00,t_s-1(C),7.69,t_s-2(C),6.25;
```

Figura 1. Arriba: Módulo de medición de variables agrometeorológicas. Gabinete estanco con los componentes electrónicos y abrigo meteorológico para resguardar el sensor DHT22. Abajo: Archivo de descarga de datos.

CONCLUSIONES

El uso de esta tecnología de hardware y software libres ha permitido que docentes y estudiantes, sin conocimientos previos de electrónica, puedan desarrollar su propio prototipo de medición según sus necesidades a un precio accesible. Esto posibilitará realizar monitoreos y descargar los datos por medio de Bluetooth. Debido a su menor costo, permitirá tener un mayor número de puntos de medición a campo, posibilitando el estudio de variabilidad local. Así se presenta una solución a una necesidad concreta del medio.

El paso siguiente será, en primer lugar, la validación de estos módulos en laboratorio y a campo (interrumpido por las medidas de aislamiento social debidas al COVID-19). Además, está en proceso de diseño la versión "Printed Circuit Board" (PCB) o Placa de Circuito Impreso del prototipo final para estandarizar el proceso de construcción, como así también, utilizar tecnología que permita la comunicación de los sensores y crear un sistema web para la visualización y administración del sistema.

AGRADECIMIENTOS

El prototipo se realizó en el marco del proyecto A105 SIIP 2019-2021 de la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado UNCuyo. Se agradece la participación del taller de robótica de la Escuela de Comercio Martín Zapata y al ISCAMEN por proveer el abrigo meteorológico.

REFERENCIAS

Barbosa, M.; Torres, M.; Moreira, P.; Magalhaes, S.; Coelho, L.; Mourão, L. 2018. Dew point humidity sensor for instrumentation engineering classes. En 3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education, 2018, Aveiro, Portugal.

El-Abd, M. 2017. A Review of Embedded Systems Education in the Arduino Age: Lessons Learned and Future Directions. International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP) 7:79-93.

Larrea Broch, A.C. 2017. Registrador de datos de bajo coste y acceso remoto. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Lledó Sánchez, E. 2012. Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino. Tesis de maestría. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

VALIDACIÓN DE DATOS DE PRECIPITACIÓN ESTIMADOS CON ERA5 EN 6 DEPARTAMENTOS DE LA REGIÓN CENTRO NORTE PAMPEANA

Barberis*, J.G.[1]; Barrucand, M.[2,3]; Kantolic, A[1].

[1] *Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, CP 1417, Argentina*
[2] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, CP 1427, Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, CP 1425, Argentina*

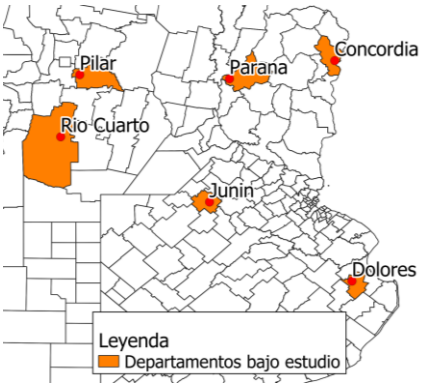
***Contacto:** barberis@agro.uba.ar

Palabras clave: lluvia; datos horarios; re-análisis

INTRODUCCIÓN

Las precipitaciones son las principales limitantes de la producción agropecuaria de secano, condicionando la adaptabilidad de los cultivos y sus rendimientos. La forma tradicional de realizar los estudios de precipitación es a partir de los registros de pluviómetros ubicados en estaciones meteorológicas terrestres pero, aunque se cuenta con una extensa red de estaciones meteorológicas (de tipo convencionales y más recientemente automáticas) que pueden proveer de dicha información, su distribución no es homogénea y muchas presentan datos faltantes. Alternativamente, se cuenta con bases de datos que combinan observaciones con modelos numéricos (datos de re-análisis), de múltiples variables climáticas a escala global, con distintas resoluciones espaciales y temporales. Estos datos presentan dificultades en la representación de la precipitación, por lo que se hace necesario conocer las limitaciones de estos productos para que puedan ser usados en forma adecuada. Los datos de re-análisis ERA5 (Hersbach *et al*, 2020) constituyen un producto de reciente desarrollo, que incorpora varias mejoras respecto de sus predecesores. Son de cobertura global con una resolución espacial de 31 km y, en el caso de la precipitación, con una resolución temporal horaria. En función de la potencialidad de uso de estos datos, el objetivo de este trabajo fue el de validar las estimaciones de precipitación derivadas de ERA5 en 6 localidades (departamentos) de la región centro norte pampeana.

MATERIALES Y MÉTODOS



Se trabajó con datos de precipitación diaria de 6 estaciones meteorológicas convencionales del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) ubicadas en la porción centro y norte de la Región Pampeana, para el periodo enero de 2000 a diciembre de 2018 (Figura1). Los días con faltante de datos no fueron tenidos en cuenta. Se utilizaron datos de precipitaciones diarias de la base ERA5 (que poseen una integración de 0 a 23:59 UTC) de los pixeles correspondientes a cada estación meteorológica convencional. Se trabajó también con datos de precipitación derivados de productos ERA5 horarios que fueron integrados entre las 12 hs UTC y las 11:59hs UTC del día siguiente (ERA5H), a fin de que coincidan con la medición diaria de precipitación de las estaciones meteorológicas analizadas en el presente estudio (9:00 hora local).

Figura 1. Localización de los departamentos (partidos) con las estaciones analizadas durante 2000-2018.

Las series de datos observados y de re-análisis fueron comparadas a través de distintos coeficientes estadísticos: la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE), el sesgo (BIAS) y el coeficiente de correlación (CORR). Se calcularon los coeficientes estadísticos categóricos que miden la correspondencia entre la ocurrencia de precipitación estimada y observada para los umbrales de 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20 y 50 mm, clasificando en acierto (A) si la precipitación observada y estimada está por encima del umbral; sorpresa (S) que corresponde a la precipitación observada por encima del umbral y estimada por debajo; y falsa alarma (F) que corresponde a la precipitación estimada por encima del umbral y observada por debajo. A partir de estos datos se calcularon los índices: Bias Score BIASS (la relación entre la cantidad de eventos de precipitación estimada y observada), Equitable Threat Score ETS (fracción de eventos observados que se estimaron correctamente; se penalizan sorpresas y falsas alarmas), Probabilidad de detección POD (fracción de eventos estimados correctamente, sensible a los aciertos, pero ignora falsas alarmas), Relación de Falsas Alarmas FAR (fracción de eventos estimados que en realidad no ocurrieron). Para estimaciones perfectas, BIASS, ETS y POD valen 1, mientras que FAR vale 0 (WWRP/WGNE, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al contrastar el promedio anual de precipitaciones observadas con estimaciones con ERA5 para el total del periodo (1 enero-2000 a 31 de diciembre-2018) se encontró que los datos ERA5 subestimaron la precipitación anual entre un 3% y un 18%, según la estación meteorológica considerada. Se evidenció una mejor representación de la precipitación diaria mediante las series derivadas de ERA5H, que tuvieron menor RMSE y mayor CORR que las estimadas con ERA5 (Tabla 1). El sesgo, en el que los errores de signo contrario se compensan fue igual y negativo en ambos casos, debido a la subestimación en todas las estaciones.

Tabla 1. Correspondencia entre precipitación diaria estimada por ERA5 y ERA5H y observada en estaciones meteorológicas. RMSE (mm), BIAS (mm) y CORR calculados en base a días con precipitación. Período 2000-2018.

	RMSE		BIAS		CORR	
Estaciones	ERA5H	ERA5	ERA5H	ERA5	ERA5H	ERA5
Concordia	9,45	12,33	-0,453	-0,453	0,686	0,439
Paraná	9,04	11,65	-0,264	-0,264	0,618	0,360
Río Cuarto	6,02	7,68	-0,401	-0,402	0,611	0,313
Pilar	5,78	7,59	-0,062	-0,062	0,631	0,333
Dolores	6,33	8,86	-0,178	-0,178	0,704	0,400
Junín	7,75	10,49	-0,474	-0,474	0,679	0,383

En todas las estaciones meteorológicas se encontró que el error de estimación varió según la intensidad (el umbral) de precipitación (Figura 2). A bajos umbrales (0,5 y 1 mm), el índice BIAS SCORE presentó valores superiores a 1, indicando una sobreestimación. Para valores entre 2 mm y 15 mm, presentó valores cercanos a 1, y para mayores umbrales, con límite de 50 mm, se encontraron valores inferiores a 1, indicando una subestimación. Un resultado similar al descripto fue encontrado por Salio *et al.* (2015), analizando un período de 2 años en productos derivados de información satelital de la misión TRMM. Se observa que los índices ETS y POD disminuyen cuando se evalúan valores de precipitación más intensa, mientras que FAR aumenta, especialmente para valores mayores a 20 mm en las estaciones Junín, Paraná y Río Cuarto. Estos índices coinciden en las limitaciones en la representación de los mayores umbrales de precipitación.

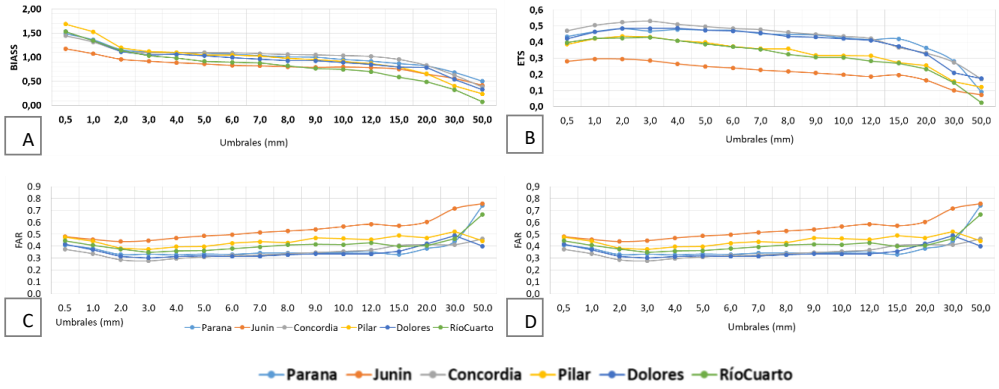


Figura 2. A) Bias Score (BIASS), B) Equitable Threat Score (ETS), C) Probabilidad de detección (POD) y D) Relación de Falsas Alarmas (FAR) considerando datos observados y estimados por ERA5H para las distintas estaciones meteorológicas. Período 2000-2018.

CONCLUSIONES

Los datos de precipitación ERA5 subestiman entre un 3% y 18% la precipitación anual en las estaciones de la Pampa Húmeda analizadas. Esta subestimación está dada principalmente por las dificultades en representar los valores mayores de precipitación. No ocurre lo mismo con los bajos umbrales, para los cuales se observa una sobreestimación. La precipitación observada fue mejor representada por las series ERA5H, que integra datos horarios en concordancia con el horario de observación de las estaciones meteorológicas argentinas. Se espera en el futuro ampliar el análisis a una mayor cantidad de estaciones y otro tipo de estimadores.

AGRADECIMIENTOS

SMN, CONICET PIP 0137 y UBACyT 2018 20020170100357BA

REFERENCIAS

Salio, P.; Houbouchian, M.; Skabar, Y.; Vila, D. 2015. Evaluation of high-resolution satellite precipitation estimates over southern South America using a dense rain gouge network. Atmospheric Research 163:146-161.

Hersbach, H., Bell, B.; Berrisford, P, Hirahara, S., y co-autores. 2020. The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society https://doi.org/10.1002/qj.3803

WWRP/WGNE Joint Working Group on Forecast Verification Research. 2017 Forecast Verification methods Across Time and Space Scales. https://www.cawcr.gov.au/projects/verification/

CARACTERIZACIÓN DEL FENÓMENO DE INVERSIÓN TÉRMICA EN ZAVALLA, SANTA FE

Barbero*, S.; Doval, T.; Kissling, M.; Lorenzatti, T.; Pensato, L.; Rodríguez, A.; Yurun, V.; Jozami, E.; Coronel, A.

Cátedra de Climatología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Campo Experimental Villarino CC Nº 14, (S2125ZAA) Zavalla, Santa Fe, Argentina

***Contacto:** sachabarbero@gmail.com

Palabras clave: temperatura; altura; datalogger

INTRODUCCIÓN

La inversión térmica (IT) es un fenómeno natural que se caracteriza por un cambio en un determinado estrato de la tendencia normal del aire a enfriarse con la altitud. Cuando existe IT, la temperatura aumenta con la altitud ya sea desde la superficie o a partir de cierta altura.

Los parámetros que caracterizan una IT son el espesor de la capa de inversión, la intensidad de la IT, la temperatura y la hora de ruptura. El espesor es la diferencia de altura entre la cima o tope de la IT y su base; la intensidad es definida por algunos autores como la diferencia de temperaturas (en grados Celsius) de la cima y de la base, la temperatura de ruptura (TR) es el valor que se requiere alcanzar en la base de la IT, para que se produzca la ruptura de la IT y la hora de ruptura (h) es el instante en que se alcanza la temperatura de ruptura (García *et al.*, 2006). En base a los pronósticos de temperatura, se puede estimar el horario en que se alcanzará la TR y, por consiguiente, la h estimando de esta forma los patrones de dispersión de los contaminantes presentes en el aire (García *et al*., 2006).

Se observa una falta de información de la IT para el uso agronómico, ya que todos los trabajos realizados están orientados a la contaminación del aire y agua subterránea. Debido a esta carencia de datos, no se tienen en cuenta los recaudos necesarios al efectuar una pulverización, viéndose afectada la calidad de la aplicación de fitosanitarios, disminuyendo la eficacia de la misma. El objetivo de este trabajo fue analizar el comportamiento de la IT en la localidad de Zavalla, durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de datalogger HOBO pro v2, se obtuvieron las temperaturas horarias del aire (T) en las alturas: 0,1 m ($T_{0,1}$), 1,5 m ($T_{1,5}$), 5 m (T_5) y 10 m (T_{10}), del 7 de marzo de 2018 al 31 de marzo de 2019, en el predio de la estación agrometeorológica de Zavalla (33º2´S, 60º53´W). Se seleccionaron los meses de enero, abril, julio y octubre, para representar las características de IT de verano, otoño, invierno y primavera respectivamente. Se evaluaron tres capas de la atmósfera: estrato inferior (EI) 0,1 – 1,5 m, estrato medio (EM) 1,5 – 5 m y estrato superior (ES) 5 – 10 m. A partir de los datos de T, se determinaron para cada mes y cada capa: a) cantidad de días con IT; b) intensidad media y máxima de IT (en este trabajo se define intensidad de IT: diferencia entre la temperatura en la cima de la inversión y la temperatura en la base de la misma, dividida por el espesor de la capa de inversión); c) promedio horario de la intensidad de IT; d) los horarios promedio de inicio y fin de este fenómeno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Zavalla, la IT es un fenómeno que ocurre en forma continua en los cuatro meses analizados, y en las tres capas estudiadas (Tabla 1). En cuanto a la intensidad de la IT, los máximos valores se determinaron para el mes de octubre, mes del año en que se realizan muchas aplicaciones de herbicidas previo a la siembra de los cultivos de verano. Lo encontrado para Zavalla no coincide con lo hallado para Pergamino por Leiva *et al*. (2010), ya que en Pergamino las mayores intensidades se determinaron en los meses de otoño-invierno. Los máximos valores de intensidad de IT se dan en el EI y en el mes de octubre alcanzándose hasta 5,3 °C/m como gradiente.

En todos los meses, la IT comienza antes y finaliza después en el EI (Figura 1). Esto se debe a que se produce un enfriamiento de la superficie del suelo produciendo las mayores diferencias de temperaturas entre la base y el tope justamente en este estrato. La IT se extiende luego al resto de las capas, siendo en promedio el horario de comienzo de la IT en el EI a las 18 horas. La hora de inicio de IT presenta un retraso de una a dos horas en las capas superiores a excepción del mes de julio en el cual ocurren en el mismo horario en los tres estratos y con un máximo desfasaje (2 horas) en el mes de enero.

Tabla 1. Cantidad de días con IT intensidad media de IT y valor máximo de IT, para cada mes y capa.

Mes	Enero			Abril			Julio			Octubre		
	Días	Intensidad (°C/m)		Días	Intensidad (°C/m)		Días	Intensidad (°C/m)		Días	Intensidad (°C/m)	
Capa (m)		Media	Máxima		Media	Máxima		Media	Máxima		Media	Máxima
0,1-1,5	31	0,6	3,1	30	0,6	2,7	31	0,8	4,3	31	1,0	5,3
1,5-5	31	0,2	1,1	30	0,2	1,0	31	0,2	1,3	31	0,3	1,4
5-10	31	0,1	0,5	30	0,1	0,4	30	0,1	0,5	31	0,1	0,6

El horario de finalización presenta mayor variabilidad entre estratos en enero (2 horas de diferencia entre ES y EI). Este horario en el EI ocurre aproximadamente 1 hora antes en los meses de octubre y enero (a las 9 horas) respecto a los otros dos meses. Ello genera que en estos meses la duración de la IT sea menor. Estos resultados coinciden con lo encontrado en Pergamino (Leiva *et al*., 2010). En la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR, generalmente las aplicaciones de fitosanitarios se realizan por la mañana, de manera que la información obtenida es muy relevante ya que muestra que hay días en que la IT finaliza después de las 10. Por ello sería recomendable monitorear el fenómeno de IT para dar inicio a las aplicaciones luego de finalizada la misma. Esto debe balancearse con el problema que conlleva pulverizar en horas de elevada temperatura que acontecen luego del mediodía.

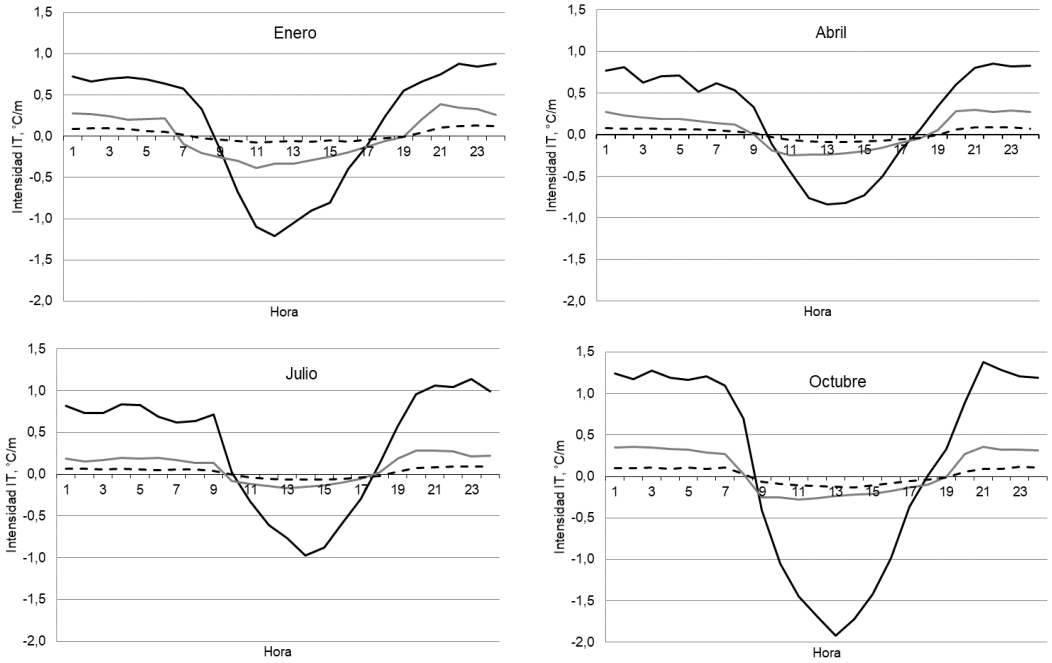


Figura 1. Evolución horaria promedio de las intensidades de IT en las tres capas para cada mes analizado. Capas: 0,1-1,5 m (línea negra); 1,5-5 m (línea gris); 5-10 m (línea cortada).

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados aportan información de un fenómeno atmosférico, la IT, del cual hay muy poca bibliografía en nuestro país en general y de Zavalla en particular. Los análisis demostraron que, para los meses estudiados, durante todos los días y en todas las capas ocurre IT, siendo los mayores valores de IT en la capa 0,10 –1,5 m, que es la más cercana al suelo. Asimismo, en el mes de octubre en las tres capas se dieron los valores más elevados de intensidad de IT. Resulta conveniente repetir el estudio para otros años, a fin de establecer una climatología del fenómeno de IT en la localidad de Zavalla.

REFERENCIAS

García, M.; Ramírez, H.; Ulloa, H.; Arias, S.; Pérez, A. 2012. Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Guadalajara (México). Revista Investigaciones Geográficas 58:09-29.

Leiva, P.D.; Améndola, C.; Hernandorena, C. 2014. Caracterización del fenómeno Inversión Térmica para el partido de Pergamino (BA)-Argentina, año 2011. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/caracterizacion-fenomeno-inversion-termica-t31315.htm>, Consultado 20/06/2020.

LAS PRECIPITACIONES ANUALES MEDIAS DE LA ARGENTINA PARA EL PERÍODO 2010-2019 Y SUS ANOMALÍAS RESPECTO DE LAS NORMALES CLIMATOLÓGICAS

Barnatán*, I.E.[1,2]; Faroni, A.P.[1]; Hurtado, R.H.[3]

[1] *Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas FAUBA, Av. San Martín 4453 (C1417DSE) CABA, Argentina*
[2] *Servicio Meteorológico Nacional, Av. Dorrego 4019 (C1425GBE) CABA, Argentina*
[3] *Cátedra de Agrometeorología FCA-UNJu, Alberdi 47 (Y4600DTA) San Salvador de Jujuy, Argentina*

***Contacto:** barnatan@agro.uba.ar

Palabras clave: lluvias; diferencias

INTRODUCCIÓN

La precipitación es uno de los elementos climáticos de mayor influencia sobre los sistemas biológicos, sean naturales o productivos. Su ritmo temporal y su distribución espacial condicionan, entre otros muchos aspectos los ciclos agrícolas y la distribución de especies vegetales y animales. Influyen también sobre la economía de una región determinando los rendimientos de los cultivos, así como situaciones extremas de sequías e inundaciones (Hurtado, 2011). La variabilidad de este elemento es el rasgo que mejor la define y adquiere especial relevancia en los climas oceánicos. Es tanto temporal como espacial y está relacionada con la dinámica general de la atmósfera (Carnelos *et al.*, 2006).

Si bien los valores anuales de precipitación han tenido una tendencia creciente en las últimas décadas, en el centro y noreste de Argentina (Castañeda y Barros, 1994; Barros *et al.*, 2000) es importante corroborar si en estos últimos años se manifiesta una tendencia continua y sostenida. La anomalía porcentual de la precipitación es un buen indicador del comportamiento de la precipitación en un determinado período y lugar. Es un parámetro que mide la desviación en porcentaje de la precipitación en un período a analizar, respecto del valor medio histórico.

El objetivo del presente trabajo es analizar si los promedios de la última década presentan diferencias respecto de las normales climatológicas anuales del período 1971- 2000.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se calcularon para el período 2010-2019 las precipitaciones mensuales y anuales medias de 113 estaciones de la República Argentina, de las cuales 104 pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) o tiene convenio con el organismo y 9 al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

A continuación, se determinaron las diferencias entre el periodo 2010-2019 y el período 1971-2000 obtenidos para la confección del Atlas (Murphy *et al.*, 2008) como así también el porcentaje de anomalía respecto de la normal climatológica, de 89 estaciones que contenían información en ambos períodos.

Se confeccionaron los mapas para la Argentina a través del método Kriging, del Surfer 8.0 (Golden Software Inc.). Para descartar el error cometido al considerar el efecto de la altitud, se consideró además como límite de trazado, la isohipsa de 1000 metros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observan las precipitaciones anuales medias del período 2010-2019. Las isoyetas presentan una disposición noroeste-sudeste en la región pampeana. En la región mesopotámica también aparece el aumento de oeste a este, pero con una disposición meridional, siendo el máximo mayor a 1600 mm en Misiones, en concordancia al análisis realizado por Carnelos *et al.* (2006). Este patrón se altera en las áreas cercanas de la cordillera centro-norte. Al sur de 40º de latitud, las precipitaciones anuales son mucho menores. Incluso se puede observar que en Santa Cruz son inferiores a 200 mm y abarcan una gran parte de la provincia. Al noreste de Chubut también se observan valores menores a 200 mm.

En la Figura 2 se pueden apreciar las diferencias entre los valores del periodo 2010-2019 y las normales climatológicas 1971-2000. Se observa que en los últimos 10 años hubo un aumento considerable en la Mesopotamia de hasta 200 mm y algo menor en el este de Buenos Aires, al igual que lo demostrado en el informe de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2014). Otra anomalía puede verse en el norte de Córdoba, sur de Santiago del Estero, este de La Rioja y Catamarca y este de Salta con una disminución de hasta 100 mm. En las provincias de Cuyo, Chaco y Formosa, así como en la Patagonia no se ven anomalías sustanciales, al menos en términos absolutos.

En la Figura 3 los valores de anomalías porcentuales muestran una disminución de más del 10% en el norte de Córdoba; y hasta un 20% de aumento en zonas de la Mesopotamia, principalmente en el sudeste de Entre Ríos donde superó ese valor. La causa de este aumento se pudo deber a varios eventos débiles de “El Niño” de esta década y principalmente al evento fuerte del 2015-2016, evidenciado por Brizuela *et al.* (2016), donde

las precipitaciones alcanzadas superaron la media más el 30%. En regiones donde no se encontraban anomalías elevadas en la Figura 2, dado que los totales son muy pequeños, observándolas con la anomalía porcentual adquieren relevancia. Es el caso del este de San Juan con valores superiores al 10% y los Andes patagónicos en una zona amplia con más de un 10% de disminución, también evidenciada en el informe de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2014), al igual que Ushuaia.

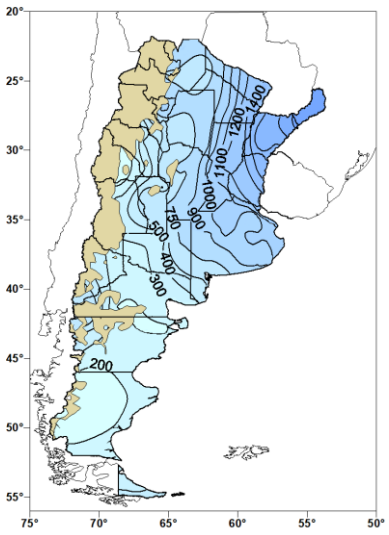


Figura 1. Precipitación anual media (mm) 2010-2019

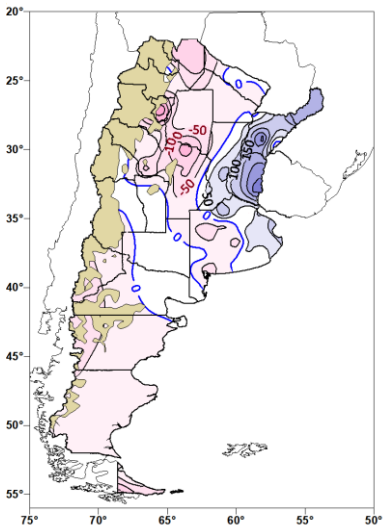


Figura 2. Anomalía de la precipitación anual media (mm) respecto de 1971-2000

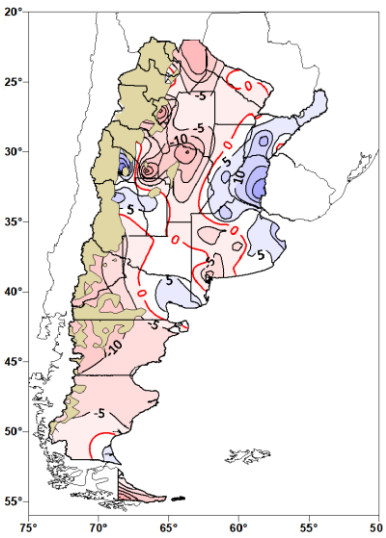


Figura 3. Anomalía porcentual (%) de la precipitación anual media respecto de 1971-2000

CONCLUSIONES

Las precipitaciones anuales medias del período 2010-2019 mantienen en general el patrón de isoyetas observado en las normales 1971-2000. En la Patagonia este patrón es diferente y los valores son mucho menores llegando a totales anuales menores de 200 mm en gran parte de Santa Cruz. Al considerar las anomalías se ven claramente dos regiones con valores elevados, una al norte de Córdoba y este de Catamarca y La Rioja con una disminución anual de hasta 100 mm y otra en la Mesopotamia y este de Buenos Aires cuya anomalía máxima supera los 200 mm. La situación se ve diferente si se analizan las anomalías porcentuales. A los extremos antes observados deben agregarse el este de San Juan con valores superiores al 10% y una amplia región en los Andes patagónicos con disminuciones de más del 10%.

REFERENCIAS

Barros, V.; Castañeda, M.E.; Doyle, M. 2000. Tendencias recientes de las precipitaciones en el sur de América del Sur al este de los Andes: una indicación de la variabilidad climática. En: Smolka P., Volkheimer W. (eds.) Paleo y neoclimas del hemisferio sur. Springer, Berlín, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-59694-0_13

Brizuela, A.; Befart, L.; Aguirre, C. 2016. Análisis de la precipitación en Argentina, en función del índice oceánico El Niño, con énfasis en el evento 2015-2016 en Entre Ríos. XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología, 2016, Puerto Madryn, Argentina.

Carnelos, D.; Vich, H.; Billiet, D.; Faroni, A.P.; Hurtado, R.H.; Spescha L. 2006. Las precipitaciones medias anuales en el periodo 2001-2005. XI Reunión Argentina de Agrometeorología, 2006, La Plata, Argentina.

Castañeda, M.E.; Barros, V. 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasil 1994. Actas Volumen 1:207-211.

Hurtado, R.H., 2011. Precipitación. En: Ciclo del agua. G.M. Murphy y R.H. Hurtado (eds). Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía-UBA. CABA, Argentina. 440 pp.

Murphy G.; Hurtado R.; Fernández Long, M.E.; Serio, L.; Faroni, P.A.; Maio, S.; Spescha, L.; Barnatán, I. 2008. Atlas Agroclimático de la Argentina. Editorial Facultad de Agronomía (UBA). ISBN 978-950-29-1066-6. 160 pp.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. 2014. "Cambio Climático en Argentina; Tendencias y Proyecciones". Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

ES IGUAL, PERO NO ES LO MISMO: ESTANDARIZACIÓN DE SENSORES DIELÉCTRICOS DE HUMEDAD DEL SUELO

Covi*, M.; Merino, R.; Curto, L.

Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Av. Intendente Güiraldes 2160, CABA (C1428EGA), Argentina

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

Palabras clave: errores de medición; intercomparación de sensores; contenido de agua del suelo; consumo de agua

INTRODUCCIÓN

La humedad del suelo es una variable de suma importancia, tanto para el crecimiento y producción de los cultivos, como para la dinámica del sistema climático. Es necesario disponer de sensores de humedad del suelo que permitan realizar mediciones continuas, no destructivas y confiables, ya sea para su uso directo como para ajustar y validar modelos de cultivos y meteorológicos (Curto *et al.*, 2016). Los sensores diélectricos han ganado terreno al satisfacer la mayoría de estas necesidades (Fares y Polyakov, 2006). Sin embargo, aparte de la humedad del suelo, su medición depende de un conjunto complejo de factores asociados al medio a medir, y también de las características propias del sensor.

La mayoría de los fabricantes incorporan a sus sensores curvas de calibración estándar, no específicas para cada sensor particular. Sin embargo, desde el mismo proceso de fabricación, pueden existir ligeras diferencias de comportamiento entre sensores que, a priori, se consideran intercambiables. La estandarización es una transformación de la señal obtenida por cada sensor, utilizando dos puntos fijos conocidos como patrones: las señales asociadas al aire y agua. Pocos fabricantes recomiendan la estandarización de los sensores dieléctricos, siendo algunos sensores capacitivos las principales excepciones (Paltineanu y Starr, 1997).

El objetivo de este trabajo es caracterizar los errores de medición de un sensor de humedad del suelo en condiciones de referencia, y analizar su impacto potencial sobre las mediciones de humedad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cinco sensores de humedad de suelo dieléctricos (Stevens Hydra Probe, Stevens Water Monitoring Systems Inc., Portland, OR, USA) configurados para realizar una medición cada 30 s. Los mismos se conectaron a un datalogger (Campbell CR3000, Campbell Scientific Inc., Logan, UT, USA). Estos sensores proveen valores de la componente real de la constante dieléctrica del medio medido ($\varepsilon'_{r,k}$), la cual depende de la humedad del suelo. Para las mediciones en aire se dispuso a los sensores en un laboratorio, colgando de un bastidor. Para las mediciones en agua destilada se los sostuvo del mismo bastidor y se los sumergió en un vaso de precipitado de plástico (de 2 litros de capacidad), colocado a su vez dentro de un baño de agua corriente.

La estandarización consistió en transformar linealmente la escala de ε'_r utilizando los valores correspondientes a aire ($\varepsilon'_{r,a}$) y agua destilada ($\varepsilon'_{r,w}$):

$$\varepsilon'_{r,est} = \frac{\varepsilon\prime_r - \varepsilon\prime_{r,a}}{\varepsilon\prime_{r,w} - \varepsilon\prime_{r,a}} \qquad (1)$$

Por definición, la estandarización asegura una homogeneidad en la respuesta de los distintos sensores para las mediciones en aire y agua destilada, que son los valores extremos de la escala. Para estimar la humedad de suelo volumétrica θ se utilizó una curva usual de calibración ε'_r-θ (Bellingham, 2007; Figura 1a). Los errores $e(\theta)$ se definieron como la diferencia entre el valor de θ que se obtendría a partir del $\varepsilon'_{r,k}$ medido directamente con el sensor, respecto del valor de θ obtenido con el ε'_r de referencia. Se estandarizó ε'_r y luego se revirtió la estandarización, utilizando los valores propios de cada sensor para aire ($\varepsilon'_{r,a,k}$) y agua ($\varepsilon'_{r,w,k}$). Se asumió que los errores en la constante dieléctrica estandarizada para cada sensor variaban linealmente entre ellos. También se estimaron numéricamente las variaciones $\partial\theta_k/\partial\theta$ para cada sensor respecto de los valores de referencia, indicando una medida de la respuesta percibida por el sensor de los cambios de humedad del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los sensores sobrestimaron $\varepsilon'_{r,a}$ aproximadamente en un 50% de su valor (Tabla 1). Además todos subestimaron $\varepsilon'_{r,w}$, salvo el sensor 5, con diferencias absolutas siempre menores al 5% de su valor de referencia. Todos los testeos al aire y 2 de los testeos en agua (2 y 4) presentaron un sesgo sistemático y estadísticamente significativo. El manual de los sensores asegura una exactitud en ε'_r de ±5 ó ±1% respecto de los valores de referencia (Bellingham, 2015); al menos una de las dos condiciones se cumplió para todos los sensores en aire y agua, por lo que se podría afirmar que los sensores utilizados cumplieron con los requerimientos del fabricante. La variabilidad relativa de ε'_r de cada sensor fue menor al 2,8% de su media de en todos los casos, lo que indica una alta repetibilidad de las mediciones. Estos resultados indican que, si bien no se observaron errores excesivos,

son altamente sistemáticos. En el rango usual de medición de θ, los errores $e(\theta)$ estimados siempre fueron menores en valor absoluto a 0,012, mostrando una pendiente negativa asociada a los sesgos en las mediciones de ε'_r. (Figura 1b). Si los errores dependen de la humedad del suelo, sería esperable que se traduzcan en errores sistemáticos en los consumos. En los sensores utilizados en particular se tenderá a subestimar la magnitud de las variaciones, como muestran los valores positivos y menores a la unidad de las derivadas $\partial\theta_k/\partial\theta$. Esto significaría, por ejemplo, una subestimación de los consumos, sobre todo para valores de humedad bajos (Tabla 1).

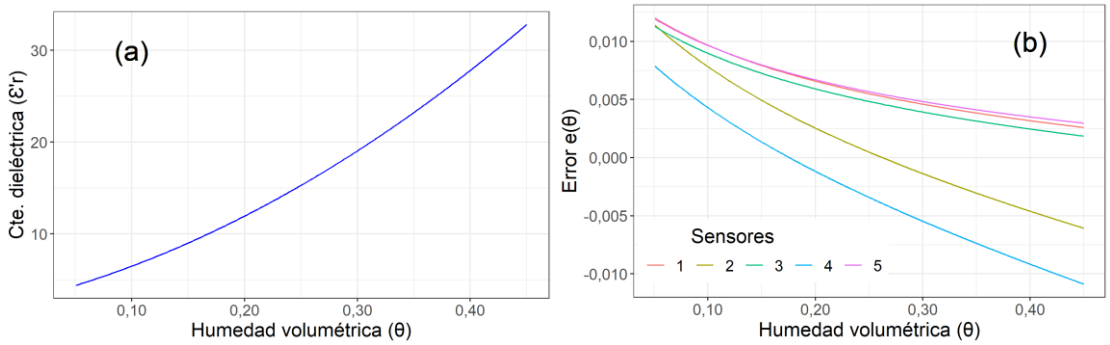


Figura 1. (a) Curva de calibración ε'_r-θ para los sensores utilizados. (b) Errores estimados de medición de θ para los sensores no estandarizados.

La calibración *in situ* sería la práctica más recomendable, acorde a Fares y Polyakov (2006) por ejemplo, se ha observado variabilidad en las curvas de calibración asociada al contenido de arcilla del suelo. Una instalación deficiente también puede afectar la respuesta del sensor. En el caso en que se omita la calibración in situ, y se utilice una curva de calibración provista por el fabricante, se recomienda estandarizar los sensores a fin de reducir errores sistemáticos y favorecer la intercomparación. Esta tarea es de fácil ejecución en laboratorio, y permite caracterizar la respuesta de los sensores en medios de referencia como aire y agua.

Tabla 1. Caracterización de los sensores Hydra Probe. (i) Mediciones en agua y aire: número de datos (N), valores de referencia de constante dieléctrica (ε'_r (ref.)), valores observados de constante dieléctrica ($\varepsilon'_{r,k}$, media±desvío estándar), (*) $\varepsilon'_{r,k}$ estadísticamente distinto al valor de referencia ($p<0,01$; en el resto de los casos no resultaron significativamente distintas, con $p<0,3$); (ii) Respuesta estimada de los sensores: humedad volumétrica (θ), variación de la humedad volumétrica para el sensor no estandarizado respecto del estandarizado ($\partial\theta_k/\partial\theta$). Todas las cantidades son adimensionales.

(i)	N	ε'_r (ref.)	$\varepsilon'_{r,1}$	$\varepsilon'_{r,2}$	$\varepsilon'_{r,3}$	$\varepsilon'_{r,4}$	$\varepsilon'_{r,5}$
Aire (a)	69	1	1,4942±,.0008 (*)	1,57±,03 (*)	1,47±0,04 (*)	1,48±0,01 (*)	1,49±0,03(*)
Agua (w)	49	80,4	80,3±0,4	78,0±0,8 (*)	80,2±0,4	76,9±0,4 (*)	80,4±0,4
(ii) $\partial\theta_k/\partial\theta$		θ=0,05	0,95	0,92	0,95	0,93	0,95
		θ=0,45	0,99	0,97	0,99	0,97	0,99

CONCLUSIONES

En este trabajo se planteó la importancia de la estandarización sobre las mediciones de humedad del suelo, caracterizando el impacto de esta práctica en la calidad final de la información obtenida y los consumos de agua, para un conjunto de sensores dieléctricos. Sensores considerados intercambiables, presentaron distintas respuestas que afectan la comparabilidad y exactitud de las mediciones. Se recomienda realizar calibraciones *in situ* de los mismos o, en caso utilizar la dada por el fabricante, estandarizar con mediciones en aire y agua.

REFERENCIAS

Bellingham, B.K. 2015. Comprehensive Stevens Hydra Probe User Manual, Report, Stevens Water Monitoring Systems, Inc., Portland, Oregon, USA. 82 pp.

Bellingham, K. 2007. The Stevens Hydra Probe Inorganic Soil Calibrations. Stevens Water Monitoring Systems Inc., Portland, Oregon, USA.

Curto, L.; Covi, M.; Gassmann, M.I.; Cambareri, M. A.; Della Maggiora, A.I. 2016. Calibración de datos observados de contenido de agua en el suelo con sensores capacitivos. Meteorológica 41(2):49-63.

Fares, A.; Polyakov, V. 2006. Advances in crop water management using capacitive water sensors. Advances in agronomy 90:43-77.

Paltineanu, I.C.; Starr, J.L. 1997. Real-time soil water dynamics using multisensor capacitance probes: Laboratory calibration. Soil Science Society of America Journal 61(6):1576-1585.

ESTACIÓN MÓVIL DE BALANCE DE ENERGÍA PARA EL MONITOREO INTEGRAL DE CULTIVO: CASO DE ESTUDIO EN CEBADA

Faramiñán, A.M.G.; Carmona*, F.; Rivas, R.E.; Silicani, M.; Olivera Rodríguez, P.; Degano, M.F.

Instituto de Hidrología de Llanuras (CIC-UNCPBA-CONICET), Gral. Pinto 399, Tandil, B7000, Argentina

***Contacto:** facundo.carmona@rec.unicen.edu.ar

Palabras clave: humedad del suelo; interacción suelo-vegetación-atmósfera; validación

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de una década, el Grupo de Teledetección del Instituto de Hidrología de Llanuras (GT-IHLLA) lleva adelante registro de medidas en zonas de llanura con estaciones fijas, portátiles, y sensores de mano en campañas específicas (Carmona *et al*., 2011). Los objetivos primarios de investigación se centran en desarrollar productos de satélite, principalmente relacionados al estudio de la evapotranspiración y estrés hídrico, con una fuerte componente en la validación de éstos por medio de datos generados por el propio grupo y/o terceros. En esta línea, uno de los mayores hitos del grupo fue su participación activa en el Proyecto Fonarsec FITS MAyCC Nº 19/13 (Préstamo BID 2437/OC-AR, Programa de Innovación Tecnológica II), donde el IHLLA junto a la Autoridad del Agua de la provincia de Buenos Aires (ADA) y la empresa REDIMEC S.R.L. puso en marcha una red de 31 estaciones en la vertiente sur de la cuenca del Río Salado (para más detalles visitar www.ihreda.com.ar) con instrumental de alta precisión que cumple la normativa de la OMM (Ibarlucía *et al*., 2017). Las estaciones que conforman la red se ubican en áreas de interés registrando condiciones que no representan el funcionamiento hidrológico y agronómico de superficie por lo que se configuró un modelo de estación móvil de balance de energía (*EB+*) para el seguimiento del uso de suelo en la cuenca. En este trabajo, se describe la configuración de la *EB+* y se presentan las primeras medidas registradas sobre un cultivo de cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una parcela de cebada cervecera (Andreia) implantada en un suelo franco-arcilloso en la estancia 'La Alcira' (37,49ºS, 58,90ºO, 186 m s.n.m.), entre los meses de julio a diciembre del año 2019. La zona de estudio corresponde a una región de llanura con clima templado subhúmedo. El manejo de la superficie sembrada fue siembra directa, en secano, con una distancia de 0,17 m de entre surco. Se aplicó fertilización utilizando urea en grano (46-0-0) con momentos de aplicación en la presiembra y en macollaje. Se instaló una *EB+* para monitorear el desarrollo del cultivo (Figura 1a). Entre las variables de interés se midieron los términos de la radiación neta, flujo de calor en el suelo, velocidad/dirección de viento, temperatura/humedad relativa del aire, temperatura radiativa de superficie, términos de radiación en el sector del rojo e infrarrojo del espectro electromagnético para obtener el NDVI, y la temperatura/humedad de suelo a varias profundidades (0-0,5m). Los sensores se detallan en la Tabla 1. Los datos fueron registrados en dos dataloggers Campbell Scientific Inc. (modelos CR1000 y CR300), alimentados por una batería de 12V con regulador de carga (PS150) conectada a un panel solar de 20W (Solartec).

Tabla 1. Cantidad, sensor, variable a medir y marca de cada uno de los sensores instalados en la estación móvil.

Cantidad	Sensor	Variable a medir	Marca
1	CNR4	Radiación neta	Campbell Scientific Inc
2	CS215	Temperatura/Humedad del aire	Campbell Scientific Inc
1	Wind Sonic 2D	Velocidad/dirección de viento	Gill Instruments
1	014A	Velocidad de viento	Campbell Scientific Inc
1	HFP01	Flujo de calor en el suelo	Hukseflux
2	SI-111	Temperatura radiativa	Apogee
3	CS655	Humedad/Temp. de suelo	Campbell Scientific Inc
1	SoilVUE10	Perfil de Humedad/Temp. de suelo	Campbell Scientific Inc
2	NR / NI	Reflectancia espectral para NDVI	Decagon
1	TE252MM	Pluviómetro	Global Water

Además, en la zona de estudio se tomaron mediciones en diferentes puntos de la parcela, y en momentos específicos, de la temperatura radiativa de superficie, humedad de suelo y se realizaron mediciones de firmas espectrales con un espectrorradiómetro de mano. También se tomaron muestras de suelo para obtener la composición textural en laboratorio y se muestrearon plantas de cebada para obtener el área foliar y analizar el desarrollo de raíces durante la campaña.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan las variables más representativas en el comportamiento general de todo el ciclo. Se muestra las medidas de los componentes del balance de energía en superficie a escala diaria, siendo *Rn* la radiación neta, *G* el flujo de calor en el suelo, *H* el flujo de calor sensible y *LE* el flujo de calor latente (energía invertida en el proceso de evapotranspiración) como término residual (Figura 1b). Además, se muestra la precipitación (*P*) y la evapotranspiración real (*ETr*) (Figura 1c), las cuales acumularon en la campaña 190 y 210 mm respectivamente, y en la Figura 1d se muestra la humedad del suelo (*Hs*) del perfil. Con respecto al último término, la media en los primeros 0,05m del perfil fue de 0,05 m^3 m^{-3}, lo que indica que este sector del suelo se mantuvo seco. Esto se debe a que en esta profundidad se desarrolla aproximadamente el 90% de las raíces. El perfil de suelo tenía al inicio de la campaña un buen nivel de reserva de agua (*Hs* promedio del perfil: 0,28 m^3 m^{-3}), y si bien el contenido de agua decreció hacia el final del ciclo no se llegó a un nivel que genere una merma en el desarrollo de la cebada. En cuanto a los flujos energéticos, se destaca que el *G* a escala diaria (media de -3 W m^{-2}) es insignificante en relación con los otros términos.

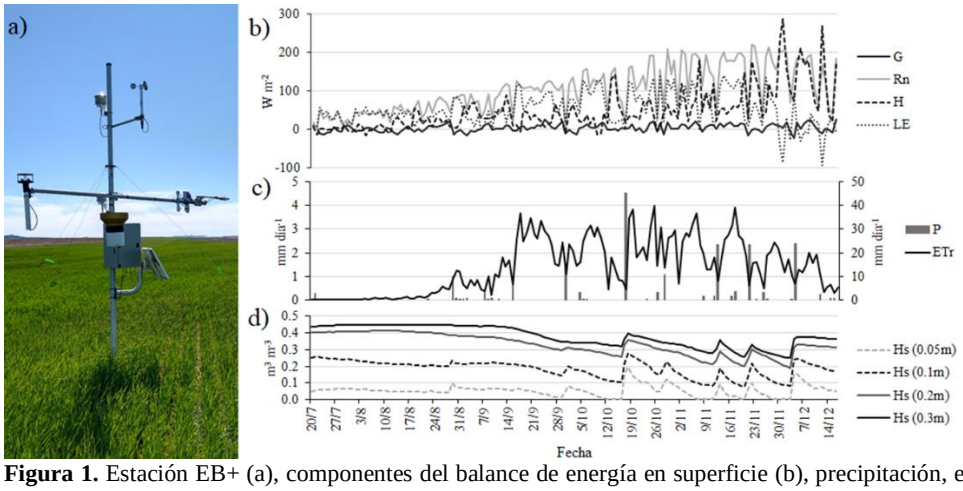


Figura 1. Estación EB+ (a), componentes del balance de energía en superficie (b), precipitación, evapotranspiración real (c) y medidas del perfil humedad del suelo (d).

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los datos registrados por una nueva estación móvil (EB+) configurada por el GT-IHLLA. Este tipo de estaciones resulta fundamental para llevar a cabo campañas de medida sobre cultivos específicos y cuantificar la salida de agua del sistema por el proceso de evapotranspiración. Estudiando los diferentes usos del suelo de la cuenca con una estación y relacionando los datos con mediciones desde satélite se puede realizar una aproximación más precisa de los procesos hidrológicos y agronómicos a escala de cuenca. En esta primera campaña, se instaló sobre una cebada cervecera, donde a partir de la información registrada se pretende estudiar diferentes modelos de estimación de la evapotranspiración, incorporando también información de satélite, obtener relaciones entre el NDVI y parámetros de la vegetación, entre otras aplicaciones.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se realizó gracias a los proyectos FONARSEC FITS MAyCC Nº 19/13 y PICT 2016-1486. También se agradece la asistencia técnica de los personales de apoyo Martín Bayala, Matías Silicani y Christian Mancino, los tres pertenecientes a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

REFERENCIAS

Carmona, F.; Rivas, R.; Ocampo, D.; Schirmbeck, J.; Holzman, M. 2011. Sensores para la medición y validación de variables hidrológicas a escalas local y regional a partir del balance de energía. Aqua – LAC, Journal of the International Hydrological Programme for Latin America and Caribbean 3(1):26-36.

Ibarlucía, D.; Rivas, R.; Mancino, C; Carmona, F, Cazenave, G.; Bayala, M.; Holzman, M.; Degano, F.; Faramiñán, A.; Olivera, P.; Silicani, M.; Vives, L. 2017. Desarrollo e implementación de un sistema automático para el monitoreo de eventos hidrológicos extremos. XXVI Congreso Nacional del Agua CONAGUA, 2017, Córdoba, Argentina.

TECNOLOGÍA APLICADA EN LA RED DE OBSERVACIÓN DE DATOS HIDROMÉTRICOS EN CUENCAS DEL SUDOESTE BONAERENSE

Fernández*, S.N.[1]; Weis, C.F.[1]; Abalo, P.O.[1]; Flores, M.A.[1]; Espósito, M.E.[2]; Martínez, A.M.[3]; Brandizi, L.D.[4]

[1] *Dpto. de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur (UNS); Comisión de Investigaciones Científicas (CIC). Avda. Alem 1253, Bahía Blanca, 8000, Argentina*
[2] *Dpto. de Agronomía. Universidad Nacional del Sur (UNS); Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) – CGAMA, San Andrés 800, Bahía Blanca, 8000, Argentina*
[3] *Instituto de Química del Sur (INQUISUR) CONICET-UNS. Dpto. de Química. Universidad Nacional del Sur (UNS). Avda. Alem 1253, Bahía Blanca, 8000, Argentina*
[4] *Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNOSJB). 9 de Julio 25, Trelew, 9100, Argentina*

***Contacto:** sfernand@uns.edu.ar

Palabras clave: recurso hídrico; limnígrafo; telemetría

INTRODUCCIÓN

El embalse Paso de las Piedras se alimenta del río Sauce Grande y es el principal abastecedor de agua potable de las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta, las cuales constituyen un conglomerado de 400.000 habitantes (Figura 1a). En los últimos años, se produjo una reducción en la cota del volumen de reserva del embalse debido a la sostenida situación de déficit hídrico en la región.

La Universidad Nacional del Sur (UNS) en 1990, a través del Plan Integral de Abastecimiento de Agua a Bahía Blanca y Gran Bahía Blanca, estableció pautas y prioridades para asegurar el normal abastecimiento de agua hasta el año 2050. Recomienda, como segunda alternativa económica, la toma de agua sobre el arroyo Napostá Grande, mediante la materialización de un dique en el cierre de su cuenca media sobre el paraje Puente Canessa. En base al historial de crecidas y desbordamientos sufridos por este cauce, la construcción del dique favorecería al control de crecidas en beneficio de la comunidad.

La importancia estratégica del recurso hídrico requiere de un uso racional del agua disponible. Para ello, es imprescindible un monitoreo continuo de las cuencas hidrológicas, que suministran diversos servicios ecosistémicos beneficiando a los seres humanos. Este proceso implica el monitoreo de datos, en intervalos adecuados, de las variables hidrológicas precipitación-escurrimiento a través de una red de sensores distribuidos (Fernández *et al*., 2012). El objetivo de este trabajo es difundir a la comunidad científica, los avances en la experticia adquirida por técnicos del Laboratorio de Hidráulica (LH) y docentes de la UNS relacionada con sistemas de monitoreo hidrométrico en las cuencas del río Sauce Grande y del arroyo Napostá Grande, de significativo interés regional.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco del proyecto "Información Básica Hidrometeorológica - Monitoreo en la Cuenca Alta y Media del Río Sauce Grande" se instaló un equipo autónomo (panel solar) anexo al limnígrafo ubicado sobre el cauce principal del río Sauce Grande (Latitud: 38°17´22´´ S; Longitud: 61°43´09´´; altitud 177 msnm), para acceder a los datos del nivel del agua y del estado de batería en tiempo real. Consta de un modem con un chip GSM que permite conexión a Internet, envío y recepción de SMS, protegido por una infraestructura antivandálica (Figura 1b) (Fernández *et al*., 2012). Se transmiten los datos en tiempo real a una página web de la empresa proveedora. Este equipamiento de Génica Ingeniería se instaló cercano a la ex-toma de agua de Aguas Corrientes de Obras Sanitarias situada a 16 km aguas arriba del Embalse Paso de las Piedras.

En abril de 2018, en el marco del Proyecto de Investigación Orientado "Evaluación Integral de los Recursos Hídricos para Consumo Humano en la Región del Sudoeste Bonaerense", se consideró oportuno instalar un equipo limnigráfico, de la misma marca que el mencionado previamente, sobre el cauce principal del arroyo Napostá Grande (Figura 1c). Se reutilizó la infraestructura de una antigua estación de aforo perteneciente a la Dirección de Hidráulica de la PBA ubicada en el conocido paraje Puente Canessa (Latitud: 38° 35´ 30´´ S; Longitud: 62° 05´19´´ O; altitud 87 msnm). La factibilidad técnica de esta locación resultó favorable por la existencia de señal de telefonía celular para la telemetría y disponer datos limnimétricos preexistentes. El equipo de medición consta de una sonda piezorresistiva compensada de alta resolución (milimétrica) y alcance de 8 m. También dispone de un acondicionador de señal y un modem registrador GSM/GPRS. El conjunto es alimentado por una batería de 12 V, que se mantiene gracias a un panel solar con regulador de carga. Todas las conexiones y dispositivos eléctricos se encuentran alojados en un abrigo antivandálico y colocado dentro de la caseta. Los datos de las variables adquiridas en campo se transmiten por la red de telefonía celular hacia un servidor informático (Fernández *et al*., 2019a). En agosto de 2018, la empresa proveedora de los limnígrafos remotos Génica Ingeniería, anuncia la finalización de sus servicios de

alojamiento de datos para el punto de muestreo ubicado en Puente Canessa. El LH asume el desafío de migrar los datos generados hacia los servidores de la UNS (Fernández *et al*., 2019b). Adicionalmente se desarrollan módulos de consultas e interfaces gráficas para la representación dinámica de los datos. Se determinaron las curvas de h-Q correspondientes a cada sección de control situada en la estación limnigráfica (Sauce Grande y Napostá Grande). Las mismas se actualizan en forma periódica y se calibran con valores de aforos efectuados mediante molinete y Perfilador Acústico Portable Doppler.

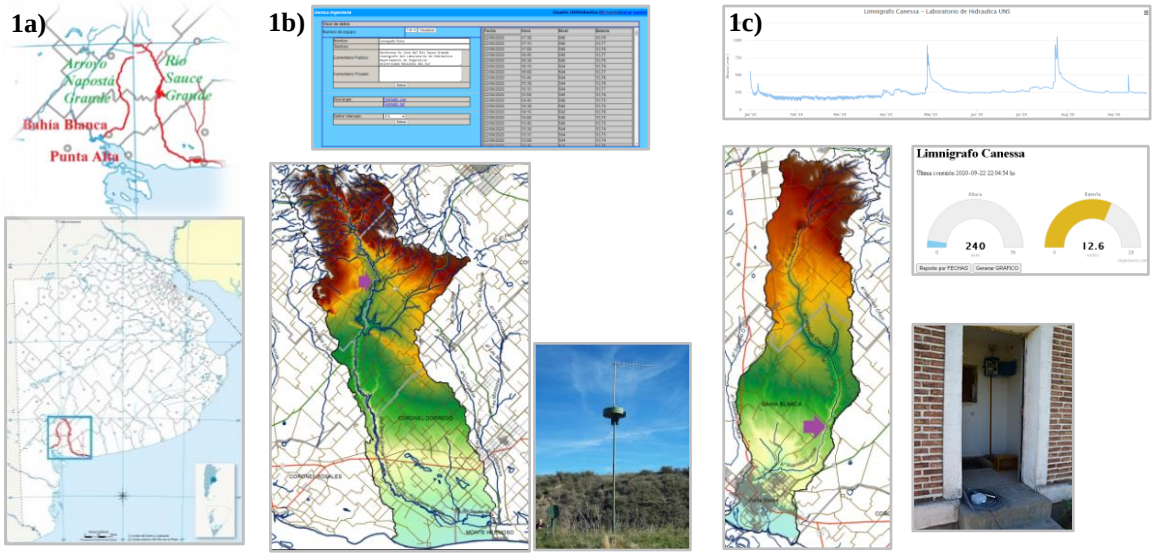


Figura 1. a) Zona de estudio. b y c) Ubicación y visualización web de las estaciones limnigráficas en las cuencas del río Sauce Grande y del arroyo Napostá Grande. *Fuente:* Gobierno de la Provincia de Buenos Aires *et al*. (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos registrados en el limnígrafo colocado en el río Sauce Grande generaron series de mediciones hidrométricas prolongadas en el tiempo y dada su proximidad al embalse Paso de las Piedras, permiten evaluar los volúmenes ingresantes al mismo. El LH maquetó y desarrolló el software encargado de la extracción de los valores de la base de datos y su publicación en una página web. Mediante la aplicación informática creada, se accede a los datos de nivel de agua registrados con una frecuencia determinada, por el limnígrafo posicionado en el arroyo Napostá Grande. Dichos datos, en situaciones de riesgo de inundación, generarían sistemas de alertas tempranas que permiten tomar las medidas necesarias en caso de inundación. Además, se logró garantizar la continuidad de los datos históricos y asegurar su acopio y protección física e intelectual dentro de la institución, en un todo de acuerdo con la actual política de tratamiento de datos generados por la UNS.

CONCLUSIONES

Durante las dos últimas décadas este grupo de trabajo de la UNS ha demostrado experticia en la instalación, puesta en marcha y mantenimiento de equipos limnigráficos. Se logró un servicio eficiente y seguro de alojamiento y procesamiento de datos, además de la visualización de los registros transmitidos por telemetría desde cualquier computadora o dispositivo, inédito entre las cuencas desarrolladas en el sudoeste bonaerense. La obtención de información oportuna, consistente y precisa permitirá realizar un adecuado estudio sobre las potencialidades del recurso para su aprovechamiento integral y sustentable. Resulta imprescindible a la hora de tomar decisiones rápidas y seguras en situaciones de alertas tempranas.

REFERENCIAS

Fernández, S.N.; Sequeira, M.E.; Sondón, S.M.; Aymonino, O.A.; Ábalo, P.O.; Weis, C.F.; Masson, F.R.; Mandolesi, P.S.; Espósito, M.E.; Uribe Echevarría, I.; Blazquez, P.A. 2012. Avances de una Red de Monitoreo Hidrometeorológica en una Cuenca de la Región Pampeana. En: XIV Reunión Argentina de Agrometeorología, 2012, Malargüe, Argentina.

Fernández, S.N.; Flores, M.A.; Weis, C.F.; Abalo, P.O. 2019b. Alojamiento, procesamiento y visualización de datos limnigráficos en Puente Canessa con sistema de Telemetría propio. En: Jornadas del Agua del Sudoeste Bonaerense, 2019, Bahía Blanca, Argentina. Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Ediuns. Pp. 79-82.

Fernández, S.N.; Weis, C.F.; Flores, M.A.; Abalo, P.O. 2019a. Instalación de un equipo limnigráfico en la Cuenca Media del Arroyo Napostá Grande para Monitoreo Ambiental. En: Jornadas del Agua del Sudoeste Bonaerense, 2019, Bahía Blanca, Argentina. Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Ediuns. Pp. 75-78.

Gobierno de la Provincia de Buenos Aires; Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos; Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica; Dirección Provincial de Obra Hidráulica. 2016. Atlas de Cuencas y Regiones Hídricas-Ambientales de la Provincia de Buenos Aires. I Etapa. Pp. 22-24.

SERVICIO DE PRONÓSTICO ON-LINE DE ITH EXTENDIDO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL TAMBO

Kemerer*, A.C.[1,2]; Brizuela, A.B.[1,3]; Aguirre, C.[1,3]; Maltese, N.E.[1,3]; Rondán, G.A[1,3]; Wilca, D.[4]; Lorenzón, M.M.[1]

[1] *Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER, Ruta 11 Km 10,5, Oro Verde, 3101, Argentina*
[2] *Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA, Ruta 11 Km 11,5, Oro Verde, 3101, Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina*
[4] *Facultad de Ingeniería, UNER, Ruta 11 Km 10,5, Oro Verde, 3101, Argentina*

***Contacto:** alejandra.kemerer@fca.uner.edu.ar

Palabras clave: estrés calórico; alerta; producción láctea; página Web

INTRODUCCIÓN

Los impactos negativos de valores elevados de temperatura y humedad relativa durante el período estival sobre la producción lechera han sido ampliamente reportados (Valtorta y Gallardo, 1996; Hahn, 1999; Leva *et al.*, 2008). En este sentido, uno de los índices más difundidos para determinar situaciones de malestar animal es el índice de temperatura-humedad (ITH), para el cual valores entre 72 y 79 indicarían una situación de estrés leve, entre 80 y 89 estrés moderado y por encima de 90 estrés severo (Armstrong,1994). Si bien, se han reportado valores inferiores dependiendo de la raza, peso, estado nutricional, nivel de producción de los animales, etc. (Collier *et al*., 2011).

Para mantener niveles de producción adecuados, no sólo es importante el valor de ITH, sino también la duración del período de estrés y más aún la duración del período de recuperación nocturna. En estudios previos realizados en diferentes localidades de la provincia de Entre Ríos, tanto a partir de datos de estaciones meteorológicas como mediciones in situ en tambos, se ha podido determinar que la duración de las rachas de ITH, en especial en los meses de enero y febrero, son numerosas y de duración prolongada (Kemerer *et al.*, 2016; Maltese *et al*., 2018).

La mitigación del impacto negativo en la producción lechera de rachas de ITH elevados puede ser llevada a cabo con diferentes estrategias, dependiendo del nivel tecnológico y productivo de cada establecimiento, pero en todos los casos resulta clave contar con información anticipada de la posibilidad de ocurrencia de dichas rachas, duración y momento del día en el cual se podrían producir, a fin de implementar las medidas de manejo adecuadas. Para esto resulta clave identificar los medios de comunicación más empleados por los productores tamberos a fin de generar estrategias de difusión que permitan dar a conocer esta información junto con medidas de manejo que pueden implementarse para mitigar los efectos negativos de las rachas de ITH prolongadas.

El objetivo de este trabajo fue diseñar e implementar un sistema de pronóstico y duración de rachas de ITH accesible para los productores tamberos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó a través de un proyecto de extensión y uno de prácticas integrales y territorio relevando mediante encuestas y entrevistas a los productores tamberos acerca del nivel de conocimiento sobre el ITH, sus efectos en la producción láctea, alternativas de manejo para contrarrestarlo y medios de comunicación más empleados. Los resultados de los relevamientos permitieron constatar que los productores conocen sobre los efectos negativos del estrés calórico en la producción, pero en muchos casos consideran que las alternativas de manejo a aplicar son costosas y relacionadas a altas inversiones en infraestructura. Además, se observó que la alternativa de comunicación más empleada es internet.

En función de los resultados relevados se diseñó una página Web que utiliza los datos de temperatura y HR pronosticados por Meteored (www.meteored.com.ar) para calcular el valor ITH en los próximos cinco días. Adicionalmente, se recopiló información sobre prácticas de manejo de bajo costo. Teniendo presente al productor tambero como destinatario final, se diseñó una página sencilla, que presente la información de una forma visualmente atractiva y de fácil acceso e interpretación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se implementó la página Web http://ith.uner.edu.ar (Figura 1). La misma cuenta con la pestaña "Proyecto" donde se presenta información referida al ITH, a las acciones realizadas en el marco de los proyectos y los trabajos publicados. En la pestaña "Pronóstico" se presenta el pronóstico de ITH por localidad. Al ingresar se debe seleccionar la provincia. A continuación, se despliega el listado de localidades por provincia que tienen disponible el pronóstico. En base a una escala de colores se presenta el valor de temperatura, HR e ITH horario para dos días y en intervalos de tres horas para los siguientes tres días (Figura 2). De esta manera puede visualizarse la duración de las rachas y el horario en el que se producen.



Figura 1. Visualización de la página de inicio

Además, en la página se incorporó una pestaña "Recomendaciones" donde se presentan medidas de manejo sencillas y de bajo costo como modificación de los horarios de pastoreo, ordeño y descanso; modificaciones en las dietas a fin de lograr dietas frías; alternativas para generar sombras de bajo costo; criterios para adecuar la disponibilidad de agua, entre otras. Finalmente, se encuentra una pestaña "Contactos" con los correos electrónicos de los integrantes del proyecto para consultas.



Figura 2. Representación del pronóstico de temperatura, humedad relativa e ITH para una localidad. Se muestra la referencia de colores utilizada, el acceso por localidad y los valores horarios para una racha de estrés medio y período de recuperación.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una página Web accesible a los productores tamberos con pronóstico a cinco días de ITH y duración de rachas de ITH elevados. Esta página representa una herramienta de manejo muy útil, sencilla y gratuita que puede colaborar en disminuir el impacto negativo del estrés por calor en la producción láctea.

AGRADECIMIENTOS

A la FCA y la UNER que nos facilitaron la ejecución de los proyectos. A los productores que participaron. Al personal de las escuelas Normal Rural Alberdi y Agrotécnica Villa Urquiza por su colaboración.

REFERENCIAS

Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77:2044-2050.

Collier, R.J.; Zimbelman, R.B.; Rhoads, R.P; Baumgard, L.H. 2011. A re-evaluation of the impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. Pp 113-125. In: Proceedings Western Dairy Management Conference, Reno, NV, USA.

Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. Journal of Animal Science 77(2):10-20.

Leva, P.E.; García, M.S.; Rodríguez, R.O.; Valtorta, S.E. 2008. Olas de calor y entregas diarias de leche en tambos de la cuenca lechera central argentina. Revista FAVE - Ciencias Agrarias 7 (1-2):97-103.

Maltese, N.E; Lorenzon, M.M.; Bressan, M.P.; Kemerer, A.C.; Brizuela A.B. 2018. Caracterización del ITH y sus rachas en dos tambos de la cuenca lechera de la provincia de Entre Ríos. En: VII Reunión Argentina de Agrometeorología, 2018, Merlo, San Luis, Argentina.

Valtorta, S.E.; Gallardo, M.R. 1996. El estrés por calor en producción lechera. INTA. Miscelánea 81:173-185.

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LOS VIENTOS EN ARGENTINA

Lúgaro*, T.; Peretti, M. ; Calabrese, L.D.; Barnatán I.E. ; Fernández Long, M.E.

UBA, Facultad de Agronomía, Catedra de Climatología y Fenología Agrícola, Av. San Martin 4453, 1417, CABA, Argentina

***Contacto:** tlugaro@agro.uba.ar

Palabras clave: isotacas; energía eólica; climatología

INTRODUCCIÓN

La República Argentina se extiende, en su parte continental, aproximadamente desde los 22° hasta los 55° de latitud Sur. Su extensión en el sentido meridional es de aproximadamente 3700 km. Esta condición territorial produce importantes modificaciones sobre los elementos del clima (Bianchi y Cravero, 2010). Sobre Argentina tienen gran influencia dos anticiclones, o células de alta presión, que poseen intensidad similar e igual posicionamiento y extensión latitudinal. Uno se localiza sobre el océano Atlántico y otro sobre el océano Pacífico. 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. Se ubica entre 20° S y 30° S aproximadamente y produce vientos del noreste, cargados de humedad. Además, 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 un momento histórico de demanda energética creciente es necesario proponer alternativas de energías limpias. En este contexto, el país tiene un gran potencial para producir energía eólica. Para ello, es importante tener en cuenta distintas características del viento como velocidad, dirección, densidad de frecuencia y rafagosidad (Cúneo *et al*., 2019). Es importante mencionar que el viento es una variable intermitente y difícil de pronosticar localmente. Es necesario investigar, tanto en el campo tecnológico como en el estudio de la variable viento, cuáles son las regiones óptimas para la explotación del recurso (Otero *et al.,* 2017*)*. Existen en Argentina antecedentes de estudios que caracterizan los vientos con el fin de detectar el potencial eólico de un lugar, no obstante, se encuentran acotados a dos localidades puntuales de la Patagonia (Otero *et al.,* 2017; Cúneo *et al*., 2019). El objetivo de este trabajo fue caracterizar por su velocidad los vientos en el territorio argentino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron datos horarios de intensidad de viento obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, en el periodo 2008-2019, de 75 estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio argentino. Las mediciones se realizan a 10 metros de altura desde la superficie del suelo.

Se elaboró un mapa de intensidad media anual del viento para todo el país. Para ello se calcularon promedios de la intensidad del viento para cada estación en el periodo de tiempo mencionado. Luego por medio del software SAGA GIS se hizo una interpolación Kriging de los datos de todo el país. Además, se incluyó la elaboración de las isolíneas de intensidad de viento (isotacas) con el software QGIS. Para descartar el error cometido al considerar el efecto de la altitud, se consideró además como límite de trazado, la isohipsa de 1000 metros.

Luego, se analizó la marcha anual en tres regiones del país: norte, centro y sur, tomando de cada una de ellas los valores de intensidad media mensual del viento de 4 estaciones meteorológicas. Para la región norte se usó el promedio de las estaciones de Tucumán, Jujuy, Corrientes e Iguazú, para la región centro el de Gualeguaychú, Malargüe, Santa Rosa y Mar del Plata, y para la región sur el promedio de Comodoro Rivadavia, San Julián, Esquel y Río Gallegos.

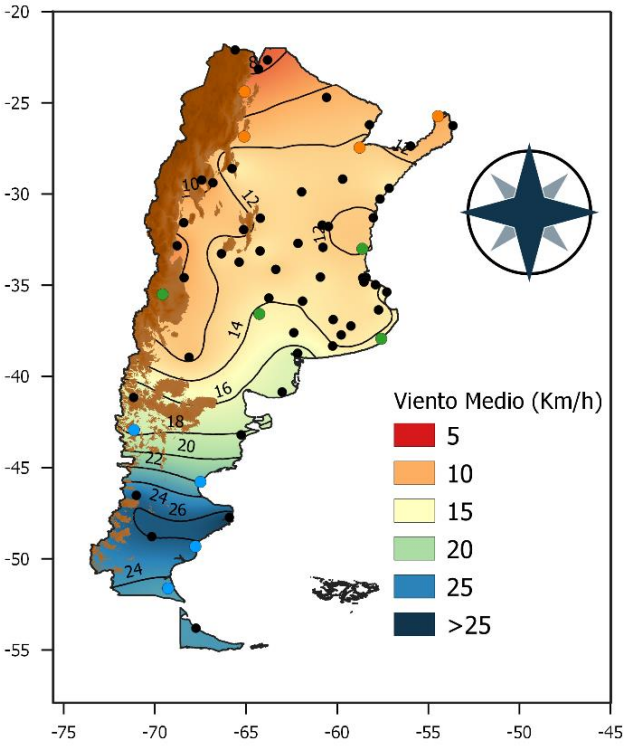


Figura 1. Mapa de intensidad media anual del viento con isotacas y estaciones. En colores las estaciones usadas para la elaboración del gráfico de la marcha anual de intensidad del viento por región. (norte naranja, centro verde, sur celeste).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó un gradiente norte-sur caracterizado por una mayor intensidad de viento en latitudes más altas (Figura 1). En el mapa se observa la variación del viento en el territorio argentino. El valor máximo de intensidad media del viento registrado en las estaciones es de 28,3 km/h en la estación de Puerto Deseado (47,73° S, 65,92° O, 80 msnm), y el valor mínimo es de 5,33 km/h en la localidad de Las Lomitas (24,70° S, 60,58° O, 130 msnm).

En el gráfico de la marcha anual de la intensidad media del viento (Figura 2), (IGN, 2020) se detecta la variación de norte a sur observada en el mapa de la Figura 1, que se caracteriza por una mayor intensidad del viento hacia la región sur. También se puede apreciar que el momento de ocurrencia del valor de intensidad mínima de viento se da en otoño en las regiones centro y norte y en invierno en la región sur. Por otro lado, el valor de intensidad máxima varía según la región. En las regiones centro y norte se da en la primavera (en el norte en septiembre y en el centro en noviembre) y en la región sur se da en el verano. Los valores mayores en la región sur se deben a que entre los 30° y los 60° están presentes los vientos del oeste, que, en el hemisferio sur, al ser menos continental, son mucho más intensos que en el hemisferio norte. En verano, el anticiclón del Pacífico se desplaza hacia el sur, lo que explica la mayor intensidad de vientos en esa época del año.

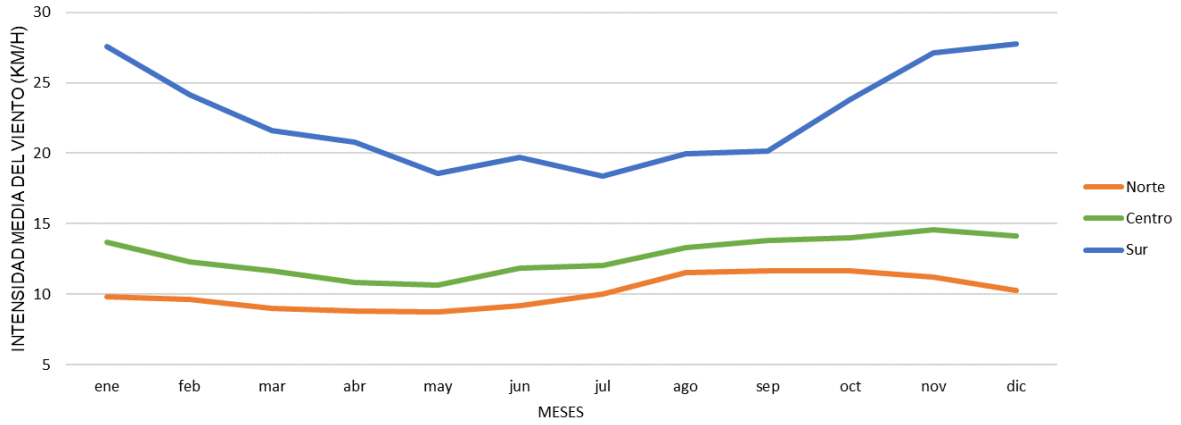


Figura 2. Marcha anual de la intensidad del viento medio para las regiones norte, centro y sur de Argentina.

CONCLUSIONES

Analizando los resultados se ve una gran heterogeneidad de vientos en el país, que se debe a la extensión latitudinal del mismo, al relieve y sus cambios en el territorio, a la influencia del ciclón del NOA y de los anticiclones del Pacifico y del Atlántico y a la variación de la posición de éstos a lo largo del año. Es sabido que el país posee un gran potencial para el desarrollo de energía eólica, y es importante seguir desarrollando esta área de estudio. Para ello, el siguiente paso de este trabajo será continuar con estudios de dirección, densidad de frecuencia, y rafagosidad en el país, y así evaluar las mejores zonas para la producción de esa energía.

REFERENCIAS

Bianchi, A.R.; Cravero, S.A.C. 2010. Atlas Climático Digital de la República Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires.

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 44:66- 80.

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.

Instituto Geográfico Nacional (IGN). Atlas Nacional Interactivo de Argentina [en línea]. [Fecha de consulta: 1/07/2020]. Disponible en: https://anida.ign.gob.ar

MONITOREO DE RADIACIÓN SOLAR UV-TOTAL EN ARGENTINA

Lusi*, A.[1,2]; Orte, F.[2]; Wolfram, E.[3]; D'Elia, R.[1]; Luccini, E.[4,5]; Cabezas, M.[2]; Nollas, F. [3]; Carmona, F.[6]

[1] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina*
[2] *Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones, UNIDEF (CITEDEF-CONICET), Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina*
[3] *Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires, Argentina*
[4] *CONICET - Centro de Excelencia en Productos y Procesos de Córdoba, Argentina*
[5] *Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina*
[6] *Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 7000 Tandil, Argentina*

***Contacto:** anabelalusi@gmail.com

Palabras clave: red de radiación solar

INTRODUCCIÓN

En la agricultura evaluar la radiación solar en superficie puede ser esencial para determinar el potencial agrícola y el impacto que este parámetro puede tener en el desarrollo de las plantas. Sin embargo, una alta exposición puede causar efectos adversos. En los organismos fotosintéticos la absorción en exceso de radiación UV (280-400 nm) es capaz de generar fotoinhibición sobre el aparato fotosintético (Baker y Bowyer, 1994). La radiación UV-A (320-400 nm) ejerce una amplia gama de respuestas fisiológicas en las plantas. Las más comunes incluyen efectos tanto inhibidores como estimulantes sobre la acumulación y morfología de la biomasa (Verdaguer, 2016). La radiación UV-B (280-320 nm) provoca disminución en la fotosíntesis y es capaz de generar daños en distintas biomoléculas, en particular en el ADN (Carrasco-Ríos, 2009). Es importante cuantificar la radiación solar total (300-3000 nm) en superficie, ya que además contribuye al desarrollo de proyectos relacionados con la energía solar, evapotranspiración, arquitectura eco-sustentable y validación de mediciones satelitales (Carmona *et al*., 2018), entre otras aplicaciones ambientales.

En los últimos años se ha instalado una red de monitoreo de la radiación solar que cuenta con 8 estaciones de la Argentina en el marco del proyecto Saver-Net (http://www.savernet-satreps.org/es/) llevado a cabo entre los años 2013-2018. Esta red es operada por el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF - UNIDEF), el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto de Hidrología y Llanuras (IHLLA – Tandil). En este trabajo se presentan las capacidades de esta red, la cual cubre el rango solar total y ultravioleta (UV-A y UV-B). El objetivo de este trabajo es poner a disposición datos de radiación solar confiables para llevar a cabo diferentes estudios relacionados.

RED DE RADIACIÓN SOLAR SAVER-NET

La Figura 1 presenta la localización geográfica de las 8 estaciones que constituyen la red de radiación solar Saver-Net. Las mismas se encuentran ubicadas cubriendo un rango latitudinal desde los ~26ºS hasta los ~52ºS en las ciudades de Tucumán (26.79ºS, 65.21ºW, 456 m s.n.m.), Pilar (Córdoba) (31.68ºS, 63.87ºW, 330 m s.n.m.), Villa Martelli (37.32ºS, 59.08ºW, 205 m s.n.m.), Tandil (37.32ºS, 59.08ºW, 205 m s.n.m.), Neuquén (38.95ºS, 68.14ºW, 270 m s.n.m.), Bariloche (41.15ºS, 71.16ºW, 846 m s.n.m.), Comodoro Rivadavia (45.78ºS, 67.50ºW, 43 m s.n.m.) y Río Gallegos (51.60ºS, 69.32ºW, 15 m s.n.m.). La cobertura geográfica que presenta permite realizar diferentes estudios como la validación de mediciones satelitales de radiación solar y la extensión del conocimiento regional del recurso solar (Carmona *et al*., 2018; Orte *et al*., 2019). En estas estaciones se registran datos superficiales de radiación solar total, UV-A y UV-B en plano horizontal con una frecuencia temporal de 1 minuto. Esta alta frecuencia de registro permite evaluar la variabilidad en el corto plazo debido a la nubosidad (Wolfram *et al*., 2018). La irradiancia solar de onda corta es medida con piranómetros Kipp & Zonen CM-11 (310-2800 nm) y Kipp & Zonen CMP-21 (285-2800 nm). La región del UV-A (320-400nm) es monitoreada con radiómetros Kipp & Zonen UV-S-A-T, YES UVA-1 y EKO UVA, mientras que la irradiancia UV-B - eritemica (UV-B filtrada de acuerdo con el espectro de acción eritemico definido por McKinlay and Diffey, 1987) es medida con instrumento Kipp & Zonen SUV-E, YES UVB-1, and EKO UVB. En la Figura 2 se presentan, a modo de ejemplo, las mediciones realizadas en las tres bandas (total, UV-A y UV-B) para dos sitios de la red, Tandil y Villa Martelli, ubicadas en la Provincia de Buenos Aires.

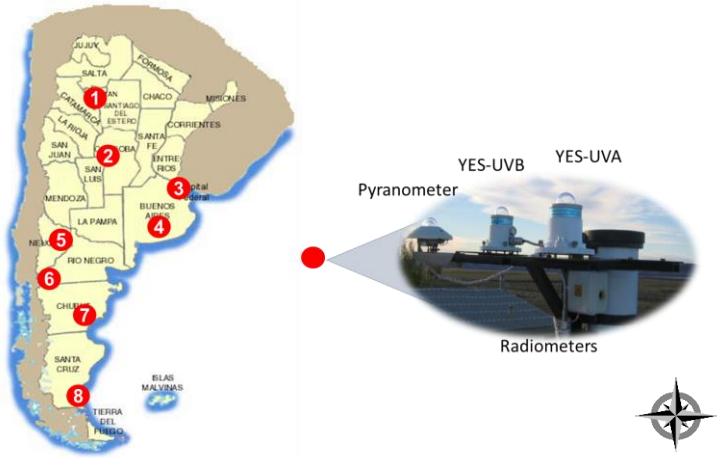


Figura 1. Localización geográfica de la red de radiación solar Saver-Net. 1: Tucumán; 2: Córdoba, 3: Villa Martelli; 4: Tandil; 5: Neuquén; 6: Bariloche; 7: Comodoro Rivadavia y 8: Río Gallegos.

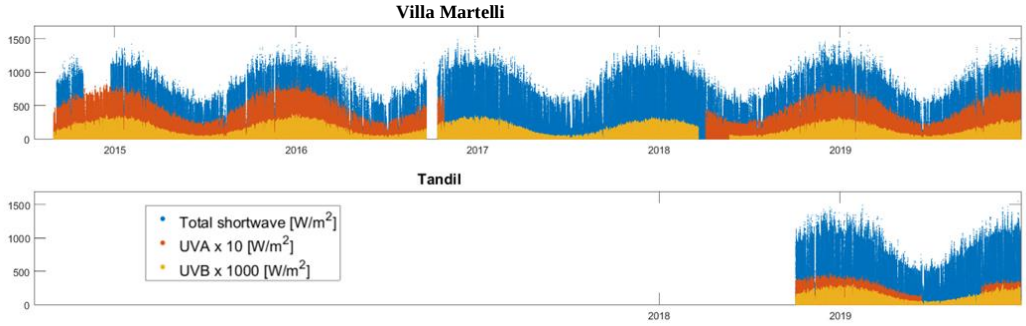


Figura 2. Mediciones de radiación solar adquiridas por la red Saver-Net en las estaciones de Villa Martelli y Tandil.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó la red de radiación solar Saver-Net instalada en Argentina y sus capacidades. Los datos de radiación solar provistos por esta red constituyen una base confiable que pueden ser de utilidad para diversas aplicaciones y llevar a cabo estudios relacionados a lo largo y ancho de nuestro país dada la amplia cobertura geográfica que presenta. Además, tener acceso a datos de una red, es decir, información adquirida con instrumentos del mismo tipo y con la misma frecuencia, resulta más eficiente y puede servir como dato de referencia para análisis regionales combinados con otros instrumentos de menor precisión.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) por el financiamiento del proyecto Saver-Net. A las instituciones SMN, CITEDEF e IHLLA por el mantenimiento y operación en los nodos de monitoreo.

REFERENCIAS

Baker, N.R.; Bowyer, J.R. 1994. Photoinhibition of photosynthesis. from molecular mechanism to the field. Bios Scientific Publisher.

Carmona, F.; Rivas, R.; Orte P.F.; Wolfram E.; Kruse, E. 2018. Development and analysis of a new solar radiation Atlas for Argentina from ground-based measurements and CERES_SYN1deg data. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences 21(3):211-217.

Carrasco-Ríos, L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. Idesia (Arica) 27(3):59-76.

McKinley A.C. 1987. A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. CIE Journal,6, 17.

Orte, P.F.; Wolfram, E.; Bali, J.L.; Carmona, F.; Lusi, A.; D'Elia, R.; Liberteli, C. 2019. Comparison of monthly means daily UVA from CERES with ground-based measurements, IEEE Biennial Congress of Argentina, ARGENCON 2018, Article number 8646239, ISBN 978-153865032-5. DOI: 10.1109/ARGENCON.2018.8646239.

Verdaguer, D.; Jansen, M. A.; Llorens, L.; Morales, L.O.; Neugart, S. 2017. UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown. Plant Science 255:72-81.

Wolfram, E.; Orte, F.; Pallota J.; D'Elia R. 2018. Preliminary analysis of the short-term change rate of solar irradiance with photovoltaic energy applications (In spanish). Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Annals of the XLI Meeting of the Argentine Association of Renewable Energies and Environment 22:49-56.

PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UNA RED DE MONITOREO PARA ALERTA DE INUNDACIONES Y SEQUÍAS

Mancino, C.A.; Rivas, R.E.; Olivera Rodríguez, P.

Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Usunoff"-IHLLA- Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As. Paraje Arroyo seco s/n, Campus UNCPBA Tandil, CP7000, Argentina

***Contacto:** christianmancino@yahoo.com.ar

Palabras clave: estación de monitoreo automática, vertiente sur río Salado, telemetría

INTRODUCCIÓN

La importancia del monitoreo y la recolección de datos hidrológicos e hidrometeorológicos reside en conocer el funcionamiento del sistema; y de esta manera poder tomar correctas decisiones a la hora de mitigar inundaciones y sequías. Por tal motivo se desarrolló y diseñó una red de monitoreo que tiene la capacidad de registrar y transmitir en forma automática las condiciones atmosféricas (precipitación, radiación solar incidente, viento, humedad y temperatura del aire, presión atmosférica); de superficie (altura de agua en los arroyos, radiación solar reflejada, temperatura radiativa de superficie, entre otras) y de subsuelo (profundidad del nivel freático, flujo de calor, humedad y temperatura del suelo a diferentes profundidades) en la cuenca de estudio.

La red de monitoreo se ubica en la cuenca de la vertiente sur del río Salado (40.000 km^2) en la provincia de Buenos Aires. Abarca los partidos de Olavarría, Tapalqué, Azul, Rauch, Tandil y Ayacucho. Es una cuenca de llanura con una pendiente del orden del 1% donde predominan los flujos verticales respecto a los horizontales. El 85% del agua que precipita se va por los procesos de evaporación y transpiración, el 10% por infiltración y el 5% por escurrimiento superficial (Rivas *et al.*, 2002). Su cabecera se encuentra en el sistema serrano de Tandilia (501 msnm) que descarga sus aguas en la Bahía de Samborombón.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la red de monitoreo que se diseñó y desarrolló a partir de la experiencia adquirida por el Consorcio Asociativo Público Privado CAPP IHREDA (Instituto de Hidrología de Llanuras– CIC, Redimec SRL, Autoridad del Agua de la provincia de Buenos Aires- ADA) en el marco del proyecto FONARSEC (FITS-MAyCC19/13) "Desarrollo e implementación de sistemas automáticos de alerta de inundaciones y sequías en el área sur de la cuenca del río Salado, provincia de Buenos Aires". Los avances del proyecto pueden verse en https://www.ihreda.com.ar/noticias/.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una Estación de Monitoreo Automática (EMA) es un emplazamiento donde se realizan y se trasmiten observaciones hidrometeorológicas de forma automática. Las EMAs se diseñaron dependiendo del objetivo a medir (arroyo, acuífero, atmósfera). De esta manera y de acuerdo con los sensores que la componen se clasificaron en:

- EMM: Estación de Monitoreo Meteorológica, el objetivo principal de esta estación es el monitoreo de las variables atmosféricas.
- EMF: Estación de Monitoreo Freatimétrica, el objetivo principal de esta estación es el monitoreo de la profundidad del nivel freático.
- EML: Estación de Monitoreo Limnimétrica, el objetivo principal de esta estación es el monitoreo de la altura de agua en el arroyo o río.
- EMBE: Estación de Monitoreo de Balance de Energía, el objetivo principal de esta estación es el monitoreo de la energía en el espectro solar y térmico entrante y saliente, flujo de calor y humedad del suelo y cobertura vegetal a partir de NDVI orientada a validar y extender datos captados desde satélite.

La selección de los puntos de monitoreo depende del tipo de red a instalar y de los objetivos de ésta. En nuestro caso nos centramos en una red que tiene como finalidad el seguimiento de eventos extremos. Para la definición de los puntos se tomó en cuenta las estaciones de monitoreo existentes del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de la ADA y del IHLLA en la cuenca del arroyo del Azul (Vives *et al*, 2007); otras consideraciones fueron la seguridad respecto al vandalismo y el cumplimiento de la normativa internacional de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) descriptas en los reportes 1997, 2008 y 2018.

En las EMAs las mediciones se realizan con sensores comerciales (Figura 1) de reconocidas marcas mundiales los cuales son leídos por una unidad central de adquisición de datos (Datalogger) diseñado y producido por Redimec SRL. Sus características pueden verse en Rivas y Mancino (2020), Anexo VIII. Los datos obtenidos por los sensores son almacenados en el Datalogger y transmitidos de forma automática cada 10 minutos a los servidores de los centros de monitoreo local (CML) en donde son convertidos en magnitud

física. Las magnitudes almacenadas en la base de datos pueden observarse en tiempo real mediante un sistema (Administrador de red diseñado por Redimec SRL) para que un operador con conocimientos pueda conocer de manera apropiada el estado de la red y reaccionar en situaciones de alarma.

La forma de comunicación de la red de monitoreo se basa en la arquitectura de una red de redes. Presenta cinco CML (ubicados en las cabeceras de los partidos) que recopilan los datos de las estaciones próximas. Luego son retransmitidos por internet al centro de monitoreo regional (CMR) ubicado en el Campus de la UNCPBA en la ciudad de Tandil. La configuración asegura que los CML operen ante un evento extremo de forma independiente reduciendo los riesgos de no transmisión en momentos críticos de emergencia. Si uno de los centros no funciona, los otros siguen reportando datos. Pasado el evento, cuando se re-establece la comunicación, se retransmite la información al centro de monitoreo principal. Los CML reciben la información de las EMAs cercanas a través de enlace radial, telefónico 3G o satelital GOES, dependiendo de la configuración de cada EMA. El CMR se comunica a través de internet con los CML y actualiza toda la base de datos de la red de estaciones. Las magnitudes físicas registradas por las EMAs pueden observarse y exportarse a diferentes formatos para su procesamiento mediante un visualizador web (Figura 1).

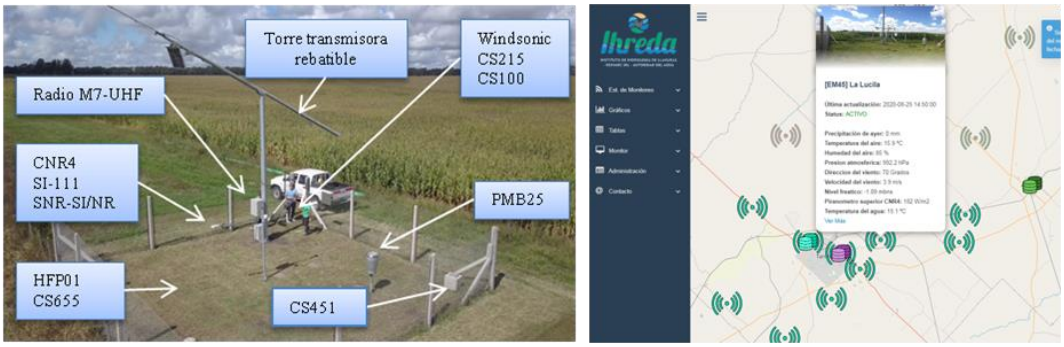


Figura 1. EMBE 45. Parcela de 10 metros por 10 metros con trasmisión por radio. Sensores: PMB25 (Pluviómetro), CNR4 (Radiación neta), SI-111 (Temperatura Radiativa), SNR-SI/NR (Reflectancia espectral), HFP01 (Flujo de calor en el suelo), CS655 (Humedad y temperatura del suelo), CS215 (Temperatura y humedad del aire), CS100 (presión atmosférica), CS451 (Nivel freático y temperatura del agua) (izquierda), y visualizador web (derecha).

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

La red planificada cuenta con un total de 31 EMAs, las cuales tienen la capacidad de monitorear: el ingreso de agua al sistema por precipitaciones, el escurrimiento de agua superficial, el agua almacenada en el acuífero, la humedad del suelo, la cobertura vegetal de la superficie de la estación y la salida de agua del sistema por los procesos de evaporación y transpiración (a partir de medidas meteorológicas). El mantenimiento es un punto muy importante a la hora de planificar la construcción de una red de monitoreo. Los costos mayores se dan en el mantenimiento y no tanto en la construcción de una red y es este punto el que se debe de tener en cuenta al momento del diseño. En Rivas y Mancino (2020) hay una descripción de los tipos de mantenimiento que se hacen en el emplazamiento y una lista detallada con la frecuencia de calibración y mantenimiento preventivo que se deben realizar en los sensores. La calidad y sostenibilidad en el tiempo del dato es la clave para la toma de decisiones. Es por ello que todas las EMAs cumplen la normativa internacional de la OMM y del SMN.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo fue financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica Tecnológica (Resol. 572/14) Fondo Argentino Sectorial FONARSEC (Proyecto FITS-MAyCC19/13).

REFERENCIAS

OMM. 1997. Instruments and observing methods. Report No 65. OMM-Nº852. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=11269#.Xib8bU8za70 Último acceso 18 de septiembre 2020.

OMM. 2008. Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I: Hidrología. OMM-Nº168. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=9403#.XuALTlUzbIU Último acceso 18 de septiembre 2020.

OMM. 2018. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (Edición 2018). OMM-Nº8. https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=5280#.XiXlAE8za70 Último acceso 18 de septiembre 2020.

Rivas, R.; Caselles, V.; Usunoff, E. 2002. Reference evapotranspiration in the Azul River Basin, Argentina, XXXII AIH & VI ALHSUD Congress Groundwater and Human Development, Mar del Plata, Argentina, 693-700.

Rivas, R.; Mancino, C.A. 2020. Manual para el diseño de una red de monitoreo de alerta de inundaciones y sequías. Comisión de Investigaciones Científicas, La Plata, Argentina. 107 pp. ISBN: 978-987-98816-4-4

Vives, L.S.; Comparato, H.J.; Cazenave, G.; Abrile, P.; Adolfo O. N.; Villanueva, A. O.; Seoane, D. 2007. Implementación de una red telemétrica y una base de datos hidrológicos en la cuenca alta del arroyo del Azul. XXVI Congreso Nacional del Agua CONAGUA 2017, "Gestión del agua ante los desafíos climáticos". 20 – 23 de septiembre de 2017, Córdoba, Argentina.

EVALUACIÓN TERMOMÉTRICA Y TERMOGRÁFICA DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE EN PARCELAS DE SOJA

Ovando*, G.[1]; de la Casa, A.[1]; Díaz, G.[1]; Díaz, P.[1]; Soler, F.[2]; Miranda, C.[3]

[1] *Agrometeorología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina*
[2] *Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina*
[3] *Establecimiento Las Delicias, Córdoba, Argentina*

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

Palabras clave: temperatura del dosel; sensores proximales; imágenes térmicas

INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración es un determinante crítico del equilibrio hídrico/energético de los cultivos. Debido a que la evaporación del agua requiere energía, los aumentos en la tasa de evaporación tienden a disminuir la temperatura del dosel (Td), cuya detección a partir de la termometría infrarroja constituye una herramienta indirecta para estimar la evapotranspiración. Las primeras mediciones de la Td utilizaron radiómetros simples con un solo campo de visión. El desarrollo de cámaras térmicas ha estimulado el uso de imágenes para estudiar las relaciones hídricas de las plantas y ha reemplazado uso de radiómetros térmicos simples (Deery *et al.*, 2014).

Un problema importante de la detección térmica es la interferencia del fondo, ya que la Td es menor (debido a la transpiración activa) que la temperatura del suelo, siendo necesario aplicar técnicas para obtener una señal pura del dosel (Bai *et al.*, 2016). La energía infrarroja emitida por el dosel, expresada como Temperatura de la Superficie Terrestre (LST) es un proxy bien explorado de las condiciones de estrés hídrico, que se anticipa a la información convencional de superficie. Las plataformas usuales de teledetección, como satélites o aeronaves, por lo general no proporcionan la alta resolución espacial de las bandas térmicas necesaria para resolver el efecto del suelo en canopeos con cobertura incompleta (Di Gennaro *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue comparar el desempeño de una cámara térmica con el de un radiómetro simple y económico con un campo de visión único para determinar la temperatura de superficie de un cultivo de soja. Además, se analiza la influencia de la cobertura del cultivo sobre la información de la cámara térmica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merril) ubicado al sur de la ciudad de Córdoba (31°33' lat. Sur, 64°05' long. Oeste, 400 msnm). La siembra de la variedad Don Mario 40R16 se efectuó el 19/11/2019, con 27 pl m^{-2} y surcos a 0,35 m. En el lote se establecieron 4 parcelas de ensayo de 4 m^2, que recibieron los siguientes tratamientos: con 100 mm de agua y 100 kg de urea adicionales (RRF); con 100 mm de agua (RR); con 50 mm de agua (R) y un testigo sin intervención (S). Los valores de LST se obtuvieron a partir de dos dispositivos: i. Sensor MLX9061: es un termómetro infrarrojo para medir la temperatura sin tener contacto con el objeto. Posee una termopila y un filtro que deja pasar la radiación infrarroja (entre 5,5 y 14 µm) emitida. Está calibrado de fábrica para un rango de -70 a +380 °C para la temperatura del objeto a medir con una resolución de la medición de 0,02 °C y una precisión de 0,5 °C en el rango de 0 a 50 °C (Cerminato *et al.*,2018). Las lecturas se efectuaron de manera perpendicular a 1,5 m de altura. ii. Cámara FLIR ONE PRO (FLIR Systems ®, 2018): diseñada para teléfonos celulares, utiliza un sensor térmico que produce imágenes termográficas de alta resolución (160 x 120 píxeles) y mide en un rango térmico entre -20 y 400 °C. Se tomaron fotografías verticales a 2 m de altura. Con el fin de analizar el efecto de la cobertura del dosel sobre la determinación de la temperatura de superficie del cultivo, en cada imagen térmica se procedió a contabilizar la frecuencia acumulada de las temperaturas ordenadas de menor a mayor y se consideraron los percentiles 10, 50 y 90. De acuerdo a Deery *et al.* (2014), los termogramas de la cámara FLIR ONE PRO permiten fijar umbrales para separar el suelo de la parte vegetal y superar la influencia del entorno sobre las mediciones de temperatura del cultivo, particularmente con canopeos con cobertura incompleta.La cobertura del cultivo (CC) se obtuvo a partir de fotografías adquiridas 3 m sobre el cultivo con una cámara Canon PowerShot SD780 IS, modificada para producir imágenes de NDVI (de la Casa *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra a lo largo del ciclo de cultivo la variación de las temperaturas de superficie (LST) correspondientes a los percentiles 10, 50 y 90 obtenidos a partir de las fotografías tomadas con la cámara FLIR ONE PRO y con el sensor MLX9061, como así también la evolución de CC para las cuatro parcelas consideradas. Las mayores diferencias entre P10, P50 y P90 se observan con CC menores a 80% para todos los tratamientos, en tanto los registros de LST del sensor MLX9061 resultan más próximos a los de P10. La variabilidad de LST que se observa en todos los tratamientos y fechas de muestreo puede explicarse por otros factores (además del contenido de humedad del suelo) que afectan el proceso de evapotranspiración (Deery *et al.*, 2014). Las mayores diferencias en LST entre los tratamientos se observó en la fecha 12/12/2019, siendo P50

para RRF, RR, R y S de 38,0; 38,8; 44,5 y 46,4 ºC, respectivamente, en tanto que para el sensor MLX9061, los valores observados fueron de 34,0; 34,0; 40,8 y 42,6 ºC, respectivamente. Para ambos instrumentos, los tratamientos con mayor provisión de agua (RRF y RR) presentaron los menores valores de LST seguidos por el tratamiento de provisión intermedia (R) y los valores más elevados de LST para el tratamiento de secano (S), corroborando la influencia del proceso evaporativo en la disminución de la LST. La Figura 2 presenta la relación entre los registros de LST de la cámara FLIR y los del sensor MLX9061, mostrando coeficientes de determinación superiores a 0,86. Mientras P90 y P50 sobreestiman las lecturas del sensor MLX9061, los valores de P10 permanecen próximos a la línea 1:1. Esta sobreestimación de la LST obtenida de cámaras, respecto de sensores puntuales, también fue reportada por Jones *et al.* (2018).

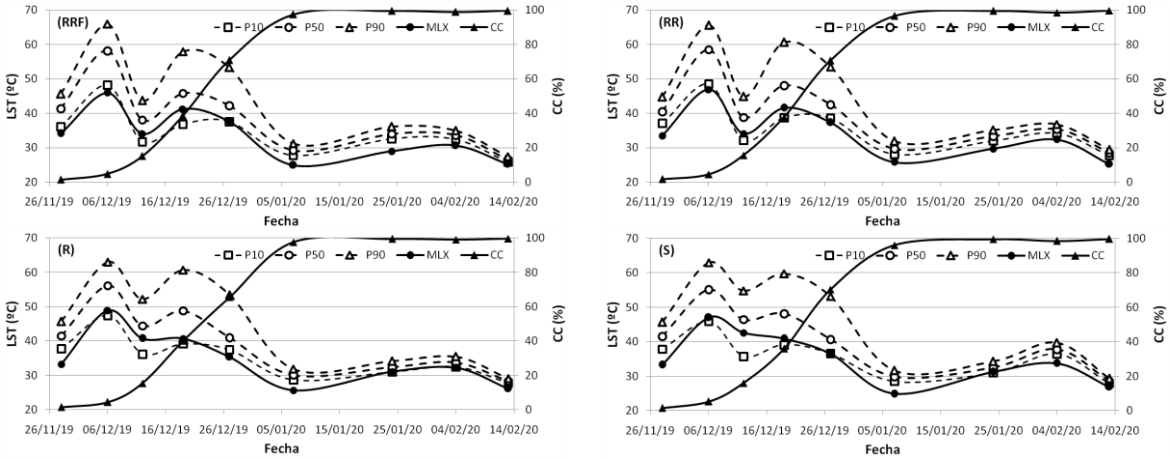


Figura 1. Evolución de la temperatura de superficie (LST) correspondientes a los percentiles 10 (P10), 50 (P50) y 90 (P90) obtenidos a partir de las imágenes de la cámara FLIR ONE PRO, del sensor MLX9061 (MLX), y el porcentaje de cobertura del cultivo (CC) para los cuatro tratamientos.

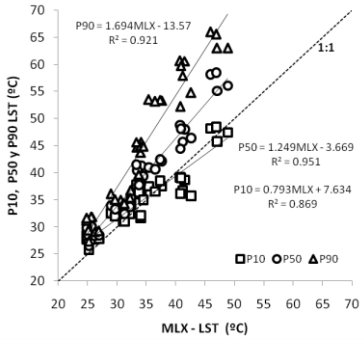


Figura 2. Relación entre los percentiles 10 (P10), 50 (P50) y 90 (P90) de LST de las imágenes térmicas con la cámara FLIR ONE PRO y los valores puntuales de LST del sensor MLX9061 (MLX) para todos los tratamientos de soja.

CONCLUSIONES

La variabilidad de los registros termográficos de la imagen disminuye a medida que aumenta la cobertura el cultivo. La relación entre los lecturas del sensor MLX9061 y los percentiles de temperatura de las imágenes termográficas se describe de manera adecuada por regresiones lineales. El empleo del sensor MLX9061 es promisorio por la posibilidad de integrarlo a un datalogger y aumentar la resolución temporal de los registros.

REFERENCIAS

Bai, G.; Ge, Y.; Hussain, W.; Baenziger, P.S.; Graef, G. 2016. A multi-sensor system for high throughput field phenotyping in soybean and wheat breeding. Computers and Electronics in Agriculture 128:181-192.

Cerminato J.A.A.; Clemente J.P.; Díaz G.; Llop A.; Ovando G.G.; Rigalt S.; Rodríguez Pesce E.J.P.; Torterolo M.K. (*ex aequo*) 2018. Prototipo de instrumental automático de bajo costo para medir variables agrometeorológicas vinculadas al estrés hídrico en cultivos. Revista NEXO agropecuario Vol. 6 Nº 1-2 enero-diciembre de 2018.

Deery, D.; Jimenez-Berni, J.; Jones, H.; Sirault, X.; Furbank, R. 2014. Proximal remote sensing buggies and potential applications for field-based phenotyping. Agronomy 4(3):349-379.

de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Martínez, J.; Miranda, C.; Díaz, G. 2016. Evaluación de un lote de maíz bajo riego y siembra variable con el modelo AquaCrop en Córdoba, Argentina. RADA VII:1-13.

Di Gennaro, S.F.; Matese, A.; Gioli, B.; Toscano, P.; Zaldei, A.; Palliotti, A.; Genesio, L. 2017. Multisensor approach to assess vineyard thermal dynamics combining high-resolution unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing and wireless sensor network (WSN) proximal sensing. Scientia Horticulturae 221:83-87.

FLIR Systems ®, 2018. Presentación de la nueva generación FLIR ONE ® PRO.http://www.flir.com.mx/flirone/ último acceso(12/jun/2020).

Jones, H.G.; Hutchinson, P.A.; May, T.; Jamali, H.; Deery, D.M. 2018. A practical method using a network of fixed infrared sensors for estimating crop canopy conductance and evaporation rate. Biosystems Engineering 65:59-69.

CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF) PARA LA CUENCA DEL ARROYO ESTACAS (ENTRE RÍOS)

Pighini R.J.[1,2]; Wingeyer A.B.[2]; Wilson M.G.[2]

[1] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina*

[2] *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ruta 11 km 12,5, Oro Verde, CP3100, Entre Ríos, Argentina*

***Contacto:** pighini.ramiro@inta.gob.ar

Palabras clave: recurrencia; precipitación; Thiessen; GVE

INTRODUCCIÓN

Las curvas IDF, que relacionan la intensidad, duración y periodo de retorno de una tormenta intensa, son realizadas en base a observaciones de pluviógrafos durante un período de tiempo en general mayor a 20 años (Varela *et al*., 2004). Estas curvas permiten el planteamiento, diseño y operación de los proyectos hidráulicos y obras de ingeniería (Koutsoyiannis *et al*., 1998). Cuando no se posee información pluviográfica, se debe recurrir a datos de pluviómetros, como es en el caso de la cuenca del Arroyo Estacas, Entre Ríos. En esta provincia existen más de 200 estaciones pluviométricas con lecturas diarias desde el año 1934 (Collante Wojcicki *et al*., 2018). La cuenca del A° Estacas, con un área de 725,7 km^2, se ubica al norte del Departamento La Paz y este arroyo es el único afluente en la margen derecha del A° Feliciano (Figura 1) (Pighini *et al*., 2019). Los objetivos de este trabajo son conocer la influencia de estaciones pluviométricas cercanas a la cuenca por polígonos de Thiessen (Thiessen,1911), estimar las precipitaciones máximas probables mediante la función de distribución General de Valores Extremos (GVE) por Momentos L (Hosking y Wallis, 1997) y determinar las curvas IDF con la metodología gráfica de Témez (1978) y analítica de Bernard (1939).

MATERIALES Y MÉTODOS

El procesamiento de los datos e imágenes fue realizado con planillas de cálculo, software Rstudio y QGIS. La base corresponde a registros de estaciones pluviométricas convencionales con datos diarios, del Departamento de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos. Se estudiaron 7 estaciones repartidas dentro y fuera de la cuenca (Figura 1) que poseían más de 20 años de mediciones diarias, comprendidas entre los años 1958 y 2017. Todas las observaciones corresponden al Departamento de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos. El grado de influencia de cada estación sobre la cuenca se determinó con polígonos de Thiessen. Para la precipitación máxima probable se ajustó la distribución GVE con momentos L, que resulta una de las mejores en la provincia (Tito *et al*., 2012). El resultado de la precipitación máxima probable se incrementó en un 13% para ajustarlo por intervalo fijo de observación, debido a que los registros de lluvias máximas se miden en intervalos de 24 horas, y no de tormentas de 24 horas de duración (Weiss, 1964). Además, se llevó a cabo una prueba de bondad de ajuste de la distribución usando el test de Kolmogorov – Smirnov (con 95% de nivel de significancia), y el coeficiente de determinación R^2. El cálculo de las precipitaciones máximas para diferentes duraciones (valores subdiarios) se obtiene aplicando un método propuesto por Campos Aranda (1978), en el cual se multiplicó a cada valor de la precipitación máxima diaria, un coeficiente que corresponde al tiempo de duración de la tormenta. De esta manera, se obtiene una tabla de precipitaciones máximas para diferentes duraciones de tormentas y periodos de retorno para cada una de las estaciones pluviométricas. Dividiendo el valor de cada precipitación por el tiempo de duración, obtendremos las intensidades correspondientes. El paso siguiente será el de ponderar cada una de estas tablas, según el área de influencia determinada con polígonos de Thiessen, aplicando la ecuación (1), para obtener la misma tabla pero para la cuenca total. De esta manera se podrán generar las curvas IDF de manera gráfica como expone el método de Témez (1978).

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \cdot \sum_{i=1}^{n} (P_i \cdot A_i) \qquad (1)$$

donde $\bar{P}$ es la precipitación media areal [mm], A es el área total de la cuenca [km^2], P_i es la precipitación de cada estación [mm], A_i es el área parcial de influencia de cada estación calculada con Thiessen [km^2]. Para representar la relación IDF con una ecuación matemática, se usó la expresión propuesta por Bernard (1932):

$$I = \frac{K \cdot T^{m}}{D^{n}} \qquad (2)$$

donde I es la intensidad de precipitación [mm/h]; T es el período de retorno en años; D es la duración de la tormenta en minutos; K, m y n, son parámetros a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple, que se realizó aplicando cambios de variables y logaritmos a la ecuación (2). Se calculó además el coeficiente de determinación R^2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de los polígonos de Thiessen en la cuenca con las estaciones pluviométricas, determinó que sólo 3 estaciones superan el 10% de cobertura areal. Éstas estaciones son la de San Gustavo, Tacuara Yacaré y Tacuara Ombú, y abarcan aproximadamente el 85% del área, por lo que definirán el comportamiento pluviométrico en la zona de estudio (Collante Wojcicki *et al.*, 2018) (Figura 2). La precipitación máxima para diferentes duraciones y períodos de retorno se resume en la Figura 2. Las pruebas de bondad de ajuste aceptan la distribución en todos los casos con valores de R^2 mayores al 98% para los datos observados, verificando las conclusiones de Tito *et al*. (2012). La regresión lineal múltiple resultó en la estimación de K=482,78; m=0,19; y n=0,6189; con un coeficiente de determinación (R^2) del 99,2% de confianza con los datos observados.

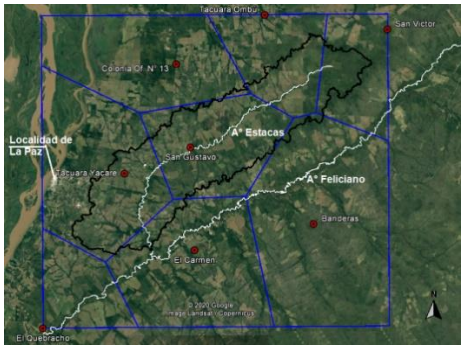


Figura 1. Ubicación de la cuenca del A° Estacas, estaciones pluviométricas (círculos rojos) y polígonos de Thiessen (azul).

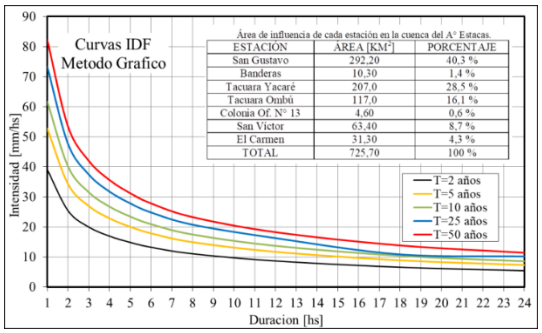


Figura 2. Curvas IDF (Método gráfico de Témez) obtenidas por análisis de precipitaciones máximas probables.

CONCLUSIONES

De los registros de datos pluviométricos de 7 estaciones, fue posible generar una gráfica y expresión analítica para las curvas IDF, serie 1958-2017, con distribución areal por polígonos de Thiessen para la cuenca del A° Estacas. El ajuste de la distribución GEV, otorgó una confiabilidad de más del 98% para todas las estaciones analizadas. La expresión analítica de la curva IDF por el método de Bernard (1932) obtuvo un coeficiente de determinación de 99,2%. Las familias de curvas obtenidas se aproximan entre sí a medida que aumenta la duración, presentando diferencias mayores para menores duraciones y mayor periodo de retorno. Se pretende continuar con esta línea de investigación, mediante la comparación con otras curvas de regiones cercanas, y buscando disponer de expresiones analíticas para distintas cuencas de la provincia.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se enmarca en tesis de doctorado y proyecto del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), que evalúa la modelación hidrológica del A° Estacas para diferentes condiciones de usos de suelos.

REFERENCIAS

Bernard, M. 1932. Formulas for rainfall intensities of long durations. Trans. ASCE. 96:592-624.

Campos Aranda, D.F. 2001. Contraste de cinco métodos de ajuste de la distribución GVE en registros históricos de eventos máximos anuales. Revista Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XVI, 02:077-092.

Collante Wojcicki, M.D.; Gimenez V.E.; Mastaglia M.I.; Sato R.; Catteneo N.; López P. 2018. Estudio de tormentas de diseño en la cuenca del arroyo Feliciano en la provincia de Entre Ríos. En: 4° Encuentro de Investigadores de Formación en Recursos Hídricos, Ezeiza, Buenos Aires, Argentina.

Hosking J.R.M.; Wallis J.R. 1997. Regional Frequency Analysis - an Approach Based on L-Moments. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 224 p.

Koutsoyiannis, D.; Kozonis, D.; Manetas A. 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. Journal of Hydrology. 206:118-135.

Pighini R.J.; Wingeyer A.; Wilson M.G.; Gabioud E.A.; Van Opstal N.V.; Seehaus M.S.; Sasal M.C. 2019. Caracterización de la cuenca del A° Estacas y evaluación de secciones transversales de su cauce. En: IX Congreso sobre uso y manejo del suelo, Paraná, Entre Ríos, Argentina.

Témez, J. 1978. Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Dirección General de Carreteras. Madrid. España. 111 p.

Thiessen, A. 1911. Precipitation averages for large areas. Monthly Weather Review 39:1082-1084.

Tito, M.J.; Pérez, M.; Guglielmone, M.L. 2012. Aplicación del modelo SQRT-ETmax en la estimación de precipitaciones máximas diarias de la provincia de Entre Ríos. III Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas Rosario, Argentina.

Varela, C.; Entraigas, I.; Varni, M. 2004. Curvas intensidad – duración – frecuencia para diez años de datos pluviográficos en la ciudad de Azul, centro de la provincia de Buenos Aires. Instituto de Hidrología de Llanuras. Azul, Argentina.

Weiss, L.L. 1964. Ratio of true fixed-interval maximum rainfall. Journal of Hydraulics Division 90:077-082.

FABRICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE PIRANÓMETROS DE DISEÑO PROPIO

Serritella*, D.A.[1,2], Moltoni, A.F.[3]; Pacor, L.J.[1]; Blasón, A.D.[1]

[1] *Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta 4, km 2, Llavallol (1836), Argentina*
[2] *Instituto de Clima y Agua, CIRN, INTA Castelar, Argentina*
[3] *Instituto de Ingeniería Rural, CIA, INTA Castelar, Argentina*

***Contacto:** serritella.dante@inta.gob.ar

Palabras clave: irradiancia solar total; radiómetro fotovoltaico; fotodiodo; contraste

INTRODUCCIÓN

La irradiancia solar total (longitud de onda entre 300-3000 nanómetros) a nivel de la superficie terrestre, es la fuente de energía para el proceso fotosintético de las plantas (Denegri *et al.*, 2009). Sin embargo, es muy poca la proporción de la misma utilizada para dicho proceso, ya que existen pérdidas debidas a la reflexión desde los distintos órganos de la planta, a la transmisión a través de la canopia y al calentamiento por absorción (Righini y Grossi Gallegos, 2005). Contar con un sistema de medición de los diferentes componentes de la radiación de onda corta distribuidos en los cultivos resulta de evidente importancia para su modelización y manejo (Vera *et al.*, 2005). Los promisorios resultados obtenidos en el ensayo de un radiómetro de diseño propio (Moltoni *et al.*, 2018), motivaron la fabricación de nuevos instrumentos para aplicarlos a un sistema como el mencionado. El objetivo del presente trabajo es evaluar la confiabilidad de dichos radiómetros, obteniendo calibraciones general e individual de los sensores y determinando la variabilidad entre los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se fabricó una versión mejorada del prototipo de sensor fotovoltaico desarrollado por Moltoni et al. (2018), conformándolos por un cilindro de aluminio que contiene otro de polietileno virgen traslucido de alta densidad, torneado interiormente para que su extremo superior permanezca cerrado por un espesor de 3 mm del material, que actúa como difusor de la radiación incidente brindando así una mejor respuesta coseno. El circuito integrado (sensor propiamente dicho) se dispuso dentro del mismo en contacto directo con dicha pared interna, conservando esto en todos por igual. Se realizó su ensayo en el Observatorio Agrometeorológico Principal de INTA Castelar (-34°36'19,71", - 58°40'12,66") durante enero de 2020. Los sensores se montaron sobre un soporte horizontal a 2 metros de altura, corroborando que ningún objeto produzca sombra sobre los mismos en ningún momento del día (Figura 1). En el observatorio funciona una estación meteorológica automática (EMA), modelo Nimbus (Belloni *et al.*, 2011), con un radiómetro termopílico Kipp & Zonen, modelo CMP3, que registra la irradiancia solar total. Dicho instrumento presenta exactitud y confiabilidad para ser utilizado como patrón de referencia para la calibración (Utrillas *et al.*, 2018). Las lecturas de 8 radiómetros propios se almacenaron cada 10 minutos con un adquisidor digital (Moltoni *et al.*, 2008) y transfirieron a una PC para su procesamiento. La Figura 2 presenta como ejemplo la gráfica de un día del ensayo con los datos así obtenidos. En tal proceso se comprobó que el sensor 2 sufrió su desconexión involuntaria, por lo que no fue tenido en cuenta para la calibración. Se realizó en primera instancia un análisis de auto correlación temporal de los registros de los sensores propios. Luego se efectuó un análisis de varianza considerando un diseño en bloques completos aleatorizados, tomando las observaciones de las 6, 9, 12, 15 y 18 horas como bloques, para evaluar la respuesta de los sensores a distintas intensidades de radiación solar. A cada uno de los sensores fabricados se los tomó como tratamientos. La calibración se efectuó mediante un análisis de regresión en el cual se utilizaron los datos del instrumento de referencia y el valor promedio obtenido de los sensores propios, en cada registro de 10 minutos. Finalmente, la validación del modelo se realizó con datos tomados por los sensores fabricados, en un período posterior al ensayo, corrigiendo sus lecturas con la ecuación de calibración y posteriormente comparándolas con los datos registrados por el instrumento de referencia en el mismo período.



Figura 1. Instalación del ensayo (izq.) y detalle del montaje (izq).

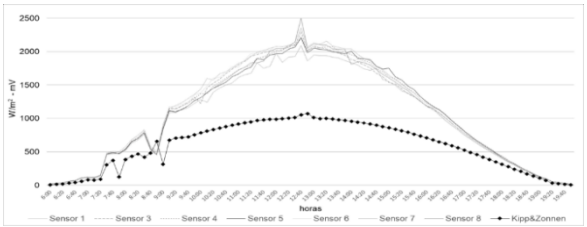


Figura 2. Registros del día 18/01/20 medido por lo sensores propios previa calibración (gris en mV) y radiómetro CMP3 (punteado negro en W/m^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La auto correlación temporal no resultó significativa entre observaciones más allá de 2 horas entre sí, lo que permitió realizar el análisis de varianza para determinar la variabilidad entre los sensores fabricados, tomando datos independientes cada tres horas entre las 06 y 18 horas del día.

Variabilidad -El análisis de varianza arrojó un R^2 Aj =1,00 con un coeficiente de variabilidad de 3,78 y un p-valor <0,0001 para los bloques. Mientras que los tratamientos resultaron con un p-valor = 0,0216 obligando a detectar las diferencias entre sensores mediante un test de comparaciones múltiples (Tabla 1).

Calibración- Los coeficientes resultantes para las calibraciones de cada sensor, como así también los del modelo general (promedio de sensores) son presentados en la Tabla 2. En la Figura 3 se presenta la dispersión de los valores que generaron la ecuación de calibración general, en donde puede observarse una reducida nube de puntos desalineados, producto de la distinta velocidad de respuesta entre el patrón y los sensores propios frente a fluctuaciones por nubosidad que producen desfasajes de los registros también observable en la Figura 2.

Tabla 1. Test de Tuckey.

Sensor	Medias	n	Error standard	
7	792,28	5	14,16	A
8	826,68	5	14,16	AB
3	835,38	5	14,16	AB
5	842,98	5	14,16	AB
4	847,90	5	14,16	AB
6	852,38	5	14,16	AB
1	872,28	5	14,16	B

Medias con una letra en común, no son significativamente diferentes (p > 0,05). Nivel de significancia=0,05, diferencia mínima significativa=64,3, error:1002.5, grados de libertad: 24

Tabla 2. Coeficientes de calibración ($Y=aX^2+bX+c$) y determinación.

Sensor	a	b	c	R^2
1	-0,0001	0,7052	6,9143	0,9500
3	-0,0001	0,7431	6,8714	0,9509
4	-0,0001	0,7238	5,8252	0,9522
5	-0,0001	0,7351	6,4209	0,9511
6	-0,0001	0,7288	7,2839	0,9508
7	-0,0001	0,7622	4,0214	0,9513
8	-0,0001	0,7740	5,6890	0,9515
General (μ)	-0,0001	0,7411	3,6743	0,9515

Validación- El ajuste resultó excelente en todo el rango de medición explorado, corroborando estadísticamente que su pendiente no resultó distinta de 1 (uno) y la ordenada al origen distinta de 0 (cero), con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, (Figura 4).

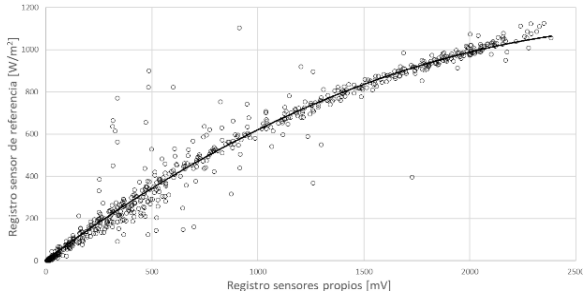


Figura 3. Ajuste entre el patrón y el promedio de los valores de los 7 sensores fabricados, por registro (modelo general).

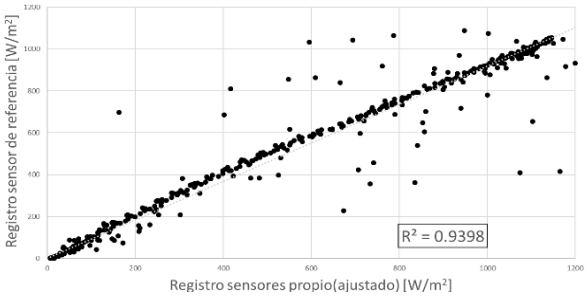


Figura 4. Validación del modelo de calibración.

CONCLUSIONES

Los piranómetros logrados resultan aptos para aplicaciones agrometeorológicas de detalle, corrigiendo sus registros con el modelo de calibración general. El procedimiento de calibración resulta confiable, rápido y fácil de implementar.

REFERENCIAS

Belloni, M.C.; D'Indio, M.; Rodríguez. R.O.; Fernández, N. R.; Moltoni, A.F.; Blasón, A.D. 2011. Desarrollo de un sistema de observación y análisis climático y ambiental. Diseño de estaciones agrometeorológicas automáticas Nimbus THP. Revista Rumbos Tecnológicos 3:95-105.

Denegri, M.J.; Righini, R.; Grossi Gallegos, H. 2009. Estudio comparativo del comportamiento de un sensor PAR desarrollado por VNEA. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 13:33-40.

Moltoni, A.; Blasón, A.D.; Fernández, N.R.; Rodríguez, R.O. 2008. Prestación, desempeño y confiabilidad de un sistema adquisidor de temperaturas de desarrollo propio. XII RADA, San Salvador de Jujuy, Argentina. CD-Trabajos, nº 073.

Moltoni, A.F.; Serritella, D.A.; Pacor, L.J.; Blasón, A.D. 2018. Construcción y contraste de un radiómetro de diseño propio. Actas de XVII RADA, Villa de Merlo, San Luis, Argentina. pp. 88-89.

Righini, R.; Grossi Gallegos, H. 2005. Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en San Miguel, provincia de Buenos Aires. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 9.

Utrillas, M.P.; Marín, M.J.; Esteve, A.R.; Salazar, G.; Suarez, H.; Gandía, S.; Martínez-Lozano, J.A. 2018. Relación entre radiación ultravioleta eritematosa e irradiación solar de banda ancha a gran altura en el noroeste de Argentina. Revista Energy 162:136-147.

Vera, L.H.; Busso, A.J.; Benitez, F. 2005. Desenvolvimiento de un sistema de radiación solar. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Resumen T-002.

DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DESAGREGACIÓN TEMPORAL PARA CONSTRUCCIÓN DE CURVAS IDF EN CIUDAD DE ROSARIO

Sgroi*, L.C.[1]; Lovino, M.A. [1,2]; Müller, G.V. [1,2]

[1] *Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático (CEVARCAM), Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe 3000, Argentina*

[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Santa Fe 3000, Argentina*

***Contacto:** lsgroi@fich.unl.edu.ar

Palabras clave: digitalización de fajas; coeficientes de desagregación temporal; datos pluviométricos

INTRODUCCIÓN

La determinación de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) comprende una tarea clásica en estudios hidrológicos que incluyen a proyectos de drenaje urbano, obras viales o diseño de estructuras de control de inundaciones. En Argentina, la escasa densidad de estaciones oficiales de medición, sumado a la falta de un adecuado tratamiento posterior (Bertoni *et al.*, 2004), ocasiona un importante número de centros urbanos carentes de curvas IDF.

Los métodos de obtención de curvas IDF están basados en la información que se dispone: por un lado, se tiene una metodología basada en datos pluviográficos y, por otro lado, existe un método sintético que utiliza datos pluviométricos y considera la máxima precipitación anual en 24 h y posterior desagregación temporal de la precipitación. En este trabajo se utilizan datos pluviográficos y pluviométricos de la estación Rosario Aero del Servicio Meteorológico Nacional. El objetivo del estudio es obtener coeficientes de desagregación temporal confiables para la construcción de las curvas IDF, contrastando ambas metodologías mencionadas anteriormente.

DATOS Y METODOLOGÍA

Las fajas pluviográficas digitalizadas abarcan el período 1936-89, con registros faltantes entre 1944-55 y 1971-84 inclusive, totalizando 28 años de datos. Considerando la gran cantidad de fajas a digitalizar se consideró prioritario, en primer lugar, digitalizar aquellas fajas que presentan una descarga completa del cangilón de 10 mm; y, en segundo lugar, aquellas que presentan una precipitación mayor a 3 mm. La curva IDF construida con estos datos se denomina de control. Los registros diarios comprenden 83 años de datos desde 1935 hasta 2017 inclusive. Se corrigieron los valores observados a intervalos fijos de 24 h de días consecutivos afectándolos por el coeficiente 1,13 para convertirlos en valores de precipitación máxima anual en 24 h para cada día. La serie de precipitación se ajustó a una función de distribución teórica de Gumbel (1) (Zamanillo *et al*., 2008) para obtener valores de precipitación asociados a una probabilidad de ocurrencia determinada (F), y sobre esta probabilidad el valor de la recurrencia (T) (Koutsoyiannis *et al*., 1998), como se observa en la ecuación (2).

$$F(x) = e^{-e^{\frac{-(x-\mu)}{\sigma}}} \quad (1)$$

$$T = \frac{1}{1-F} \quad (2)$$

Se obtuvieron intensidades de precipitación para distintas recurrencias sobre un total de 381 eventos. Los coeficientes de desagregación temporal se hallaron por digitalización de fajas pluviográficas y la precipitación acumulada para distintas duraciones que produjo cada evento. Se obtuvieron valores promedios ponderados de desagregación temporal para duraciones menores a 24 hs (ver Tabla 1). Se utilizaron ecuaciones de dos parámetros de Bernard (3) para determinar las curvas IDF,

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (3)$$

donde a y b son parámetros determinados por ajuste potencial para cada valor de recurrencia, t es la duración en [min] e I la intensidad de precipitación en [mm h^{-1}].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 compendia los valores de desagregación temporal, así como también los valores del desvío estándar y los valores adoptados de acuerdo con el ajuste ente curvas IDF. De acuerdo con el desvío estándar, los coeficientes muestran una mínima variación en ambos extremos, particularmente llegando a 1440 minutos, y mayor variación en duraciones intermedias. Por ejemplo, entre 360 y 1080 minutos los desvíos son un orden de magnitud mayor que en los extremos; lo que indica gran variabilidad en esas duraciones. Las duraciones entre 60 y 300 minutos presentan una variación más reducida. Diferentes autores han establecido coeficientes para distintas regiones de Argentina (e.g. Zamanillo *et al*., 2008; Bertoni y Tucci, 1993). Los valores de los coeficientes de desagregación obtenidos en Tabla 1 presentan similitud con los obtenidos por dichos autores.

Tabla 1. Coeficientes de desagregación temporal obtenidos para duraciones menores a 24 hs.

Dur. (min)	15	30	60	120	180	240	300	360	480	720	1080	1440
Promedio	0,18	0,24	0,46	0,51	0,57	0,60	0,66	0,73	0,81	0,91	0,97	1,00
Desvío	1,11	1,46	2,96	3,33	3,87	4,57	6,71	8,58	10,01	12,98	10,94	0,00
Adoptado	0,22	0,28	0,33	0,38	0,46	0,51	0,57	0,63	0,75	0,85	0,95	1,00

Se construyeron curvas IDF utilizando los coeficientes promedio y se hallaron diferencias de intensidad con las curvas de control, como se ve en el panel izquierdo de la Figura 1. Posteriormente, se redujeron las diferencias con las curvas de control adoptando lo coeficientes que figuran en última fila de la tabla 1, como se observa en el panel derecho de la misma Figura. En la Tabla 2 se presentan los parámetros de las ecuaciones y los coeficientes de correlación entre las curvas de control y las IDF con datos pluviométricos que muestran muy buen ajuste entre ambas.

Tabla 2. Valores de los parámetros a y b de la ecuación de Bernard para cada método y por cada recurrencia.

T (años)		2	5	10	25	50	75	100	300	500
Control	a	641,2	768,5	854,9	965,4	1014,0	1096,2	1130,3	1260,7	1321,4
	b	0,702	0,686	0,678	0,672	0,668	0,666	0,665	0,661	0,659
Pluviomét.	a	421,6	493,0	554,9	648,9	730,4	782,8	822,2	991,8	1082,2
	b	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616	0,616
C.Correl.		0,99	0,99	0,99	0,99	1	1	1	1	1

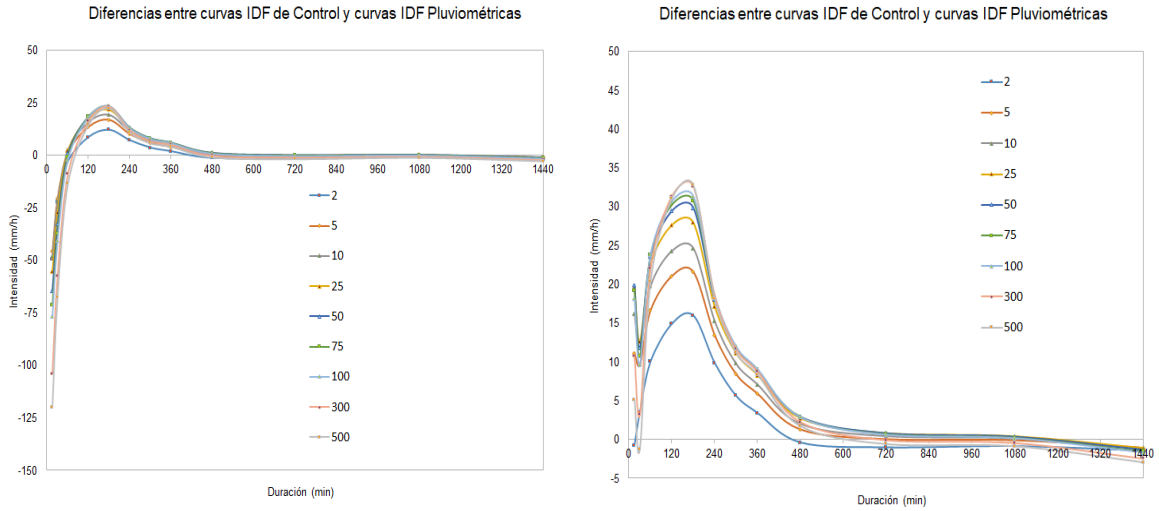


Figura 1. Diferencias de intensidad de precipitación para diferentes duraciones y recurrencias. Panel izquierdo, utilizando coeficientes promedio. Panel derecho, utilizando los coeficientes adoptados. Estación Rosario Aero.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los problemas relacionados con el mantenimiento de los mecanismos registradores, deficiencias en las fajas, y la complejidad adicional de su digitalización en la metodología basada en datos de pluviógrafos y las reducidas diferencias encontradas entre ambas metodologías, el uso de la metodología sintética utilizando coeficientes de desagregación apropiados es una práctica ingenieril adecuada para generar curvas IDF.

REFERENCIAS

Bertoni, J. C.; Ambrosino, S.; Barbeito, O.; Daniele, A.; Maza, J. A.; Paoli, C. U.; Serra, J. J. 2004. Inundaciones urbanas en la Argentina. GWP-SAMTAC; Programa Asociado de Gestión de Crecidas; Universidad Nacional de Córdoba. Secretaría de Ciencia y Técnica, SECyT; Comité Permanente de los Congresos Nacionales del Agua; Arg CAP-NET.

Bertoni, J.C.; Tucci, C.E. M. 1993. Precipitação, capítulo 5 in: Tucci, C.E.M. (org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Coleção ABRH, Vol. 4. 2da. Edição. 943 p. Brasil.

Koutsoyiannis, D.; Kozonis, D.; Manetas, A. 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. Journal of Hydrology 206 (1-2):118-135.

Zamanillo E.A.; Larenze G.; Tito M. J.; Perez M.; Garat M. E. 2008. Tormentas de diseño para la Provincia de Entre Ríos, Universidad Tecnológica Nacional. 104 p.

VALIDACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS SATELITALES OBTENIDOS DEL PROYECTO NASA-POWER

Sosa*, G.D.; Fernández Long, M.E; Spescha, L.B.

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

***Contacto:** gdsosa@agro.uba.ar

Palabras clave: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, modelos

INTRODUCCIÓN

En la Argentina, la baja cantidad de estaciones meteorológicas y su distribución heterogénea constituyen un inconveniente si se quiere realizar estudios climáticos en diversas regiones (Ferrelli *et al.*, 2016). Sin contar las estaciones automáticas que el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha puesto en funcionamiento en los últimos años, en todo el territorio continental nacional existen 116 estaciones meteorológicas (con observación horaria) de superficie pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2020) y 17 agrometeorológicas con observación tridiurna del INTA (Gattinoni, comunicación personal, 18 de mayo de 2020). Siendo la superficie continental de Argentina de 2791810 km^2 (Instituto Geográfico Nacional, 2020), la densidad de estaciones por km^2 es de una cada 20991 km^2. Si se realiza este mismo cálculo para España, los 506030 km^2 que posee (La Moncloa, 2020) dividido las 96 estaciones sinópticas de superficie (AEMET, 2020) arroja una densidad de una estación cada 5271 km^2, es decir más de tres veces por encima que la Argentina.

Los datos meteorológicos obtenidos a partir de estimaciones satelitales constituyen entonces una de las alternativas que existen para mitigar esta falta de información. La NASA (por sus siglas en inglés "National Aeronautics and Space Administration") a través del programa NASA- POWER (por sus siglas en inglés "Prediction Of Worldwide Energy Resource"- Stackhouse *et al*., 2019) desarrolló una base de datos agroclimatológicos en grillas de 0,5° de latitud por 0,5° de longitud. Provee datos diarios (con un desfasaje de dos días) de precipitación, temperatura media, máxima y mínima, radiación solar, velocidad del viento a 2 y 10 metros, humedad relativa, punto de rocío, presión en superficie, entre otros. Algunas de estas variables fueron validadas con buenas asociaciones con los datos observados para determinadas regiones de Europa (Negm *et al*., 2017), China (Bai *et al*., 2010), Brasil (Monteiro *et al*., 2017), y Estados Unidos (Mourtzinis *et al*., 2017).

El objetivo de este trabajo fue realizar la validación de datos del proyecto NASA-POWER para algunas localidades de la Argentina, para de esta forma evaluar su utilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con cinco localidades de la Región Pampeana (Azul, Gualeguaychú, Laboulaye, Marcos Juárez y Junín), en las cuales se evaluaron las siguientes variables meteorológicas diarias: precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima. Los datos satelitales se extrajeron desde el sitio del proyecto POWER-NASA de la base de datos "Agroclimatology" (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/), mientras que los datos observados se obtuvieron de las estaciones meteorológicas de superficie pertenecientes al SMN y al INTA. El período analizado abarcó desde el año 1985 hasta el 2019. La validación de la base de datos POWER-NASA se realizó con los datos observados; para lo cual se calcularon los estadísticos clásicos como la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE), que proporciona una medida del valor medio de los errores de las estimaciones, y el sesgo (BIAS), que representa el error sistemático de las mismas. Además, se calcularon los coeficientes de correlación (r) entre los valores observados y modelados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de temperatura (Tabla 1) se trabajaron en forma diaria y se los analizó en forma estacional (verano n=3158; otoño n=3220; invierno n=3128; primavera, n=3093), mientras que los de precipitación (Tabla 2) se trabajaron y analizaron en forma diaria. Para la temperatura máxima los valores que mejor se asociaron se dieron en el periodo otoñal (marzo-abril-mayo). Los valores de r para todas las localidades se ubicaron por encima de 0,9; el BIAS entre -0,05 y 0,20 °C y el RMSE entre 1,72 y 2,68 °C. El momento de mayor dispersión de los datos, es decir, valores de BIAS mayores a 1 y menores a -1 se dio en el período de verano. En este momento también se dieron los mayores errores (RMSE), en todas las localidades por encima de 2°C. Para la temperatura mínima las mejores asociaciones también se dieron en otoño, con valores de r entre 0,89 y 0,94, BIAS entre -0,33 y 0,93 °C y RMSE entre 1,79 y 2,51°C. El sesgo de los datos en el resto de las localidades y estaciones siempre se ubicó entre valores de -1 y 1. En Laboulaye los datos modelados tienden a subestimar la temperatura máxima y mínima, ya que el BIAS es negativo, con excepción para el invierno y primavera, respectivamente. Lo mismo sucede en Gualeguaychú para todas las estaciones en la temperatura mínima. Respecto a los datos de

precipitación, los datos diarios mostraron correlaciones superiores a r=0,6 en todos los casos, con sesgo muy bajo y con un RMSE que varía entre 6,6 y 8,4 mm.

Tabla 1. Valores de correlaciones (r), sesgo (BIAS) y error cuadrático medio (RMSE) para las variables temperatura máxima y mínima en las localidades de Azul, Gualeguaychú (Gua), Junín, Laboulaye (Lab), y Marcos Juárez (MJ).

Temperatura máxima verano (ene-feb-dic)				Temperatura máxima otoño (mar-abr-may)				Temperatura máxima invierno (jun-jul-ago)				Temperatura máxima primavera (sep-oct-nov)			
	r	BIAS	RMSE		r	BIAS	RMSE		r	BIAS	RMSE		r	BIAS	RMSE
Azul	0,89	1,32	2,28	Azul	0,95	0,07	1,72	Azul	0,89	-0,52	1,81	Azul	0,93	0,55	1,88
Gua	0,84	1,37	2,83	Gua	0,94	0,20	2,68	Gua	0,91	-0,37	1,91	Gua	0,91	0,52	2,11
Junín	0,84	0,98	2,38	Junín	0,92	0,06	1,97	Junín	0,90	0,03	1,88	Junín	0,91	0,85	2,23
Lab	0,87	-1,28	2,42	Lab	0,94	-0,05	1,92	Lab	0,90	0,41	1,97	Lab	0,93	-0,83	2,21
MJ	0,85	1,81	2,85	MJ	0,93	0,18	2,04	MJ	0,88	-0,10	2,20	MJ	0,91	0,95	2,35
Temperatura mínima verano (ene-feb-dic)				Temperatura mínima otoño (mar-abr-may)				Temperatura mínima invierno (jun-jul-ago)				Temperatura mínima primavera (sep-oct-nov)			
	r	BIAS	RMSE		r	BIAS	RMSE		r	BIAS	RMSE		r	BIAS	RMSE
Azul	0,84	0,74	2,29	Azul	0,89	0,93	2,51	Azul	0,85	0,50	2,43	Azul	0,88	0,12	2,25
Gua	0,88	-0,17	1,59	Gua	0,94	-0,33	1,79	Gua	0,93	-0,65	2,08	Gua	0,93	-0,86	1,86
Junín	0,85	0,74	1,91	Junín	0,92	0,56	2,06	Junín	0,89	0,41	2,26	Junín	0,91	0,18	1,91
Lab	0,83	-0,26	1,92	Lab	0,91	-0,05	2,04	Lab	0,86	-0,25	2,33	Lab	0,91	0,09	1,93
MJ	0,84	0,54	1,90	MJ	0,92	0,19	2,05	MJ	0,88	0,45	2,38	MJ	0,91	0,19	2,01

Tabla 2. Valores de correlaciones (r), sesgo (BIAS) y error cuadrático medio (RMSE) para la precipitación diaria.

índice	Azul	Gualeguaychú	Junín	Laboulaye	Marcos Juárez
r	0,66	0,64	0,69	0,62	0,63
BIAS	-0,01	0,09	0,01	0,05	0,08
RMSE	6,60	8,45	7,42	7,04	7,29

CONCLUSIONES

Los estadísticos de las variables analizadas se comportaron en forma diferente en todas las localidades. Las correlaciones más bajas se dieron en la precipitación (r promedio=0,65), probablemente asociadas a la forma de análisis (diario) respecto a la temperatura (r promedio=0,90), que se agrupó estacionalmente. De todas formas, las relaciones encontradas entre los datos modelados y observados son buenas, lo que sugiere el uso de los datos del proyecto NASA-POWER en aquellas zonas que no cuenten con estaciones meteorológicas de superficie.

REFERENCIAS

AEMET, Agencia Estatal de Meteorología. 2020. Nuestros recursos. http://www.aemet.es/es/conocenos/recursos

Bai, J.; Chen, X.; Dobermann, A.; Yang, H.; Cassman, K. G.: Zhang, F. 2010. Evaluation of nasa satellite-and model-derived weather data for simulation of maize yield potential in China. Agronomy Journal 102(1):9–16.

Ferrelli, F.; Bustos, M. L.; Piccolo, M.C.; Huamantinco Cisneros, M. A.; Perillo, G.M. E. 2016. Downscaling de variables climáticas a partir del reanálisis NCEP/NCAR en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Papeles de Geografía, 62:21-33.

Instituto Geográfico Nacional. 2020. Límites, superficies y puntos extremos.
https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/LimitesSuperficiesyPuntosExtremos

La Moncloa. 2020. Geografía. https://www.lamoncloa.gob.es/espana/paishistoriaycultura/geografia/Paginas/index.aspx

Monteiro, L.A.; Sentelhas, P.C.; Pedra, G.U. 2017. Asessment of NASA/POWER satellite-based weather system for Brazilian conditions and its impact on sugarcane yield simulation. Int. J. Climatol. DOI: 10.1002/joc.5282

Mourtzinis, S.; Rattalino Edreira, J. I.; Conley, S. P.; Grassini, P. 2017. From grid to field: Assessing quality of gridded weather data for agricultural applications. European Journal of Agronomy 82: 163–172.

Negm, A.; Jabro, J.; Provenzano, G. 2017. Assessing the suitability of American National Aeronautics and Space Administration (NASA) agro-climatology archive to predict daily meteorological variables and reference evapotranspiration in Sicily, Italy. Agricultural and Forest Meteorology 244–245:111–121.

Servicio Meteorológico Nacional. 2020. Nuestro SMN: Presencia Territorial. https://www.smn.gob.ar/presenciaterritorial

Stackhouse P.; Zhang, T.; Barnett, A.; Macpherson, B.; Mikovitz, C. 2019. Prediction of Worldwide Energy Resource. Power docs. https://power.larc.nasa.gov/docs/

DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS PRECIPITACIONES DURANTE PERÍODOS CRÍTICOS EN BAJOS RENDIMIENTOS DE TRIGO

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

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 2do. Piso, Pab. 2, Ciudad Universitaria, C1428 EHA, CABA, Argentina*

[2] *Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Av. Rivadavia 1917, C1033AAJ, CABA, Argentina*

***Contacto:** fstainoh@gmail.com

Palabras clave: índices hídricos; Pampa Húmeda; DSSAT

INTRODUCCIÓN

A partir de la década de los 70, las precipitaciones presentaron cambios significativos en la región pampeana. Esto, sumado a la incorporación de nuevas tecnologías, generó un aumento progresivo en los rendimientos. No obstante, aún no hay acuerdo acerca del efecto de las tendencias climáticas sobre estos (Verón *et al*., 2015), en particular, el trigo, *Triticum aestivum*, cultivo de ciclo anual de gran interés económico en Argentina.

En años anteriores diversos autores indagaron en la existencia de un período crítico (20 días antes de la antesis y 10 días después) en el que, si se tiene condiciones ambientales ideales, la cantidad de granos totales se potencia (Savin y Slafer, 1991). Dado esto, es de suma importancia conocer cuán sensible es este cultivo ante determinadas condiciones hídricas y su comportamiento regional.

Los modelos de simulación de cultivos constituyen una herramienta para el pronóstico de rendimiento de gran utilidad para la toma de decisiones. Por ejemplo, los DSSAT (Decision Support System for Agrotechnoloty Transfer), requieren variables climáticas asociada en el ciclo del cultivo y del suelo (Jones *et al*., 2003). Considerando lo anterior, en este trabajo se estudiaron cómo se comportan algunos índices hídricos en los eventos de bajo rendimiento de trigo, a partir de un modelo de simulación de cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio se utilizaron datos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional, de rendimiento de trigo (salidas del modelo Prorindes \https://prorindes.smn.gob.ar/) y de precipitación diaria del período 1961-2017 en 13 localidades. El modelo provee datos de rendimiento de entre 18 y 36 salidas (según la localidad), combinación entre tipo de suelo, manejo del ciclo y cantidad de agua inicial. Para caracterizar el comportamiento de las precipitaciones diarias, se utilizaron dos índices hídricos: precipitación acumulada y cantidad de días secos, ambos para una ventana móvil de 30 días (asociando cada dato al primer día del periodo), obteniendo así un total de 336 valores anuales (del 1 de enero hasta el 2 de diciembre).

En cada localidad con el fin de representar las salidas de rendimiento a partir de una única serie "tipo" se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (T de Student, significancia 99% una cola, Wilks, 1995).

Una vez obtenida para cada localidad la serie tipo, se cuantificó la relación entre el rendimiento tipo y los índices hídricos, a partir de un análisis de covariabilidad, y se determinaron subperíodos críticos en las ventanas con mayor covariabilidad (máxima correlación en valor absoluto). Por último, se realizaron diagramas de dispersión entre los índices y los rindes de la serie tipo, y se calculó la probabilidad de tener rendimiento por debajo del percentil 25 condicionada a los años en los que la precipitación acumulada (cantidad de días secos) estuvo por debajo de su media (por arriba de su media).

RESULTADOS

En la Figura 1a se ilustran, como ejemplo Tandil, 3 series de rendimientos correspondientes a un manejo de ciclo corto y suelo Egaña, variando la cantidad de agua inicial, en donde hay una mejor respuesta en determinados manejos, conservándose la variabilidad temporal. Para cada estación se calculó la serie promedio de rendimiento y luego la correlación entre ésta y cada una de las salidas de rendimiento. En la Figura 1b se muestra, para cada localidad, la correlación mínima obtenida. A partir de estos valores, se decidió proseguir con las series promedio como serie "tipo". Para cada localidad se realizaron diagramas de dispersión entre el rendimiento promedio y la cantidad de días secos, y la precipitación acumulada en subperiodos de 30 días (Figura 2a y 2b; Tandil), observándose una asociación opuesta respectivamente. Con el fin de sintetizar los diagramas de dispersión, se calculó el coeficiente de Pearson para cada índice (Figura 3a y 3c), observándose correlaciones significativas en toda la región. Luego, se calcularon las probabilidades condicionales de tener bajos rindes (percentil 25) y anomalías positivas/negativas según el índice (Figura 3b y 3d), evidenciándose probabilidades de bajo rinde de entre el 32 y el 46% distribuidas en la región.

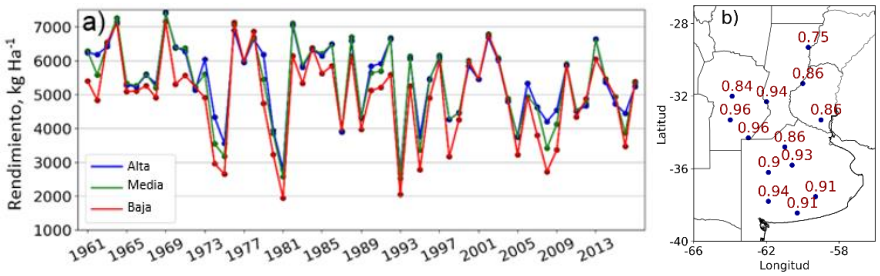


Figura 1. (a) Series de rendimiento para Tandil (suelo Egaña y manejo Intermedio-Corto - 25 Jul – contenido inicial de nitrógeno 160N), con agua inicial baja (20% capacidad de campo), media (50%) y alta (80%). (b) Coeficiente de correlación Pearson mínimo entre los rendimientos y el respectivo promedio de cada localidad.

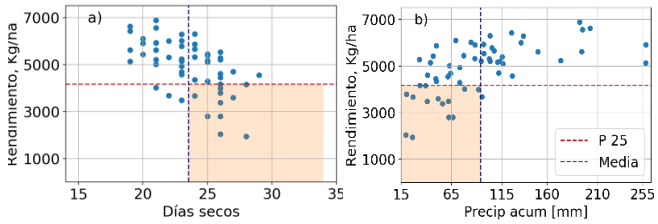


Figura 2. Diagrama de dispersión entre el rendimiento promedio y la cantidad de días secos para el 14 de septiembre (a), y la precipitación acumulada para el 27 de septiembre (b) para la localidad de Tandil.

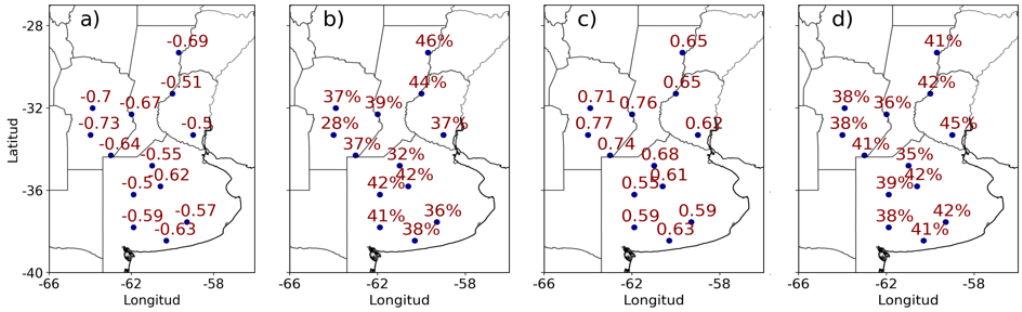


Figura 3. Coeficiente de Pearson entre el rendimiento promedio y (a) la cantidad de días secos y (c) la precipitación acumulada. Probabilidad condicional asociada a bajos rindes (debajo del percentil 25) condicionados a (b) cantidad de días secos por arriba del valor medio y (d) precipitación acumulada debajo del valor medio.

CONCLUSIONES

El impacto de las lluvias sobre el rendimiento de trigo puede ser evaluado a partir de distintos índices hídricos. En este caso, tanto la cantidad de días secos como la precipitación acumulada en subperiodos de 30 días presentaron una relación significativa con los rindes. La probabilidad condicional resultó inferior al 50%, indicando que los índices hídricos solos no alcanzan para explicar los bajos rendimientos, por lo que se sugiere la inclusión de variables adicionales como la evapotranspiración.

AGRADECIMIENTOS

Se recibió apoyo de los proyectos: CONICET-PIP 0137, UBACyT 20020170100357BA; PICT2018-03589.

REFERENCIAS

Jones, J.W.; Hoogenboom, G.; Porter, C.H.; Boote, K.J.; Batchelor, W.D.; Hunt, L.A.; Wilkens, P.W.; Singh, U.; Gijsman, A.J.; Ritchie, J.T. 2003. The DSSAT Cropping System Model. European Journal of Agronomy 18(3-4):235-265.

Savin, R.; Slafer, G.A. 1991. Shading effects on the yield of an Argentinian wheat cultivar. Journal of Agricultural Science 116(1):1-7.

Verón, S.R.; De Abelleyra, D.; Lobell, D.B. 2015. Impacts of precipitation and temperature on crop yields in the Pampas. Climatic change 130(2):235-245.

Wilks. D. S. 1995. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Academic. Press. 453 p.

Área Temática 4

Modelación del Ambiente Biofísico

VERIFICACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ESTIMADA CON INFORMACIÓN SATELITAL Y TERRESTRE EN UN BALANCE HIDROLÓGICO

Bontempi*, M.E.[1]; Rossi Lopardo, M.S.[1]; Fernández Long, M.E.[2]; Spennemann, P.C.[1,3,5]; Gattinoni, N.N.[4]

[1] *Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Av. Dorrego 4019. CABA, Argentina*
[2] *Climatología y Fenología Agrícolas, UBA, Facultad de Agronomía, Av. San Martín 4453. CABA, Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Ciencia y Tecnología (CONICET), Buenos Aires, Argentina*
[4] *Instituto de Clima y Agua, INTA, Nicolás Repetto y de los Reseros s/n, C.P. 1686, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina*
[5] *Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF), Buenos Aires, Argentina*

***Contacto:** ebontempi@smn.gov.ar

Palabras clave: sensores remotos; humedad del suelo; observaciones *in situ*

INTRODUCCIÓN

El modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA, Fernández Long *et al*., 2012) constituye una herramienta fundamental para la decisión de manejo del sector agrícola, principalmente porque contribuye al monitoreo diario del almacenaje de agua del suelo, representando su variabilidad temporal en forma operativa (Fernández Long *et al*., 2018). Su desempeño fue evaluado como satisfactorio al compararlo con mediciones de humedad del suelo realizadas *in situ* en varios trabajos anteriores (Veliz *et al.*, 2014; Veliz *et al.*, 2016; Gattinoni *et al*., 2017). La baja densidad de estaciones meteorológicas en Argentina es una fuerte limitante en la estimación de modelos que utilizan la precipitación como variable de entrada principal (Fernández Long *et al*., 2018). Esta problemática propone grandes desafíos, orientados al desarrollo de nuevas y mejores técnicas de interpolación de los datos observados. Adicionalmente, en los últimos años, la creciente disponibilidad de información satelital ha contribuido a mejorar el conocimiento de la distribución espacial de la precipitación. Sin embargo, dicha información debe ser suministrada en forma operativa y debe contar con una validación con información de campo, con el objetivo de conocer los sesgos asociados a la estimación para cada región. En el año 2015, la Universidad de California puso a disposición un producto que combina información satelital y climatología de los datos provenientes de las estaciones meteorológicas, conocido como CHIRP (por sus siglas en inglés de Precipitación Infrarroja del Grupo de Amenazas Climáticas). La misma base de datos, con la posterior corrección con datos observados (CHIRPS), constituye una mejora sobre CHIRP pero con la desventaja de no ser operativa (Funk *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo es evaluar la información resultante del BHOA a partir de información CHIRP y CHIRPS, comparándolas con la serie de datos proveniente del sensor de humedad del suelo instalado en la localidad de Venado Tuerto en la provincia de Santa Fe. Se espera que el análisis contribuya a una mejora en la decisión y elección adecuada de la fuente de datos para estimar el perfil de agua del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la estimación del BHOA a partir de datos de precipitación de tres fuentes: (1) estación meteorológica de referencia del Servicio Meteorológico Nacional (2) CHIRP y (3) CHIRPS para el periodo comprendido entre el 01/06/2012 al 15/05/2017, en la estación de Venado Tuerto (33.68°S, 61.96°W). Los datos de humedad del suelo fueron obtenidos de las mediciones a campo provenientes del sensor de humedad del suelo instalado en Venado Tuerto, transformados de datos horarios a diarios. Estos pertenecen a la Red Telemétrica de Humedad del Suelo (RTHS) implementada por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en el año 2012, en el marco del proyecto SAOCOM (Basualdo *et al.*, 2017). Se procesaron los datos diarios de precipitación CHIRP y CHIRPS, remuestreados a una grilla de 10 km, utilizando el promedio de píxeles comprendidos en un radio de 15 km del punto de la estación de Venado Tuerto. Para realizar las comparaciones correspondientes entre los datos observados y cada estimación (BHOA Estación, BHOA CHIRP y BHOA CHIRPS), se calcularon tres coeficientes estadísticos: (1) Correlación (CORR), (2) Raíz del Error Cuadrático Medio Normalizado (NRMSE, por sus siglas en inglés) y (3) Sesgo o BIAS. A modo de verificación, se calcularon también los coeficientes estadísticos mencionados entre los datos de precipitación observada y los datos de precipitación estimada por CHIRP y CHIRPS, en la estación de Venado Tuerto, provincia de Santa Fe.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las series de humedad del suelo (Figura 1) muestran una coincidencia aceptable de los periodos secos y húmedos entre las series CHIRP/CHIRPS y las observaciones *in situ*, que explican la modulación acorde a la serie del sensor de humedad en cuanto a las recargas/secamientos. Tanto CHIRP como CHIRPS muestran una tendencia a subestimar los valores extremos de precipitación, lo que se ve reflejado en las salidas del modelo como recargas de menor magnitud a las que muestran los resultados con datos observados. Los valores más

bajos de lluvia (10-30 mm) están mejor representados (con una leve sobreestimación) y la pendiente de la curva en los períodos de secamiento tiene un ajuste adecuado a las observaciones *in situ*, tal como ya se había observado en trabajos anteriores (Gattinoni *et al.*, 2017).

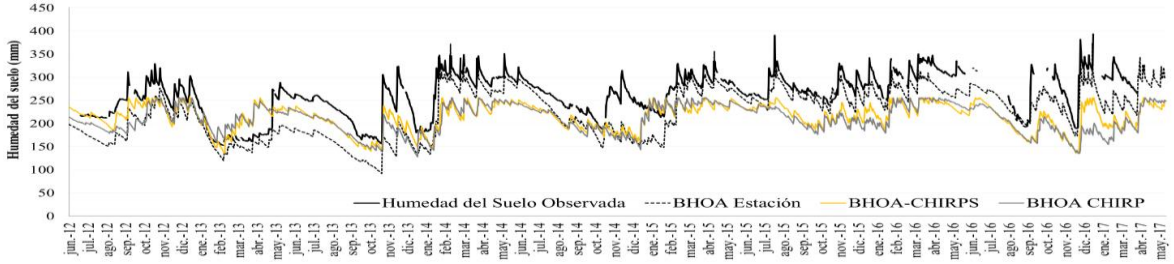


Figura 1. Serie temporal de humedad del suelo (mm) medidas en la estación de Venado Tuerto RTHS (línea negra), y estimadas del BHOA Estación (línea negra punteada), BHOA CHIRP (línea gris) y BHOA CHIRPS (línea amarilla), para el periodo 01-06-2012 al 15-05-2017.

Los coeficientes NRMSE, BIAS y CORR presentan valores disímiles. El BHOA estimado a partir de datos de estación presenta mejores valores de correlación y menor BIAS que los estimados con CHIRP y CHIRPS, aunque las tres estimaciones tienden a subestimar el contenido de humedad del suelo. Por otro lado, el NRMSE de las tres estimaciones resultó ser muy similar entre ellas (Tabla 1). En cuanto al análisis de la precipitación, las series CHIRP y CHIRPS evaluadas respecto a los datos observados, presentan valores similares para los parámetros NRMSE, una correlación de 0,43 y 0,54 (CHIRP y CHIRPS respectivamente) y una diferencia sustancial en el BIAS.

Tabla 1. Coeficientes estadísticos ((1) CORRELACIÓN, (2) NRSME, (3) BIAS) calculados entre los datos observados del sensor de humedad del suelo y el BHOA estimado a partir de las tres fuentes de precipitación (A) estación meteorológica, (B) estimación CHIRP, (C) estimación CHIRPS y entre los datos observados de la estación meteorológica de referencia y los datos de precipitación estimada (D) CHIRP y (E) CHIRPS, para el periodo 01/06/2012 al 15/05/2017.

	(A)BHOA - Estación Meteorológica	(B) BHOA - CHIRP	(C)BHOA - CHIRPS	(D) Precipitación CHIRP-Estación	(E) Precipitación CHIRPS-Estación
(1) Correlación	0,87	0,50	0,63	0,43	0,54
(2) NRMSE	0,38	0,39	0,38	3,31	3,03
(3) BIAS %	-5,40	-11,47	-9,34	0,55	7,45

CONCLUSIONES

A pesar de que la evaluación estadística no haya resultado satisfactoria, es importante destacar que el BIAS, al ser un error sistemático, puede ser corregido. Además, resulta de interés seguir investigando en otras regiones sobre éste y otros productos satelitales, manteniendo el objetivo claro de la elección adecuada de la fuente de datos para la estimación del perfil de agua del suelo, que contribuya a la mejora de la resolución espacial del modelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la CONAE por los datos brindados.

REFERENCIAS

Basualdo, A.; Berbery, H.; Hidalgo, C. 2017. Joint Assessment of Soil Moisture Indicators, (JASMIN), for southeastern South America. 1a ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía. Libro digital, PDF.

Fernández Long, M.E.; Gattinoni, N.N.; Spennemann, P. 2018. Inter-Comparación y validación de simulaciones de la humedad del suelo en la Pampa Húmeda. En XVII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología.

Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). Rev. Agronomía & Ambiente 32(1-2):31-47.

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.

Gattinoni, N.N.; Spescha, L.B.; Fernández Long, M.E. 2017.Comparación entre datos de humedad del suelo medidos *in situ* y datos estimados en el sur de Santa Fe. Jornada PIUBACC.

Veliz, A.E; Casagrande, G.A.; Fernández Long, M.E.; Spescha, L.B. 2014. Comparación entre mediciones y estimaciones de almacenaje de agua del suelo en la región pampeana. En Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología; Piriápolis; Uruguay.

Veliz, A.E; Fernández Long, M.E.; Spescha, L.B. 2016. Comparación entre mediciones y estimaciones de almacenaje de agua del suelo en la región pampeana húmeda. En VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología, Chubut, Argentina.

CONTRIBUCIÓN DEL BARRIDO EN LA NUBE Y DEBAJO DE LA NUBE A LA DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA HÚMEDA EN LA CUENCA DEL RÍO DE LA PLATA

Carnelos, D.A.[1,2]; Michel, C.L.[2]; Portela, S.I.[3]; Jobbágy, E.G.[4]; Jackson, R.B.[5]; Panario, D.[6]; Fagúndez, C.[7]; Piñeiro, G.[2]

[1]*UBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola FAUBA, Av. San Martín 4453 CABA, Argentina*
[2] *LART-FAUBA, IFEVA-CONICET,Av. San Martin 4453 CABA, Argentina*
[3] *INTA Pergamino, Av. Frondizi km4,5 Pergamino Argentina*
[4] *GEA-IMASL-UNSL, Av. Italia 1556 San Luis, Argentina*
[5] *Stanford University, 450 Serra Mall, Stanford, CA, USA*
[6] *Fac. de Ciencias UDELAR, Iguá 4225 Montevideo, Uruguay*
[7] *CURE-UDELAR, Iguá 4225 Montevideo, Uruguay*

***Contacto:** carnelos@agro.uba.ar

Palabras clave: iones; composición química; precipitación

INTRODUCCIÓN

El barrido de precipitación es el mecanismo más importante de remoción de compuestos químicos y partículas de la atmósfera y consiste en la incorporación de aerosoles a las gotas de agua de lluvia. El barrido de precipitación es un factor clave para mantener el equilibrio entre fuentes y sumideros de aerosoles (Hou *et al*., 2018) y controla la concentración, vida útil, distribución vertical y transporte de los compuestos químicos que se depositan (Ohata *et al*., 2016). El barrido de precipitación de los aerosoles tiene gran impacto sobre la composición química de la lluvia y la deposición de nutrientes (Dadashazar *et al*., 2019).

Los constituyentes en la solución de agua de lluvia se pueden dividir en barrido en la nube (RO por rain-out en inglés) y barrido debajo de la nube (WO por wash-out en inglés). En el RO se incorporan a la precipitación aerosoles y gases que se encontraban en la troposfera libre. Los aerosoles se incorporan a la troposfera libre con los movimientos convectivos de aire (Chung *et al*., 2007). La actividad convectiva es responsable de inyectar grandes concentraciones de aerosoles a la troposfera superior (Ekman *et al*., 2006). Los aerosoles que se encuentran en la troposfera libre pueden recorrer grandes distancias antes de depositarse (Petzold *et al*., 2009).En el WO se incorporan a la lluvia aerosoles y gases que se encontraban en la capa límite atmosférica. El volumen de aire que abarque esta capa depende de las condiciones meteorológicas y va a definir el volumen de dilución para los iones (Sportisse, 2010). Los elementos en la capa límite se depositarán cerca del sitio de donde se emitieron. Nuestro objetivo fue analizar el proceso de barrido de precipitación en la región de la cuenca del Rio de la Plata para los iones Mg^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-} y NH_4^{+}. Se propuso una metodología para discriminar entre RO y WO en las colectas de deposición atmosférica húmeda para cada evento de precipitación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestreó deposición atmosférica húmeda durante 2007 en Buenos Aires, Montevideo, Mariscala y Pergamino. El diseño, normas de instalación de los colectores utilizados y protocolos de muestreo fueron los mismos que los descriptos en Michel (2012). Se analizaron las concentraciones de Mg^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-} y NH_4^{+}. Se utilizaron dos métodos para estimar RO y WO. En el método 1, se seleccionaron todas las lluvias >10 mm precedidas por una precipitación >20mm el día anterior, por lo tanto, la atmósfera estaba limpia cuando ocurrió el segundo evento. Se calculó la concentración media para cada ion, que correspondería a la contribución por RO. En el método 2, se seleccionaron eventos de lluvia >100 mm para estimar las concentraciones de RO, en este caso, los iones de WO se diluyen debido a la gran cantidad de agua de lluvia. Por lo tanto, el valor de concentración corresponde principalmente a RO. Para ambos métodos los valores de WO se obtuvieron restando el valor de RO estimado para la lluvia de la concentración total de cada evento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El RO fue el mecanismo que dominó la incorporación de la mayoría de los iones al agua de lluvia en la región, mientras que para el K^{+} y el NH_4^{+}resultó más relevante el WO. Na^{+}, Cl^{-} y $SO4^{2-}$ tuvieron mayor diferencia entre ambos mecanismos, contribuyendo con más del doble de concentración a través de RO. Las diferencias porcentuales en la concentración entre ambos componentes fueron de 57, 43 y 38 %, mientras que para los valores acumulados se observó la misma relación, con diferencias porcentuales de 58, 42 y 39 % (Figura 1). Mg^{2+}, Ca^{2+}y NO_3^{-}continuó siendo mayor la contribución por RO con diferencias porcentuales menos marcadas en la concentración entre ambos componentes de 14, 14 y 9 %. Se mantuvieron diferencias similares en su valor acumulado 15, 16 y 11% (Figura 1). Para estos sitios, se podría afirmar que, en general, la deposición de Na^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, Mg^{2+}, Ca^{2+}y NO_3^{-} se encuentran asociadas en mayor medida al RO y por lo tanto se puede

suponer que fueron emitidos de fuentes distantes a la región donde se depositaron. El K^+ y el NH_4^+ fueron incorporados principalmente a través de WO. Para estos iones la contribución por WO fue mayor con diferencias de 20 y 35 % en la concentración media ponderada y diferencias similares en su valor acumulado (Figura1). La deposición de K^+ y NH_4^+pareciera estar regida en mayor medida por WO que por RO y en este sentido se podría suponer que son emitidos por fuentes cercanas al sitio de deposición. Finalmente, las estimaciones de concentración de RO a partir de las cuales se calcularon los aportes por ambos mecanismos fueron similares para ambas metodologías propuestas y para cada ion. Las diferencias estuvieron asociadas a los valores de CV y la metodología 2 parece haber tenido, en general, mayores desviaciones porcentuales con respecto a las medias (Tabla 1).

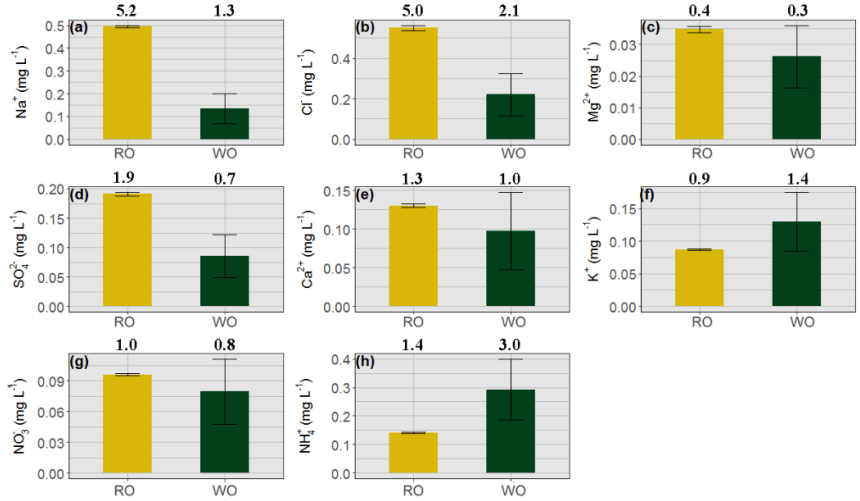


Figura 1. Deposición atmosférica húmeda para cada ion según su contribución por RO y WO promedio para ambos métodos. Las barras representan el valor medio ponderado promedio de los dos métodos. Las barras de error muestran la variabilidad entre sitios y eventos. Los valores sobre las barras corresponden a la cantidad (kg ha^{-1}) acumulada.

Tabla 1. Concentración media en RO (mg L-1) entre sitios estimada con ambos métodos y sus coeficientes de variación.

Ion	RO método 1	CV	RO método 2	CV	Promedio	CV
Na^+	0,56	79	0,57	67	0,57	65
Cl^-	0,66	25	0,61	98	0,63	69
Mg^{2+}	0,05	31	0,04	101	0,04	68
SO_4^{2-}	0,19	53	0,24	44	0,22	45
Ca^{2+}	0,15	28	0,15	89	0,15	65
K^+	0,10	51	0,10	32	0,10	37
NO_3^-	0,10	9	0,11	44	0,11	33
NH_4^+	0,19	57	0,14	46	0,16	52

CONCLUSIONES

En la solución de agua de lluvia hubo una mayor proporción de iones que fueron emitidos de fuentes alejadas que de fuentes cercanas a los sitios de deposición. Mayores proporciones de Na^+, Cl^-, SO_4^{2-}, Mg^{2+}, Ca^{2+} y NO_3^- fueron emitidas desde fuentes alejadas y transportados en las masas de aire en la troposfera libre hasta el sitio de deposición. En cambio, para el K^+ y el NH_4^+ la mayor proporción de su deposición fue por WO lo que supone que se emitió desde fuentes locales e incorporó a la capa límite para luego depositarse cerca del sitio de emisión.

REFERENCIAS

Chung, E. S.; Sohn, B. J.; Schmetz, J.; Koenig, M. 2007. Diurnal variation of upper tropospheric humidity and its relations to convectiye activities over tropical Africa. Atmospheric Chemistry and Physics 7(10):2489–2502.

Dadashazar, H.; Ma, L.; Sorooshian, A. 2019. Sources of pollution and interrelationships between aerosol and precipitation chemistry at a central California site. Science of the Total Environment 651:1776–1787.

Ekman, A. M. L.; Wang, C.; Ström, J.; Krejci, R. 2006. Explicit simulation of aerosol physics in a cloud-resolving model: Aerosol transport and processing in the free troposphere. Journal of the Atmospheric Sciences 63(2):682–696.

Hou, P.; Wu, S.; McCarty, J. L.; Gao, Y. 2018. Sensitivity of atmospheric aerosol scavenging to precipitation intensity and frequency in the context of global climate change. Atmospheric Chemistry and Physics 18(11):8173–8182.

Michel, C. 2012. Análisis de la Concentración de Iones en Agua de Lluvia en la Región Sur de la Cuenca del Río de la Plata. Tesis de grado.Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Ohata, S.; Moteki, N.; Mori, T.; Koike, M.; Kondo, Y. 2016. A key process controlling the wet removal of aerosols: New observational evidence. Scientific Reports 6:1–9.

Petzold, A.; Rasp, K.; Weinzierl, B.; Esselborn, M.; Hamburger, T.; Dörnbrack, A.; Kandler, K.; Schütz, L.; Knippertz, P.; Fiebig, M.; Virkkula, A. 2009. Saharan dust absorption and refractive index from aircraft-based observations during SAMUM 2006. Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology 61(1):118–130.

Sportisse, B. 2010. Fundamentals in Air Pollution. Springer, New York, USA.

RECARGA ATMOSFÉRICA DE IONES EN LA CUENCA DEL RÍO DE LA PLATA

Carnelos, D.A.[1,2]; Michel, C.L.[2]; Portela, S.I.[3]; Jobbágy, E.G.[4]; Jackson, R.B.[5]; Panario, D.[6]; Fagúndez, C.[7]; Piñeiro, G.[2]

[1]*UBA, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola FAUBA, Av. San Martín 4453 CABA, Argentina*
[2] *LART-FAUBA, IFEVA-CONICET, Av. San Martin 4453 CABA, Argentina*
[3] *INTA Pergamino, Av. Frondizi km 4,5 Pergamino, Argentina*
[4] *GEA-IMASL-UNSL, Av. Italia 1556 San Luis, Argentina*
[5] *Stanford University, 450 Serra Mall, Stanford, CA, USA*
[6] *Fac. de Ciencias UDELAR, Iguá 4225Montevideo, Uruguay*
[7] *CURE-UDELAR, Iguá 4225Montevideo, Uruguay*

***Contacto:** carnelos@agro.uba.ar

Palabras clave: deposición; nutrientes; precipitación

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas afectan el contenido de iones solubles atmosféricos a través del aporte de 10-20% de partículas que se emiten desde diversas fuentes (Schlesinger, 2000). El barrido de precipitación es un factor clave para mantener el equilibrio entre las fuentes y los sumideros (Hou et al., 2018) y controlar la concentración, vida útil, distribución vertical y transporte de los iones que se depositan sobre la superficie terrestre (Ohata *et al*., 2016). Mecanismos como el impacto inercial y la difusión Browniana, desempeñan un papel importante en la captura de aerosoles atmosféricos que contienen iones solubles y actúan de manera diferente dependiendo del tamaño del aerosol y de las gotas de lluvia (Roy *et al*., 2019). La nucleación es el mecanismo dominante en el barrido en la nube (RO por rain-out en inglés) e involucra aerosoles que actúan como núcleos de condensación (Maria y Russell, 2005). El barrido debajo de la nube (WO por wash-out en inglés) consiste en el secuestro de aerosoles y la disolución de gases en las gotas de lluvia durante su caída y depende de las características de la lluvia, la naturaleza química de las partículas y su concentración en la atmósfera (Chate *et al*., 2011). Cuantificar el ingreso de elementos y nutrientes a los ecosistemas tiene importantes implicancias para la agricultura (Munger and Eisenreich, 1983). El objetivo fue analizar la cantidad de iones que pueden ser contenidos en la atmosfera antes de depositarse (recarga atmosférica), en la región de la cuenca del Río de la Plata para los iones Mg^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-} y NH_4^{+}. Se estimó la magnitud de precipitación requerida para que cada ion sea lavado y la capacidad máxima de recarga en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestreó deposición atmosférica húmeda durante el 2007 en Buenos Aires, Montevideo, Mariscala y Pergamino. El diseño, normas de instalación de los colectores utilizados y protocolos de muestreo fueron los mismos que los empleados en Michel (2012). Se analizaron las concentraciones de Mg^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-} y NH_4^{+}. Se utilizaron dos métodos para estimar RO y WO. En el método 1, se seleccionaron todas las lluvias >10 mm precedidas por una precipitación >20mm el día anterior, por lo tanto, la atmósfera estaba limpia cuando ocurrió el segundo evento. Se calculó la concentración media para cada ion, que correspondería a la contribución por RO. En el método 2 se seleccionaron eventos de lluvia >100 mm para estimar las concentraciones de RO, en este caso, los iones de WO se diluyen debido a la gran cantidad de agua de lluvia. Por lo tanto, el valor de concentración corresponde principalmente a RO. Para ambos métodos, los valores de WO se obtuvieron restando a la concentración del ion en el evento de lluvia el valor estimado de RO. Para estimar la capacidad máxima de recarga atmosférica, se analizó la relación entre los valores de WO para cada ion en todos los eventos de lluvia y las cantidades de precipitación. Se ajustaron modelos de regresión con una función lineal partida con meseta, para el percentil 95 de los datos (regresión de cuantiles). Con esta función se estimó la capacidad máxima de recarga atmosférica sobre la base de la cantidad máxima en kg ha^{-1} del ion que se alcanza en la atmosfera (parámetro b). Por otro lado, la cantidad mínima de lluvia necesaria para lavar la atmosfera de un ion determinado se estimó en función de la pendiente inicial de la regresión (parámetro a).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor máximo de aerosoles y gases que pueden acumularse en la capa límite atmosférica de la región varió con cada ion y si bien el valor mínimo de precipitación que se requiere para lavarlos es similar para la mayoría de ellos, cuando la acumulación atmosférica de ion se incrementa, también aumentan los milímetros necesarios para lavar completamente la atmósfera. Los máximos valores que se acumularon en la capa límite fueron los de Na^{+}, Cl^{-} y NH_4^{+}, que alcanzaron magnitudes de deposición por evento de 0,31, 0,53 y 0,27 kg ha^{-1}. Además, fueron los que registraron los mayores valores de precipitación mínima necesaria para alcanzar una limpieza total de la atmósfera de ese ion: 17,4, 17,4 y 18,3 milímetros, respectivamente (Figura 1). El SO_4^{2-}, Ca^{+} y K^{+} fueron levemente inferiores con valores de 0,16, 0,16 y 0,19 kg ha^{-1} de carga máxima. Por último, Mg^{2+} y NO_3^{-} presentaron las

menores cantidades con 0,04 y 0,09 kg ha^{-1}, respectivamente. Los valores de precipitación mínima para lavar estos iones fueron menores y oscilaron entre 12 y 13,5 milímetros. Estos resultados concuerdan con la idea de que es necesaria una mayor cantidad de lluvia (mayor a 13 mm) para barrer completamente los iones (Pelicho e*t al.*, 2006) que logran mayores acumulaciones en la atmósfera (como Na^+, Cl^- y NH_4^+).

Como era de esperar, existió una relación directa entre las magnitudes de iones depositados por WO, los aerosoles acumulados en la capa limite y la cantidad de precipitación necesaria para ser lavados de la atmósfera. Probablemente, el Mg^{2+}, SO_4^{2-}, Ca^+, K^+ y NO_3^- requieran la misma cantidad de precipitación, pudo deberse a que a bajos niveles de acumulación se reduce la probabilidad de interceptar el gas o aerosol durante el trayecto de la gota de lluvia. Mientras que el Cl^-, Na^+ y NH_4^+ que tuvieron valores más altos de acumulación requirieron mayor cantidad de precipitación para ser removidos completamente de la capa límite. Xu *et al.* (2017) encontraron que el NH_4^+ era lavado de la atmósfera con mayor dificultad que el SO_4^{2-} y el NO_3^-. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las condiciones meteorológicas locales, podrían provocar recargas durante el evento y alterar los valores registrados (Bertrand *et al*., 2008).

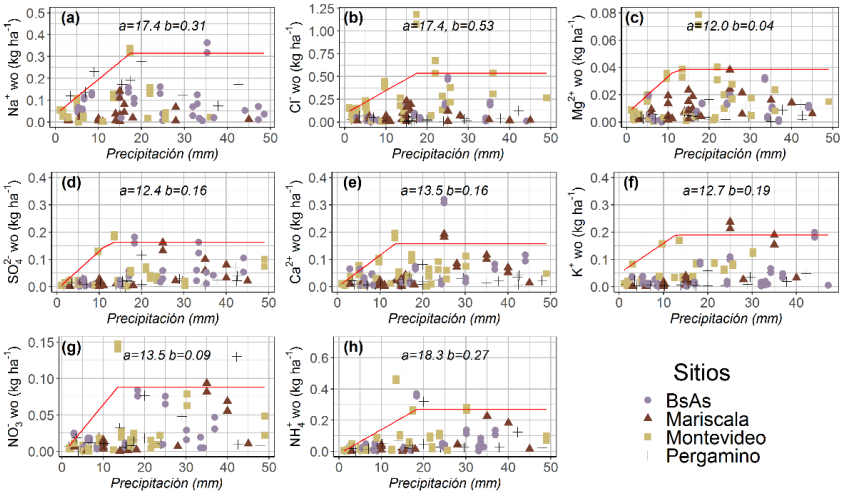


Figura 1. Relación entre la cantidad depositada por WO de cada ion y la cantidad de precipitación ocurrida en el mismo evento. Cada punto es un evento de lluvia ocurrido durante el 2007 para los cuatro sitios de estudio. El modelo lineal de meseta se muestra para el percentil 95. El parámetro "a" corresponde al valor estimado de lluvia necesaria para eliminar completamente el ion de la atmósfera (mm). El parámetro "b" corresponde a la capacidad de carga máxima de la atmósfera (kg ha^{-1}).

CONCLUSIONES

Nuestros resultados sugieren que mediante funciones partidas se puede estimar la capacidad de carga máxima de la atmósfera de distintos iones y la cantidad de lluvia necesaria para barrer completamente el ion de la atmósfera. Se encontró una relación directa entre la cantidad del ion depositado y la magnitud de las precipitaciones hasta un valor de precipitación en donde ya se realiza un barrido completo. Por otro lado, la capacidad de carga máxima de los iones en la atmósfera fue mayor para el Na^+, Cl^- y NH_4^+ y se requirió mayor cantidad de lluvia para barrerlos completamente de la atmósfera. Nuestros resultados muestran que existe un valor de acumulación por encima del cual si se incrementa la cantidad del ion también va a incrementarse la cantidad de precipitación para ser lavado.

REFERENCIAS

Bertrand, G.; Celle-Jeanton, H.; Laj, P., Rangognio, J.; Chazot, G. 2008. Rainfall chemistry: Long range transport versus below cloud scavenging. A two-year study at an inland station (Opme, France). Journal of Atmospheric Chemistry 60 (3):253–271.

Chate, D. M.; Murugavel, P.; Ali, K.; Tiwari, S.; Beig, G. 2011. Below-cloud rain scavenging of atmospheric aerosols for aerosol deposition models. Atmospheric Research 99 (3–4):528–536.

Hou, P. ; Wu, S.; McCarty, J.L.; Gao, Y. 2018. Sensitivity of atmospheric aerosol scavenging to precipitation intensity and frequency in the context of global climate change. Atmospheric Chemistry and Physics 18 (11):8173–8182.

Maria, S.F.; Russell, L.M. 2005. Organic and inorganic aerosol below-cloud scavenging by suburban New Jersey precipitation. Environmental Science and Technology 39 (13):4793–4800.

Michel, C. 2012. Análisis de la Concentración de Iones en Agua de Lluvia en la Región Sur de la Cuenca del Río de la Plata.

Munger, J.W.; Eisenreich, S.J. 1983. Continental-scale variations in precipitation chemistry. Environ. Sci. Techn. 17:32A-42A.

Ohata, S.; Moteki, N.; Mori, T.; Koike, M.; Kondo, Y. 2016. A key process controlling the wet removal of aerosols: New observational evidence. Scientific Reports 6:1–9.

Pelicho, A.F.; Martins, L.D.; Nomi, S.N.; Solci, M. C. 2006. Integrated and sequential bulk and wet-only samplings of atmospheric precipitation in Londrina, South Brazil (1998-2002). Atmospheric Environment 40 (35):6827–6835.

Roy, A.; Chatterjee, A.; Ghosh, A.; Das, S. K.; Ghosh, S. K.; Raha, S. 2019. Below-cloud scavenging of size-segregated aerosols and its effect on rainwater acidity and nutrient deposition: A long-term (2009–2018) and real-time observation over eastern Himalaya. Science of the Total Environment 674:223–233.

Schlesinger, W. H. 2000. Biogeoquimica, un análisis del cambio global (Septiembre). Editorial Ariel, S.A.

Xu, D.; Ge, B.; Wang, Z.; Sun, Y.; Chen, Y.; Ji, D.; Yang, T.; Ma, Z.; Cheng, N.; Hao, J.; Yao, X. 2017. Below-cloud wet scavenging of soluble inorganic ions by rain in Beijing during the summer of 2014. Environmental Pollution 230:963–973.

MODELO HIDROLÓGICO SIMPLE PARA ENTENDER LOS ASCENSOS FREÁTICOS E INUNDACIONES RECIENTES EN EL CHACO SECO

Giménez, R.[1,2]*; Schefer E.[3]; Mercau J.L.[4]; Houspanossian J. [1,2]; Jobbágy E.G.[1]

[1] *Grupo de Estudios Ambientales. Instituto de Matemática Aplicada (IMASL), CONICET. Av. Italia 1556 (5700), San Luis, Argentina*
[2] *Departamento de Geología, Fac. Ciencias Físico Matemáticas y Naturales. Univ. Nac. de San Luis. Ej. de Los Andes 950 (5700), San Luis, Argentina*
[3] *Inst. Nac. de Tecnología Agropecuaria (INTA); AER Bandera. Mitre 286, Bandera, Santiago del Estero, Argentina*
[4] *INTA AER San Luis. Ruta 20, tramo Rosendo Hernández (5700) San Luis, Argentina*

***Contacto:** gimenezgea@gmail.com

Palabras clave: napa freática; evapotranspiración; profundidad radical

INTRODUCCIÓN

En los últimos cinco años diferentes sectores del Chaco seco han experimentado situaciones recurrentes de ascenso freático, anegamiento e inundación que han comprometido seriamente la producción agrícola de la región. Este fenómeno se atribuye a excesos hídricos generados por aumentos en la cantidad e intensidad de las lluvias y/o a una reducción en la capacidad evapotranspirativa de la vegetación a nivel regional, y estaría mediado por el ascenso generalizado de los niveles freáticos (Giménez *et al.*, 2016; Schefer *et al.*, 2020). Los cambios en las precipitaciones se vinculan con el fenómeno de cambio climático mientras que los cambios en evapotranspiración se asocian a la deforestación y, en menor medida, al uso creciente de sistemas de cultivo de bajo consumo de agua para reducir el déficit hídrico (Giménez *et al.*, 2020). En este trabajo se desarrolla un modelo hidrológico simple para entender el efecto de factores climáticos y de vegetación sobre la variación del nivel freático en Bandera, una zona intensamente agriculturizada de Santiago del Estero, y evaluar el alcance de diferentes prácticas de manejo sobre su regulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usó un modelo de balance hídrico del suelo, de paso mensual y sin flujos laterales. Las variables climáticas de entrada son la precipitación (PP, mm mes^{-1}) y la evapotranspiración de referencia (ET0, mm mes^{-1}). La demanda evapotranspirativa (ETP, mm mes^{-1}) se calculó como el producto de ET0 por un coeficiente de cultivo (Kc) que varía según el nivel de cobertura vegetal. Para representar la variación estacional de Kc, se usó la marcha anual del índice de vegetación NDVI (satélite MODIS-Aqua) de lotes de cobertura conocida, según la aproximación de Kamble *et al.*, (2013). Se simularon 4 coberturas: Cultivo simple (soja de primera, C), Doble cultivo (trigo-soja, DC), Pastura (P) y monte (M), cuyos Kc se detallan en la Tabla 1. La evapotranspiración real (ETR mm mes^{-1}) es igual a ETP en condiciones hídricas no limitantes (oferta > demanda) o, en caso contrario, igual a la sumatoria de los componentes de la oferta (PP, humedad y aporte de napa). Se emplearon parámetros de un suelo franco-limoso (130 mm m de agua útil –AU- entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente, 150 mm m-1 entre capacidad de campo y saturación) y 10 m de espesor. El perfil del suelo se dividió en 4 estratos: I: zona de exploración radical, II: estrato subterráneo subyacente a las raíces, III: zona de ascenso capilar (humedad sobre capacidad de campo), de 1m de espesor sobre el nivel freático, y IV: saturado (ocupado por la napa freática). El espesor del estrato I (dado por la prof. de las raíces) varió entre coberturas, siendo de 2m para los cultivos anuales, 3m para las pasturas y 7m para el monte (Giménez *et al.*, 2016). El espesor de III es invariable (1m) y los de II y IV varían según las oscilaciones del nivel freático. El modelo simula mes a mes los stocks de agua en los 4 estratos y los flujos que los recargan o descargan. El estrato I se recarga con PP y se descarga con ETR. Cuando la cantidad de agua (PP + stock I previo - ETR) supera la máxima capacidad de I, el excedente drena hacia el estrato II (Dr) y lo recarga. El estrato II puede recargarse, pero no descargarse ya que se encuentra fuera del alcance de las raíces. Cuando se supera la máxima capacidad de II, el agua en exceso percola (Perc) hacia el estrato III y de éste al IV (III está sobre capacidad de campo por lo que actúa como *bypass*) aumentando su stock y, por ende, el nivel freático. Una vez lleno, II no puede almacenar más agua por lo que actúa como *bypass* hacia el estrato IV (Dr = Perc). Los cambios de stock de IV generan cambios proporcionales en el nivel freático (Δ nivel (m) = Δ stock (mm) / 120 mm m-1 entre cap. campo y sat). Cada evento de Dr aumenta el nivel freático y el stock de IV, el cual sólo puede descargarse por transpiración cuando el ascenso capilar alcanza la zona de las raíces (profundidad de napa <3m y la napa contribuye a ETR) o por evaporación directa con profundidades de napa menores a 1m. El modelo se corrió para cada cobertura durante 49 campañas consecutivas (1971/72 a 2018/19). Las condiciones iniciales, basadas en observaciones de campo (Giménez *et al.*, 2016), fueron: profundidad de napa 8m, humedad de suelo: 60% y 10% AU para los estratos 0-2m y 2-7m, respectivamente. Se realizaron corridas adicionales donde se simuló: i) similar profundidad de raíces (3m) en todas las coberturas y ii) un aumento en la precipitación anual (10%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período analizado, no se detectó en Bandera una tendencia creciente en la precipitación (Figura 1.a, p>0,05). De hecho, dos de los cinco registros de mayor lluvia mensual (PP>400mm) son de principios de la serie. En general, los picos de lluvia acumulada en 6 meses coincidieron mejor con inundaciones históricas de la zona (ej. dic-92, feb-98, mar-15) y con los ascensos freáticos modelados (Figura 1b) que los máximos valores mensuales de lluvia. Las coberturas analizadas presentaron diferente capacidad evapotranspirativa: ETP(M) > ETP (DC) > ETP(P) > ETP(C) (Tabla 1). La ETP media superó PP anual en todas las coberturas excepto en C, donde el agua en exceso generó ascensos tempranos del nivel freático ante los primeros picos de lluvia. En el otro extremo, M que tiene la mayor ETP, casi no registró ascensos mientras que P y DC, con valores intermedios de ETP, presentaron ascensos freáticos más graduales (Figura 1b). Con el mismo sistema radical (C vs DC en Figura 1b, o todas las coberturas en Figura 1c), una mayor ETP reduce la cantidad y magnitud de eventos de recarga freática. Un efecto similar se logra con una mayor profundización del sistema radical que permite un mayor uso del agua a igual ETP (Figura 1b vs Figura 1c). Más importante aún, raíces más profundas permiten un mayor aprovechamiento de la napa en períodos secos, contribuyendo a mantener su nivel a mayor profundidad. Esta característica permite mantener la napa a niveles relativamente seguros, reduciendo la vulnerabilidad a inundaciones aún ante incrementos en la precipitación (M y P en Figura 1d).

Tabla 1. Valores medios mensuales y anuales de lluvia (PP) y evapotranspiración de referencia (ET0) de Bandera, Sgo. Del Estero. Valores mensuales de coeficiente de cultivo (Kc) de distintas coberturas: monte (M), pastura (P), cultivo simple (C) y doble cultivo (DC), y valores anuales de demanda evapotranspirativa potencial (ETP) de cada cobertura.

	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	Anual
PP	24	19	23	44	85	122	129	137	133	123	103	47	PP anual = 987 mm
ET0	48	59	82	104	143	169	189	196	155	131	87	65	ET0 anual = 1428
Kc (M)	0.76	0.70	0.65	0.64	0.69	0.82	0.89	0.91	0.93	0.95	0.93	0.85	ETP (M) = 1186 mm
Kc (P)	0.36	0.31	0.45	0.62	0.70	0.72	0.80	0.84	0.84	0.73	0.65	0.60	ETP (P) = 995 mm
Kc (C)	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11	0.17	0.34	0.78	1.09	1.13	0.66	0.36	ETP (C) = 696 mm
Kc (DC)	0.30	0.39	0.86	1.12	1.01	0.53	0.21	0.77	1.18	1.18	0.74	0.30	ETP (DC) = 1071 mm

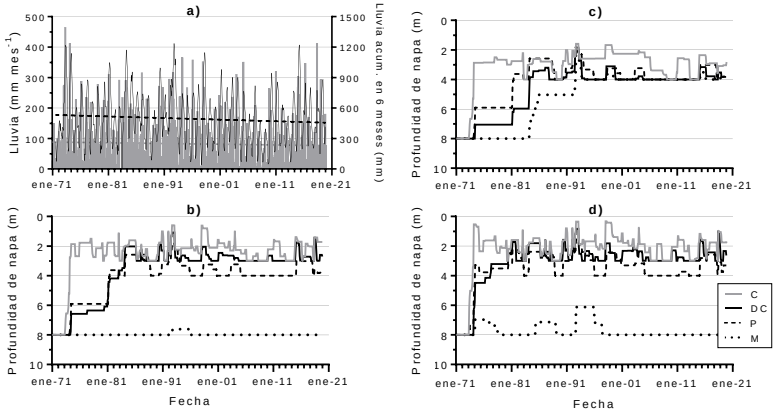


Figura 1. a) Lluvia mensual (barras grises) y acumulada de 6 meses (línea negra). La recta segmentada indica el modelo de regresión lineal (p>0.05). b), c) y d) Simulaciones del nivel freático para las 4 coberturas (C: cultivo, DC: doble cultivo, P: pastura, M: monte) con los parámetros originales (b), con 3 m de profundidad de raíces para todas las coberturas (c) y con un aumento de lluvias del 10% (d). Nótese que con profundidades de napa ≤1m, el suelo ya no puede almacenar más agua (anegamiento).

CONCLUSIONES

Esquemas de cultivo de alta evapotranspiración y sistemas radicales profundos permitirían reducir la vulnerabilidad a las inundaciones en la región.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió con los proyectos PICT 2017-2352 y PICT 2018-01213

REFERENCIAS

Giménez, R.; Mercau, J.L.; Nosetto, M.; Páez, R.; Jobbágy, E.G. 2016. The ecohydrological imprint of deforestation in the semiarid Chaco: insights from the last forest remnants of a highly cultivated landscape. Hydrological Proc.30:2603-2616.

Giménez, R.; Mercau, J.L.; Bert, F.E.; Kuppel, S.; Baldi, G.; Houspanossian, J.; Magliano, P.N.; Jobbágy, E.G. 2020. Hydrological and productive impacts of recent land use changes in the semiarid Chaco: understanding novel water excess in water scarce farmlands. Ecohydrology e2243:1-16.

Kamble, B.; Kilic, A., Hubbard, K. 2013. Estimating crop coefficients using remote sensing-based vegetation index. Remote Sensing 5:1588–1602.

Schefer, E.; Mercau, J.L.; Nosetto, M.; Jobbágy, E.G.; Houspanossian, J.; Marano, R.; Gimenez, R. 2020. El nuevo contexto hidrológico del área agrícola de Bandera, Santiago del Estero, interpretado a partir de datos de nivel freático. En: 3er Congreso Internacional del Gran Chaco Americano, Santiago del Estero Argentina.

MODELIZACIÓN DE LA DINÁMICA DE EMERGENCIA DE *LAMIUM AMPLEXICAULE* L. EN EL CULTIVO DE AJO EN TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA EN EL VALLE INFERIOR DE RIO NEGRO

Juárez, M.[1,4]; Musi Saluj, C.[2,4]; Gajardo*, O.A.[3,4]; Bezic, C.[1,4]; Avilés, L.[3,4]

[1] *Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), Argentina*
[2] *MAGyP de la provincia de Río Negro, Argentina*
[3] *Universidad Nacional del Comahue (UNCOma), Argentina*
[4] *Unidad Integrada para la Innovación del Sistema Agropecuario de la Patagonia Norte, Viedma, Río Negro, Argentina*

***Contacto:** malezas@curza.uncoma.edu.ar

Palabras clave: modelo hidrotermal; función de Weibull, compostaje

INTRODUCCIÓN

Los flujos de emergencia de las malezas se pueden pronosticar a partir de información sobre contenido de propágulos, del banco de semillas del suelo y factores climáticos, y a partir de herramientas de predicción en tiempo real que permiten optimizar la toma de decisiones relacionadas con aplicación de medidas de control. Muchos son los autores que trabajan en el desarrollo de modelos predictivos de la emergencia de diferentes especies (González-Andujar, 2010; García & Rapelli, 2011; Chantre *et al.,* 2018; Dotor-Robayo & Morillo-Coronado, 2020). Los modelos que incorporan uno o varios factores, como los modelos termales e hidrotermales, han demostrado ser buenas herramientas predictivas que son utilizados como sistemas de alarma (Schutte *et al*. 2008; Spokas & Forcella, 2009; Gonzalez-Andújar, 2010).

Entre las malezas identificadas en la fase inicial del cultivo de ajo en la zona del Valle Inferior de Río Negro (VIRN) se destaca *Lamium amplexicaule* L. (rastrera, anual). Suele ser competitiva con los cultivos por la alta densidad que alcanza y su velocidad de crecimiento (Bezic *et al*., 2011). La posibilidad de predecir la emergencia de las malezas en el cultivo de ajo contribuiría a optimizar el periodo de las operaciones de control, manejando la eficacia de las estrategias y reduciendo el uso de herbicidas, tal cual lo propuesto por los productores comprometidos con el ambiente que se hallan en transición a la producción agroecológica.

El objetivo de este trabajo es ajustar parámetros de humedad y temperatura al Modelo Hidrotermal para predecir la emergencia de *L. amplexicaule* en el cultivo de ajo en transición agroecológica con diferentes fuentes de fertilización de fondo: compostaje, mineral y mixta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El VIRN (Valle Inferior de Río Negro) está ubicado entre los 40º y 41º de latitud sur y los 63º y 64º de longitud oeste en la margen sur del río Negro en la provincia de Río Negro en Argentina. El clima es semiárido mesotermal, registrándose una precipitación media de 394 mm y temperatura media anual de 14,2 ºC. La región es una zona fértil con suelos de textura fina a media y cuenta con una red de canales para el suministro de agua de riego.

Diseño experimental: El 19 de marzo de 2019 se implantó el cultivo de ajo Morado INTA. Se establecieron tres bloques de 1200 m^2 (12 m x 100 m), en los que se definieron tres parcelas de 12 m x 25 m, con un tratamiento de fertilización cada una: Orgánica (Co): Compostaje de residuos de cebolla y estiércol bovino (8 kg m^{-2}); mineral (Mi): Fosfato monoamónico al momento de la siembra (100 kg ha^{-1}) y urea cuando el cultivo estaba en tercera hoja (50 kg ha^{-1}) y mixta (Co+Mi): Compostaje + fosfato monoamónico al momento de la siembra (4 kg m^{-2} + 50 kg ha^{-1} respectivamente) y urea cuando el cultivo estaba en tercera hoja (25 kg ha^{-1}).

Muestras: Regularmente por un período de 112 días, se realizaron un total de ocho muestreos donde se contabilizaron las plántulas de *L. amplexicaule* que emergían en unidades muestrales fijas de 0,09 m^2 (N=4).

Diariamente se registraron las variables ambientales (temperatura media y precipitaciones) con la estación meteorológica automática Pegasus, configurada con los siguientes sensores: Humedad y temperatura EP0251, pluviómetro EP0221, velocidad y dirección del viento EP0233 y radiación solar EP0304.

Se determinó el potencial agua del suelo y se calculó la acumulación de tiempo hidrotérmico (HTT) (Ec.1), utilizada como variable independiente en la función de Weibull (Ec.2) que permitió estimar la emergencia acumulada.

$$\emptyset_{HT} = \emptyset_H . \emptyset_T \qquad (1)$$

donde $\emptyset_H$ = 1 cuando $\psi > \psi_b$ caso contrario $\emptyset_H = 0$; y $\emptyset_T = T - T_b$ cuando $T > T_b$ Caso contrario $\emptyset_T = 0$. El potencial hídrico base del suelo (ψ_b) para la emergencia utilizado fue de 1500 kPa y la temperatura base de crecimiento de la especie T_b = 5°C.

$$Y = 1 - exp^{(-\ln(2)*\left(\frac{HTT}{\alpha}\right)^{\beta})} \qquad (2)$$

donde Y es el porcentaje de acumulación en la emergencia predicha, HTT es el tiempo hidrotermal, α es el tiempo hidrotermal para alcanzar el 50% de emergencia y β es el parámetro de forma de la curva.

Para determinar el grado de ajuste entre las emergencias predichas y observadas se utilizó la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE) con el subprograma SOLVER de Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se modeló la dinámica de emergencia de *L. amplexicaule* por ser la especie dominante en el lote seleccionado. La proporción en número de plantas de la especie respecto del total fue de 0,55; 0,60 y 0,42 para los tratamientos Co, Mi y Co+Mi respectivamente. Al final del ensayo la densidad de plantas acumuladas en el tratamiento Mi (1056 pl m^{-2}) resultó ser seis veces superior a la densidad del tratamiento Co (178 pl m^{-2}) y cinco veces superior a Co+Mi (211 pl m^{-2}). Con el modelo de Weibull se obtuvo un adecuado ajuste para la dinámica de emergencia acumulada de *L. amplexicaule* en los tres tratamientos de fertilización (Figura 1), alcanzando RMSE inferiores al 10% (5,5; 8,5 y 9,2 % para Co, Mi y Co+Mi, respectivamente). Estos valores resultan similares a los observados por otros autores que utilizan la misma función de modelización en diferentes especies (Royo-Esnal *et al*., 2010; Schutte *et al*., 2008 y Roman *et al*., 2000). Se requirió mayor acumulación de HTT para alcanzar el 50% de emergencia en Co (550°), mientras que en Mi ocurrió con 400° y en Co+Mi 350°. Este resultado sumado al hecho que la densidad de plantas fue inferior permitiría realizar un manejo de las malezas menos agresivo para el agroecosistema con fertilización Co.

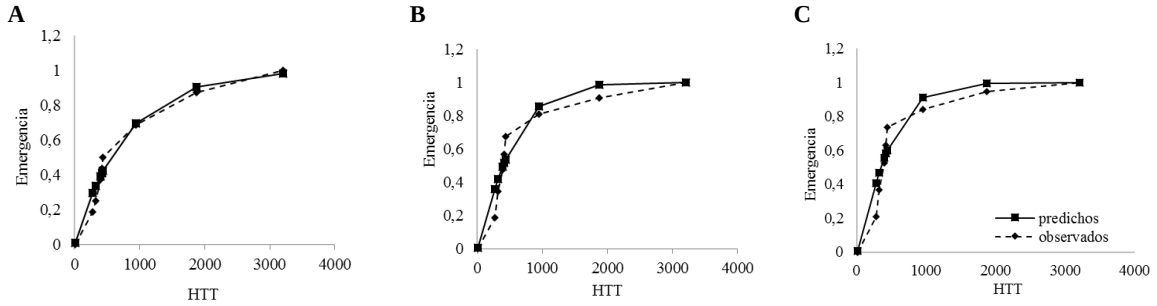


Figura 1. Modelado de la dinámica de emergencia para *L. amplexicaule* con diferentes fuentes de fertilización A) Compost; B) Mineral y C) Mixta. ♦valores observados y ■ valores predichos por el modelo de la función de Weibull (HTT acumulación de grados hidrotermales).

CONCLUSIONES

El modelo hidrotermal permitió describir el comportamiento observado de *L. amplexicaule* en el contexto regional con diferentes fuentes de fertilización. Dadas las diferencias observadas en las predicciones de la dinámica de emergencia de la especie con las distintas fuentes de fertilización es importante contar con un modelo que se ajuste al manejo particular del cultivo. El modelado de la dinámica de emergencia de la especie permitiría diseñar sistemas de alerta para el control temprano de la competencia con el cultivo, minimizando el impacto ambiental de las prácticas de manejo para cada sistema de fertilización utilizado. El registro de la temperatura y de las lluvias en un cultivo hortícola de escaza capacidad competitiva como el ajo resulta indispensable para realizar el manejo más adecuado de las malezas, anticipándose a su emergencia.

REFERENCIAS

Bezic, C.; Cañón, S.; Gajardo, O.; Avilés, L.; Gil, M.; Dall´Armellina, A. 2011. Manual para el reconocimiento temprano de malezas en sistemas hortícolas de la Norpatagonia. Ed. UNRN, UN Comahue. Viedma, Argentina. 121 pp.

Chantre, G.R.; Molinari, F.A.; Blanco, A.M. 2018. Modelos de ayuda a la toma de decisiones para el manejo integrado de malezas. En Azcarate; Porfiri; Montoya (Eds) Productividad y medio ambiente: ¿enfoques a integrar o misión compartida? Ed. INTA– Anguil, La Pampa, Argentina. 1a ed. pp. 83-85.

Dotor-Robayo, M.; Morillo-Coronado, A. 2020. Estrategias de manejo de *Senecio vulgaris* L. asociado al cultivo de *Daucus carota* L. a partir de los principios de la modelación biológica. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 23(1):1-9.

Gonzalez Andujar, J.L. 2010. Modelo de emergencia de malezas. En: El malezólogo. Edición especial. Ponencias presentadas en el XIII Congreso de la Sociedad Venezolana para el combate de malezas. pp. 43-49.

Roman, E.S.; Murphy, S.D.; Swanton, C.L. 2000. Simulation of Chenopodium album seedling emergence. Weed Science 48:217-224.

Royo Esnal, A.; Torra, J.; Conesa, J.A.; Forcella, F.; Recasens, J. 2010. Modelling the emergence of three arable bedstraw (*Galium*) species. Weed Science 58:10-15.

Schutte, B.J.; Regnier, E.E.; Harrison, K.; Schmoll, J.T.; Spokas, K.; Forcella, F. 2008. Emergence model for giant ragweed. A Hydrothermal Seedling Emergence Model for Giant Ragweed. Weed Science 56:555-560.

Spokas K.; F. Forcella. 2009. Software tools for weed seed germination modelling. Weed Science 57:216-227.

DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ ANTE ESCENARIOS CLIMÁTICOS FUTUROS EN PARANÁ, ARGENTINA

Modon*, G.R.[1]; Maltese, N.E[1,2,3]; Aguirre, C.A.[1,3]; Melchiori, R.J.M.[2]; Brizuela, A.B.[1,3]; Caviglia, O.P.[1,3]; Kemerer, A.C.[1,2]; Rondán, G.[1,3]

[1]*Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de Entre Ríos, Ruta Pcial. Nº 11 km 10,5 Oro Verde, Entre Ríos (3101), Argentina*
[2] *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta Pcial. Nº 11 km 12,5 Oro Verde-Entre Ríos (3101), Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina*

***Contacto:** guillemodon@gmail.com

Palabras clave: *Zea mays; crecimiento; temperatura; dióxido de carbono*

INTRODUCCIÓN

Recientes estudios han pronosticado efectos significativos de escenarios climáticos futuros sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) (Schlenker y Roberts, 2009). Estos escenarios predicen incrementos en la concentración de CO_2 atmosférico y aumento en la temperatura media del aire. El incremento en el CO_2 podría incrementar el rendimiento de maíz, debido a mayor nivel de fotosíntesis y eficiencia en el uso del agua, sin embargo, el aumento de la temperatura conduciría a una mayor tasa de desarrollo, acortando el ciclo del cultivo pudiendo reducir el rendimiento (Hatfield *et al*., 2011). En consecuencia, los escenarios de cambio climático durante los próximos 50 años presentan un desafío para la producción de cultivos. Así, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) definió escenarios climáticos futuros los que pueden vincularse con modelos de simulación de cultivos, como Agricultural Production Systems Simulator (APSIM) (Holzworth *et al.*, 2014), con el cual pueden estimarse los efectos de los cambios esperados sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. El objetivo de este trabajo fue estimar mediante simulación el impacto de escenarios climáticos futuros sobre el cultivo de maíz para la localidad de Paraná.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de un experimento de larga duración (más de 20 años) de maíz ubicado en la estación experimental INTA Paraná (31°48′ S 60°32′ O), para calibrar y validar el modelo APSIM Next Generation. Estos procedimientos se realizaron con sets de datos independientes de rendimiento de ocho años independientes de los que se utilizaron para la calibración del mismo. Los rendimientos observados y simulados tuvieron un ajuste adecuado (R^2=0,80), con un RMSE=88,3 g m^{-2}. Para la simulación de largo plazo, se corrió el modelo utilizando una configuración de prácticas agronómicas (fecha de siembra, densidad de plantas, dosis de fertilización con nitrógeno) con valores medios para la región. Para la generación de datos climáticos, se utilizó la plataforma de generación estocástica MarkSim (versión web de MarkSim para datos IPCC AR5 (CMIP5)) con la cual se generaron 10 repeticiones de climas sintéticos hasta el año 2070, adoptando las condiciones de temperatura, radiación y precipitaciones proyectadas por el escenario RCP 8.5, el cual estima un aumento de la temperatura media anual de 2ºC. Adicionalmente, con APSIM se realizaron simulaciones con distintas concentraciones de CO_2 atmosférico (350ppm; 650ppm y 950ppm), con el fin de obtener distintas combinaciones de escenarios climáticos futuros. Los tratamientos evaluados estuvieron constituidos por el tipo de clima actual (promedio de los últimos 8 años) y sintéticos (RCP 8.5, combinados con diferentes concentraciones de CO_2). Las variables analizadas fueron el rendimiento, fotosíntesis, días a floración (R1) y madurez (R6). Para la comparación entre tratamientos (escenarios climáticos) se aplicó un test de t utilizando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento de la temperatura media corresponde a las proyecciones realizadas para el escenario RCP 8.5 (Tabla 1). El efecto de dicho incremento acortó el periodo a floración en promedio 7 días con respecto al escenario actual, a su vez los días a madurez se redujeron en promedio 12 días (Figura1B). Este acortamiento del ciclo del cultivo, en conjunto con menores precipitaciones (Tabla 1), condujeron a una disminución en los rendimientos, y a un incremento en la variabilidad para este rasgo (Figura 1A). En este sentido, la elevada variabilidad tanto para rendimiento como fotosíntesis (Figuras 1A y C) no permitió detectar diferencias significativas entre tratamientos (P>0,05). Se observó que el rendimiento promedio disminuyó un 22% en un escenario con una temperatura media 2,6ºC mayor a la actual (Tabla 1) considerando en ambos casos una concentración de CO_2 de 350ppm. Lobell y Field (2007) mostraron que los rendimientos de maíz disminuyeron en promedio 8% por aumento de 1°C sin ningún tipo de estrés hídrico. El incremento en la concentración de CO_2 condujo a incrementos en el rendimiento (en promedio, 5% y 7% en los escenarios de 650ppm y 950ppm,

respectivamente, con respecto al escenario de 350ppm) y su variabilidad (ver barras desvío estándar en Figura 1A). Estos resultados sugieren que el efecto del incremento de la temperatura tiene un mayor impacto negativo sobre el rendimiento del cultivo comparado con los cambios en la concentración de CO_2, aunque en latitudes más elevadas el efecto podría ser opuesto.

Tabla 1. Temperatura media, máxima, mínima y precipitaciones media anual para escenario Actual y RCP 8.5 correspondientes a la localidad de Paraná, Argentina.

Variables climáticas	Estado Actual	RCP 8.5
Temperatura Max. Media (ºC)	24,3	26,2
Temperatura Media (ºC)	18,9	20,6
Temperatura Min. Media, (ºC)	13,4	14,5
Precipitaciones (mm)	1143	1036

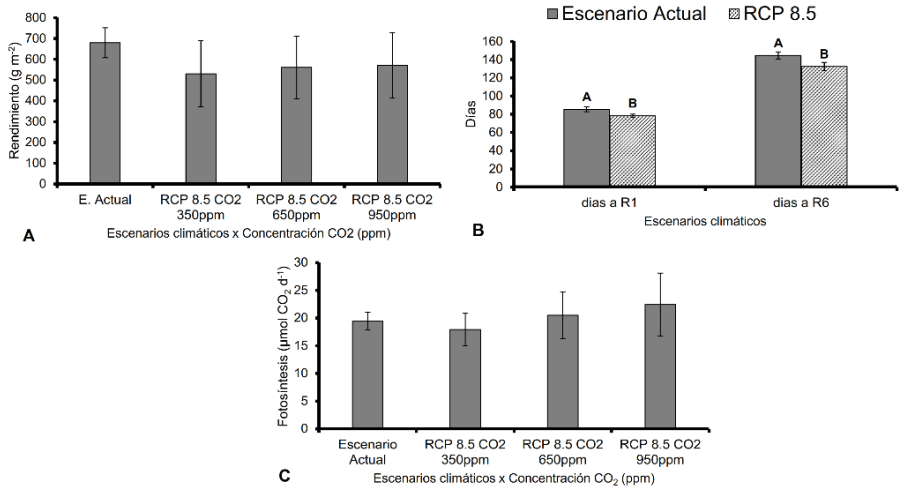


Figura 1. Rendimiento (A), días a floración (R1) y madurez (R6) (B) y fotosíntesis media durante el ciclo de cultivo (C) para diferentes combinaciones de escenarios climáticos sobre un cultivo de maíz correspondiente a la localidad de Paraná, Argentina. Los segmentos verticales en cada barra corresponden al desvío estándar de cada combinación de tratamiento x variable. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0,05).

CONCLUSIONES

Futuros escenarios de cambio climático, los cuales se caracterizan principalmente por incrementos en los niveles de temperatura media del aire y concentración de CO_2, como el RCP 8.5, tuvieron un fuerte efecto sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. En este sentido, el aumento en la temperatura redujo el ciclo de cultivo y causó consecuentemente disminuciones en el rendimiento, las cuales no fueron compensadas por efecto positivo en la concentración de CO_2 atmosférico sobre el proceso de fotosíntesis. Este estudio destaca la importancia de la utilización de los modelos de simulación como una herramienta promisoria para el diseño de cultivos de maíz más eficientes bajo escenarios de cambio climático futuros.

REFERENCIAS

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2011. InfoStat. Córdoba, Argentina. Retrieved from Universidad Nacional de Córdoba. http://www.infostat.com.ar/.

Hatfield, J.L.; Boote, K. J.; Kimball, B.A.; Ziska, L.H.; Izaurralde, R. C.; Ort, D.; Wolfe, D. 2011. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. Agronomy Journal 103(2): 351-370.

Holzworth, D.P.; Huth, N. I.; deVoil, P. G.; Zurcher, E. J.; Herrmann, N.I.; McLean, G.; Moore, A. D. 2014. APSIM–evolution towards a new generation of agricultural systems simulation. Environ. Modelling & Software 62: 327-350.

Jones, P.G.; Thornton, P.K. 2013. Generating downscaled weather data from a suite of climate models for agricultural modelling applications. Agricultural Systems 114:1-5.

Lobell, D.B.; Field, C.B. 2007. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. Environmental Research Letters 2(1):014002.

Schlenker, W., Roberts, M.J. 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences 106(37): 15594-15598.

SPM IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge university Press, Cambridge, United Kingdom and New York, Y, USA.

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

Padín*, M.A.[1,2]; Fernández, E.N.[1,2]; Harbar, A.[1]; Rossi, C.[1,2]

[1] *Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta Pcial. 4 y Av. Juan XXIII, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina*
[2] *Instituto de Investigación en Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAAS-CIC), Argentina*

***Contacto:** martinpadin81@gmail.com

Palabras clave: bienestar animal; estrés térmico, ganadería vacuna, foresto-ganadero

INTRODUCCIÓN

Desde la creación del "Farm Animal Welfare Advisory Committee" en 1967 (llamado "Farm Animal Welfare Council" en 1979) hasta llegar a la actualidad, el tema del bienestar animal (BA) ha experimentado cambios conceptuales. Estos cambios han variado a través de los años, según las exigencias sociales de los diferentes países acorde a las costumbres y culturas propias. Así llegamos a nuestros días cuando mundialmente se reconocen como conceptos básicos del BA: "las 5 libertades del bienestar animal". Parte de esas exigencias estarían condicionadas por los factores ambientales y meteorológicos: Temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, que se reconocen como estresores para los animales. (De Araújo Marques *et al*., 2011). Según la clasificación de Köppen, los Esteros de Iberá posee un clima Subtropical Húmedo de Llanura o Subtropical sin estación seca (Cfa). Zonas de microrrelieves que juegan un papel importante en las variaciones térmicas, presencia de abundantes zonas deprimidas cubiertas por agua, en buena medida proveniente de las lluvias, minimizan las heladas y atemperan las amplitudes térmicas.

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) han mostrado que tienen un impacto benéfico sobre las condiciones ambientales para los animales, un efecto particular es morigerar las elevadas temperaturas de verano, responsables del estrés calórico. En este sentido, los SSP vienen siendo considerados como una herramienta importante para diseñar sistemas ganaderos, que se adapten a las nuevas condiciones del cambio climático, ya que permiten contrarrestar algunos de los efectos negativos de las variables meteorológicas (Navas, 2016; Rossi y González, 2014) en comparación con el Sistema Pastoril a cielo abierto (SPA). El objetivo del presente trabajo fue analizar, evaluar y comparar dos parámetros meteorológicos, Humedad Relativa (HR) y Velocidad del Viento (VV) en dos sistemas ganaderos: SSP y SPA.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en el Establecimiento Santa María De La Concepción, Santa Rosa, Departamento de Concepción, Provincia de Corrientes. Para el registro de los datos se utilizaron dos Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) instaladas en noviembre de 2016 en dicho establecimiento. La primera fue ubicada en un SSP (28° 21' 43.7" S, 58° 04' 32.1" O). El mismo está compuesto por *Pinus elliottii*, implantado en el año 2010 a una densidad original de 833 árboles ha^{-1}. Al 2019, la densidad de la plantación era 600 árboles ha^{-1} y la altura promedio de 11,8 m. La distancia entre líneos es de 6 m y se mantiene la poda de la base arbórea a 5 m de altura. La EMA fue ubicada entre líneas. La otra EMA se ubicó en un SPA a cielo abierto (28° 21' 52.7" S, 58° 04' 48.0" O) alejada por lo menos 10 veces la altura del objeto más cercano (WMO, 2011). Las EMAs poseen una frecuencia de registro cada 10 min. lo que permite obtener 144 registros diarios. Se considera que se requieren de 123 registros/día para poder caracterizar en forma diaria las variables continuas (Rodriguez, 2010). Una vez filtrada la base de datos quedan 510 días en común.

Las variables meteorológicas registradas fueron: HR (promedio diario [%]) y VV (Acumulado diario [Km]). Se consideró un modelo de efectos fijos con arreglo factorial que incluyó los factores: ambiente, estación y su interacción. Para la diagnosis de los modelos se obtuvieron los residuales estandarizados condicionales de Pearson (RECP) y los valores predichos. Se confeccionaron gráficos de caja para los RECP y gráficas de RECP versus los valores predichos En el caso de VV, se modeló la matriz de los errores con una estructura diagonal, empleándose el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) para estimar las varianzas asociadas al Ambiente. Las comparaciones de medias fueron realizadas mediante método DGC. Para el análisis se empleó el módulo de modelos lineales generales mixtos de Infostat (Di Rienzo *et al*., 2016), que incorpora el paquete "nlme" de R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que el supuesto de homogeneidad de varianzas se cumplió para HR, pero no para VV. La heterogeneidad detectada para VV obedeció al factor Ambiente, por lo cual se estimaron las varianzas de este fator y se incluyeron en el error del modelo. Las estimaciones REML resultaron en 160.336,17 Km^2 para SSP y 14.430,25 Km^2 para SPA. En el análisis de varianza para la variable VV se detectó una interacción significativa entre los factores ambiente y estación ($p<0,0001$), por los que no se analizaron estos factores individualmente. La comparación de medias para el efecto de interacción se muestra en la Tabla 1. El análisis de varianza para HR, no evidenció interacción entre los factores ambiente y estación del año. Los valores promedios para los sistemas SSP y SPA fueron 76,07% (0,38) y 75,16% (0,38) y resultaron en diferencias significativas ($p<0,05$) entre ambientes. En cuanto a las estaciones del año, las únicas que no se diferenciaron entre sí fueron verano e invierno (Tabla 2). Se puede notar que, pese a las diferencias que existen entre ambientes para VV, la HR varía solo el 1% en sus valores medios diarios; esto nos hace creer que quizá no exista una influencia directa del viento como factor de homogeneización del aire que permita reducir el déficit de saturación de este, sino sea la temperatura la que define el nivel de saturación actual del aire. Detalle que merece un estudio de correlación. Hasta la actualidad no se encontraron trabajos en Argentina con este detalle meteorológico sobre los parámetros analizados aquí. Si existen diferencias con lo mencionado por De Araujo Marques et al. (2011) con respecto a la HR pero no así en cuanto a VV, siendo un 34% para verano.

Tabla 1. Velocidad del viento - Medias ajustadas y errores estándares para Ambiente*Estación DGC (Alfa=0,05)
Procedimiento de corrección de p-valores: No

Ambiente	Estación	Medias	E.E.							
SPA	Pri	1235,20	41,52	A						
SPA	Inv	1123,01	41,52	A						
SPA	Oto	964,27	41,52			B				
SPA	Ver	879,72	41,52			B				
SSP	Pri	364,63	12,36				C			
SSP	Inv	305,44	12,43					D		
SSP	Ver	300,36	12,36					D		
SSP	Oto	222,86	12,50							E

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

Tabla 2. Humedad Relativa - Medias ajustadas y errores estándares para Estación DGC (Alfa=0,05)
Procedimiento de corrección de p-valores: No

Estación	Medias	E.E.				
Oto	79,94	0,53		A		
Ver	76,56	0,53			B	
Inv	75,26	0,53			B	
Pri	70,68	0,53				C

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

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas para las variables meteorológicas analizadas entre ambos sistemas de producción. El SSP fue más húmedo y menos ventoso que el SPA. Si bien los parámetros analizados podrían tener cierta correlación, los valores extremos de esta combinación se dieron en otoño, estación del año donde las posibilidades de que ocurra algún evento de estrés térmico que condicione al bienestar animal, quedando pendiente profundizar el estudio de las relaciones de la VV y la HR con la temperatura.

AGRADECIMIENTOS

A quienes ayudaron a llevar este ensayo adelante Ing Agr. Guillermo Perrens (dueño del campo), Ing. Sandra Occhiuzzi y Lic. Adriana Basualdo (miembros de la Oficina de Riesgo Agropecuario)

REFERENCIAS

De Araújo Marques, J.; Leite, L.C.; Romero, D.C.M. 2011. Bienestar animal en sistemas silvopastoriles. Revista Colombiana de Ciencia Animal (1):79-87.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G., González, L.; Tablada M.; Robledo C.W.2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Navas, A. 2016. Sistemas silvopastoriles. Bogotá: Tropenbos Internacional Colombia & Fondo Patrimonio Natural

Rodriguez, R.O. 2010. Documento descriptivo de los componentes solicitados: Punto 2 sistema información y gestión agrometeorológica (SIGA) Documento int. Proyecto Específico INTA: AERN-293311- Área Estratégica-RRNN

Rossi, A.; González, G.L. 2014. Sistemas silvopastoriles: Una propuesta productiva agropecuaria racional frente a los problemas ambientales. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. UNLZ. Vol. 1(1):3-9.

WMO. 2011. Guía de prácticas climatológicas. OMM–N.º 100. Ginebra. Suiza. Pág. 128.

Área Temática 5

Teledetección y Sistemas

de Información Geográfica

ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE LA VEGETACIÓN UTILIZADO IMÁGENES SENTINEL-2

Aguirre*, C.A.[1,2]; Rondán, G.A.[1,2]; Kemerer, A.C.[2,3]; Brizuela, A.B.[1,2]; Toffoli, M.B.[2]; Maltese, N.E.[1,2,3]

[1] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET, Argentina*
[2] *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos FCA-UNER, Ruta 11, km 10, Oro Verde, 3101, Argentina*
[3] *Estación Experimental Agropecuaria Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA-INTA, Ruta 11, km 12, Oro Verde, Argentina*

***Contacto:** cesar.aguirre@fca.uner.edu.ar

Palabras clave: procesamiento; satélite; cobertura vegetal

INTRODUCCIÓN

Los cultivos agrícolas de secano bajo condiciones de crecimiento y desarrollo en climas subhúmedos presentan variaciones de la brecha de rendimiento fuertemente vinculadas a la oferta y demanda de agua (de la Casa *et al*., 2018). Es muy útil realizar un balance hidrológico del suelo (BHS) para conocer si el agua disponible para las plantas es suficiente. Sin embargo, en ciertos casos interesa conocer la Transpiración (TR) para evaluar la cantidad de agua que efectivamente ha sido absorbida y transpirada por las plantas ya que es fundamental en la asimilación de nutrientes que provee el suelo (Graham *et al.*, 2003). Una forma de estudiar estos procesos es utilizando herramientas de simulación computacional de crecimiento y desarrollo de cultivos. De todas formas, para utilizar estos modelos es necesaria una gran cantidad de datos temporales y espaciales. Una de las fuentes de datos que tiene en cuenta la variabilidad espacial es la que proviene de imágenes satelitales. Datos de cobertura vegetal expresada como Fracción de la Vegetación (FV) en cada Picture Element (pixel) de una imagen es uno de ellos. Esta imagen muestra la proporción de vegetación que cubre cada pixel. La TR, el Balance de Radiación y los flujos de calor latente y sensible están relacionados a la FV ya que no toda la superficie de un píxel podría estar cubierta de vegetación (Noilhan and Planton, 1989; Pleim and Xiu, 1995). Estos modelos permiten simular los procesos esenciales que envuelven las interacciones suelo-planta-atmósfera con mínimo costo computacional y la menor cantidad de parámetros (Wong *et al*., 1994). Este trabajo tiene como objetivo proponer una metodología de cálculo de FV y mostrar los resultados para el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNER) utilizando imágenes del satélite SENTINEL-2 del 12 de abril de 2019 (20 m de resolución espacial) y comparar los mismos con una imagen provista por Maxar Technologies en Google Earth Pro con 51 cm de resolución espacial de fecha 11 de abril de 2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener la FV no es posible utilizar el Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) ya que el mismo expresa el vigor y sanidad vegetal para valores positivos del mismo. El objetivo es obtener la proporción de vegetación que cubre un pixel sin importar su estado. Esto mismo ocurre con otros índices de vegetación, más o menos sensibles a la cantidad de biomasa verde. Por esta razón se propone utilizar un índice de suelo (IS) para obtener las superficies que no están cubiertas por vegetación (Aguirre *et al.*, 2016). Se utiliza la banda 8A (Infrarrojo Cercano - IRC) y la banda 12 (Infrarrojo Medio – $IRM_{2,2}$) del sensor montado en el satélite SENTINEL-2.

$$IS = \frac{IRM_{2,2} - IRC}{IRM_{2,2} + IRC} \quad (1)$$

El IS representa la influencia de la firma espectral característica del suelo. Valores positivos del índice indican zonas con suelo descubierto, valores negativos representan zonas con vegetación. De esta forma, el FV es calculado como el complemento del IS:

$$FV = \frac{IS_{máx} - IS}{IS_{máx} - IS_{mín}} \quad (2)$$

donde $IS_{máx}$ representa el valor más elevado de IS en la imagen y el $IS_{mín}$ es el valor más bajo. De esta forma se escalan los valores de FV en el intervalo [0,1]. Es claro que para poder utilizar esta metodología es necesario que existan zonas en la imagen donde estemos seguros de que no hay vegetación y zonas en las que estemos seguros de que la vegetación cubre todo el pixel. Además, para las superficies de agua, el FV podría estar mostrando valores positivos ya que el mismo está construido como el complemento de la respuesta del suelo. Para eliminar las superficies de agua se puede utilizar la banda de IRC (o IRM) construyendo una máscara de superficies de agua por histograma llevando los píxeles a valor FV = 0.

El área de estudio está ubicada al oeste de la provincia de Entre Ríos sobre la margen del río Paraná que incluye lotes pertenecientes a la FCA-UNER. La Figura 1 muestra la ubicación geográfica y una imagen provista por Maxar Technologies correspondiente al 11 de abril de 2019 que se utilizó para contrastar los resultados del cálculo de algoritmo FV. Se realizó la corrección atmosférica con el método DOS1 con el software QGIS de la imagen SENTINEL-2 provista por United Stated Geological Survey (USGS) del 12 de abril de 2019. Luego se realizó la georregistración de la imagen de Google Earth.

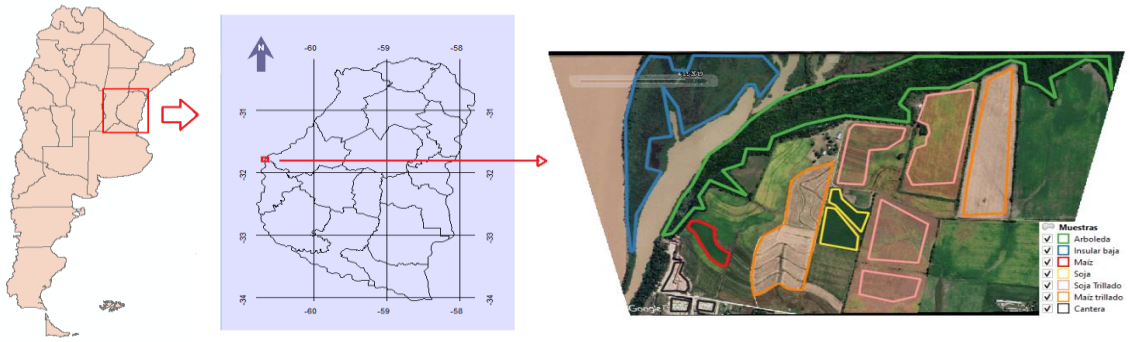


Figura 1. Ubicación del área de estudio e imagen provista por Maxar Technologies en Earth Google Pro del 11/04/2019.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra la imagen de FV (izquierda) y un gráfico tipo box-plot de FV para cada sitio (derecha). Se observa en el gráfico comparativo que los valores de FV para maíz y soja son semejantes con algunos píxeles de valor FV algo menores para soja. El resultado está muy vinculado al estadío fenológico de los cultivos y al número de datos en cada clase. En este trabajo sólo se presenta un lote de maíz y dos lotes de soja. En la cantera se observa que muchos pixeles no presentan FV = 0. Esto puede ser debido a que algunos no corresponden a suelo desnudo sino bordes de caminos con algo de vegetación. A pesar de estos inconvenientes los resultados están de acuerdo con lo que se esperaba obtener según la imagen de Google Earth Pro.

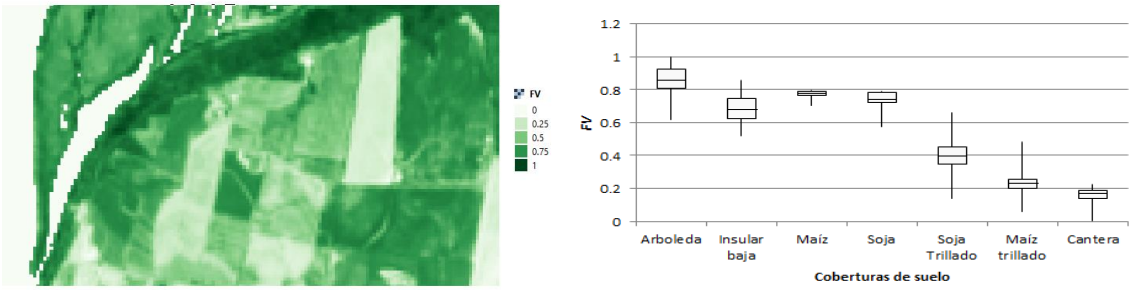


Figura 2. Imagen de FV (izquierda) y gráfico comparativo entre los sitios de cobertura de suelo y el valor de FV para éstos.

CONCLUSIONES

Se ha propuesto y verificado en forma expeditiva un algoritmo para obtener la Fracción de la Vegetación en cada píxel de una imagen satelital utilizando las bandas del Infrarrojo Cercano y del Infrarrojo Medio. Se comparó el resultado de la FV con una imagen obtenida desde la plataforma Google Earth Pro suministrada por Maxar Technologies con información de terreno proporcionada por la Secretaría Técnica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER con buenos resultados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a U.S. Geological Survey y a Google Earth Pro por las imágenes. Además, a la FCA – UNER por los datos de campo brindados y al Proyecto PIO CONICET-UNER 2015-2016.

REFERENCIAS

Aguirre, C.A.; Maltese, N.E.; Kemerer, A.C.; Brizuela, A.B.; Vaiman, N. 2016. Sensibilidad de índices de vegetación en situación de estrés hídrico para cultivo de maíz. XVII SELPER, 2016, Puerto Iguazú Misiones –Argentina, pp 2295-2312.

de la Casa, A.; Ovando, G.; Díaz, G.; Bressanini, L.; Miranda, C. 2018. Brecha de rendimiento del cultivo de soja estimada con el modelo AquaCrop en la región central de Córdoba, Argentina. RADA IX:1-19.

Graham, L.E.; Graham,J.M.; Wilcox, L.W. 2003. Plant Biology. Prentice Hall, Pearson Educ. Inc. NJ. 497 pp.

Noilhan, J.; Planton, S. 1989. A simple parameterization of land surface processes for meteorological models. Mon. Wea. Rev. 117:536-549.

Pleim, J.E.; Xiu, A. 1995. Development and testing of a surface flux and planetary boundary layer model for application in mesoscale models. J. Appl. Meteorol. 34:16-32.

Wong, V.C.; Xue, M.; Droegemeier, K.K.; Liu, Y.; Song, X.; Sathye, A.; Zou, M.; Sun, L. 1994. Parameterization of Physical Processes in Storm-Scale Model. Preprints, Tenth Conference on Numerical Weather Prediction, Portland, OR, Amer. Meteor. Soc.: J28-J31.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TEMPERATURAS DE SUPERFICIE OBTENIDAS POR EL SATÉLITE MODIS EN ZONAS CON ALTOS Y BAJOS VALORES DE NDVI PARA SU USO EN EL MONITOREO DE GOLPES DE CALOR EN EL CULTIVO DE TRIGO

Barberis*, J.G. [1]**; Barrucand, M.**[2,3]**; Cosentino, M.**[1]

[1] *Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina*
[2] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, CP 1427, Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, CP 1425, Argentina*

***Contacto:** barberis@agro.uba.ar

Palabras clave: MODIS AQUA; región pampeana; temperatura máxima

INTRODUCCIÓN

El clima y su variabilidad a lo largo del tiempo es uno de los factores de mayor importancia en aquellos cultivos que se realizan bajo condiciones de secano, como es el caso del trigo en la Región Pampeana. La temperatura influye en todas sus etapas fenológicas, siendo de especial interés aquellas que son extremas y afectan al denominado periodo crítico del cultivo, por lo que resulta importante realizar un adecuado monitoreo de la temperatura y sus extremos. Barberis y Barrucand (2016) encontraron una mejor correlación entre los rendimientos de trigo a nivel departamental y los extremos de temperatura derivada del satélite MODIS AQUA respecto a la encontrada con datos de temperatura máxima tomada en abrigo meteorológico. En dicho trabajo se tomó un promedio de temperatura de 10 píxeles distribuidos uniformemente en el departamento bajo análisis. Pero existen estudios que muestran que la temperatura varía con el tipo de superficie (Mildrexler *et al*., 2011, entre otros). Se espera, por tanto, que haya diferencias entre la temperatura medida en abrigo meteorológico, suelo desnudo y suelo con cultivo en distintas etapas de desarrollo. En este trabajo se evalúan series de temperaturas estimadas por el satélite MODIS AQUA, asociadas a lotes con NDVI (normalized difference vegetation index) compatible con cultivo de trigo y con suelo desnudo, a lo largo del ciclo del cultivo (junio-diciembre) en 3 departamentos del Oeste Arenoso (OA) y el Sudoeste (SO) de la región pampeana. El OA y el SO son zonas que sufren con mayor intensidad el impacto de las temperaturas extremas cálidas, superiores a 30°C (TX30) (Barberis, 2018). Las series de temperaturas en abrigo meteorológico, y en los dos tipos de suelo identificados según el NDVI, son contrastadas a escala decadal a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron datos de temperatura máxima en 3 estaciones meteorológicas convencionales del Oeste Arenoso y Sudoeste de la Región Pampeana (Tabla 1) para el periodo 2003 a 2017.

Tabla 1. Estaciones tomadas en el estudio

Estación	Latitud	Longitud
Laboulaye	-34,13	-63,36
General Pico	-35,69	-63,76
Pigüé	-37,61	-62,39

De la misma manera se tomaron datos de temperatura de superficie de la serie MYD11A1 de los productos MODIS AQUA (fajas 12 12 y 12 13, con horario de pasaje entre las 14:00 y las 15:00 hs local UTC-3) y un píxel de 1 kilómetro en cada uno de los departamentos en los que están ubicadas las estaciones convencionales utilizadas.

fin de identificar zonas compatibles con cultivo de trigo en cada departamento, para los 15 años considerados se seleccionaron los 10 píxeles donde los valores de NDVI del compuesto MYD13Q1_281 (que corresponde al período que va del 8 al 24 de octubre) fueran superiores a 0,6. Se tomaron los píxeles con valores superiores a 0,6 por ser éstos los esperados para el estado fenológico en que se encuentra el cultivo de trigo en los departamentos analizados en esa fecha. De igual forma se seleccionaron los 10 pixeles del compuesto MYD13Q1_281 en los que los valores de NDVI fueran inferiores a 0,6, donde se espera que nohaya este cultivo. Una vez identificados los pixeles de NDVI > 0,6 (PT) y NDVI < 0,6 (PD) en el compuesto mencionado, se extrajeron los datos de temperatura de los mismos, para todo el período del cultivo (junio-diciembre) y se realizó un análisis de consistencia de la información. Para cada día del período estudiado, se realizó un promedio de la temperatura de superficie derivada del satélite en los 10 píxeles PT y en los 10 píxeles PD. Se realizó una climatología de los valores de temperatura a escala decadal (10 días) y se compararon los valores de las series a lo largo de todo el ciclo del cultivo de trigo. Para realizar este estudio se tuvieron en cuenta aquellos días en los que se encontraba disponible la información en abrigo meteorológico, en zona compatible con cultivo de trigo (representada por el promedio de temperaturas en PT) y en zona no compatible con cultivo de trigo (representada por el promedio de temperaturas en PD). Este requisito fue cumplido en dos tercios del total de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa que la diferencia entre la temperatura máxima media del aire medida en abrigo meteorológico (TMax Aire) y la temperatura máxima media de superficie con distintas características (PD y PT), estimada por el satélite MODIS AQUA, es prácticamente nula en las décadas de junio y julio. Luego se empiezan a evidenciar diferencias, siendo las temperaturas de superficie superiores a TMax Aire. Esta diferencia se amplifica con el aumento de las temperaturas, hasta valores cercanos a los 7°C y 10°C según la estación considerada (Figura 1, A, B y C). Puede verse también, a modo de ejemplo, que valores de temperatura de 30°C registrados en abrigo meteorológico (uno de los umbrales de temperatura máxima a ser considerado por su impacto negativo en el cultivo de trigo)**,** son alcanzados en superficie 4 décadas antes, aspecto que debe ser tenido en cuenta para estudios de análisis de riesgo agroclimático para el cultivo de trigo. La temperatura de superficie está directamente relacionada con el flujo de radiación neta recibido y por las condiciones de humedad de dicha superficie, de esta forma se espera que la vegetación puede estar influenciando dicha temperatura (Mildrexler *et al.*, 2011). En la Figura 1 (D, E y F) se encuentra representada la diferencia de temperatura entre las superficies seleccionadas (compatibles y no compatibles con cultivo de trigo). Puede verse el efecto de la evapotranspiración sobre la temperatura, acorde a las distintas etapas fenológicas del cultivo. Inicialmente se observan diferencias negativas cercanas a los -0,5°C (Laboulaye) y cercanas 0°C (General Pico y Pigüé). A partir de la tercera década de agosto, la diferencia pasa a ser positiva (temperatura PD > temperatura PT) hasta llegar a un máximo de 1,4°C en la segunda o tercera década de octubre. Luego empieza a disminuir. En el caso de Laboulaye, la diferencia vuelve a ser negativa en diciembre. Este resultado es razonable si se considera que en esta localidad (que tiene la ubicación más al norte de todas las analizadas), el trigo ya se encuentra cosechado en dicho mes.

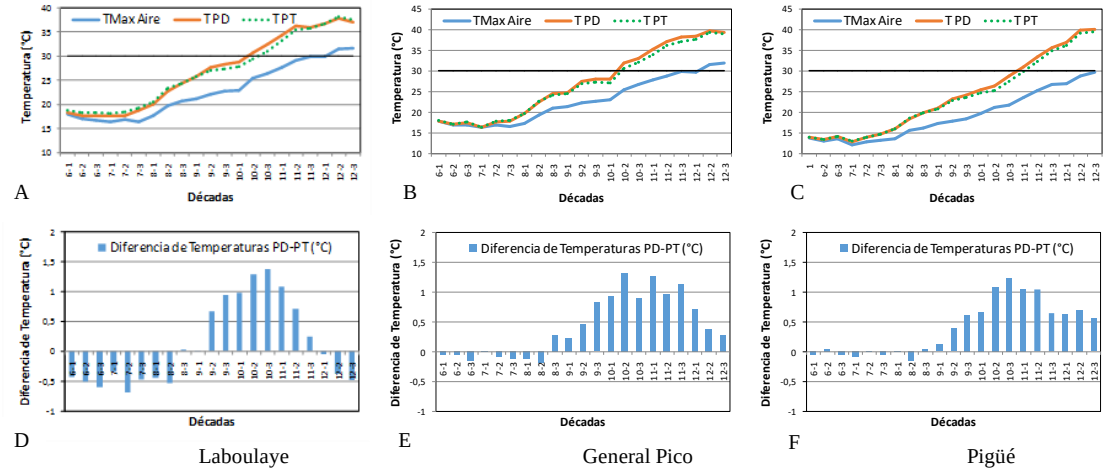


Figura 1. Panel superior: promedios decadales de temperatura máxima medidas en abrigo meteorológico (TMax Aire) y estimada por satélites en dos tipos de superficie (PD y PT). La línea recta indica el umbral de 30°C Panel inferior: diferencia de temperaturas entre los dos tipos de superficie. Localidades: Laboulaye (A-D), General Pico (B-E), Pigüé. (C-F). Período: 2003-2017.

CONCLUSIONES

Durante los meses de junio y julio se observaron diferencias casi nulas entre la temperatura máxima media del aire (calculada con datos tomados en abrigo meteorológico) y la temperatura de superficie estimada por el satélite MODIS AQUA en zonas que denominamos PT y PD (compatible y no compatible con cultivo de trigo según valores de NDVI). Con el correr de los meses las diferencias se amplifican hasta valores cercanos a 7 y 10°C en el mes de diciembre. El efecto de la evapotranspiración se hace evidente cuando se analizan las diferencias de temperatura entre las zonas PT y PD, registrándose un valor medio hasta 1,4°C menor en la zona de cultivo de trigo.

AGRADECIMIENTOS: SMN, CONICET PIP 0137y UBACyT 2018 20020170100357BA

REFERENCIAS

Barberis J.G.; Barrucand, M. 2016. Uso de temperatura de superficie de satélite MODIS AQUA para el monitoreo del impacto de extremos cálidos sobre el rendimiento de trigo en la región pampeana. Libro digital, PDF ISBN 978-950-29-1642-2:102-104

Barberis, J.G. 2018. Cuantificación del impacto de los eventos climáticos extremos de temperatura sobre los rendimientos de trigo en la región pampeana ampliada analizado un período de 30 años. FCEyN, UBA 128 pp.

Mildrexler, D. J.; Zha, M.; Running, S.W. 2011. A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests, J. Geophys. Res., 116, G03025, doi:10.1029/2010JG001486

EVALUACIÓN DE PRODUCTOS SATELITALES DE PRECIPITACIÓN EN TIEMPO CUASI REAL EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA

Blanco*, M.A.[1,2]; Demaria, E.M.C.[3]; Cazenave, G.[1,2]

[1] *Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo J. Usunoff" (UNCPBA-CIC-CONICET), República de Italia 780 (B7300) Azul, Buenos Aires, Argentina*
[2] *Comisión de Investigaciones Científicas, Calle 526 entre 10 y 11 - (1900) La Plata, Argentina*
[3] *Pima County Regional Flood Control District, 201 N Stone Ave, Tucson, AZ, EEUU*

***Contacto:** martinblanco@ihlla.org.ar

Palabras clave: estimaciones; verificación

INTRODUCCIÓN

Las estimaciones en tiempo real de datos satelitales de precipitación de alta resolución están sistemáticamente disponibles en todo el mundo a escalas espacio-temporales que permiten su uso para diversas aplicaciones como: agricultura, hidrología, estudios climáticos, entre otros. La Región Pampeana, como gran parte de Sudamérica, no cuenta con una red densa de observaciones meteorológicas de superficie que permita el monitoreo a escalas que sean útiles para la toma de decisiones en la región. En este contexto, la utilización de información meteorológica obtenida con sensores remotos constituye una fuente de información invaluable para el monitoreo y pronóstico de sequías e inundaciones, en particular en la Región Pampeana donde se desarrollan actividades productivas vinculadas al agua, como lo son la producción agrícola y ganadera. Sin embargo, las estimaciones satelitales de precipitación están propensas a errores debido a distintas fuentes de incertidumbre y necesitan ser validadas con observaciones en superficie. La validez de productos satelitales en Sudamérica está siendo rápidamente evaluada en distintas áreas con resultados prometedores (Salio *et al*., 2015; Demaria *et al*., 2014).

El objetivo de este trabajo es evaluar y comparar el desempeño de las estimaciones de los productos de precipitación satelital (PPS) generadas por diferentes instituciones con observaciones en estaciones en superficie en la Región Pampeana. Además, caracterizar los errores de los PPS para diferentes regímenes de precipitación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio seleccionada se encuentra en la Región Pampeana limitada por los meridianos 56˚ 30' S y 64˚ 30' S y los paralelos 32˚ 30' W y 39˚ 00' W. Se recopiló información de 29 estaciones pluviométricas en superficie, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Los datos usados son acumulados de precipitación diaria (denominados Observados para el análisis) medidos a las 12:00 UTC (9:00 AM hora local).

Se descargaron datos de tres PPS para la región de estudio: Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) (Huffman *et al*., 2007), Climate Prediction Center (CPC) Morphing Technique Product (CMORPH) (Joyce *et al*., 2004) y el Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM (IMERG) (Huffman *et al*., 2019)). Los dos primeros tienen una resolución espacial y temporal de 0,25˚ y 3 horas, respectivamente; mientras que el último tiene una resolución espacial de 0,1˚ y temporal de 30 minutos. Las estimaciones de precipitación se acumularon a nivel diario considerando la precipitación de 24 horas a las 12:00 UTC. La evaluación de los PPS se realizó para el periodo 2001–2017.

Para comparar los valores de precipitación entre los PPS y observaciones en superficie se consideró la relación punto (pluviómetro) versus píxel (satélite), tomando como punto de comparación la menor distancia entre ellos. La verificación se realizó a una resolución temporal diaria, aplicando coeficientes estadísticos categóricos como: *Bias Score* (BIASS), el cual muestra si la precipitación estimada tiene una tendencia a subestimar (BIASS <1) o sobrestimar (BIASS > 1); la Probabilidad de Detección (POD); Falsa Alarma (FAR), y el Equitable Threat Score (ETS). Se han considerado múltiples umbrales de precipitación; 0,1; 0,5; 1; 5; 10; 15; 20; 25; 35; 50 mm para calcular los coeficientes estadísticos. Finalmente, para evaluar cuantitativamente los PPS, se calcularon tres coeficientes estadísticos: coeficiente de correlación de Pearson (CC), error cuadrático medio (RMSE) y el sesgo estadístico (BIAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la precipitación promedio anual observada, previa interpolación espacial usando la Distancia Inversa Ponderada (IDW) y las estimaciones de los PPS. En general los PPS sobreestiman la precipitación anual en la Región Pampeana, en especial CMORPH e IMERG. Los coeficientes estadísticos POD, FAR, BIASS y ETS muestran que los PPS capturan las observaciones para intensidades bajas. Mientras que, para intensidades altas, el BIASS muestra que TMPA representa mejor a las tormentas intensas en la región. También se observa que el IMERG sobrestima considerablemente la precipitación respecto a los otros dos productos, aunque tiene su habilidad de detección alta. En cuanto a la relación entre el número de falsas alarmas y la cantidad de

eventos de precipitación estimada y a la fracción de precipitación correctamente estimada, el producto CMORPH fue el que presentó mejores resultados como lo indican el índice FAR y ETS, respectivamente (Figura 2A). En la Figura 2B se muestran los diagramas de cajas para el BIAS, RMSE y CC. En el caso del BIAS, se observa que todos los PPS presentan valores positivos, destacando al IMERG con un mayor grado de sobrestimación de la precipitación. Por otra parte, el CMORPH y TMPA presentan valores del BIAS más cercanos a cero, este último muestra una distribución más simétrica. Analizando los resultados del RMSE se encontró que el menor error medio cuadrático total lo tiene CMORPH y es similar al TMPA, en ambos casos con valores medios cercanos a 8 mm, mientras que el IMERG presenta un valor medio cercano a 11mm. En cuanto al CC todos los PPS presentan valores cercanos a 0,7 siendo el producto CMORPH el que presenta mayor correlación.

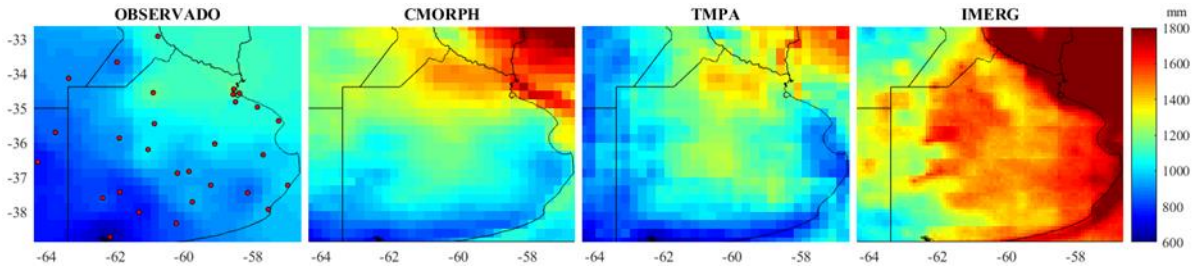


Figura 1. Precipitación observada y estimada según los distintos PPS en mm año-1. Periodo 2001-2017. Con el detalle de la ubicación de las estaciones usadas (puntos rojos).

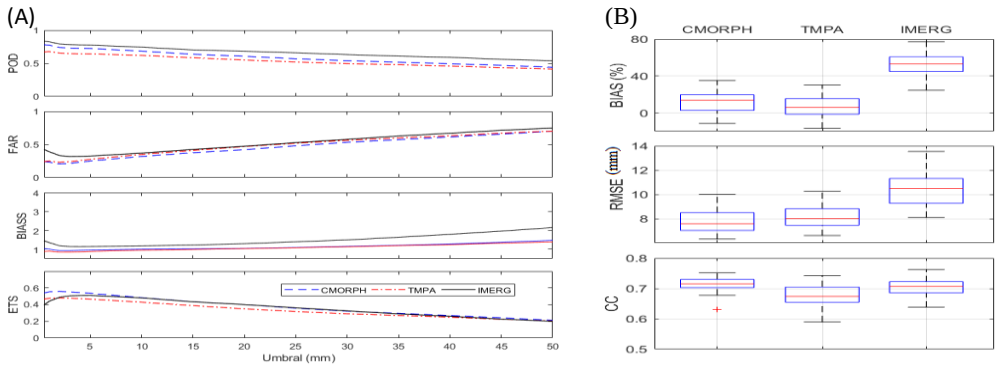


Figura 2. (A) Índices estadísticos categóricos en función de los umbrales de precipitación seleccionados. (B) Diagrama cajas para de coeficientes estadísticos descriptivos; periodo 2001-2017.

CONCLUSIONES

En general, los PPS presentan una buena correlación en correspondencia con los datos diarios de precipitación observados en superficie en la zona de estudio. Los errores determinados indican que los tres productos analizados sobrestiman la precipitación observada siendo el IMERG el que mayor error presentó. Dentro de los productos evaluados en este estudio el que tiene mejores resultados en la Región Pampeana es el CMORPH. Sin embargo, es importante mencionar que los PPS usados en este trabajo son en tiempo real, y no cuentan con ningún tipo de corrección con observaciones en superficie. Por lo que se sugiere realizar una corrección del sesgo para mejorar la calidad de la información antes de ser usada para aplicaciones hidrológicas. Si bien estos productos han mejorado significativamente es necesario profundizar la evaluación de estas estimaciones, y continuar con la instalación de estaciones en superficie que permitan tener un monitoreo adecuado de la precipitación.

REFERENCIAS

Demaria, E.M.C.; Nijssen, B.; Valdés, J.B.; Rodríguez, D.A.; Su, F. 2014. Satellite precipitation in southeastern South America: how do sampling errors impact high flow simulations? Int. J. of River Basin Management 12(1):1-13.

Huffman, G.J.; Bolvin, D. T.; Nelkin, E.; Wolff, D.; Adler, R.; Gu, G.; Hong, Y.; Bowman, K.; Stocker, E. 2007. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. J. of Hydrometeor. 8(1):38-55.

Huffman, G. J.; Bolvin, D. T.; Braithwaite, D.; Hsu, K.; Joyce, R.; Kidd, C.; Nelkin, E. J.; Sorooshian, S.; Tan, J.; Xie, P. 2019. NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM (IMERG). NASA Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 06, 38.

Joyce, R.J.; Janowiak, J. E.; Arkin, P. A.; Xie, P. 2004. CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution. J. of Hydrometeor. 5:487-503.

Salio, P.; Hobouchian, M.P.; García Skabar, Y.; Vila, D. 2015. Evaluation of high-resolution satellite precipitation estimates over southern South America using a dense rain gauge network. Atmospheric Research 163:146-161.

ESTIMACIÓN DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO (1990-2020) EN LA CUENCA DEL ARROYO FELICIANO (ENTRE RÍOS)

Brizuela*, A.B.[1,2]; Sabattini, J.A.[1,2]; Aguirre, C.A.[1,2]; Sabattini, R.A.[2]

[1] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET, Argentina*
[2] *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos FCA-UNER, Ruta 11, km 10, Oro Verde, 3101, Argentina*

***Contacto:** armando.brizuela@gmail.com

Palabras clave: Landsat; teledetección aplicada; agricultura; bosques nativos

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el impacto del desmonte en la Cuenca del Arroyo Feliciano fue más alto por el incremento de áreas agrícolas con destino a cultivos extensivos. El desmonte provoca una alteración en el paisaje cambiando la cobertura y uso de la tierra. Pero, puede ser un proceso dinámico, porque en un lapso considerable de tiempo, aparece la sucesión secundaria y comienza la regeneración de los ecosistemas boscosos (Sabattini y Sabattini 2018). Esta situación ocurre en casos puntuales si las condiciones de suelo no responden a una valoración agrícola. Por otro lado, actualmente no se dispone de registros oficiales sobre el estado actual de los bosques nativos en la provincia de Entre Ríos, pero, en las últimas décadas es evidente el paulatino cambio con tasa negativa en la superficie ocupada con bosques nativos y la consecuente expansión de la superficie agrícola o ganadera (Muñoz *et al.*, 2005; Arbuet, 2012). La dinámica del uso agrícola se puede cuantificar periódicamente con rigor con imágenes obtenidas por sensores remotos y la confirmación mediante trabajo de campo. Las técnicas de obtención, procesamiento de datos multiespectrales y verificación de resultados se afianzaron posibilitando relevamientos oficiales. En Entre Ríos, la Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios de la FCA UNER llevó a cabo la zonificación de los bosques nativos de los departamentos de Entre Ríos. El trabajo se desarrolló entre la FCA UNER y la Dirección General de Recursos Naturales del Gobierno de Entre Ríos (Sabattini *et al.*, 2015). En un trabajo anterior se evaluó el cambio y la tendencia de la superficie cubierta con bosques nativos, en la cuenca del Arroyo Feliciano (Entre Ríos). Se muestra que la ocupación, agrícola y pasturas, es más importante en el tercio suroeste de la cuenca (Brizuela *et al.*, 2013). En el año 2007 se sanciona en nuestro país la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, N°26.331/07, con el objetivo de promover el ordenamiento territorial de los bosques nativos a través de una zonificación según categorías de conservación y a partir del año 2008 se prohibieron las actividades de desmontes en Entre Ríos. El objetivo de este trabajo es actualizar las cifras de ocupación del suelo al año 2020 y analizar los cambios en la última década en la Cuenca del Arroyo Feliciano en general y en los sectores: alto, medio y bajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca del Arroyo Feliciano, área de estudio para este trabajo, se distribuye cubriendo parte de los Departamentos La Paz, Federal, Villaguay y Feliciano con una superficie de 835.500 ha. Para delimitar la cuenca se utilizaron los datos del Modelo Digital de Elevación (MDE) de la misión Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibles en el sitio en internet del U.S. Geological Survey (http://srtm.usgs.gov/). En estas imágenes es relativamente simple seguir la divisoria de aguas, para vectorizar el límite de la cuenca en función del patrón de drenaje. La identificación y delimitación de ocupación agrícola, en los años 1990, 2000, 2010 y 2020; se realizó sobre la base de imágenes Landsat 4, 5, 7 y 8 (L4, L5, L7, L8), mediante interpretación visual con apoyo de la información de campo relevada en el año 2009. Durante el año en curso no fue posible realizar dicho relevamiento. Se utilizaron las siguientes escenas:

Path/Row: 226/081 Fechas: 03-03-1987 (L4), 02-04-2001 (L7), 13-01-2010 (L5) y 10-02-20 (L8)

Path/Row: 226/082 Fechas: 06-07-1989 (L4), 08-10-2000 (L7), 29-01-2010 (L5) y 10-02-20 (L8)

Se utilizó un muestreo por conglomerados distribuidos en tres sectores de la Cuenca (Alta, Media y Baja) correspondientes a los tercios Noreste, Centro y Suroeste de dicha cuenca. Se distribuyeron aleatoriamente 12 unidades muestrales, 4 por sector de la Cuenca, cada conglomerado cubre una superficie de 10.000 ha (Figura 1a). En total representan el 14,36% (120.000 ha). Se consideraron dos categorías de ocupación: Agrícola (A) y No Agrícola (NA). Para identificar cada categoría y delimitar las áreas se aplicó la metodología de interpretación visual de imágenes resultantes de las combinaciones de bandas 4,3,2 a las que se aplicó un realce de contraste de ecualización de histogramas. Ocasionalmente se utilizaron otras combinaciones (3,2,1 y 7,4,2) cuando la asignación de categoría resultaba confusa. En el proceso de interpretación y vectorización de elementos que pertenecen a la categoría 'Agrícola' se tuvieron en cuenta los aspectos: a) respuesta espectral – combinación falso compuesto estándar 4,3,2; b) patrón geométrico –lotes regulares o con límites definidos; y c) heterogeneidad de la respuesta espectral. En la Figura 1(b y c) se muestra para el conglomerado 10 la

delimitación de lotes de esta categoría en 1990 (b) y en 2010 (c) donde además se señalan dos nuevos lotes que se observan en 2020. Las capas vectoriales (polígonos) de cada época se utilizaron para calcular la superficie según la categoría y también según el sector de la cuenca.

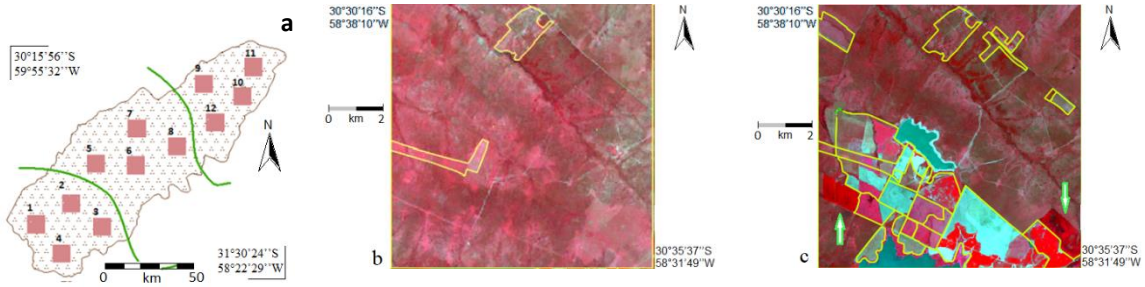


Figura 1. Conglomerados en la Cuenca del Arroyo Feliciano (**a).** Imágenes del conglomerado 10 con delimitación –polígonos amarillos- en 1990 (**b) y** en 2010 y señalados nuevos en 2020 (**c)**.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se calculó la superficie actual ocupada por ambas categorías, en todas las muestras de la cuenca. Los resultados de ocupación 'agrícola' y 'no agrícola' correspondientes a los años 1990, 2000, 2010 y 2020 se presentan en la Tabla 1. Se estimó el área total en la cuenca y las variaciones entre décadas. Como se observa el año desde 1990 al 2020 hay una variación entre 17.000 y 22.000 hectáreas cada 10 años. La categoría agrícola que en 1990 representaba el 23,2 %, de la superficie total de la cuenca, llega al 30,1% en 2020. Este incremento implica una disminución equivalente de bosques nativos u otras tierras. Del análisis realizado para los sectores 'alto', 'medio' y 'bajo' –ubicados al NE, Centro y SO- de la cuenca surge que desde 1990 a 2020 hay un incremento sostenido de la superficie agrícola con una marcada diferencia del sector 'alto' con respecto a los otros. En 1990 esta categoría ocupaba 14.785 ha, en 2020 alcanza 57.684 ha. A su vez, el sector 'bajo' pasó de 139.834,9 ha en 1990 a 145.636,2 ha en 2020 (Tabla de datos no mostrada). Estos resultados indican que aun cuando existe la ley de protección de los bosques el desmonte continúa década tras década. Además, confirman la tendencia de disminución de áreas de bosques nativos que fue advertida por Muñoz *et al.* (2005) y Arbuet (2012), entre otros. En 2020 el 30% de la cuenca está destinada al uso agrícola –incluyendo pasturas- con un incremento cercano al 2% a lo largo de 4 décadas.

Tabla 1. Superficie Agrícola y No agrícola en la Cuenca del Arroyo Feliciano entre los años 1990, 2000, 2010 y 2020.

Año	Categoría	Estimación Cuenca (ha)	Variación entre decenios (ha)	Porcentaje de la cuenca (%)
1990	Agrícola	193.999,62	-	23,2
	No agrícola	641.500,38	-	
2000	Agrícola	215.814,94	21.815,3	25,8
	No agrícola	619.685,06		
2010	Agrícola	233.302,65	17.487,7	27,9
	No agrícola	602.197,35		
2020	Agrícola	251.339,29	18.036,6	30.1
	No agrícola	584.161,71		

CONCLUSIONES

Se actualizaron los datos de ocupación del suelo en dos categorías para la Cuenca Arroyo Feliciano y los resultados generales indican un incremento sostenido cercano a 20.000 ha cada 10 años. La zona alta de la cuenca presentó una variación mayor. Asimismo, se muestra que es factible conocer los cambios en el uso del suelo mediante herramientas de la teledetección aplicada y mejorar la exactitud de las estimaciones.

REFERENCIAS

Arbuet Moraes, M.A. 2012. Efectos hidrológicos del cambio de uso del suelo en el Litoral argentino. Estudio de caso: cuenca del arroyo Feliciano (prov. de Entre Ríos) Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas; Argentina. URL: https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/216

Brizuela, A.B.; Sabattini, R.A.; Sabattini, J.A. 2013. Utilización de imágenes Landsat en la cuenca del Arroyo Feliciano para la detección de cambios en la ocupación agrícola en el período 1990-2010 (Entre Ríos). En: O. Giayetto (Comp.). Bases conceptuales y metodológicas para el Ordenamiento Territorial en el medio rural. Región Centro, Argentina. ISBN 9872923302, 9789872923303, Córdoba, Argentina. 672 pp.

Muñoz J.; Milera, S.; Romero, C.; Brizuela, A.B. 2005. Bosques nativos y selvas ribereñas en la provincia de Entre Ríos. Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino II INSUGEO, Miscelánea, 14:169-182. F. G. Aceñolaza (Coordinador) Tucumán, 2005 - ISBN: 987-9390-69-5 - ISSN 1514-4836 - ISSN On-Line 1668-3242

Sabattini, J.A.; Sabattini R.A.; S. Ledesma, S. 2015. Caracterización del bosque nativo del centro norte de Entre Ríos (Argentina). Agrociencia 19:8-16.

Sabattini J.A.; Sabattini, R.A. 2018. Sucesión vegetal y restauración ecológica. Revista Científica Agropecuaria 22:31-53.

PREDICCIÓN DE ESTADOS FENOLÓGICOS DE SOJA A PARTIR DE SENSORES REMOTOS Y REDES NEURONALES RECURRENTES

Calabrese*, L.; Piñeiro G.; Oesterheld M.

IFEVA. Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires – Conicet. Av. San Martín 4453 - C1417 DSE CABA, Argentina

***Contacto:** calabres@agro.uba.ar

Palabras clave: monitoreo; MODIS; LSTM

INTRODUCCIÓN

Para monitorear y estimar el rendimiento de un cultivo hace falta conocer su fenología (Seo *et al*., 2019). La fenología se puede estimar mediante modelos de simulación o sensores remotos. Los modelos requieren información de entrada que no suele estar disponible para extensas áreas. Por eso, los sensores remotos aparecen como una alternativa interesante para brindar información para extensas áreas a un bajo costo, de manera sistemática, precisa y oportuna (Zhuo *et al*., 2018).

La metodología más común basada en sensores remotos utiliza series temporales de índices espectrales ajustadas a funciones matemáticas y extrae estados fenológicos mediante la detección de ciertos puntos de la función (Sakamoto *et al*., 2010). Esta metodología permite estimar los estados específicos V1, R5, R6 y R7 con una raíz del error cuadrático medio (RMSE) de 1,3 a 7 días para el cultivo de soja.

Un método diferente es el uso de algoritmos de "aprendizaje automático". Para el cultivo de soja, fueron aplicados a imágenes radar y se obtuvo un coeficiente de correlación (R) de 0.85 entre lo estimado por los modelos y lo observado a campo (Wang *et al.*, 2019). Ambas aproximaciones requieren la curva entera de la campaña (Seo *et al*., 2019), lo cual implica que la estimación fenológica puede hacerse recién después de la cosecha. Además, requieren la fecha de siembra, la cual no suele estar disponible para grandes extensiones.

Las redes neuronales recurrentes valoran los comportamientos previos de una secuencia de datos y la correlación existente ente los elementos de esa secuencia. Dentro de este tipo de redes, el algoritmo LSTM (long short-term memory) se enfoca en datos relevantes dentro de la secuencia y desecha el resto. Las redes LSTM son capaces de modelar secuencias multivariadas complejas y predecir el siguiente valor de una secuencia. Es decir, no requieren una curva completa para predecir y, por lo tanto, pueden ser usadas en tiempo real.

Existen antecedentes del uso combinado de sensores remotos y LSTM para la clasificación de cultivos (Zhong *et al*., 2019), pero no para predecir fenología. En este contexto, el objetivo del trabajo es generar un modelo que estime la fenología del cultivo de soja a partir de sensores remotos. Para ello se aplicó el algoritmo LSTM a secuencias temporales de información espectral. Por su vinculación con los cambios del cultivo y los principales factores abióticos que afectan a la fenología, se utilizaron índices espectrales, productos térmicos y de evapotranspiración real provenientes de sensores remotos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con datos observados de fechas de siembra y cultivares en 11 lotes de la campaña 2014/15 ubicados cerca de las localidades de Mercedes, Salto y Melo en Uruguay, se generó una matriz de polígonos georreferenciados con estados fenológicos. Las fechas de los estados fenológicos R2, R5, R6, R7, y R8 se predijeron con el modelo de simulación SI.FE.SOJA (Peltzer *et al*., 2013) a partir de los datos tomados a campo vinculados al cultivar y la fechas de siembra. Posteriormente, a partir de la plataforma Google Earth Engine se extrajeron para cada polígono los pixeles de seis productos espectrales de los satélites MODIS Aqua y Terra (temperatura día y noche MOD11A2, temperatura día y noche MYD11A2, evapotranspiración de Penman-Monteith-Leuning (EPML) y el índice verde normalizado (IVN)) y sus series temporales desde julio 2014 hasta junio 2015.

Las series temporales tuvieron un intervalo de 8 días y la resolución espacial se homogenizo a 250x250 metros. Cada lote contó con un número distinto de pixeles según su superficie. De los 11 lotes se obtuvieron 327 píxeles con las series temporales en semanas de cada producto MODIS.

Con las series temporales de los productos y la matriz de datos de estados fenológicos de cada píxel se calibró un modelo que estimó la fenología a partir de los productos espectrales. El modelo se basó en una red neuronal recurrente LSTM multivariable. Para calibrar se utilizó el 60% de los datos provenientes de un conjunto de lotes seleccionados al azar y para validar el 40% restante. El modelo se ejecutó con la librería Keras de Python. Para evaluar el modelo se utilizó el RMSE y el R^2 de ocurrencia de los estados R2, R5, R6, R7 y R8, a partir del observado por SI.FE.SOJA y el predicho por el modelo LSTM. A su vez se analizó la precisión del modelo a partir de una matriz de confusión que cuantificó los aciertos semanales entre los subperiodos siembra-R2, R2-R5, R5-R6, R6-R7 y R7-R8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La validación del modelo arrojó que LSTM estimó la ocurrencia de la siembra y de los estados fenológicos con un RMSE de 1,7 [Siembra], 1,8 [R2], 0,9[R5], 1,0[R6], 0,6[R7] y 0,7[R8] semanas, y un R^2 de 0,5[Siembra], 0,8[R2], 0,4[R5], 0,5[R6], 0,7[R7] y 0,7[R8] (Figura 1).

Se esperarían mayores R^2 si se aumentara la cantidad y el intervalo de fechas de ocurrencia dentro de cada estado. Además de la ocurrencia de cada estado fenológico, el modelo LSTM estimó con alta precisión cada uno de los subperiodos: siembra-R2, R2-R5, R5-R6, R6-R7 y R7-R8. La matriz de confusión mostró que, salvo para el subperiodo R5-R6, el modelo acertó con un alto porcentaje el estado fenológico de cada semana (Figura 2). Por último se debe remarcar que para calibrar y validar el modelo LSTM se utilizó el modelo SI.FE.soja. Este modelo tiene asociado un error que ronda los 5 días de desvió (Peltzer *et al.*, 2013). A su vez considerando la variabilidad interanual es necesario calibrar el modelo con una mayor cantidad de campañas y con mayores resoluciones espaciales y temporales de sensores remotos.

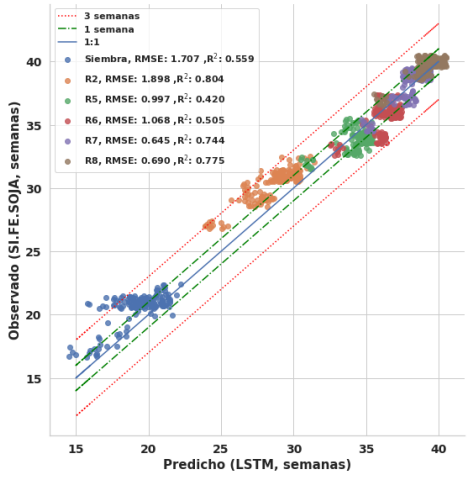


Figura 1. Correlación de ocurrencia de estados fenológicos según lo predicho por LSTM y lo observado por SI.FE.SOJA en semanas desde Julio.

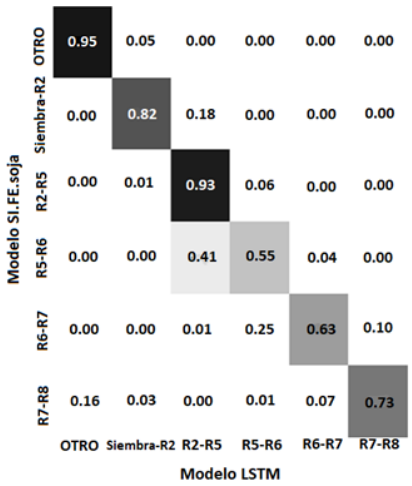


Figura 2. Matriz de confusión normalizada entre los subperiodos en semanas de LSTM y SI.FE.SOJA.

CONCLUSIONES

Dentro del contexto de monitoreo de los cultivos para grandes extensiones, el modelo de redes neuronales recurrentes (LSTM) predijo para soja, utilizando sólo datos satelitales, con buen ajuste y precisión el momento de siembra y de los estados fenológicos (estimados con modelos de simulación) R2, R5, R6, R7 y R8, y sus subperiodos en tiempo real. Para ello, se utilizaron datos de temperatura, evapotranspiración e índices de vegetación provistos por satélites.

REFERENCIAS

Peltzer, H.; Peltzer, N. 2013. Modelo de simulación de fenología de soja (SI.FE.SOJA): una herramienta útil para evitar el estrés hídrico durante el periodo crítico. V Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2013), Córdoba, Argentina.

Sakamoto, T.; Wardlow, B.; Gitelson, A.; B. Verma, S.; Suyker, A.; J. Arkebauer, T. 2010. A Two-Step Filtering approach for detecting maize and soybean phenology with time-series MODIS data. Remote Sensing of Environment. 114. 2146-2159. 10.1016/j.rse.2010.04.019.

Seo, B.; Lee, J.; Lee, K.; Hong, S.; Kang, S. 2019. Improving remotely-sensed crop monitoring by NDVI-based crop phenology estimators for corn and soybeans in Iowa and Illinois, USA. Field Crops Research. 238:113-128.

Wang, H.; Magagi, R.; Goïta, K.; Trudel, M.; McNairn, H.; Powers, J. 2019. Crop phenology retrieval via polarimetric SAR decomposition and random Forest algorithm. Remote Sens. Environ. 231, art. no. 111234 http://www.sciencedirect.com/science/article/ pii/S0034425719302536.

Zhong, L.; Hu, L.; Zhou, H. 2019. Deep learning based multi-temporal crop classification Remote Sens. Environ. 221: 430-443

Zhuo, W.; Huang, J.; Li, L.; Ran, H.; Gao, X.; Zhang, X; Frank. Zhu, D. ,2018. Assimilating SAR and Optical Remote Sensing Data into WOFOST Model for Improving Winter Wheat Yield Estimation. 1-5. 10.1109/Agro-Geoinformatics.2018.8476074

VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA HUMEDAD DEL SUELO A 5 CM DE PROFUNDIDAD MEDIDA *IN SITU* Y ESTIMADA POR SATÉLITES EN UN SITIO DE LA LLANURA PAMPEANA

Cappelletti*, L.M.[1,2]; Sörensson, A.[1,2]; Jobbágy, E.[3]; Ruscica, R.[1,2]; Salvia, M.[4]; Fernández Long, M.[5]; Gattinoni, N.[6]; Spennemann, P.[7]

[1] *Universidad de Buenos Aires - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/UBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina*
[2] *Institut Franco-Argentin d'Études sur le Climat et ses Impacts, Unité Mixte Internationale (UMI-IFAECI/CNRS-IRD-CONICET-UBA), Argentina*
[3] *Instituto de Matemática Aplicada de San Luis, San Luis (5700), Argentina.*
[4] *Grupo de Teledetección Cuantitativa, Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, UBA/CONICET). Ciudad Universitaria, Buenos Aires (C1428EGA), Argentina*
[5] *Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), CABA (C1417DSE), Argentina*
[6] *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires (1686), Argentina*
[7] *CONICET-Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires (C1425), Argentina*

***Contacto:** lucia.cappelletti@cima.fcen.uba.ar

Palabras clave: sistemas de teledetección; redes de observación; relación superficie-atmósfera

INTRODUCCIÓN

El agua almacenada en el suelo es una variable que controla múltiples procesos y circuitos de retroalimentación dentro del sistema climático, interviniendo en los balances de agua y energía (Seneviratne *et al.*, 2010). En los últimos años se han logrado avances significativos en la caracterización de la humedad de suelo (HS) a escala regional, a través de estimaciones mediante teledetección y la puesta en funcionamiento de nuevas redes de medición *in situ*. Cada una de estas fuentes de información presenta características intrínsecas, como el rango dinámico de HS, los periodos de disponibilidad de datos y la frecuencia temporal de adquisición. Por lo expuesto, resulta de suma importancia elaborar metodologías de visualización de la HS que nos permitan evaluar las cualidades de cada fuente de información previniendo la aplicación de supuestos y filtros adicionales sobre la dinámica natural de la HS que brinda cada una de estas fuentes. En el presente trabajo se proponen estrategias para explorar la HS de estaciones *in situ* y de los sistemas satelitales SMOS y SMAP.

El estudio se enfoca en un sector de la llanura pampeana de Argentina que ofrece como ventajas, además de contar con mediciones de HS *in situ*, paisajes relativamente homogéneos en cuanto a tipos y usos del suelo y un relieve extremadamente plano, que junto con un clima subhúmedo ofrecen un laboratorio natural de condiciones de HS. La disponibilidad de datos determina el periodo de estudio a marzo 2015 - junio 2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de interés se localiza en el centro-este de la provincia de Córdoba, aproximadamente a 33° S y 62° O. Esta región contiene una red de sensores automáticos de HS que forma parte del sitio de validación de la misión SAOCOM (SAtélite de Observación COn Microondas) (Thibeault *et al.*, 2015). Los sensores Hydra Probe II (Stevens®) que forman parte de esta red permiten estimar en forma horaria la HS a distintas profundidades, con una precisión de ±0.01 m^3m^{-3}. Para este trabajo se emplearon datos horarios de HS volumétrica (m^3m^{-3}) a 5 cm de profundidad estimados por 40 sensores, proporcionados por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae). Conjuntamente a estas estimaciones *in situ*, se utilizó información global de HS superficial proveniente de dos radiómetros satelitales de microondas. Por un lado, se empleó la HS estimada por la misión *Soil Moisture Ocean Salinity* (SMOS). El producto aquí empleado es distribuido por el *Barcelona Expert Centre*: SMOS L3 v.3, con una grilla EASE 2.0 de 25km (http://cp34-bec.cmima.csic.es/). También se utilizaron dos productos de HS de la misión satelital *Soil Moisture Active Passive* (SMAP): L3 Radiometer v.6 con una grilla EASE 2.0 de 36km (https://nsidc.org/data/SPL3SMP/) y Enhanced L3 v.3 Radiometer con una grilla EASE 2.0 de 9km (https://nsidc.org/data/SPL3SMP_E/). De aquí en adelante los productos serán nombrados como SMOS25, SMAP36 y SMAP9, respectivamente. Los sistemas SMAP y SMOS ofrecen la HS en superficie a una profundidad máxima de ~5 cm.

Para generar los productos de HS, las respectivas agencias que los derivan aplican una serie de algoritmos con el fin de descartar datos de HS afectados por interferencia de radiofrecuencia o que no cumplen con diversos filtros de calidad implementados. Tanto SMOS como SMAP informan una precisión de ±0,04 m^3m^{-3} sobre los datos de HS, y alcanzan la cobertura global en aproximadamente 3 días con órbitas polares. Para el presente trabajo se emplearon los productos diarios de las órbitas descendentes de SMAP y ascendentes de SMOS debido a que se corresponden a la misma hora local solar (6AM LST). Conociendo las propiedades de las órbitas de los sistemas satelitales, para los análisis del presente trabajo se infirió que el horario de las mediciones *in situ* a utilizar, que se corresponde a las 6AM LST, es el de las 7AM de la región de interés. Además, se llevaron a cabo diversas

evaluaciones y procesamientos sobre las observaciones *in situ* que resultaron en el uso de 15 sensores automáticos *in situ*. La localización de estos sensores está contenida en 4 retículas de SMOS25 y una de SMAP36. La retícula de SMAP36 abarca 16 del producto SMAP9, del cual se decidió hacer una extensión de 25 con el fin de comparar con el producto SMOS25 (Figura 1).

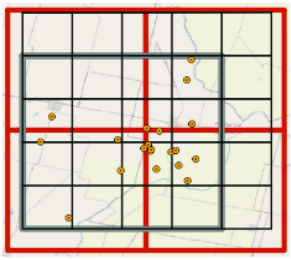


Figura 1. Distribución de las fuentes de información estudiadas: *in situ* (15, marcadores amarillos), retículas SMOS (4, grillado rojo), retícula SMAP36 (1, grillado gris) y retículas SMAP9 (25, grillado negro).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de explorar metodologías para la visualización, análisis e intercomparación de los productos mencionados, para el presente trabajo se generó una serie temporal de HS representativa por cada uno de ellos (Figura 2). Para esto, se decidió hacer un promedio por día sobre las retículas o dispositivos, según corresponda. Para determinar si calcular o no el promedio sobre cierto día se obtuvo, por fuente de información, la distribución del número de datos disponibles por día. En base a dichas distribuciones, para el caso *in situ* se tomó un mínimo de 7 mediciones disponibles por día. En cuanto a SMOS25 y SMAP9 se calculó el promedio sobre aquellos días que presenten estimaciones del total de retículas, 4 y 25 respectivamente. Mientras que de SMAP36 se estudia una única retícula. En la Figura 2 se visualiza la naturaleza de los productos en cuanto a su cobertura temporal, para dichos criterios. Se destaca que los datos *in situ* presentan una disponibilidad "más continua" respecto a los productos satelitales.

En general, se tienen periodos de datos en días contiguos hasta que se interrumpe por una prolongada carencia de datos en días sucesivos, debido a desperfectos técnicos o que los días fueron excluidos a la hora de calcular el promedio según el criterio tomado. Mientras que en el caso de los productos de teledetección hay menos interrupciones, no obstante, no son datos contiguos entre sí (1 dato cada 2-3 días) debido a la frecuencia de revisita de los sistemas satelitales polares. Adicionalmente, es posible advertir que hay coincidencia de fechas de alto/bajo contenido de agua en volumen de suelo entre los distintos productos, principalmente entre la serie *in situ* y las de los productos SMAP. En el caso de SMOS se tiene más de un año (marzo 2016 - mayo 2017) con baja frecuencia de datos, llegando a periodos de hasta 20 días sin estimaciones, lo cual dificulta la evaluación en ese año.

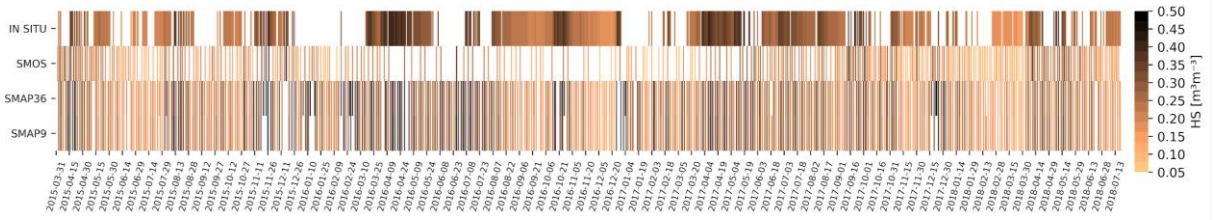


Figura 2. Series temporales diarias de la HS (m^3m^{-3}) de las cuatro fuentes de información analizadas.

CONCLUSIONES

Existen numerosos enfoques para la problemática de cómo analizar diferentes fuentes de información de HS derivada de satélites y la obtenida *in situ*. En el presente trabajo se propone una metodología de estudio que permite visualizar la dinámica temporal (periodos húmedos y secos) y espacial (no mostrado) de diversas fuentes de datos de HS, los rangos dinámicos de HS de cada una, la carencia de datos y posibles limitaciones que presentan.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los siguientes proyectos: PICT-2017-1406 y PICT-2018-02511. Se agradece a CONAE por proporcionar los datos *in situ* empleados.

REFERENCIAS

Seneviratne, S.I.; Corti, T.; Davin E.L.; Hirschi, M.; Jaeger, E. B.; Lehner, I.; Orlowsky, B.; Teuling, A.J. 2010. Investigating soil moisture - climate interactions in a changing climate: A review. Earth-Science Reviews 99 (3-4):125–161.

Thibeault, M.; Caceres, J; Dadamia, D.; Soldano, A.; Uriburu Quirno, M.; Guerrieri, J.; Edrosa, R.; Palomeque, M.; Romaldi, L.; *et al.* 2015. Spatial and temporal analysis of the Monte Buey SAOCOM and SMAP core site. En: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2015, Milan.

ESTIMACIÓN SATELITAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN A PARTIR DE IMÁGENES DE LOS SATELITE LANDSAT 5 Y LANDSAT 8

Gavilán*, S.[1], Pastore, J. I.[1]; Quignard, I.[3]; Aceñolaza, P.G.[2,4]

[1] *ICyTE-CONICET-UNMDP. Juan B. Justo 4302, Mar del Plata, (7600), Argentina*
[2] *CICyTTP-CONICET. España 149, Diamante (3101), Entre Ríos, Argentina*
[3] *Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos. Ruta Prov. 11 km 10,5, Oro Verde (3101) Entre Ríos, Argentina*
[4] *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Ruta Prov. 11 km 10,5, Oro Verde (3101) Entre Ríos, Argentina*

***Contacto**: gavilan@agro.uba.ar

Palabras clave: evapotranspiración; sensoramiento remoto; hidrología

INTRODUCCIÓN

Los procesos de evaporación y transpiración son considerados, en conjunto, bajo el término de evapotranspiración (ET) (Manik y Rosadi, 2017). Estimaciones precisas de ET y su relación con la humedad del suelo, son fundamentales para mejorar la comprensión de las interacciones entre la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera (Han *et al.*, 2019). Desde el punto de vista energético, la extracción de agua del perfil del suelo utiliza una cantidad de energía llamada flujo de calor latente (Latent Heat Flux; λET) (Safa *et al.*, 2018). Este flujo de calor surge de la Radiación Neta (Rn) que es el balance de energía de onda corta (0,15 a 3 µm) y onda larga (3 a 100 µm) que tiene disponible una cubierta vegetal para realizar los procesos de transferencia de agua desde el suelo a la atmósfera (An *et al.*, 2017). En este contexto el objetivo del trabajo es evaluar el comportamiento de un modelo automatizado para el cálculo de evapotranspiración, en distintos tipos de coberturas, a partir de información de satélites ópticos (Landsat 5 y Landsat 8) e información meteorológica local.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se aplica un modelo basado en la ecuación de Balance de Energía Superficial, utilizando como base procesos y ecuaciones que componen los modelos SEBAL y METRIC. La energía disponible para evapotranspirar agua (λET_{inst}) se puede obtener a partir de la ecuación de balance de energía superficial (Gavilán *et al.*, 2019):

$$\lambda ET_{inst} = \text{Rn} - \text{G} - \text{H} \quad (1)$$

donde λET es el Flujo de calor latente, Rn es la Radiación Neta, G es el Flujo de calor del suelo y H es el. Los valores de evapotranspiración real (ETR) en milímetros por día, se calculan para cada pixel de la imagen, integrando todo el rango diario:

$$ETR_{dia} = 3600\, x\, \frac{\lambda ET_{inst}}{\lambda} \quad (2)$$

donde 3600 es el factor de conversión de segundos a hora y λ es el calor latente de vaporización (2,45 × 10^6J/kg).

El área utilizada para correr el modelo automatizado corresponde a la cuenca baja del arroyo Las Conchas en el Departamento Paraná (Entre Ríos) (Lat 31°43'24.11"S, Long. 60°20'7.43"O). Los sitios de muestreo, que cubren un área de 100 Has con un tamaño promedio de 1 Ha, y corresponden a diferentes coberturas de suelo: suelo desnudo ("SUELO"), bancos de arena ("ARENA"), agua en cursos naturales ("AGUA"), bosque en galería ("GALERÍA"), bosque de Espinal ("ESPINAL") y pastizal natural ("PASTIZAL"). Los datos meteorológicos necesarios para correr el modelo provienen de la Estación agrícola-meteorológica más próxima que corresponde a la Experimental del INTA Paraná, ubicada a 20 km del área de trabajo. La imagen del sensor TM corresponde a la fecha 23 de enero del 2011, y la imagen del sensor OLI/TIRS a la fecha 5 de marzo del 2017, ambas de la escena 227/082 path/row.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las clases muestran un patrón de respuestas similar entre sí, aumentando en valores promedio en la fecha de 2017. Este aumento puede visualizarse en todas las clases a excepción de AGUA que presenta bajo cambio entre fechas, debido a que se trata de una superficie evaporante libre. Si bien las coberturas boscosas (GALERIA y ESPINAL) no mostraron diferencias significativas entre sí, en la primera clase se aprecia una menor amplitud de variación de su ET en comparación con la clase ESPINAL (Figura 1). Esto puede deberse, tanto a la diferente composición específica de los bosques, como asimismo a la mayor disponibilidad hídrica que poseen los bosques en GALERIA por estar cercanos al curso de agua. Asimismo, entre las especies de la clase ESPINAL, dominan las que poseen rasgos funcionales como menor área foliar específica, rugosidad foliar y microfilia que

determinan menor actividad fotosintética relativa y por lo tanto evapotranspiración (Pérez Harguindeguy *et al*., 2013). En las clases SUELO y ARENA, donde no hay cobertura significativa de vegetación, se observaron los mismos patrones temporales de respuesta. Sin embargo, en la clase ARENA se observaron valores más altos en algunos píxeles. Esto puede deberse a que es una cobertura asociada al curso de agua y pueden estar sujetas a inundaciones esporádicas o a niveles de napa fluctuante superficial a subsuperficial (Castro *et al*., 2019).

La clase PASTIZAL posee la menor ET entre las clases vegetadas (Figura 1). Si bien tienen coberturas altas, el período estival en la región se caracteriza por presentar déficit hídrico (Castro *et al*., 2019) que, junto con la composición de pastizales con numerosas especies C3, podrían explicar la baja en la ET.

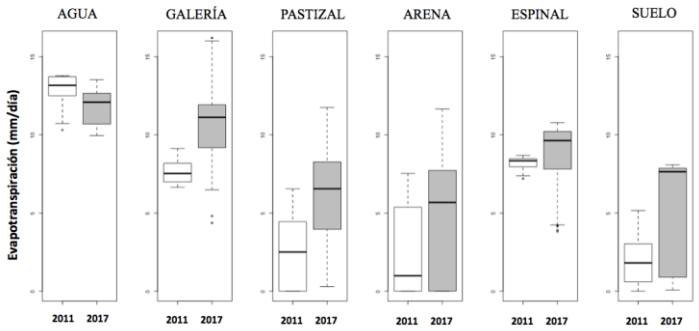


Figura 1. Diagrama box-plot de la evapotranspiración estimada por el modelo para cada cobertura y cada fecha analizada.

CONCLUSIÓN

El modelo desarrollado, en un lenguaje de programación de alto nivel, ha funcionado correctamente con los dos sensores utilizados (TM y OLI/TIRS) arrojando valores comparables a los de las referencias bibliográficas, asimismo poseen relación con lo esperado a partir del conocimiento de las características fisonómicas e hidrológicas de cada cobertura. El uso extendido en el tiempo de este análisis nos facultará a estimar periódicamente, y a escala de píxel, los flujos del ciclo hidrológico y realizar balances hídricos a nivel de cuenca.

REFERENCIAS

An, N.; Hemmati, S.; Cui, Y.J. 2017. Assessment of the methods for determining net radiation at different time-scales of meteorological variables. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 9(2):239-246.

Castro, R.; Sione, W.; Ferrero, B.; Urich, G.; Aceñolaza P.G. 2019. Spatial Modeling of Social-ecological Systems of Hydrological Environmental Services in Las Conchas Creek Basin, Argentina. Delgado & Marín (Eds.). Social-ecological Systems of Latin America: Complexities and Challenges: 187-212. Springer.

Gavilán, S.A.; Pastore, J.I.; Quignard, I.; Marasco, N.D.; Aceñolaza, P.G. 2019. Modelo de balance de energía para estimar evapotranspiración real a partir de información satelital y meteorológica. Interciencia 44(7):400-407.

Han, G.; Pan, Z.; Wang, J.; Pan, Y.; Huang, N.; Zhang, Z.; Wang, Z. 2019. Spatial temporal Variation of Soil Moisture and its Possible Impact on Regional Climate in China. *AGUFM*, *2019*, H51U-1793.

Manik, T.K.; Rosadi, B. 2017. Comparison of Different Models in Estimating Standard Evapotranspiration in Lampung Province, Indonesia. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology 2(5):2309-2318.

Safa, B.; Arkebauer, T.J.; Zhu, Q.; Suyker, A.; Irmak, S. 2018. Latent heat and sensible heat flux simulation in maize using artificial neural networks. Computers and Electronics in Agriculture 154:155-164.

Pérez-Harguindeguy N.; Díaz S.; Garnier E.; Lavorel S.; Poorter H.; Jaureguiberry P. *et al.* 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany 61:167-234.

Pradhan, S.N.; Anjum, M.; Jena, P. 2018. Estimation of soil moisture content by remote sensing methods: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7:1786-1792.

RELACIÓN ENTRE INCENDIOS RURALES E ÍNDICES DE EXTREMOS HÍDRICOS USANDO INFORMACIÓN SATELITAL Y TERRESTRE

Sánchez*, S.S.; Grilli, M.; Zanvettor, R.; Ravelo, A.C.

CREAN-IMBIV/CONICET. Fac. Cs. Agropecuarias UNC. Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina

Contacto: sofiasanchez@agro.unc.edu.ar

Palabras clave: Área quemada; frecuencia de incendios; ENSO

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Córdoba, el clima ofrece anualmente condiciones apropiadas para la ocurrencia de incendios. En cada región, las condiciones meteorológicas dominantes, asociadas a las condiciones fisiológicas de la vegetación, determinan periodos favorables para la ocurrencia de incendios rurales. De acuerdo con el Plan Provincial del Manejo del Fuego, la temporada de incendios para toda la provincia se inicia en junio y se extiende hasta diciembre (Agencia Córdoba Ambiente, 2007). El problema del fuego en las sierras de Córdoba ha recibido especial atención; sin embargo, se desconoce el régimen y la importancia del fuego en el resto de la provincia, donde la causa y estadísticas de los incendios son aún desconocidas.

El estudio del régimen de incendios en el tiempo y el espacio es fundamental para comprender la interacción entre los patrones del paisaje, el clima y el fuego (Morgan *et al*., 2001), especialmente en un contexto de cambio climático y de intensa intervención humana en los regímenes de incendios (Rollins *et al*., 2002, Dubinin *et al*., 2010). Los incendios rurales en Córdoba son un evento recurrente y pueden afectar a miles de hectáreas, lo cual constituye un importante problema ambiental, ecológico, económico y social. La solución consiste en realizar una planificación preventiva. Para ello, se deben conocer las características de su régimen y los factores climáticos que los determinan para así poder establecer medidas paliativas y de control.

En este trabajo se analiza la ocurrencia de incendios en el centro de Argentina y su relación con variables climáticas a partir del análisis de área quemada y frecuencia de ocurrencia mediante información satelital y terrestre.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las cicatrices de incendios y el área quemada anual (AQ) para el periodo en estudio 2001-2017 fueron obtenidas a partir del producto de áreas quemadas MCD64A1del sensor MODIS, de valores mensuales y con una resolución espacial de 500 m. El producto anual de área quemada es una fusión de las imágenes mensuales (de enero a diciembre) codificados como 0 (no quemado) y 1 (quemado). Se utilizaron un total de 34 imágenes, para realizar un mosaico anual que abarque a toda la provincia, provenientes del Geoportal Isagro (http:// 200.16.81.92/geoexplorer/composer) disponibles en formato GeoTiff. Luego de convertir los datos a polígonos, se procedió a la validación de las áreas quemadas extraídas utilizando los focos de calor de MODIS (MOD14A1); esto permitió, además, determinar la fecha exacta de cada incendio. Se utilizaron polígonos de más de 17 ha donde cada uno fue considerado un evento de incendio. La provincia se dividió en seis regiones ecológicas: Llanura chaqueña, Pampeana, Sierras del Sur, Sierras del Norte, Bolsón Chaqueño y Bañados del Río Dulce. Los índices de extremos hídricos fueron obtenidos del Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN)(www.crean.unc.edu.ar) para el período 2001-2017. Se relacionaron la ocurrencia de incendios (OI) con los índices de extremos hídricos mediante el coeficiente de correlación de Spearman. La ocurrencia del ENSO fue asociada a la frecuencia de los incendios rurales y AQ.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período 2001-2017 se identificaron mediante imágenes satelitales más de 1,23 millones de hectáreas quemadas y 1.205 cicatrices de incendio. De ellas, el 26% tuvo algún grado de recurrencia; por lo tanto, la superficie real del terreno que tuvieron incendios representa el 5,5% de toda la provincia. Los años con mayor número de AQ fueron los años 2009 y 2013, con 195,852 y 157.348 ha, respectivamente, seguidos por 2002 (149.218 ha), 2008 (103.239 ha), 2003 (101.923 ha) y 2006 (91.176 ha) (Figura 1). Estos años coinciden con la ocurrencia de La Niña. Asimismo, los años 2014, 2016 y 2012, fueron los años con menor superficie afectada, con 8.149 ha, 11.542 ha y23.878 ha, respectivamente los cuales son coincidentes con la ocurrencia de El Niño.

Se encontraron diferencias significativas en cuanto a superficie de AQ y OI entre meses. En términos generales, los meses con mayor cantidad de eventos se corresponden a los meses con mayor cantidad de AQ siendo agosto, septiembre y, octubre, los meses con mayor recurrencia de incendios y también, los de mayor variación de valores establecidos según el año. A título de ejemplo, se presentan los coeficientes de Spearman para Bañados del Río Dulce entre AO/OI y SPI/PDSI (Tabla 1). Los coeficientes calculados reflejan una relación entre los incendios y los índices de extremos hídricos.

Tabla 1. Coeficientes de correlación de Spearman y valor de probabilidad (p-valor) entre área quemada (AQ) y frecuencia de incendios (OI) y los índices de extremos hídricos SPI y PDSI calculados para la eco-región Bañados del Río Dulce (Córdoba). n: número de casos.

	PDSI (n=17)		SPI (n=17	
	Coef. Spearman	p-valor	Coef. Spearman	p-valor
AQ (ha)	-0,45	0,0728	-0,54	0,0242
OI (n)	-0,49	0,0451	-0,58	0,0154

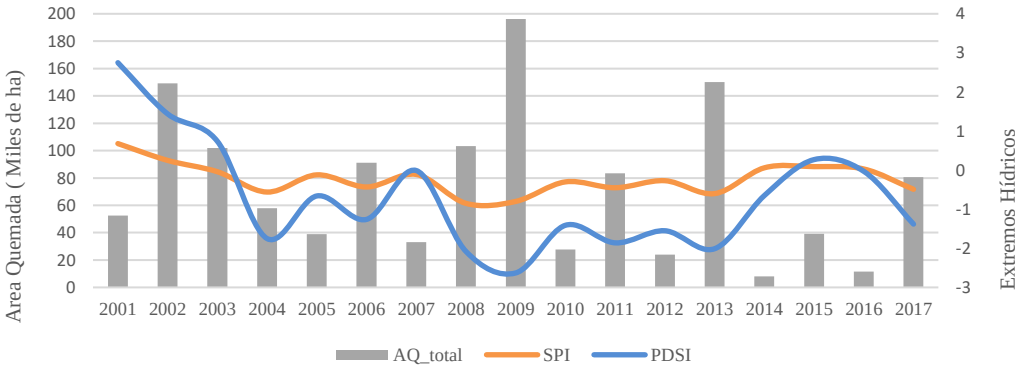


Figura 1. Superficie total de área quemada (AQ) y valor promedio de extremos hídricos para la provincia de Córdoba durante el periodo 2001-2017.

La eco-región Bañados del Río Dulce obtuvo la mayor frecuencia de incendios registrados (428 de 1.205 eventos totales) durante el período estudiado y presentó el 67% de su superficie afectada con incendios. La eco-región Sierras del Sur fue la más afectada en cuanto a superficie quemada ya que entre 2001 y 2017 se quemaron aproximadamente 600.000 ha, lo que equivale a casi el 27% de su superficie total. La ocurrencia de La Niña fue asociada a sequias extensas (Zanvettor, 2020) y durante esos períodos se registraron la mayor frecuencia de incendios y AQ mientras ya que cuando ocurría El Niño se registraban excesos hídricos y las frecuencias y AQ fueron menores.

REFERENCIAS

Agencia Córdoba Ambiente. 2007. Manejo rural sin fuego. Guía para productores de la Provincia de Córdoba, Gobierno de la Provincia de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Dubinin, M.; Potapov, P.; Luschekina, A.; Radeloff, V.C. 2010. Reconstructing long time series of burned areas in arid grasslands of southern Russia by satellite remote sensing. Remote Sensing of Environment 114:1638-1648.

Morgan, P.; Hardy, C.C.; Swetnam, T.W.; Rollins, M.G.; Long, D.G. 2001. Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine-scale patterns. International Journal of Wildland Fire 10:329-342.

Rollins, M.G.; Morgan, P.; Swetnam, T. 2002. Landscape-scale controls over 20th century fire occurrence in two large Rocky Mountain (USA) wilderness areas. Landscape Ecology 17:539-557.

Zanvettor, R.E. 2020. Detección, evaluación y pronóstico de sequías y excesos hídricos en Argentina. Tesis doctoral. Escuela para Graduados. Fac. Cs. Agropecuarias, UNC. 273 págs.

INCOHERENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS INUNDACIONES: UNA APROXIMACIÓN PARA CARACTERIZAR SU DESPLAZAMIENTO ESPACIAL A NIVEL GLOBAL

Torre Zaffaroni*, P.[1]; Di Bella, C.M.[2]; Jobbágy, E.G.[3]

[1] *IFEVA, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Facultad de Agronomía. Av. San Martin 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina*
[2] *Universidad de Buenos Aires, CONICET, Facultad de Agronomía, Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información. Avenida San Martin 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina*
[3] *Grupo de Estudios Ambientales. Instituto de Matemática Aplicada (IMASL), CONICET. Av. Ejército de los Andes 950, 5700 San Luis, Argentina*

***Contacto:** torrezaffaroni@agro.uba.ar

Palabras clave: área anegada; Landsat; Pampa bonaerense

INTRODUCCIÓN

En paisajes donde las redes de drenaje y las depresiones topográficas están bien definidas y no sufren modificaciones, las inundaciones suelen desarrollarse de forma "coherente". Es decir, respetando una secuencia de zonas que se van cubriendo (descubriendo) de agua progresivamente a medida que la fracción inundada de un territorio aumenta (disminuye). Esto no ocurre en todos los paisajes y regiones, sin embargo, donde se observa que las inundaciones no respetan un patrón espacial definido y, ante grados similares de inundación, las áreas cubiertas por agua son geográficamente distintas. Este tipo de dinámica espacial, que se puede definir como "incoherente", no suele capturarse en los análisis temporales de las inundaciones basados en sensores remotos; éstos por lo general representan la dinámica temporal de la fracción inundada de un área determinada sin detectar cambios en su distribución interna. El grado de incoherencia que experimenta el área inundada es, sin embargo, muy importante al analizar los impactos de las inundaciones o sus posibles causas.

El desarrollo secuencial o coherente responde a una geometría de cubeta (Junk, 1997): a medida que se incrementa el área inundada del paisaje, cada lugar previamente inundado se mantiene cubierto de agua. Así, el área inundada total (toda aquella que alguna vez estuvo cubierta por agua) equivale al área inundada máxima observada en los eventos de mayor extensión. La retracción del área inundada es asimismo secuencial y en sentido inverso a la secuencia de inundación. Esta dinámica puede plantearse como modelo nulo o coherente de desarrollo de las inundaciones. Dinámicas de inundación que pueden escapar a este modelo y ser incoherentes incluyen la inundación rotativa de lotes regados, fenómenos de histéresis en donde las primeras áreas en inundarse no son las últimas en secarse, por coalescencias y desplazamientos de las masas de agua, cambios geomorfológicos rápidos como la migración de cauces, entre otros (Tockner *et al*., 2000; Tooth, 2000). La dinámica incoherente, entonces, genera un desvío respecto al modelo nulo de coherencia, en la distribución de la fracción del área en relación a la proporción de tiempo inundado. Esto se da de dos maneras: restando a proporciones altas para aportar a proporciones bajas, y/o restando a la proporción de área que no se inunda nunca. En el presente trabajo se propone un índice que cuantifica la discrepancia entre la distribución coherente y la real para un territorio dado y caracteriza así el grado de incoherencia de las inundaciones de las últimas tres décadas en todo nuestro planeta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se delimitaron celdas de 1° de longitud x 1° de latitud a nivel global, excluyendo aquellas que cubrieran parcial o totalmente área oceánica. En ellas se derivaron las series temporales mensuales del área cubierta por agua entre 1986 y 2018 a partir del producto *Global Surface Water* (Pekel *et al*., 2016) dentro de la plataforma Google Earth Engine. La distribución coherente resulta del ordenamiento descendiente de la serie mensual, considerando a la diferencia entre una observación y la siguiente como una frecuencia de 1/*n* (siendo *n* la cantidad de observaciones). Asimismo, se obtuvo la distribución real de las proporciones de tiempo inundado (definido a partir de aquí como "frecuencia" y expresado en porcentaje) para cada píxel de 30 x 30 m^2 dentro de cada una de las celdas. Se desarrolló un índice de incoherencia que cuantifica la diferencia entre la distribución área-frecuencia deducida para toda la celda según el supuesto de coherencia vs. la distribución real área-frecuencia que surge del análisis de todos los pixeles de la celda (Ecuación 1, Figura 1):

$$\text{Incoherencia (\%)} = \frac{\sum |C_i - R_i|}{2} \qquad (1)$$

donde C_i y R_i corresponden al área inundada con *i* frecuencia, agrupada en clases de 5% para evitar ruido o transferencias poco significativas, en la distribución coherente y real respectivamente. Dado que la unidad es de porcentaje de área transferido entre clases de frecuencias, se ajustó el índice a la media del área cubierta por agua de cada celda (*i.e.* incoherencia ajustada). Por último, se calculó el área inundada total de cada celda a partir de

la suma del área que alguna vez estuvo inundada entre 1986 y 2018. Sólo se tuvieron en cuenta celdas que tuvieran una calidad aceptable de datos y que tuvieran una media de al menos 0,5% de su área inundada (n = 2539 celdas).

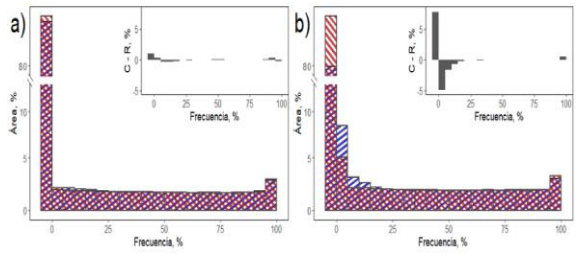


Figura 1. Ejemplo gráfico del cálculo de la incoherencia en a) un sitio coherente (Incoherencia ajustada = 0,48), y b) un sitio incoherente (Incoherencia ajustada = 2,47). En ambos, el área inundada media es de 3,3%. Las barras rojas representan la distribución coherente derivada de la serie mensual; las barras azules representan la distribución real de las frecuencias de inundación en los píxeles de cada sitio. Los recuadros corresponden a las diferencias de área de la distribución coherente (C) y real (R) en cada clase de frecuencia, de cuya suma se obtiene la incoherencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se hallaron inundaciones más coherentes en Europa, el Amazonas, la porción oriental de la frontera entre Estados Unidos y Canadá y África oriental (Figura 2). Las inundaciones fueron más incoherentes en la Pampa y el litoral argentinos, los valles del Río Indo y Ganges en India y Pakistán, el Mar Aral y el Sudeste Asiático continental. Se tomaron éstos como ejemplos para evaluar la relación entre distintos parámetros temporales de la inundación (Tabla 1). La incoherencia está fuertemente asociada a la diferencia entre el área inundada total y aquella inundada en sus eventos más extensos (r=0,69). Esto significa que, a mayores desvíos entre el modelo nulo y la distribución real, el área inundada total puede hasta duplicar al área que se inunda en sus eventos más intensos (*e.g.* Mar Aral). Por el contrario, cuanto más coherente sean las inundaciones (*i.e.* desvío mínimo entre las distribuciones), la relación entre el área inundada total y el área máxima tiende a 1 (*e.g.* Canadá y Amazonas). En Argentina, las inundaciones de la Pampa en el oeste de la provincia de Buenos Aires siguen una dinámica incoherente. Aquí, tanto la reducida pendiente como las alteraciones del drenaje vertical que modifican el proceso de secado de las inundaciones podrían ser determinantes.

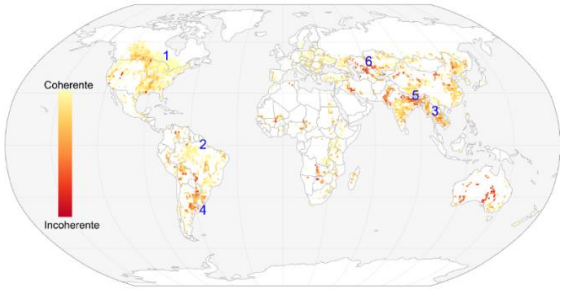


Figura 2. Índice de incoherencia ajustado calculado en celdas de 1° x 1° (n=2539). Colores amarillos representan celdas con inundaciones coherentes, mientras que colores rojizos representan celdas con inundaciones incoherentes.

Tabla 1. Parámetros temporales de la inundación en regiones tomadas como ejemplos de la Figura 2, ordenados según su incoherencia en forma ascendente. Entre paréntesis se indica la cantidad de celdas analizadas por región.

	Región	Área inundada promedio, % /mes	Área inundada máxima, %	Área inundada total, %	Incoherencia (ajustada)
1.	Frontera EEUU/Canadá (n=34)	12,32	13,61	14,04	0,15
2.	Amazonas (n=52)	5,30	6,89	7,69	0,28
3.	SE Asia continental (n=42)	2,43	6,63	8,81	1,10
4.	Pampa bonaerense (n=19)	2,43	9,50	13,23	1,95
5.	Valle del Ganges (n=38)	2,51	8,64	12,84	2,66
6.	Mar Aral (n=26)	7,84	15,34	23,74	2,82

CONCLUSIONES

La incoherencia de las inundaciones compara la distribución de la frecuencia de inundación en un paisaje frente a un modelo derivado de la serie temporal de estos eventos. La mayor incoherencia está asociada a factores biofísicos (rugosidad, patrones de lluvia o evapotranspiración) y antrópicos (inundación de lotes, alteraciones del drenaje) que influencian los procesos de inundación y secado del paisaje, por lo que es un índice útil en el estudio de los anegamientos.

REFERENCIAS

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences 106 (1):110-127.

Pekel, J.F.; Cottam, A.; Gorelick, N.; Belward, A.S. 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. Nature 540(7633):418–422.

Tockner, K.; Malard, F.; Ward, J.V. 2000. An extension of the flood pulse concept. Hydrological Proc.14:2861-2883.

Tooth, S. 2000. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. Earth Science Rev. 51(1-4):67-107.

Área Temática 6

Variabilidad y Cambio Climático

PROBABILIDAD DE PRECIPITACIONES PARA VERDEOS DE INVIERNO EN GENERAL ACHA (LA PAMPA) ANTE EVENTOS DE EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR

Angolani*, D.H.[1]; Bongianino, S.[2]; Méndez M.[2]; Leonhardt, D.A.[1]

[1] *Agencia de Extensión Rural INTA General Acha, Avellaneda 530, General Acha La Pampa, CP 8200, Argentina*
[2] *Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Agronomía Universidad Nacional de La Pampa, Ruta 35 km 334, Santa Rosa, La Pampa, CP 6300, Argentina*

***Contacto:** angolani.daniel@inta.gob.ar

Palabras clave: ENOS; ONI; lluvia

INTRODUCCIÓN

En la zona de General Acha (La Pampa) por sus características climáticas, ecológicas y edafológicas es posible la práctica mixta de agricultura y ganadería, sin embargo, la actividad económica predominante es la ganadería bovina extensiva (Iglesias *et al*., 2016), la cual basa la alimentación en forrajes cultivados (verdeos de invierno) y naturales.

Los verdeos de invierno son un recurso que aporta forraje en un período puntual del año. Su inclusión tiene lugar en un momento en que los demás recursos no ofrecen el volumen y calidad necesaria para las demandas del sistema productivo (Krüger *et al*., 2014). El requerimiento promedio de agua en el período comprendido entre marzo y julio inclusive es del orden de 250 mm (Fernández *et al*., 2004). Este recurso es la principal limitante en la región (por su escasez y variabilidad), por lo cual conocer la probabilidad de ocurrencia es de suma importancia y así adoptar tecnologías y prácticas de manejo para obtener verdeos exitosos.

Las precipitaciones se ven afectadas por fenómenos climáticos como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS o ENSO), que es un fenómeno oceánico-atmosférico. Para representar su componente oceánico, se utilizan las anomalías de la temperatura superficial del agua del Océano Pacífico central ecuatorial (Región Niño 3.4) y se lo divide en condiciones de El Niño, La Niña y ENSO-Neutral (Trenberth, 1997).

El objetivo fue conocer la probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones de General Acha (La Pampa) en el periodo que lo requieren los verdeos de invierno, según eventos El Niño-Oscilación del Sur.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de precipitaciones mensuales de marzo a julio inclusive de la localidad de General Acha del periodo de 1950 a 2018, los cuales fueron obtenidos de los reportes de la Policía de la provincia de La Pampa.

Se determinó la condición de El Niño, La Niña y Neutro mediante el Oceanic Niño Index (ONI) siguiendo dos criterios: 1- ONI de diciembre a febrero con la medida de la moda de la condición durante tres trimestres consecutivos: diciembre-enero-febrero; y, 2- ONI de marzo a julio con la medida de la moda de la condición durante cinco trimestres consecutivos: marzo-abril-mayo-junio-julio. Los datos fueron extraídos de la página web de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Se utilizó la distribución normal-raíz cúbica para el cálculo de las probabilidades de diferentes precipitaciones acumuladas para el periodo de marzo a julio inclusive, según eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La probabilidad climatológica difiere según los criterios ONI definidos. Tomando el ONI durante los trimestres diciembre a febrero se observa que hay la misma probabilidad de ocurrencia del fenómeno La Niña y El Niño (0,36), y una probabilidad menor de ocurrencia del evento Neutro (0,28). Con el criterio ONI marzo a julio, la probabilidad de ocurrencia del evento Neutro presenta un 0,54, y La Niña y El Niño un 0,23. El evento Neutro es el que presenta mayor variación según el criterio ONI que se tome.

La probabilidad de cubrir los requerimientos hídricos de los verdeos de invierno para el criterio ONI de diciembre a febrero es del orden del 0,20, independientemente si el evento ENSO es El Niño, La Niña o Neutro (Figura 1). Cuando se toma el ONI de marzo a julio, la probabilidad de cubrir los requerimientos hídricos sigue siendo baja, tomando distintos valores según el evento ENSO. La probabilidad más baja se da en el Neutro (0,2), seguida por El Niño (0,25) y el mayor valor se registra en La Niña (0,28) (Figura 2).

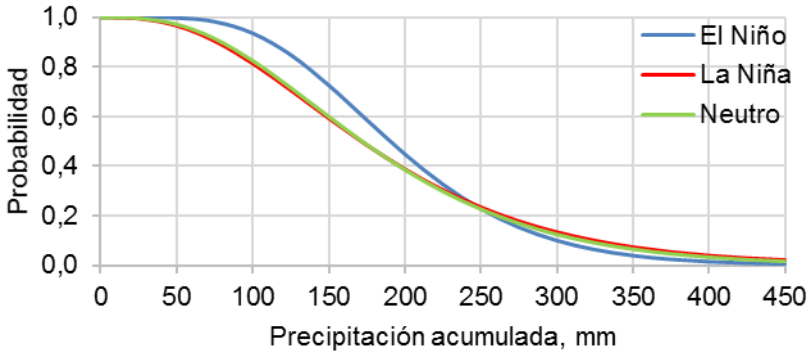


Figura 1. Probabilidad de precipitación acumulada de marzo a julio inclusive según ONI diciembre a febrero.

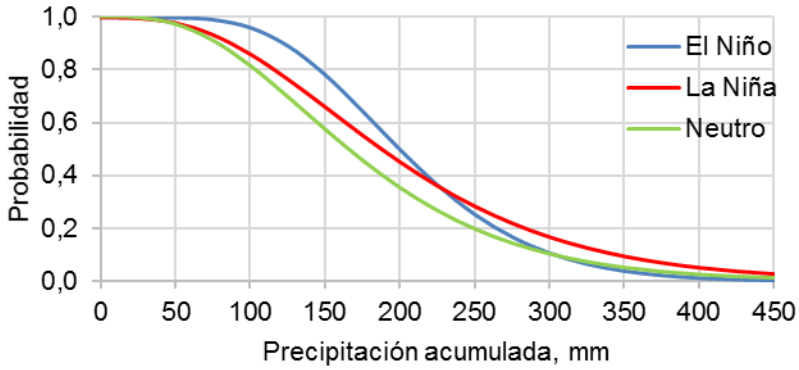


Figura 2. Probabilidad de precipitaciones de marzo a julio inclusive según ONI de marzo a julio.

Los suelos característicos de la zona son de textura arenosa-franca, en los cuales al realizar un barbecho es factible almacenar 70 mm de agua útil. Entonces utilizando esta tecnología un verdeo necesita 180 mm de precipitación durante el período de marzo a julio para cubrir sus necesidades hídricas. Bajo estas condiciones, la probabilidad de cubrir los requerimientos hídricos de los verdeos de invierno se eleva de 0,5 a 0,6, siendo estos resultados similares a los reportados por Fernández *et al*. (2004).

CONCLUSIONES

Independientemente del criterio de ONI que se utilice, la probabilidad de cubrir los requerimientos hídricos de los verdeos de invierno durante su ciclo es muy baja, en promedio es del 0,24, es decir que 2 de cada 10 años, los cultivos recibirían las precipitaciones necesarias para una producción aceptable.

Se pone en evidencia la importancia de utilizar tecnologías que permitan el almacenamiento de agua en el suelo y aumenten su eficiencia de uso.

La condición El Niño, La Niña o Neutro es dinámica a lo largo del año, y no es el único indicador que influye en las precipitaciones, por lo cual es imprescindible un seguimiento y una adecuada utilización de la información agrometeorológica para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

Fernández, R.; Funaro, D.; Quiroga, A. 2004. Aspecto del manejo del agua y la nutrición en verdeos de invierno. En: Producción y Calidad de verdeos de invierno. Ediciones INTA. Publicación Técnica N° 80. 1-14 pp.

Iglesias, D.H.; Diez, J.I.; Angolani, D.H. 2016. Análisis institucional y productivo del Valle Argentino –Gral. Acha- para el agregado de valor. INTA Ediciones. Publicación Técnica N° 103. 111 p.

Krüger, H.; Zilio, J.; Frolla, F. 2014. Fertilización de verdeos de invierno. En: Verdeos de Invierno. INTA Ediciones. Bordenave. Argentina. 18-24 pp.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/).

Trenberth, K. E. 1997. The definition of El Niño. Bull. Amer. Met. Soc. 78:2771-2777.

ANOMALÍAS DE PRECIPITACIÓN COMO RESPUESTA A LA VARIABILIDAD CONJUNTA DE SUS PRINCIPALES FORZANTES CLIMÁTICOS

Basso*, C.L.[1]; Pántano, V.C.[1,2,3]

[1] *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Paseo del Bosque s/n, La Plata, Buenos Aires, B1900FW, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Av. Rivadavia 1917, C1033AA, CABA, Argentina*
[3] *Departamento* de Ciencias *de la Atmósfera y los Océanos (Universidad de Buenos Aires), Intendente Güiraldes 2160, Pabellón 2, 2° piso − Ciudad Universitaria, C1428EGA, CABA, Argentina*

Palabras clave: señal del ENOS; variaciones climáticas; impacto en la lluvia

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de servicios climáticos para el sector agropecuario es fundamental el seguimiento del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), por ser uno de los principales moduladores de la precipitación mensual y estacional de muchas regiones del globo y, en particular, de la región pampeana (Boulanger *et al.*, 2005). Sin embargo, la alta variabilidad interanual y la combinación con otros forzantes climáticos remotos, como el Dipolo del Océano Indico (DOI, Saji *et al.*, 1999) y el Modo Anular Austral (SAM, Thompson y Wallace, 2000), entre otros, pueden resultar en una respuesta diversa en el análisis de eventos individuales.

La necesidad de esta información climatológica se vuelve más indispensable en determinados períodos del año y subregiones, de acuerdo a las etapas fenológicas de los cultivos de la región de interés. Un ejemplo es el maíz, uno de los principales cultivos cerealeros del país. Es por ello necesaria la diferenciación temporal y regional de la respuesta de la precipitación acumulada.

A partir de lo expuesto, en este trabajo se analiza la variabilidad interanual en la precipitación mensual en la región pampeana en los meses críticos para el cultivo del maíz, como respuesta al ENOS y su combinación con otros forzantes climáticos remotos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se utilizaron datos de precipitación diaria de 24 estaciones ubicadas en la región pampeana brindados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) correspondientes a las campañas comprendidas entre 1981/1982 y 2009/2010. En primer lugar, se calculó el acumulado mensual. En el caso que la cantidad de datos faltantes por mes superó los 3 días, se reemplazó dicho valor por el climatológico correspondiente. Además, se trabajó con 2 índices de circulación: Índice Oceánico de El Niño (ONI) como indicador del fenómeno ENOS, y el DOI obtenidos del Climate Prediction Center (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/).

Se calculó la precipitación mensual climatológica para cada estación. Además, para cada una de las fases del ENOS, se obtuvo la media mensual de la precipitación y las anomalías de dicha variable. Luego, para las diferentes combinaciones que surgen entre cada una de las fases del ENOS y el DOI, se realizaron los composites de la anomalía de precipitación. Teniendo en cuenta la sub-regionalización en base a periodos críticos de déficit (D, 20 días antes a 10 días después de la floración) y excesos (E, emergencia a fin de fase juvenil) realizadas por la Oficina de Riesgo Agropecuario (Occhiuzzi *et al.*, 2018) para la siembra temprana del maíz, se establecieron 6 regiones diferentes de estudio (Figura1, panel izquierdo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos medios, la precipitación mensual es mayor en eventos El Niño que en La Niña en casi toda la región de estudio. A fin de evidenciar la variabilidad espacial de esta señal, en la Figura 1 se presenta la precipitación acumulada media de cada uno de los meses que involucran los períodos críticos de D y E, para el período completo y para los eventos El Niño y La Niña. Para el mes de octubre, se puede observar que la diferencia entre las fases es menor en comparación con los meses que se continúan. En particular, la señal es inversa en algunas estaciones dispersas entre las regiones RG4, RG5 y RG6. En noviembre, las fases comienzan a diferenciarse y en diciembre la señal es más fuerte, presentando mayores diferencias entre eventos La Niña y El Niño, principalmente en las regiones ubicadas más al norte. En el mes de enero, la señal se debilita en la mayor parte de la región, y se invierte en casi todas las estaciones ubicadas en las regiones RG5 y RG6.

Si bien la señal es clara en el promedio, el impacto de los eventos ENOS en la región de estudio se caracteriza por una gran variabilidad interanual que depende del mes de análisis y la estación meteorológica. Esta variabilidad se analiza a partir de las anomalías de precipitación para años El Niño y años La Niña y, a modo de ejemplo, en la Figura 2 se presentan los box-plot para diciembre. En las regiones RG1 y RG2, los casos El Niño presentan tanto anomalías positivas como negativas de precipitación, mientras que en el resto de la región la variabilidad es muy alta y mayormente concentrada en anomalías positivas (a excepción de las últimas 2 estaciones de la región RG6). Para el mismo mes, en los casos La Niña, la variabilidad es similar en todas las

estaciones y se concentra mayormente en anomalías negativas. Cabe destacar que, en los dos casos, si bien la señal es clara, también se observan años con eventos extremos de precipitación de signo contrario a lo esperado (por debajo del 25% de probabilidad). Por último, se analizó cómo cambia la respuesta de la precipitación en las distintas fases del ENOS, al considerar también los índices de circulación DOI. A modo de ejemplo, en la Figura 2 se muestran los composites del DOI en fase El Niño para el mes de diciembre. Se puede observar que cuando este último sucede en simultáneo con fase positiva del DOI las anomalías de precipitación son positivas y elevadas, superando valores de 90 mm. Por el contrario, si se combina con DOI negativo las anomalías son menores e incluso se invierte la respuesta en gran parte de la región de estudio.

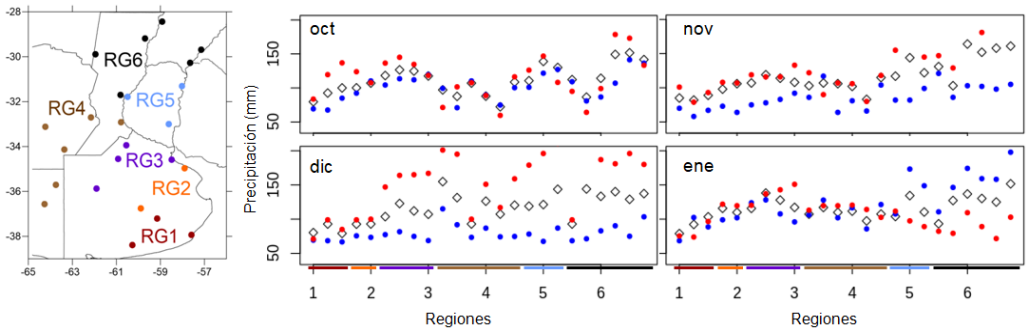


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas y diferenciación de cada una de las regiones (RG) (panel izquierdo). Precipitación mensual media climatológica (puntos negros) y el promedio en eventos El Niño (rojo) y La Niña (azul) para cada una de las 24 estaciones agrupadas por región RG1 a RG6 (paneles medio y derecho).

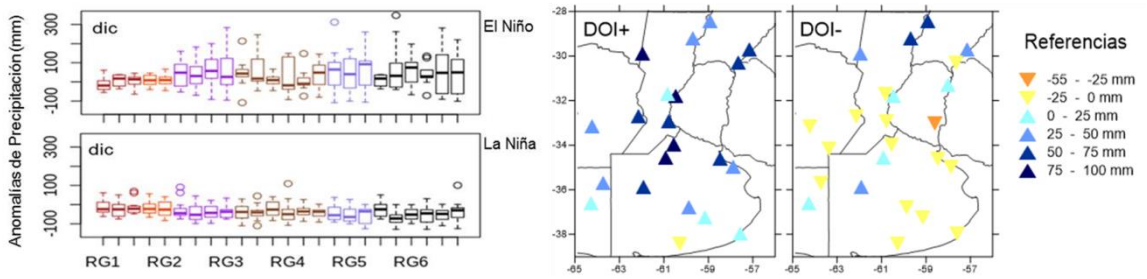


Figura 2. Intervalo inter-cuartil (boxplots) de las anomalías de precipitación del mes de diciembre (panel izquierdo). La línea gruesa corresponde a la mediana y los círculos individuales a datos fuera de rango. Promedio de las anomalías de precipitación de diciembre, en condiciones El Niño, separado en fase positiva y negativa del DOI (panel derecho).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha mostrado que existe una variabilidad en intensidad y signo de la señal del ENOS sobre la precipitación mensual en la región pampeana, que varía de acuerdo con el mes y a la subregión. En este sentido, aún en los meses en los que la señal del ENOS es clara en términos medios, la respuesta presenta tal variabilidad interanual que se han presentado eventos extremos en años y localidades particulares contrarios a la respuesta promedio. A su vez, se ha evidenciado que si bien el fenómeno del ENOS es el responsable de gran parte de la variabilidad de precipitación en la región de estudio, como han mostrado diversos trabajos, la combinación con otros forzantes puede dar lugar a un debilitamiento o refuerzo de dicha señal, pudiendo influir localmente en el rendimiento del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos PPID-G006 de la UNLP y PICT2018 número 03589 financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

REFERENCIAS

Boulanger, J.; Leloup, J.; Penalba, O.; Rusticucci, M.; Lafon, F.; Vargas, W. 2005. Observed precipitation in the Paraná-Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections. Climate Dynamics 24:393–413.

Occhiuzzi, S.; Basualdo, A.B.; Boragno, S.; Galleguillos, F.C.; Cabrás, N.; Artola, J.B. 2018. Mapas de Áreas Aptas para cultivos de secano en Argentina. Ministerio de Agroindustria. Argentina. 48 p.

Saji, N.H.; Goswami, B.N.; Vinayachandran, P.N.; Yamagata, T. 1999. A dipole mode in the tropical Indian Ocean. Nature 401:360-363

Thompson, D.W.; Wallace, J.M. 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. Journal of Climate 13:1000-1016.

ASSESSMENT OF REGIONAL CLIMATE CHANGE IMPACTS ON BRAZILIAN POTATO TUBER YIELD

Bender, F.D.; Sentelhas*, P.C.

Department of Biosystems Engineering, Agricultural College Luiz de Queiroz (ESALQ) University of São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, ZIP 13418-900 Piracicaba, Brazil

***Contact**: pcsentel.esalq@usp.br

Keywords: *Solanum tuberosum*, DSSAT-SUBSTOR-Potato, global warming

INTRODUCTION

Potato is the most important vegetable in Brazil, and the country is ranked as the second biggest producer in South America, with more than 3.6 million ton produced annually in an area of about 119 thousand hectares, with an average yield of 29 t ha^{-1}. In Brazil, tropical and subtropical conditions allow to have three potato growing seasons, known as rainy, dry and winter seasons, which account for 44%, 34% and 22% of the total harvested area, respectively. Considering that future climate projections are indicating warmer conditions and an expected mean annual rainfall changing thorough Brazil (Bender and Sentelhas, 2018), climate change effect on potato yield will possibly depend on the regional conditions. Thus, the aim of this study was to test and validate DSSAT-SUBSTOR-Potato model for estimating potato yield under Brazilian conditions and to use this model to quantify the potential impacts of climate change, projected to different Brazilian regions, on potato yield, considering two Representative Circulation Pathways (RCP4.5 and RCP8.5) for mid and long term periods (2040-2069 and 2070-2099).

MATERIALS AND METHODS

DSSAT-SUBSTOR-Potato model was used to simulate the baseline and future tuber yield and growth characteristics of potato crop in different Brazilian regions, considering three growing seasons (rainy, dry and winter). Before assessing the future climate impacts on potato yield, the DSSAT-SUBSTOR-Potato was evaluated aiming to determine its ability to accurately predict observed yield data. The model was validated with potato tuber yield from two growing seasons (2017 and 2018) at six locations (three in the state of São Paulo and three in the state of Paraná), under irrigated and rainfed conditions. Soil conditions considered in the simulations were grouped in tree mayor soil types, determined according to the texture, as clayey (C), loam (L) and sandy (S). Daily weather data, corresponding to maximum and minimum air temperature, incoming solar radiation, sunshine hours, rainfall, wind speed and relative humidity, were obtained from conventional weather stations. The locations selected to represent the potato producing regions in the climate change study were: São Francisco de Paula, RS (RSSF); Água Doce, SC (SCAD); Guarapuava, PR (PRGP); Itapeva, SP (SPIT); Casa Branca, SP (SPCB); Perdizes, MG (MGPE); Montes Claros, MG (MGMC); Cristalina, GO (GOCR); Ibicoara, BA (BAIB); Jacobina, BA (BAJA).

Based on historical database (1980-2009), climate change scenarios were generated under two RCPs (Moss et al. 2010): an intermediate emission scenario (RCP4.5), and high emission scenario (RCP8.5). These scenarios were based on the Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP) protocols (Rosenzweig *et al.*, 2015), that includes mid-century (2040-2069) and end-of-century (2070-2099) periods. Crop model settings to evaluate regional climate change impacts on potato crop in Brazil were the same used for the present scenario, with the coefficients validated in this study.

Baseline yield was simulated for the historical climate (1980-2009), while for future yields the simulations were performed for each one of the five future climate classes (cold and wet = CW; cold and dry = CD; Middle = M; hot and wet = HW; and hot and dry = HD), which allow to capture climate variability of each one of the global models projections, arranged by the two emission scenarios and time periods, for the ten sites and three growing seasons. The regional percentage of yield changes under future climates were evaluated by the mean yield changes over 30-year period for the five climate classes in relation to the baseline yield.

RESULTS AND DISCUSSION

The validation process showed, in a wide range of fresh tuber yields, from 23.0 to 34.1 t ha^{-1}, that DSSAT-SUBSTOR-Potato model predicted potato yield well for Brazilian conditions. The mean observed and simulated yields were, respectively, 28.86 t ha^{-1} and 29.38 t ha^{-1}. The results indicated a significant correlation between observed and simulated values (r^2 = 0.84), with an agreement d index of 0.91 and a confidence c index of 0.83, which represents "very good" performance. Considerable variability was observed in temperature and rainfall for the future weather scenarios. Despite the great uncertainty, rainfall projections present different regional responses, with an increase in Southern Brazil and a decrease, mainly during the second half of the year, in Northeast region.

Simulated potato yields for the present scenario (baseline) ranged from 22.5 to 36.6 t ha^{-1}, from 21.1 to 30.3 t ha^{-1}, and from 18.4 to 24.9 ha^{-1}, respectively for the 1st, 2nd and 3rd growing seasons. These results show the great yield variability between regions and growing seasons, conditioned by differences of climate and soil conditions. The predicted changes in average yield from the baseline over all 1st, 2nd and 3rd growing seasons and for all climate scenarios are presented in Fig. 1. Simulated mean yield changes indicates higher potato yield losses for the 1st growing season than for the other two. On the 1st and 2nd growing seasons the highest impacts occurred from mid-term period under intermediate emission scenario toward the end of the century at the worst-case climate scenario, with yield losses ranging from 23.0% to 52.7%, and from 3.1% to 30.6%, respectively. On the other hand, in the 3rd growing season the potato yield gains ranged from 4.8% to 5.7%, with only the most pessimistic scenario having yield reductions.

From all the analyses performed, the potato yield variability caused by different years (30), growing seasons (3) and environments (10 sites) increased from the present scenario to the future ones. When considering only the future climate scenarios, such variability also increased from the less critical (CW and CD for RCP4.5 and 2040-2069) to the worst-case climate scenario (HW and HD for RCP8.5 and 2070-2099).

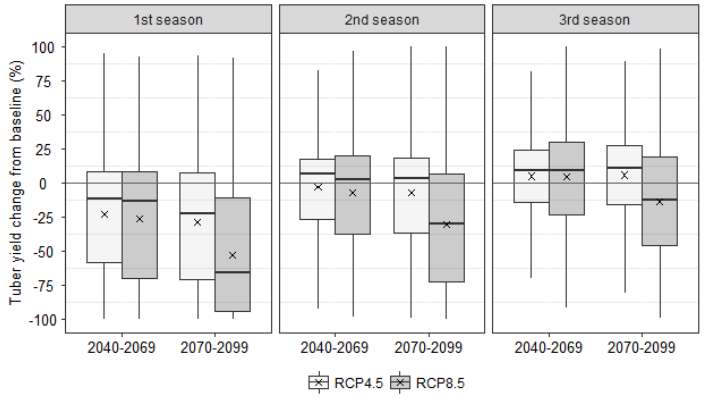


Figure 1. Percentage tuber yield changes from baseline for the 1st, 2nd and 3rd potato growing seasons in relation to the baseline (1980-2009), based on 30-year simulations averaged over ten sites and five future climate classes, under intermediate (RCP4.5) and high (RCP8.5) emission scenarios at mid- (2040-2069) and end-of-century (2070-2099) periods.

REFERENCES

Adavi, Z.; Moradi R, Saeidnejad, A.H.; Tadayon, M.R.; Mansouri, H. 2018. Assessment of potato response to climate change and adaptation strategies. Sci Hort 228:91–102. https://doi:10.1016/j.scienta.2017.10.017

Bender, F.D.; Sentelhas. P.C. 2018.Solar Radiation Models and Gridded Databases to Fill Gaps in Weather Series and to Project Climate Change in Brazil. Adv Meteorol 15. https://doi.org/10.1155/2018/6204382

Rosenzweig, C.; Jones, J.W.; Hatfield, J.L.; Antle, J.M.; Ruane, A.C.; Boote, K.J.; Thorburn. P.J.; Valdivia, R.O.; Porter, C.H., Janssen, S.; Mutter, C.Z. 2015. Appendix 1. Guide for Regional Integrated Assessments: Handbook of Methods and Procedures, Version 5.1.

VARIABILIDAD Y CAMBIOS DE LOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN Y SU VINCULACIÓN CON LA HUMEDAD DEL SUELO Y EL NIVEL FREÁTICO EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

Bernal*, A.C.[1]; Lovino, M. [1,2]; Müller, G. [1,2]; Sgroi, L.[1]

[1] *Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático (CEVARCAM), Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe 3000, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Santa Fe 3000, Argentina*

***Contacto:** anelimcbm@gmail.com

Palabras clave: índices estandarizados; no paramétrico; precipitación intensa; días secos consecutivos

INTRODUCCIÓN

El nordeste de Argentina es altamente vulnerable a los impactos de los eventos extremos debido a que concentra la mayor parte de la población del país y de la producción agrícola-ganadera y agroindustrial. En la provincia de Santa Fe se registra un gran porcentaje de dicha producción, por lo que adquiere una gran importancia en la economía regional y nacional. Asimismo, en esta región existe una importante variabilidad climática influenciada fundamentalmente por el ENOS (e.g., Berri *et al*., 2002). Esta variabilidad favorece prolongados periodos de precipitaciones intensas que desencadenan inundaciones, alternándose con largos periodos con precipitaciones deficitarias que, por el contrario, dan lugar a intensas sequías. Las variaciones cíclicas de la precipitación y el comportamiento de la humedad del suelo ante tormentas intensas y la escasez de agua influyen en los rendimientos de los cultivos en la región.

Este trabajo se propone identificar los eventos extremos de precipitación a distintas escalas temporales (de interanuales a diarias) y analizar sus cambios históricos y su variabilidad. La utilización de índices estandarizados no paramétricos nos permite estudiar la respuesta de la humedad del suelo y la influencia en el nivel freático a los extremos de precipitación en la provincia de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizan datos de precipitación observados y grillados. Los datos observados son mensuales y diarios con distintos períodos temporales y corresponden a 8 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) localizadas en la provincia de Santa Fe o en las proximidades. Los datos grillados corresponden a GPCCv2018 (Global Precipitation Climatology Center Versión 2018; Schneider *et al*., 2018), con una resolución espacial de 0,25º x 0,25º, a paso mensual entre 1901 y 2016. La zona no saturada se analiza a partir del contenido de humedad de suelo obtenida del Global Land Data Assimilation System (GLDAS; Meng *et al*., 2012) a paso de tiempo mensual y resolución espacial de 0,25° × 0,25° para el período 1979-2016. La zona saturada se estudia a partir del nivel freático mensual correspondiente a la estación Rafaela, con datos provenientes del INTA en el periodo 1970-2017.

Se analizan los eventos extremos a escala mensual mediante la construcción de índices estandarizados no paramétricos (SI, Hao *et al*., 2014) aplicados a la precipitación (SPI), contenido de humedad de suelo (SSI) y niveles freáticos (SGI). Los eventos extremos se clasifican según la escala propuesta por Hao *et al.* (2014), definiendo los eventos de déficit con un SI menor o igual a -0,5 y los excesos con SI iguales o mayores a 0,5. Entre -0,5 y 0,5 se consideran condiciones normales. Para este estudio, la duración de los eventos extremos se define como la cantidad de meses sobre o por debajo de los umbrales de normalidad (0,5 y -0,5, respectivamente). Se determina la variabilidad espacio-temporal de los eventos extremos en diferentes escalas temporales a través de un Análisis por Componentes Principales (ACP) y un Análisis Espectral Singular (SSA).

Finalmente, se analizaron 3 índices descriptivos de los eventos extremos de precipitación en cortas escalas temporales (del orden de días). Los índices estudiados son la cantidad máxima de precipitación de 1 día (Rx1), la cantidad máxima de precipitación en 5 días (Rx5) y el número de días secos consecutivos (CDD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que existe una marcada tendencia no lineal en el período más prolongado del SPI comprendido entre 1901 y 2016, definiendo 2 períodos diferenciados en la región de estudio (Figura 1), en congruencia con las tendencias halladas en la precipitación regional (e.g., Lovino *et al*., 2018). Entre los años 1901-1970 predominan eventos extremos secos, destacándose una sequía excepcional desde 1916 hasta 1919. En cambio, entre los años 1970-2016 prevalecen los eventos extremos húmedos, resaltando el evento húmedo de intensidad excepcional de 2000-2003. El ACP y el SSA muestran ciclos en escalas interanuales con períodos dominantes entre 2,5 y 4 años, en la misma frecuencia que los ciclos dominantes de El Niño – Oscilación del Sur (e.g., Grimm *et al*., 2000) y decadales de aproximadamente 10 años que algunos autores han relacionado con la Oscilación del Atlántico Norte (Robertson y Mechoso, 2000). Los eventos extremos, en extensión espacial e

intensidad, presentan las mismas periodicidades dominantes. Por otro lado, en el periodo 1979-2016 los resultados de los eventos compuestos con SPI y SSI categorizan 9 eventos húmedos y 5 eventos secos. La duración e intensidad de los eventos húmedos repercuten en los niveles inferiores del suelo de la zona no saturada, aunque los eventos secos tienen menor efecto que los húmedos en la zona no saturada. El contenido de humedad del suelo responde a anomalías de precipitación en una escala relativamente corta de tiempo, resaltando que las correlaciones máximas (r = 0,81) se encuentran entre SPI para 12 meses y SSI para 6 meses. La interacción de la zona saturada en Rafaela indica que el SGI en promedio se retrasa en 10 meses con respecto al SPI. Los índices Rx1 y Rx5 en el norte y centro del área de estudio presentan una tendencia de aumento a partir de 1960 en el norte y el centro de la provincia (Figuras 2a y 2b) mientras que al sur permanecen sin variaciones significativas. El índice Rx1 indica que los valores máximos de las tormentas intensas en un día exceden los 150mm. Por su parte, el índice Rx5 registra valores mayores a 300 mm. El CDD ha ido en ascenso para el norte y el centro de la provincia (Figura 2c) mientras que al sur no tiene una tendencia definida.

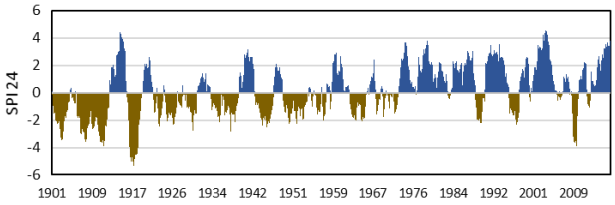


Figura 1. Serie temporal del índice SPI para 24 meses en el nordeste de Argentina (58,5.5°W-63,5°W y 27,5°S-34,5°S °). Periodo 1901-2016.

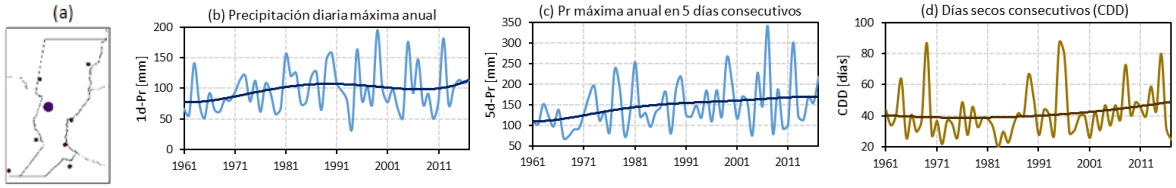


Figura 2. Series temporales de extremos de precipitación en la estación Rafaela (1961-2017): (a) ubicación geográfica, (b) precipitación diaria máxima anual (Rx1), (c) precipitación máxima anual en 5 días consecutivos (Rx5) y (d) días secos consecutivos (CDD). Se resaltan las tendencias no lineales que indican los cambios de largo período en cada serie.

CONCLUSIONES

Se identificaron los eventos extremos de precipitación desde principios del siglo XX y su vinculación con la humedad del suelo y el nivel freático en la provincia de Santa Fe en el periodo 1979-2016. Se manifestaron dos períodos demarcados: entre 1901-1970 predominan los eventos extremos secos y entre 1970-2016 predominan los eventos extremos húmedos. Se encontró que la vinculación entre los subsistemas precipitación – zona no saturada del suelo simulada con el modelo Noah es muy notoria en el nordeste de Argentina.

La humedad del suelo responde ante los extremos de precipitación, variando en escalas temporales y en la profundidad de las capas analizadas. Se encontró una gran consistencia entre los eventos individuales analizados con SPI y SSI. En Rafaela, el SGI, considerando la respuesta más lenta de esta variable, mostró coincidencia ante la comparación con SPI y SSI. Los eventos extremos de precipitación (Rx1 y Rx5) en el norte y centro del área de estudio presentan una tendencia de aumento a partir de 1960 mientras que al sur permanece sin variaciones significativas. El CDD ha ido en ascenso para el centro y norte de la provincia de Santa Fe. Finalmente, se observó una importante influencia de la variabilidad interanual que se manifiesta claramente en los diferentes estratos del suelo y además en los eventos extremos de precipitación a escala diaria con períodos relacionados en el rango de oscilación del ENOS (entre 2-4 años).

REFERENCIAS

Berri, G.; Flamenco, E.; Spescha, L.; Tanco, R.; Hurtado, R. 2002. Some effects of La Niña on summer rainfall, water resources, and crops in Argentina. United Nations University. 127-133.

Grimm, A. M.; Barros, V. R.; Doyle, M. E. 2000. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. Journal of Climate 13(1):35-58.

Hao, Z.; AghaKouchak, A.; Nakhjiri, N.; Farahmand, A. 2014. Global integrated drought monitoring and prediction system. Scientific data 1(1):1-10.

Lovino, M. A.; Müller, O. V.; Müller, G. V.; Sgroi, L. C.; Baethgen, W. E. 2018. Interannual-to-multidecadal Hydroclimate Variability and its Sectoral Impacts in northeastern Argentina. Hydrol. Earth Syst. Sci. 22:3155-3174.

Meng, J.; Yang, R.; Wei, H.; Ek, M.; Gayno, G.; Xie, P.; Mitchell, K. 2012. The land surface analysis in the NCEP Climate Forecast System Reanalysis. Journal of Hydrometeorology 13(5):1621-1630.

Robertson, A. W.; Mechoso, C. R. 2000. Interannual and interdecadal variability of the South Atlantic convergence zone. Monthly Weather Review 128(8):2947-2957.

Schneider, U.; Becker, A.; Finger, P.; Meyer-Christoffer, A.; Ziese, M. 2018. GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 0.25°: DOI: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_025.

VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LA INTENSIDAD DE LAS PRECIPITACIONES EN ALGUNAS LOCALIDADES DE CHACO Y CORRIENTES (PERÍODO 1971-2010)

Blanco, P. S.

Instituto de Geografía-UNNE, Av. Las Heras 727, Resistencia, CP: 3500, Argentina

***Contacto:** pedrosamuelblanco@gmail.com

Palabras clave: monto pluviométrico; número medio de días con precipitación; estación del año

INTRODUCCIÓN

La intensidad pluviométrica o de la precipitación es un índice estadístico que relaciona la cantidad de lluvia en función del tiempo. Su variabilidad espacial y temporal es importante en la configuración del paisaje y la vegetación, como así también constituye una característica que incide significativamente en los cultivos y los ciclos agrícolas, sobre todo en la disponibilidad de recursos hídricos para que las plantas puedan desarrollarse con plenitud. En este sentido, comprender de qué manera impacta la variabilidad de la intensidad de las precipitaciones en tales regímenes agrícolas supone, desde un punto de vista exploratorio, estudiar dichas variaciones según las épocas del año. Ante lo expuesto, el objetivo del trabajo es describir la variabilidad estacional de la intensidad promedio de las precipitaciones (período 1971-2010) para diferentes localidades de las provincias de Chaco y Corrientes.

La información que suministra la variabilidad estacional de las precipitaciones y de sus propiedades sirve para la planificación territorial (Martín Vide, 1991), como así también puede ser muy útil en investigaciones de Climatología Aplicada (Albentosa Sánchez, 1976). En relación a ello, Miller (1975) afirma que es crucial prestar atención a la estacionalidad de las lluvias porque "la época de su presentación puede determinar que una temporada lluviosa no sea de utilidad para la tierra […] La limitación de la lluvia a ciertas estaciones restringe la rotación de los cultivos e impone un régimen agrícola" (p.36). Las provincias de Chaco y Corrientes, ubicadas hacia el noreste de la República Argentina, son espacios dedicados a la agricultura y ganadería, por lo que conocer sus condiciones pluviométricas y su disponibilidad hídrica son aspectos de vital importancia para desarrollar dichas actividades económicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue abordada desde un diseño cuantitativo, donde se realizó un tratamiento estadístico de datos mensuales de monto pluviométrico y del número medio de días con precipitación, para estaciones meteorológicas localizadas en las provincias de Chaco y Corrientes, cuyas fuentes han correspondido a las Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (décadas 1971/1980, 1981/1990, 1991/2000 y 2001/2010). En principio se estimaron los valores estacionales del monto pluviométrico y del número medio de días con precipitación a partir de la sumatoria de los datos mensuales de cada indicador. Las estaciones del año fueron previamente definidas como verano (diciembre, enero y febrero), otoño (marzo, abril y mayo), invierno (junio, julio y agosto) y primavera (septiembre, octubre y noviembre). Luego, la intensidad de la precipitación para cada época del año se calculó a través de un cociente entre las cifras estacionales del monto pluviométrico y el número medio de días con precipitación. Tal índice sirve para identificar áreas de concentración de los procesos pluviogenéticos más importantes (Bruniard, 1981) o, si se lo emplea en el cálculo de probabilidades, puede usarse para cuantificar la ocurrencia un día lluvioso tras otro del mismo tipo o una secuencia de días sucesivos lluviosos (Martín Vide, 1991).

Por último, la variabilidad estacional de la intensidad pluviométrica se estudió a partir de Índice de Variación Estacional (IVE, de aquí en adelante). Esta técnica estadística es una de las tantas que existen en la actualidad para examinar la componente estacional de una serie, por ejemplo, otros autores como Doyle (2020) utilizó el Índice de Estacionalidad de Walsh y Lawer (SI) para analizar los cambios en la estacionalidad de la precipitación en Argentina. El IVE es una técnica que consiste en una comparación por cociente entre los valores estacionales y el promedio anual del indicador, por lo que expresa la distancia (en porcentaje) entre un dato determinado y el comportamiento normal del conjunto. Su interpretación se basa en observar cuán lejos o cerca está una cifra respecto del 100%, o bien, si al índice se le resta 100 es posible advertir con más precisión de cuánto es y qué signo posee dicha variación (los positivos muestran intensidades pluviométricas mayores al promedio y los negativos indican que ellas son menores a la media).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las variaciones porcentuales del IVE de la intensidad de la precipitación para cada estación del año y en las localidades trabajadas en la investigación, cuya ubicación se halla en las provincias de Corrientes (Paso de los Libres, Monte Caseros, Bella Vista, Corrientes) y Chaco (Resistencia, Colonia Benítez, Pcia. Roque Sáenz Peña). En general, todas las localidades presentan variaciones negativas en el invierno y positivas durante

las demás épocas del año, aunque éstas se dan con diferentes magnitudes. En primavera, por ejemplo, las fluctuaciones alrededor del promedio son escasas (entre 0 y 10%), mientras que en el verano y otoño son más pronunciadas (entre 10 y 35%). En relación con el período que comprende cada tipo de variación del IVE (negativa o positiva), para todos los casos se destaca que en tan solo una estación del año (invierno) se registran valores inferiores a sus respectivos promedios anuales y, por lo tanto, es posible establecer que existe un corto lapso en el que las cantidades de precipitación caída en función del número de días que llueve son reducidas. Esta característica es importante, por ejemplo, si se pretenden establecer relaciones con las exigencias hídricas de los cultivos de la época. Un aspecto interesante de destacar es que las máximas variaciones negativas evidentemente ocurren en el invierno, a diferencia de las mayores fluctuaciones positivas que se producen en el otoño, con excepción de Sáenz Peña que se dan durante el verano.

Los cambios estacionales del IVE son más pronunciados del otoño al invierno y del invierno a la primavera, siendo el primer caso un decrecimiento de los datos hasta tornarse valores negativos y el segundo caso experimentando un crecimiento repentino hasta variar a guarismos positivos. En tal sentido, de la primavera al verano y desde esta época al otoño, las intensidades pluviométricas acusan pocas variaciones entre estaciones. En lo referente al rango de fluctuación del IVE, por un lado, se advierte que Paso de los Libres y Monte Caseros presentan una menor variabilidad con valores de 40,2% y 50,5%, respectivamente, a comparación de las demás localidades. Por otro lado, se advierte que Sáenz Peña posee una diferencia bastante marcada entre su máximo y mínimo de intensidad pluviométrica (aproximadamente del 82%).

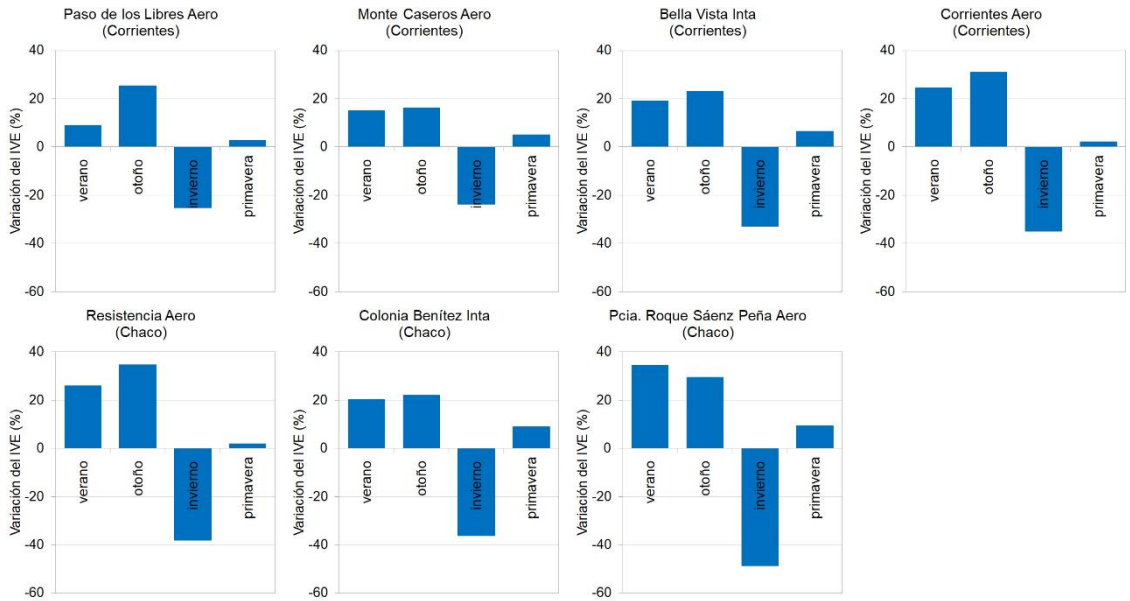


Figura 1. Variación porcentual del IVE por estación del año para localidades de Chaco y Corrientes (promedio 1971-2010).

CONCLUSIONES

La intensidad de la precipitación varía según la estación del año para el espacio de estudio. De hecho, se pudo advertir mediante la estimación del IVE que el invierno es la temporada en que lluvias son menos intensas respecto de la media anual para las localidades analizadas y que las demás épocas registran valores superiores al promedio. Tal característica es fundamental, por ejemplo, para la planificación de la agricultura en relación con la disponibilidad de recursos hídricos destinados a los cultivos, sobre todo para espacios dedicados a dicha actividad económica. Por lo tanto, queda por estudiar de qué manera se asocia la estacionalidad de la intensidad pluviométrica y los diferentes ciclos agrícolas, como así también qué impactos podrían tener cambios futuros del indicador en el sector agropecuario.

REFERENCIAS

Albentosa Sánchez, L. 1976. La aplicación del método estadístico en Climatología. El régimen anual de precipitaciones en Barcelona (II). Revista de Geografía de la Universidad de Barcelona, la Universidad de Rovira i Virgili y la Universidad de Lleida 10:79-112.

Bruniard, E. 1981. El clima de las planicies del Norte argentino. Tesis doctoral, Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Argentina.

Doyle, M. E. 2020. Observed and simulated changes in precipitation seasonality in Argentina. International Journal of Climatology 40:1716-1737.

Martín Vide, J. 1991. Fundamentos de la Climatología Analítica. Síntesis Serie General N°5, Espacios y Sociedades Madrid, España. 157 p.

Miller, A. 1975. Climatología. Omega, 4ta edición. Barcelona, España. 367 p.

PROBABILIDAD DE PRECIPITACIONES SEGÚN EVENTOS DE EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR PARA GENERAL PICO LA PAMPA

Bongianino*, S.[1]; Méndez, M.[1,2]; Casagrande, G.[1]; Vergara, 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), Argentina*

***Contacto:** sergiobongianino@hotmail.com

Palabras clave: lluvia; ENSO; ONI

INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria en la provincia de La Pampa, Argentina, se realiza en condiciones de secano. En consecuencia, está condicionada por la precipitación y su variabilidad, quienes se ven afectadas en esta zona por fenómenos climáticos de gran escala, como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS o en inglés ENSO) según sea su evento o condición: El Niño, La Niña o Neutro (Sierra *et al.*, 2001; Penalba y Rivera, 2016). A su vez, la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones es importante para la planificación agrícola-ganadera y es una de las mejores formas de presentar los datos climatológicos (INTA, 1965). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la probabilidad de ocurrencia de diferentes cantidades de precipitación según los eventos de ENSO en ambos trimestres del semestre cálido (oct a mar), para General Pico, La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se utilizaron datos de precipitación mensual, correspondientes a la serie octubre de 1969 a marzo de 2019 (APA, 2020), de la estación pluviométrica de General Pico (35°40′ S, 63°44′ O y 143 msnm). Se eligió este período para trabajar después del salto climático, a partir del cual se registraron cambios en la cantidad de precipitaciones en esta región (Maenza *et al.*, 2017). Se consideró el primer trimestre cálido de octubre a diciembre (1° TC) y el segundo de enero a marzo (2° TC). Se trabajó con ambos trimestres ya que aportan el 75 % de la lluvia anual en esta localidad. Se determinó la condición de El Niño, La Niña o Neutro, mediante el Oceanic Niño Index (ONI) para ambos trimestres, utilizando la medida de la moda de la condición durante tres trimestres consecutivos: septiembre (ASO), octubre (SON), noviembre (OND). Los datos fueron extraídos de la página web de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/). Los datos trimestrales para cada condición de ENSO presentaron una distribución normal ($p > 0.05$; Prueba de Shapiro-Wilk). Las varianzas presentaron homocedasticidad ($p > 0.05$; Prueba de Levene). Luego, se analizaron estadísticamente los datos dentro de cada trimestre, mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y el Test LSD de Fisher ($\alpha = 0.05$), utilizando el software estadístico InfoStat versión 2018. Finalmente, se calculó la probabilidad de diferentes cantidades de precipitaciones según evento: El Niño, La Niña o Neutro y del valor climático o medio, para cada trimestre cálido, utilizando una distribución normal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la localidad y el período analizado, los resultados mostraron que las precipitaciones durante los eventos El Niño no variaron entre los trimestres cálidos en sus valores medios (335 mm) y desvíos (± 105 mm) (Figura 1). La Niña evidenció mayor cantidad de precipitación en el 2° TC (405 ± 175 mm) pero con mayor desvío que el primer trimestre (253 ± 71 mm). La condición Neutral tuvo menor cantidad y menor variabilidad en las precipitaciones en el segundo trimestre (285 ± 111 mm) con respecto al primero (333 ± 121 mm) (Figura 1). Los eventos La Niña y Neutro se comportaron de manera inversa, siendo en La Niña la precipitación inferior al Neutro en el 1° TC y superior en el segundo 2° TC ($p < 0.05$). La condición La Niña presentó menores valores promedios de precipitación en el 1° TC y los mayores en el segundo, motivo por el cual obtuvo la mayor amplitud pluvial trimestral. En el semestre cálido, las precipitaciones trimestrales de las condiciones Neutro y La Niña, se compensarían.

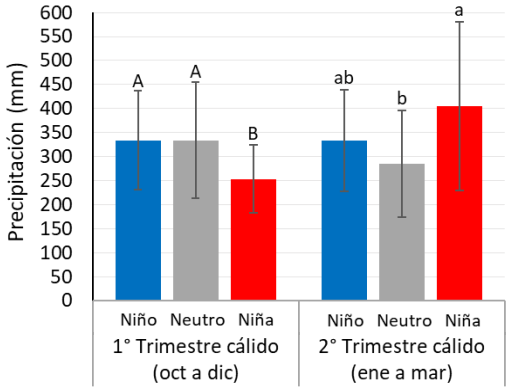


Figura 1. Precipitación media y sus desvíos, para cada trimestre cálido según condición: Niño, Niña o Neutro. Período octubre 1969 a marzo 2019, General Pico, La Pampa. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$), dentro de cada trimestre cálido (TC). Letras mayúsculas dentro del 1° TC (oct a dic) y minúsculas del 2° TC (ene a mar).

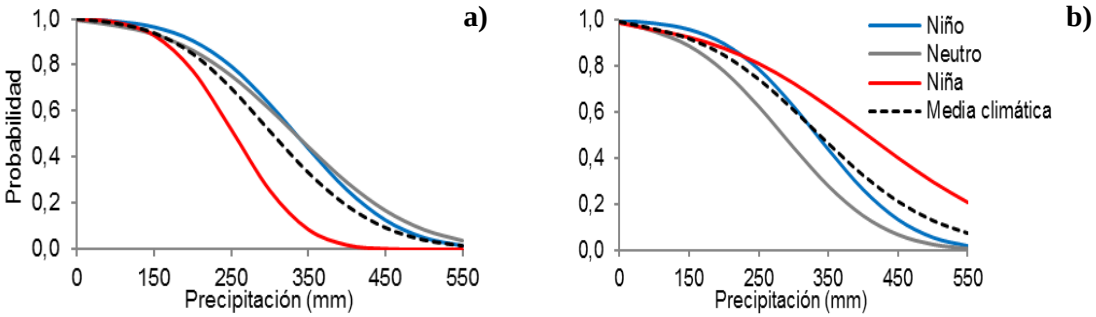


Figura 2. Probabilidad de ocurrencia de precipitaciones superior al valor indicado en el eje de las abscisas, según cada evento ENSO y de la media climática, para: **a)** 1° Trimestre cálido (oct a dic) y **b)** 2° Trimestre cálido (ene a mar). Período octubre 1969 a marzo 2019, General Pico, La Pampa.

Durante el 1° TC las probabilidades de precipitaciones en las condiciones El Niño y Neutro fueron similares, encontrándose ambas por encima de la probabilidad media climática y de La Niña (Figura 2a). A modo de ejemplo, en este trimestre, existió un 0,60 de probabilidad que las lluvias superen los 310 mm ante condiciones El Niño y Neutro y, los 235 mm en eventos La Niña. Desde otro punto de vista, la probabilidad de obtener lluvias mayores a 250 mm para el 1° TC, en condiciones La Niña fue de 0,52, en El Niño 0,79 y en Neutro 0,75. En cambio, la probabilidad de recibir precipitaciones superiores a 350 mm en La Niña fue 0,09, en El Niño 0,44 y en Neutro 0,45. Por ende, La Niña aumenta las probabilidades de obtener períodos secos en el 1° TC, esto coincide con los resultados encontrados para esta zona por Moschini *et al.* (1997). Por otro lado, la probabilidad media climática, es decir lo normal esperable en el 1° TC, para valores mayores a 250 mm fue de 0,69 y para 350 mm de 0,33 (Figura 2a). En el 2° TC las probabilidades de ocurrencia de precipitaciones en eventos La Niña se encontraron por encima de la media climática y en la condición Neutral por debajo (Figura 2b). El Niño tuvo valores de probabilidad similares al del 1° TC y en el 2° TC se comportó como el valor climático, salvo en los valores extremos de precipitación. En este trimestre, la probabilidad de obtener lluvias mayores a 250 mm en condiciones La Niña fue de 0.81, en El Niño 0,79 y en Neutro 0,62, en cambio para recibir precipitaciones superiores a 350 mm en La Niña fue 0,62, en El Niño 0,44 y en Neutro 0,28. Lo que equivale a decir que, en promedio, 6 de cada 10 años con eventos La Niña y 3 de cada 10 años en condiciones Neutrales, durante el 2° TC en el período señalado para General Pico, las lluvias excedieron los 350 mm. La probabilidad media climática del 2° TC para obtener valores mayores a 250 mm fue de 0,74 y a 350 mm fue de 0,45 (Figura 2b). Entre los 250 y 450 mm se diferenciaron los valores de probabilidad de precipitación según los eventos ENSO y, entre los 300 y 400 mm se dio la mayor diferencia de probabilidad, dentro de cada trimestre cálido para las condiciones La Niña y Neutro. A su vez, la mayor amplitud de probabilidades entre trimestres para una misma condición ENSO, fue en primer lugar para La Niña, luego Neutro y con casi nula amplitud El Niño.

CONCLUSIONES

En el período octubre-1969 a marzo-2019 para General Pico, La Pampa, durante el 1° TC (oct a dic) en condiciones La Niña, la precipitación media y su desvío fue menor respecto a El Niño y Neutro, mientras que en el 2° TC (ene a mar) mostró valores superiores que los otros dos eventos, pero con mayor variabilidad. Las condiciones Neutrales en términos medios aportaron menor cantidad de precipitación en el 2° TC. La Niña y Neutro presentaron mayores amplitudes en sus valores de probabilidad entre los trimestres cálidos. Las probabilidades de ocurrencia de precipitaciones superiores a 350 mm en el 1° TC para La Niña fue 0.09, en El Niño 0,44 y en Neutro 0,45, en el 2° TC fueron de 0,62, 0,44 y 0,28, respectivamente. ENSO afectó las cantidades y probabilidades de precipitación según el trimestre cálido. Se debería dividir el semestre cálido en trimestres y la media climática en eventos ENSO para apreciar las diferencias de precipitación.

AGRADECIMIENTOS

Facultad de Agronomía de la UNLPam y Administración Provincial del Agua de La Pampa (APA).

REFERENCIAS

APA (Administración Provincial del Agua). 2020. Datos Históricos de Lluvias. Disponible en: https://apa.lapampa.gob.ar/

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 1965. Guía de prácticas agrometeorológicas. Pub. Misc. N° 34. Buenos Aires.

Maenza, R.; Agosta, E.; Bettolli, M. 2017. Climate change and precipitation variability over the western 'Pampas' in Argentina. International Journal of Climatology 37 (Suppl.1):445–463.

Moschini R.; Casagrande G.; Rodríguez R.; Vergara G.; Conti H. 1997. Efectos del ENSO sobre las probabilidades de períodos secos derivadas de modelos markovianos de primer orden, en La Pampa. Rev. Facultad de Agronomía 17:71-76.

Penalba O.; Rivera J. 2016. Precipitation response to El Niño/La Niña events in Southern South America - Emphasis in regional drought occurrences. Advances in Geosciences 41:1-14.

Sierra, E.; Pérez, S.; Casagrande, G.; Vergara, G. 2001. Efectos del ENSO sobre las precipitaciones del trimestre noviembre-enero (1921/1998) en el centro-este de la provincia de La Pampa. RADA I:83-87.

EFECTOS DE LA EXPANSIÓN DE CULTIVOS EN CHACO SECO Y LOS PASTIZALES DEL RÍO DE LA PLATA SOBRE EL HIDROCLIMA REGIONAL

Bracalenti*, M.A.[1]; Müller, O.V.[1]; Berbery, E.H.[2]

[1] *CEVARCAM, FICH, UNL y CONICET, Ciudad Universitaria, Santa Fe, CP 3000, Argentina*
[2] *CISESS/ESSIC, University of Maryland, College Park, Maryland, CP 20742, Estados Unidos*

***Contacto:** mabracalenti@fich.unl.edu.ar

Palabras clave: cambios de uso de suelo; efectos remotos

INTRODUCCIÓN

Una combinación de factores naturales, tecnológicos y económicos han favorecido la expansión de la frontera agrícola en países como Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay, donde la economía se basa principalmente en la agricultura. El aumento de la precipitación en regiones áridas y la adaptabilidad de los cultivos a condiciones climáticas extremas gracias a los avances agrotecnológicos, aumentaron la disponibilidad de tierras productivas. Esto se combina con el aumento de la demanda de alimentos por parte de nuevos mercados (Paruelo *et al.*, 2005). Los cambios de uso de suelo alteran las condiciones del mismo afectando la interacción suelo-atmósfera, aspecto particularmente importante en el sur de Sudamérica (Spennemann y Saulo, 2015). El reemplazo de vegetación natural por agricultura modifica las propiedades biofísicas del suelo alterando la partición de agua y energía en superficie (Lee y Berbery, 2012; Müller *et al.*, 2014). Cuando se reemplazan pasturas por cultivos, la infiltración de agua en el suelo se reduce significativamente afectando los niveles de agua subterránea (Sirimarco *et al.*, 2018; García *et al.*, 2018). El reemplazo de bosques por cultivos reduce la profundidad radicular y la evapotranspiración, facilitando la saturación del suelo y aumentando el escurrimiento superficial (Jobbágy *et al.*, 2008). Esto tiende a reducir la lluvia "reciclada" por los árboles a través de la transpiración (Sunni *et al.*, 2015). Los cambios de flujos de calor y humedad en superficie modifican los estados atmosféricos afectando el clima tanto local, como regional (p. ej., cambios en transportes de humedad y escorrentía). El objetivo general de este trabajo es explorar el efecto en la variabilidad hidroclimática de la expansión de áreas de cultivo, en dos ecoregiones importantes de Sudamérica: Chaco Seco (CS) y los pastizales del Río de la Plata (PRP) (Figura 1). La investigación está aún en desarrollo, por lo que a continuación se resumen los avances preliminares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron simulaciones climáticas del periodo 2014-2016 sobre el Sur de Sudamérica con el modelo Weather Research and Forecasting (WRF), planteando dos escenarios de coberturas de suelo: a) pasado: usando el mapa de cobertura de suelo del año 2001, b) presente: usando el mapa de cobertura de suelo del año 2015, (Figura 1). Los mapas definen su cobertura a partir de la clasificación del Programa Internacional de Geosfera-Biosfera (IGBP), derivados del producto de cobertura de suelo para modelado climático MCD12C1 de MODIS. El análisis de las simulaciones se enfoca en eventos extremos (húmedos y secos) ocurridos entre 2014 y 2016, identificados a partir de mapas de SPI3 (Índice de Precipitación Estandarizado) utilizando con base los datos observados desde 1964 al 2016. El objetivo es analizar cómo serían esos mismos eventos extremos ante los dos escenarios distintos de cobertura del suelo. El modelo WRF tiene dos componentes, una atmosférica y una de suelo. En cada paso de tiempo se simula el balance de agua y energía en el suelo y se produce la interacción con la atmósfera a través de los flujos de superficie. La componente de suelo prescribe a cada punto de grilla un tipo de cobertura dominante y sus propiedades biofísicas asociadas. Estas propiedades (constantes en el tiempo) son usadas para resolver el balance de agua y de energía (Chen y Dudhia, 2001). Así, cuando se modifica la cobertura, se cambia el valor de las propiedades y se afectan los balances (Lee y Berbery 2012, Müller *et al*., 2014).

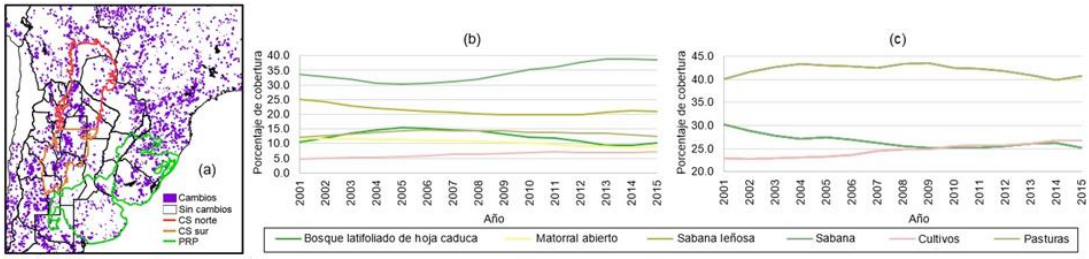


Figura 1. Áreas que registran cambios de uso de suelo entre 2001 y 2015 (a) y porcentajes de los tipos de cobertura de suelo dominantes en (b) CS y (c) PRP.

Se analizaron los cambios de cobertura que ocurrieron en las ecoregiones de CS y PRP, a partir del análisis de los mapas utilizados y los consecuentes cambios en las propiedades biofísicas. Además, se evaluó el comportamiento de variables hidroclimáticas tanto en las regiones que sufrieron cambios de cobertura, como en las adyacentes (que no modificaron su cobertura dentro de CS y PRP) y remotas (fuera de CS y PRP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información satelital monitoreada del 2001 al 2015 muestra que las categorías predominantes de uso de suelo en la región del CS son: sabana, sabana leñosa, pasturas, matorral abierto, bosque y cultivos. En PRP predominan las categorías: pasturas, sabanas y cultivos. No obstante, estos usos de suelo presentan cierta variabilidad en el tiempo mostrando una sostenida expansión de la categoría de cultivo tanto en CS como en PRP desde el año 2001 al año 2015. Dicha expansión alcanza un incremento del 48,7% en la primera región y del 16,7% en la segunda, implicando la reducción de áreas cubiertas por pastizales, bosque y sabanas. Además, se observa en CS, un aumento de la categoría sabana en detrimento de la reducción de sabana leñosa, lo cual puede estar asociado a procesos antrópicos como la deforestación (Paruelo, com. pers.). Aquellas regiones donde se produjo un cambio de cobertura entre los años 2001 y 2015, modificaron sus propiedades biofísicas como resistencia estomática, altura de rugosidad, fracción de vegetación verde e índice de área foliar. Las simulaciones demuestran que dichos cambios impactan en las variables hidroclimáticas (Figura 2), tanto en las regiones que sufrieron cambios de cobertura, como en las adyacentes, debido a modificaciones en los vientos y los procesos advectivos. En CS norte, la intensidad del evento extremo analizado se intensifica en casi todo el periodo debido a una disminución de la precipitación en la simulación con cobertura del año 2015. Por el contrario, en PRP se atenúa debido a un aumento de la precipitación respecto al mismo evento simulado con cobertura del 2001 (Figura 2).

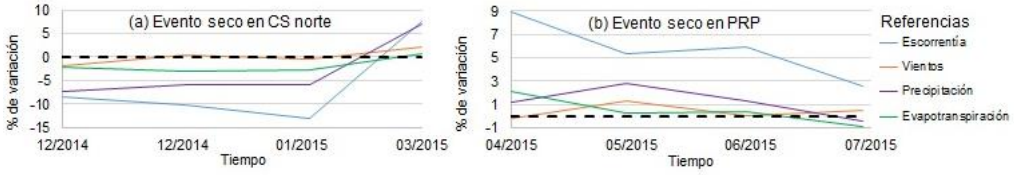


Figura 2. Diferencia porcentual entre la simulación presente (2015) y pasado (2001) de variables hidroclimáticas durante (a) un evento seco en CS norte y (b) un evento seco en PRP.

CONCLUSIONES

Los cambios en el uso de suelo entre los dos mapas propuestos como escenarios de cobertura (usos de suelo correspondientes a los años 2001 y 2015) produjeron modificaciones importantes en las propiedades biofísicas modificando la intensidad de los eventos extremos ocurridos entre 2014 y 2016. Se constató que dichos cambios no siempre magnifican el evento, sino que en algunos casos pueden atenuarla. La expansión del área de cultivo observada para dicho periodo sugiere la posible alteración del clima regional, haciendo necesaria una planificación que considere su impacto en el hidroclima, tanto en la zona de avance como en zonas remotas. Sin embargo, estos resultados deben ser tomados como preliminares hasta que se hayan completado simulaciones complementarias.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo con el apoyo de una beca doctoral de CONICET, y los proyectos UNL CAI+D 2016 50020150100005LI y CRN3095 del Inter-American Institute for Global Change Research (IAI).

REFERENCIAS

Chen, F.; Dudhia, J. 2001. Coupling an advanced land surface–hydrology model with the Penn State–NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. Mon. Weather Rev. 129(4):569-585.

García, P. E.; Menéndez, A. N.; Podestá, G.; Bert, F.; Arora, P.; Jobbágy, E. 2018. Land use as possible strategy for managing water table depth in flat basins with shallow groundwater. Int. J. River Basin Man. 16(1):79-92.

Jobbágy, E. G.; Nosetto, M. D.; Santoni, C. S.; Baldi, G. 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. Ecol. Austral. 18(3):305-322.

Lee, S. J.; Berbery, E. H. 2012. Land cover change effects on the climate of the La Plata Basin. J. Hydrom. 13(1):84-102.

Müller, O. V.; Berbery, E. H.; Alcaraz-Segura, D.; Ek, M. B. 2014. Regional model simulations of the 2008 drought in southern South America using a consistent set of land surface properties. J. Climate, 27(17):6754-6778.

Paruelo, J. M.; Guerschman, J. P.; Verón, S. R. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. Ciencia Hoy 15(87):14-23.

Sirimarco, X.; Barral, M. P.; Villarino, S. H.; Laterra, P. 2018. Water regulation by grasslands: A global meta-analysis. Ecohydrology, e1934, 1-9.

Spennemann, P. C.; Saulo, A. C. 2015. An estimation of the land-atmosphere coupling strength in South America using the Global Land Data Assimilation System. Int. J. Climatol. 35(14):4151-4166.

Suni, T.; Guenther, A.; Hansson, H. C.; Kulmala, M.; Andreae, M. O.; Arneth, A.; Kabat, P. 2015. The significance of land-atmosphere interactions in the Earth system—iLEAPS Achievements and Perspectives. Anthropocene 12:69-84.

PERSPECTIVA DE PRONÓSTICO A MEDIANO PLAZO DEL CONTENIDO 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. Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, Pabellón II, 2do. Piso, C1428 EGA, Ciudad Autónoma 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, C1428EGA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina*
[4] *Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martin 4453, C1417DSE, Buenos Aires, Argentina*

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

Palabras clave: balance hídrico; pronóstico estadístico; forzantes climáticos

INTRODUCCIÓN

El uso de pronósticos estadísticos climáticos en la planificación agrícola permite mitigar el riesgo de futuras condiciones adversas o aprovechar las condiciones favorables. Los pronósticos climáticos estacionales que provienen de diversas instituciones producen un pronóstico regional consensuado de lluvias y temperaturas que típicamente abarca los siguientes tres a seis meses. El objetivo de este trabajo es proponer una metodología de pronóstico estadístico de escenarios de disponibilidad de agua del suelo en la región pampeana, donde entre las principales especies de cultivos que se siembran en la región se encuentran el trigo, el maíz, la soja y el girasol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboró una base de datos mensuales estimados de la reserva de agua en el suelo (RES) para el mes de octubre, abarcando el período de registro más completo (1950-2017), sobre 34 estaciones meteorológicas localizadas en la región pampeana, a partir del modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (Fernández Long *et al.*, 2012). La información original proviene de diferentes fuentes, como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario (INTA).

Se regionalizó el área de estudio explorando con algunos métodos de agrupamiento en busca de aquel que proporcionara una clasificación objetiva y estable. La técnica más satisfactoria resultó ser la introducida por Ward (1963), mediante la cual distinguimos cuatro regiones o clusters (Figura 1).

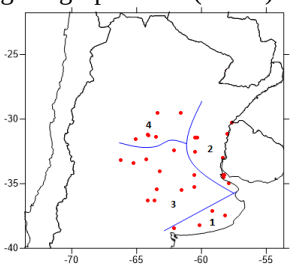


Figura 1. Clusters o agrupamientos y estaciones utilizadas (puntos rojos).

La RES estimada fue correlacionada con distintas variables atmosféricas y de superficie que están vinculadas con la precipitación y la temperatura y por lo tanto inciden en el valor de la humedad en el suelo (Stoll *et al.*, 2020). Se utilizaron los NCEP-NCAR Reanalysis (Kalnay *et al.*, 1996). Las variables utilizadas corresponden a valores medios mensuales de alturas geopotenciales en 1000 hPa, 500 hPa y 200 hPa, (hgt1000, hgt500 y hgt200, respectivamente), viento zonal y meridional en 850 hPa (u850 y v850), temperatura de la superficie del mar (sst) y contenido de agua precipitable (tcw). Los modelos estadísticos de pronóstico de RES se diseñaron aplicando regresión múltiple lineal con la metodología backward stepwise, y se analizó su eficiencia con estadísticos como el coeficiente de correlación cuadrado ajustado (R_{adj}^2, el valor más alto) y la crosvalidación (CV, el menor valor).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los predictores con significancia física que influyen sobre la RES uno o dos meses previos al mes de Octubre (por razones de espacio no se muestran las áreas específicas que refieren) y los valores de R_{adj}^2 y CV.

Tabla 1. Conjuntos de predictores atmosféricos y oceánicos incorporados en los modelos de los cuatro cluster o agrupamientos, y sus respectivos CV y R_{adj}^2

Cluster	Conjunto de predictores	CV	R^2 Ajustado
1	hgt200, sst	233,13	0,33
2	hgt1000, v850, sst, tcw	74,34	0,71
3	hgt200, hgt500, hgt1000, v850	193,79	0,68
4	hgt200, hgt500, hgt1000, u850, tcw	170,00	0,67

Para la verificación de los modelos, se clasificaron los valores de RES estimados y los pronosticados para condiciones extremas mayores y menores a los terciles superior e inferior, respectivamente (sobre y subestimaciones) y condiciones normales. Según estos datos, los modelos representaron en más del 50% de los casos un valor que estaba en la misma categoría que el valor observado (Figura 2).

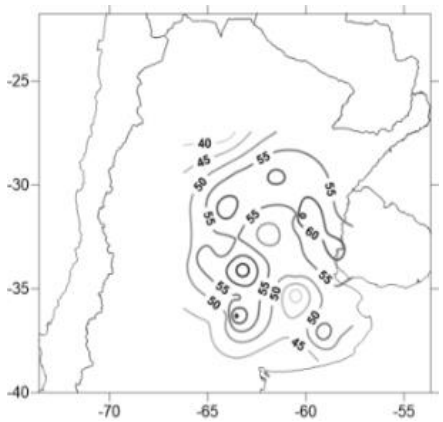


Figura 2. Porcentaje de aciertos

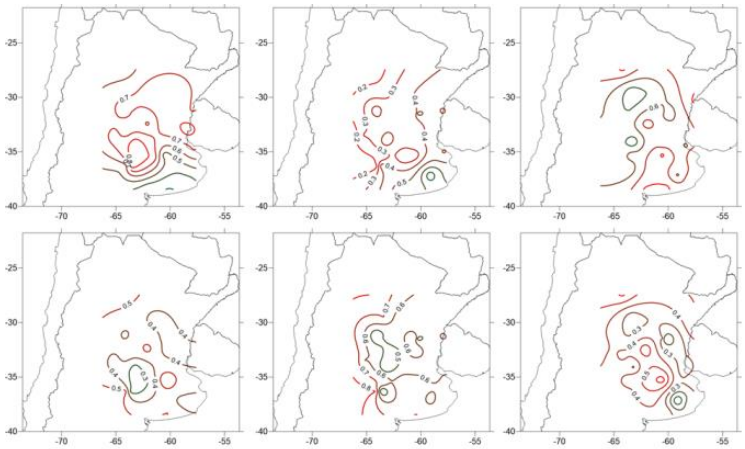


Figura 3. Arriba**:** Campos de Probabilidad de Detección (POD) de las categorías determinadas en terciles: Subnormal (izquierda), Normal (centro) y Sobrenormal (derecha) (mejor valor igual a 1). Abajo: relación de falsa alarma (FAR) para las mismas categorías. El color de las isolíneas señala cuan bien (verdes) o cuan mal (rojas) verifican los modelos.

CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio es sondear la perspectiva de un pronóstico a mediano plazo del contenido de agua del suelo en la región pampeana. Los resultados son alentadores e incitan a seguir trabajando, profundizando el análisis de los predictores y de las metodologías de modelado estadístico con el fin de mejorar los resultados, así como extender el estudio a un mayor período del año.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al SMN y a l INTA, y a los proyectos UBACYT 2017-2019 20020160100009BA y 2018-2020 20620170100012BA por la financiación.

REFERENCIAS

Fernández Long, M. E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. M. 2012.Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). Revista Agronomía & Ambiente 32(1-2):31-47.

Kalnay *et al.*,1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bull. Amer. Meteor. Soc. 77:437-470.

Stoll Villarreal, L.; González, M. H.; Rolla A. L.; Castañeda M. E. 2020. Beginning of Desertification in the Southern Buenos Aires and the Predictability of Soil Water Content Index. In: Land Use Changes: Management and Applications (Agriculture Issues and Policies) (Inglés). Vinicius Santos Alves (Editor). Nova Science Publishers Inc. ISBN-10: 1536170321. ISBN-13: 978-1536170320

Ward, J. H. 1963. Hierarchical groupings to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58:236-244.

INFLUENCIA DE LOS DÉFICIT DE PRECIPITACIÓN SOBRE LOS EXTREMOS CÁLIDOS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA EN ARGENTINA

Collazo*, S.M.[1]; Barrucand, M.G.[1,2]; Rusticucci, M.M.[1,2,3]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, CP 1427, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, CP 1425, Argentina*
[3] *Unidad Mixta Internacional, Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (UMI-IFAECI), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina*

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

Palabras clave: sequías; regresión cuantílica; eventos de bloqueo

INTRODUCCIÓN

Para el pronóstico estacional y las proyecciones climáticas, las condiciones del suelo se han convertido en un factor muy importante debido a su capacidad de almacenar de calor y humedad (Jaeger y Seneviratne, 2011). El presente estudio tiene como objetivo analizar la influencia de la humedad del suelo en la ocurrencia de días cálidos de verano en Argentina (al norte de 40°S). En particular, se estudia la sensibilidad de los días cálidos al efecto conjunto de las condiciones de sequía y los eventos de bloqueo para el período 1970-2015, ya que ambos mecanismos se identificaron previamente como predictores relevantes (Collazo *et al*., 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio utilizamos datos diarios de temperatura máxima y precipitación observados para 83 estaciones meteorológicas de Argentina (norte de 40°S) en el período 1970-2015 proporcionados por el Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de Argentina. El índice de días cálidos (TX90) se calculó como el porcentaje de días en el mes con temperatura máxima superior al percentil 90 estimado en el periodo base 1981-2010. Luego, se obtuvo el promedio trimestral de verano el cual llamaremos TX90 DEF.A partir de los datos de precipitación estimamos el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) como indicador de la humedad del suelo en diferentes escalas de tiempo. Para evaluar la influencia de las condiciones espaciales generales de la humedad del suelo, calculamos el primer componente principal de los índices SPI (PC1 SPI). Finalmente, el índice de bloqueo en 70°O (B70) se estimó utilizando viento zonal de 500 hPa en 30, 45 y 60°S del NCEP/NCAR Reanálisis 1. Para evaluar el efecto de la humedad del suelo sobre la frecuencia de los extremos cálidos, se aplicó la regresión cuantílica. Esta metodología nos permite estimar el impacto de una variable en las colas de la distribución de otra. Para cada estación se estimó la pendiente del percentil 90 entre TX90 DEF y el PC1 SPI y se la testeó utilizando un método de bootstrap recomendado por Hao y Naiman (2007), ya que no requiere ninguna suposición a priori de la distribución de datos. Previo a cualquier cálculo, las tendencias de las series temporales se han filtrado. Luego se analizó la sensibilidad de los días cálidos al efecto conjunto de la sequía y los eventos de bloqueo en distintas subregiones del área de estudio mediante el cálculo de regresiones lineales. Las condiciones del suelo se clasificaron en tres categorías (seco, normal y húmedo) de acuerdo con los terciles de las PC1SPIs.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pendiente de la regresión cuantílica del percentil 90 entre el índiceTX90 DEF y PC1 SPI de noviembre muestra que la PC1 de los índices SPI9 y SPI12 influye en la frecuencia más alta de días cálidos, principalmente en el centro y sureste de la región de estudio. En todos los casos, las pendientes significativas son negativas, es decir, que las sequías prolongadas y generalizadas aumentarán la probabilidad de ocurrencia de extremos cálidos (Figura 1).

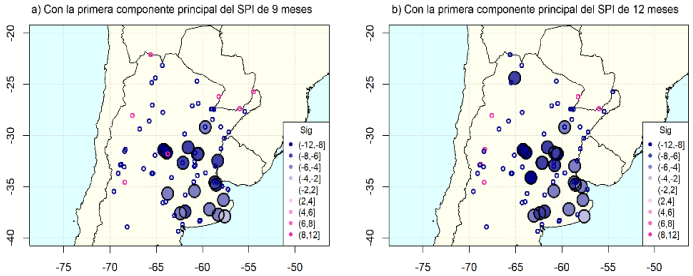


Figura 1. Pendiente de la regresión cuantílica para el percentil 90 entre los días cálidos de verano y los diferentes índices PC1 SPI de 9 meses (a) y 12 meses (b) de noviembre. Los puntos llenos indican pendientes significativas con un nivel de confianza del 95%.

Al analizar la sensibilidad de los días cálidos al efecto conjunto de la sequía y los eventos de bloqueo mediante la regresión lineal simple, los resultados más relevantes se obtuvieron clasificando los eventos secos de acuerdo con el índice PC1 SPI6 (Figura 2 a,b,c) y PC1 SPI9 (Figura 2 d,e,f,g,h). Bajo condiciones de sequía extendidas espacialmente, existe una dependencia lineal significativa entre los días calurosos y los bloqueos (la ocurrencia de eventos de bloqueo tenderá a inhibir la ocurrencia de extremos cálidos a pesar de las condiciones secas). En contraste, los casos húmedos no tienen ninguna sensibilidad al índice de bloqueo.

Estos resultados concuerdan con Quesada et al. (2012), quienes afirman que la temperatura máxima es sensible a la circulación atmosférica durante los déficits de precipitación debido a la respuesta de no linealidad del balance de energía superficial a la humedad y radiación del suelo. En condiciones soleadas, los suelos secos inducen el desarrollo de feedbacks positivos que favorecen las temperaturas extremas. En presencia de una mayor nubosidad, esta retroalimentación se inhibe (ya que hay menos radiación de entrada y, por lo tanto, menos energía disponible para evaporarse). Relacionado con eso, Alessandro (2014) mostró que los eventos de bloqueo a 70°O producen un aumento de la precipitación al norte de 38°S en el verano. En síntesis, la asociación entre sequías y eventos de bloqueo se puede resumir de la siguiente manera:

- Sequía + Bloqueo = - TX90 DEF (se inhibe la retroalimentación de la atmósfera del suelo)
- Sequía + NO bloqueo = ++ TX90 DEF (la retroalimentación de la atmósfera del suelo se amplifica)

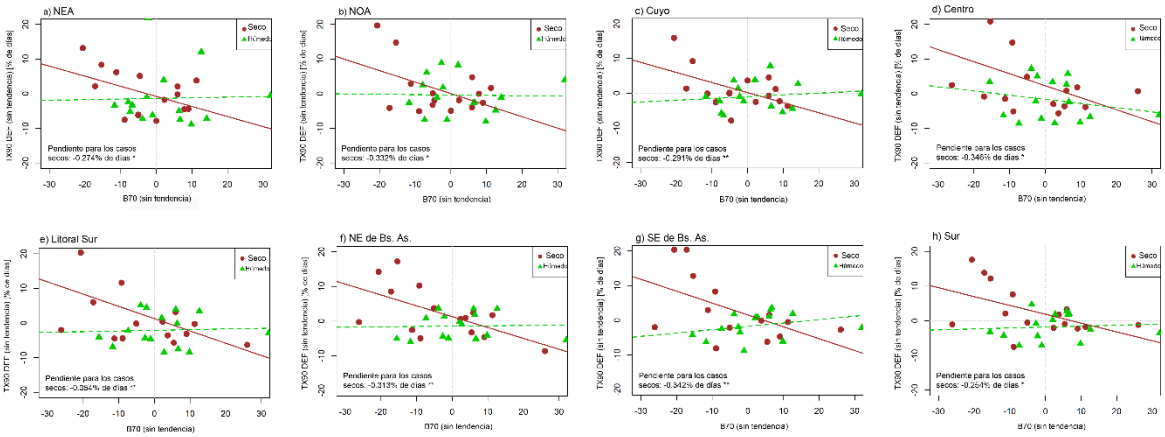


Figura 2. Regresión lineal entreTX90 DEF, promediada en cada subregión, y el índice B70 de noviembre para los quince eventos más secos y quince más húmedos clasificados según PC1 SPI6 (a, b, c) y PC1 SPI9 (d, e, f, g, h) Eventos secos (marrón) y eventos húmedos (verde). Pendientes de los casos secos específicos al 10% (*) y al 5% (**).

CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio es explorar y profundizar la relación entre los extremos cálidos del verano de temperatura máxima y las condiciones de humedad del suelo en Argentina. Las sequías prolongadas y espacialmente extensas favorecen la alta ocurrencia de TX90, principalmente en el sureste de la región de estudio. Este resultado es muy relevante para mejorar la previsibilidad del calor extremo en una de las principales zonas de producción agrícola del país. Luego, encontramos evidencia de que la frecuencia de días cálidos se asocia con eventos de bloqueo en años secos, pero no en años húmedos. Dado que los eventos de bloqueo favorecen la lluvia, la retroalimentación que tiene lugar entre la temperatura y la humedad del suelo cuando se registran déficits de precipitación se debilitará parcialmente por la ocurrencia de lluvia causada por el bloqueo. Por otro lado, en condiciones de precipitación excesiva, la aparición o no de bloqueos no afectará en gran medida las condiciones del suelo ya húmedo. Los resultados sugieren que la previsibilidad de los días cálidos de verano podría mejorarse considerando el efecto conjunto entre la sequía y los eventos de bloqueo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al SMN, el INTA y los proyectos CONICET PIP 0137y UBACyT 2018 20020170100357BA

REFERENCIAS

Alessandro, A.P. 2014. Incidence and trend of blocking action situations on the temperature and precipitation in Argentina. Atmosfera 27 (2):141-163. doi: 10.1016/S0187- 6236(14)71106- 3.

Collazo, S.; Barrucand, M.; Rusticucci, M. 2019 Summer seasonal predictability of warm days in Argentina: statistical model approach. Theoretical and Applied Climatology. DOI: 10.1007/s00704-019-02933-6.

Hao, L.; Naiman, D. 2007. Quantile Regression. Thousand Oaks, https://methods.sagepub.com/book/quantile-regression.

Jaeger, E. B.; Seneviratne, S. I. 2011. Impact of soil moisture-atmosphere coupling on European climate extremes and trends in a regional climate model. Climate Dynamics 36: 1919-1939. doi: 10.1007/s00382-010-0780-8.

Quesada, B.; Vautard, R.; Yiou, P.; Hirschi, M.; Seneviratne, S.I. 2012. Asymmetric European summer heat predictability from wet and dry southern winters and springs. Nat. Clim. Change 2:736-741.

PERCEPCIÓN Y PROCESOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREAS RURALES Y URBANAS DE LA PRINCIPAL ZONA TABACALERA DEL VALLE DE LERMA EN LA PROVINCIA DE SALTA

Cravero*, S.A.C.; Rangeon, N.I.; Colina Manresa, M.; Huaranca, L.L.; Romero, L.F.; Condorí, M.; López, A.C.; Sandoval, D.E.; Soulé Gómez, L.F.; Burgos, C.S.

Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150, Salta, 4.400, Argentina

Contacto: saccravero@gmail.com

Palabras clave: noción de clima, manifestación del cambio climático

INTRODUCCIÓN

Las ciencias naturales explican y entienden el clima como el estado medio de la atmósfera en un lugar y periodo de tiempo determinado, con sus cambios e interacciones con el mar y el continente. Desde el punto de vista de las ciencias sociales, la noción de clima es una construcción cultural resultante de la forma en que los individuos perciben e interpretan los eventos meteorológicos y climáticos que ocurren a su alrededor por lo que, en esa conceptualización del clima y sus variaciones intervienen aspectos culturales, espaciales e históricos (Mariño, 2011). En este trabajo se estudia la percepción de las manifestaciones del Cambio Climático (CC), sus causas e impactos en zonas rurales y urbanas de la principal área tabacalera del Valle de Lerma, contrastadas con el análisis de los registros climáticos disponibles en la región a fin de corroborarlas. Es interesante realizarlo en esta zona ya que en ella se desarrolla una importante producción agropecuaria, sobre todo tabacalera, en fincas ubicadas alrededor de centros urbanos en crecimiento. En un trabajo similar realizado en el Chaco salteño se observó que los productores implementan acciones directas para hacer frente a fenómenos climáticos complejos con medidas de adaptación espontánea ante el clima cambiante (Cravero y Huaranca, 2018). La importancia de relevar información acerca de las percepciones de los habitantes de una región reside en que la adaptación al CC será asumida por las personas a nivel local, y ésta podrá ser reactiva si ya está instalado el factor que promueve el cambio, o preventiva, si ese factor se advierte en forma temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra emplazada en el sector suroeste del Valle de Lerma, en la provincia de Salta y comprende los centros urbanos y sistemas productivos agrícolas tabacaleros de los municipios de Rosario de Lerma, Campo Quijano, Cerrillos y La Merced. Para generar información primaria relativa a las percepciones sociales sobre los impactos del CC en la región se realizaron 113 encuestas en el área urbana y 27 en la rural. En el segundo caso el número de encuestas fue menor al tamaño de muestra calculado según el método de (Murray y Stephens, 2005) debido al aislamiento social, preventivo y obligatorio establecido por decreto ante la pandemia por Covid19. Las encuestas fueron estructuradas para recoger información sobre datos generales de las personas informantes, su percepción acerca del cambio y variabilidad climática, causas y efectos en sus actividades productivas y/o formas de vida, nivel de conocimiento sobre el CC y, medidas que aplican para adaptarse. Por otro lado, se analizaron los registros meteorológicos de la estación agrometeorológica de la EEA INTA Cerrillos organizados en una base de datos, la que comprende los últimos 50 años (1969-2019). Mediante tratamiento estadístico se caracterizó el comportamiento medio de las principales variables climáticas y se analizaron las tendencias de los últimos años de temperaturas medias, máximas y mínimas medias y, precipitación. A efectos de corroborar e interpretar la percepción de los pobladores, se contrastó la información proveniente de las encuestas con la información climática, incluyendo en el análisis las dinámicas de adaptación espontánea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general puede decirse que las encuestas urbanas fueron respondidas en un 57 % por mujeres y las rurales en un 100 % por hombres. En su mayoría las respondieron personas de 26 a 55 años, entre las que predominan aquellas que han concluido los estudios secundarios. Del total de encuestados, más del 85% afirmó que el clima ha venido cambiando, especialmente en los últimos 10 años. Respecto a las variables que cambiaron, la mayoría percibe aumento en la temperatura, y en segundo lugar aumento de la precipitación. Este resultado evidencia percepciones y opiniones generalizadas en torno a la incertidumbre sobre el actual comportamiento de las lluvias y la temperatura, lo cual de acuerdo con (Correa, 2011) se convierte cada vez más en un tema obligado de conversación entre la gente. Los encuestados manifestaron que*"...el clima es muy cambiante, un ratito hace frío, al rato no; hay cambios de temperatura repentinos; clima muy cambiante, demasiado calor, después llueve y se pone frío; en verano hace un poco de frío y en el invierno un poco de*

calor…" El análisis de los datos climáticos de Cerrillos permitió establecer que las temperaturas tienen clara tendencia al aumento (sobre todo las medias y las mínimas medias), las precipitaciones en cambio no muestran una tendencia marcada, lo que permite documentar con datos las percepciones locales. La temperatura media tiene tendencia en aumento (Figura 1), analizados los datos de temperaturas mínimas y máximas medias se advierte que esto se debe sobre todo al aumento de las mínimas, (Cravero y Viscarra, 2008) y (Hurtado *et al*., 2008) encontraron resultados similares para la localidad de Salta ubicada a 15 km. Las temperaturas máximas medias de la localidad de Cerrillos tienen fuerte tendencia positiva en los últimos 10 años, esto podría estar asociado al aumento del grado de urbanización y cambios naturales o artificiales del paisaje experimentados en esta zona del valle. La precipitación revela leve tendencia en aumento en el periodo estudiado (1969-2019) que coincide con el de temperaturas registradas (Figura 2). Cuando el análisis se hace para toda la serie de registros disponibles (1934-2019) la tendencia es más clara, y representa en promedio un aumento de 2 mm/año.

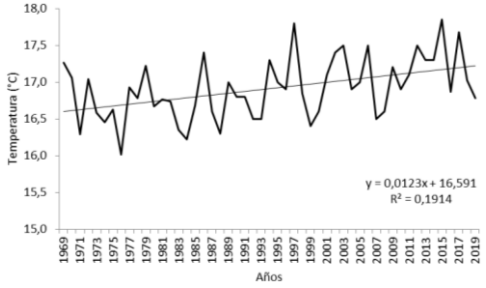


Figura 1. Temperaturas medias Cerrillos (1969-2019)

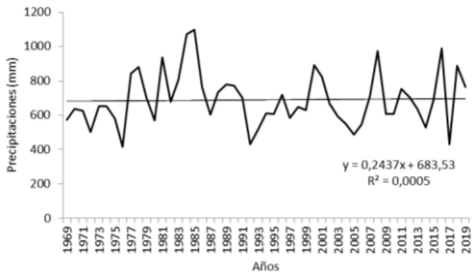


Figura 2. Precipitaciones anuales Cerrillos (1969-2019)

Con respecto a las causas del CC en la región, el 75% de los encuestados urbanos afirmó que éstos vienen ocurriendo por efectos de la deforestación, emisión de gases, crecimiento de la población, aumento de la urbanización y actividad industrial. En la zona rural, el 78% de los encuestados afirmó que éstos ocurren por efectos de la emisión de gases, crecimiento de la población, aumento de la urbanización y en cuarto término, deforestación. En los dos ámbitos, muy pocos asocian los cambios a la agricultura y ganadería o a causas naturales. Frente a estos resultados vale la pena destacar que todos reconocen el origen de los cambios en acciones antrópicas y la mitad o más de ellos lo ven como un problema actual. En general son personas informadas, más del 80 % ha escuchado hablar de CC, la mayoría en TV, redes sociales y periódicos. Sin embargo, la mayoría reconoce que no está suficientemente informado sobre el tema. Según el 70% o más de los encuestados los cambios han sido negativos, los urbanos reconocen impactos importantes en la salud humana, y medianos en la flora y fauna del lugar. Los productores, perciben impactos en los cultivos, flora y fauna y, en una mayor incidencia de enfermedades en plantas y animales. Se evidencia la relación cercana y directa que tiene el tema productivo y de salud con la cotidianeidad de la gente, ya que son las temáticas que más se relacionaron con los impactos negativos de las variaciones del clima. En cuanto a adaptaciones, en sus hogares han hecho cambios para mejorar la eficiencia de sus electrodomésticos y aclimataron ambientes, pocos han comenzado a hacer reciclado y selección de basura. Entre los productores, el 63 % hace rotación de cultivos, 30 % sistematización de riego y organización con otros productores, 22 % practica diversificación productiva y un 15 % reconoce no haber implementado nuevas prácticas.

CONCLUSIONES

La mayoría de los encuestados percibe que el clima ha cambiado, sobre todo en las temperaturas, produciendo cambios negativos a sus actividades e impactando en su bienestar. Los resultados no evidencian grandes diferencias al comparar percepciones y opiniones de poblaciones urbanas y rurales frente al CC. Puede deberse a las características de la zona donde las fincas se ubican alrededor de centros urbanos en constante crecimiento y, a que muchos de los productores tabacaleros viven en la zona urbana. El trabajo realizado en el Valle de Lerma despierta nuevos interrogantes a nuestra investigación. Entendemos que la noción de CC es una construcción socio-cultural y, sería interesante ahondar en las percepciones de los grupos representativos de esta área para interpretar los sentidos que se construyen en torno a ella y así, entender y diseñar las estrategias adaptativas.

REFERENCIAS

Correa, S. 2011. El clima: conocimientos, creencias, prácticas y percepciones de cambio en el Darién, Caribe Colombiano. En: Ulloa, A. (ed). Perspectivas culturales del clima. Biblioteca abierta: Perspectivas Ambientales. 575 pp.

Cravero, S.A.C; Huaranca, L. 2018. Percepción y procesos de adaptación al cambio climático en productores agropecuarios del Chaco salteño. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología, Villa Merlo, San Luis, Argentina.

Cravero, S.A.C.; Pérez Viscarra, S. 2008. Variabilidad y tendencia de los principales índices agroclimáticos en localidades de la provincia de Salta. XII Reunión Argentina de Agrometeorología, San Salvador de Jujuy, Argentina.

Hurtado, R.; Fernández Long, M.E.; Serio, L. Tendencias de las temperaturas máximas y mínimas en el Noroeste argentino. XII Reunión Argentina de Agrometeorología, San Salvador de Jujuy, Argentina.

Mariño, N. 2011. Reflexiones sobre la perspectiva cultural en las políticas de cambio climático en Colombia: un acercamiento al análisis cultural y espacial de las políticas públicas.

Murray R.S; Stephens L.J. 2005. Estadística 3º Edición. Editorial Mc Graw Hill. México, D.F. México. 577 pp.

EVALUACIÓN DE PATRONES ATMOSFÉRICOS CRÍTICOS PARA LA OCURRENCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL NOROESTE DE LA PATAGONIA ARGENTINA

Dankiewicz*, V.[1,2]; Rusticucci, M.M.[1,2,3]; Collazo, S.M.[1]

[1]*Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (DCAO/FCEN-UBA), Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina*
[3] *Instituto Franco Argentino Sobre Estudios de Clima y Sus Impactos (UMI-IFAECI), CNRS, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria Pab II, 1428 Buenos Aires, Argentina*

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

Palabras clave: índice meteorológico de riesgo de incendios; modelos climáticos globales; proyecciones de forzantes

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son un fenómeno global y resultan de complejas interacciones entre las condiciones del tiempo y el clima, las fuentes de ignición y el ser humano (de Torres Curth *et al*., 2008). Comprender estas relaciones contribuirá al desarrollo de estrategias de gestión para su mitigación y adaptación (Bedia *et al*., 2014). En el contexto del cambio climático, se espera que las condiciones de peligro de incendio aumenten en muchas regiones del mundo debido a los cambios proyectados en el clima (IPCC, 2012), siendo el noroeste de la Patagonia Argentina un área muy sensible a estos cambios (de Torres Curth *et al*., 2008). Los modelos predictivos de cambio climático muestran un aumento en las temperaturas y la ocurrencia de sequías más intensas, lo cual podría incrementar la frecuencia de grandes incendios (Westerling, 2008). Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es analizar la posible influencia del cambio climático en la distribución estadística de algunos patrones atmosféricos relacionados con el riesgo de incendios en la Patagonia argentina noroccidental. Particularmente, se tomó el índice meteorológico de riesgo de incendios (FWI por sus siglas en inglés: Fire Weather Index) como representativo de la peligrosidad media de la temporada de incendios de la región de estudio (Dentoni y Muñoz, 2012; Marcuzzi, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos se obtuvieron a partir de dos modelos climáticos globales (MCGs), CSIRO-Mk3-6-0 y GFDL-ESM2G y el ensamble multimodelo del CMIP5 que provee el KNMI Climate Explorer, en el experimento histórico y en dos trayectorias de concentración representativas: RCP2.6 y RCP8.5. El estudio se realizó en la temporada de incendios (TI) de la región (Figura 1), de septiembre a abril, y se dividieron los datos en 5 períodos de 20 años cada uno, un período histórico (1986-2005), que se comparó con los períodos futuro cercano (2021-2040), medio (2041-2060), lejano (2061-2080) y muy lejano (2081-2100). Se calculó la media y la varianza de cada período, y luego la diferencia de medias y varianzas de cada período futuro respecto al histórico para los campos compuestos mensuales medios de la TI de algunos de los principales forzantes de los incendios: temperatura de superficie del mar en la región del índice EN3.4 (TSM EN3.4), anomalías de presión a nivel del mar (PNM), anomalías de temperatura del aire en superficie (TAS), el índice de la Oscilación Antártica (AOI) y la precipitación acumulada mensual (PR). Las anomalías se calcularon respecto de 1981-2010. Se aplicó un análisis con un nivel de significancia del 5% y del 10% para la diferencia de medias y varianzas de los 4 períodos futuros respecto del histórico, con el Test de Student y el Test de Bartlett respectivamente. Se realizaron boxplots para representar los cambios en la distribución. Finalmente, se calculó el coeficiente de correlación parcial para determinar el aporte independiente de cada variable atmosférica al FWI.

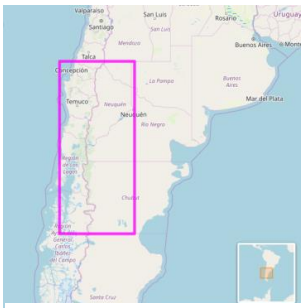


Figura 1. Región de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación entre el periodo histórico y las proyecciones del escenario RCP8.5 de los valores medios de los forzantes del riesgo de incendio mostró una disminución de la PR y un incremento en la TAS en todos los períodos futuros (Figura 2 a-b) y de la PNM para 2081-2100 significativas al 5%, lo cual implicaría un mayor riesgo de incendios. El índice AOI no mostró consenso, aunque el GFDL-ESM2G y el ensamble coincidieron en mostrar un aumento del mismo para el escenario RCP8.5 en el futuro lejano y muy lejano que incidiría en un incremento de la peligrosidad de incendios. Esto se debe a que la fase positiva de la Oscilación Antártica está asociada con un desplazamiento hacia el polo de los vientos del oeste y de los sistemas de tormentas, lo cual conlleva a una disminución de las precipitaciones (Aravena y Luckman, 2009) y un

incremento de las temperaturas en la Patagonia (Garreaud *et al*., 2009). En el escenario RCP2.6, sólo la TAS muestra influencia significativa al 5%, conducente a un aumento del riesgo entre 2021 y 2060 respecto al período histórico, pero es contrarrestada por la influencia contraria de la TSM EN3.4 para los mismos períodos en este escenario. Hubo consenso entre los dos MCGs y el ensamble en cuanto a un aumento en las medias de la TSM EN3.4 en el futuro cercano y medio del RCP2.6 y en los cuatro períodos futuros del RCP8.5 que sugieren que el riesgo de incendios podría disminuir a futuro por la mayor ocurrencia de eventos El Niño, ya que en el norte de la Patagonia están asociados a su vez con mayor precipitación (Garreaud *et al*., 2009). Sin embargo, no se pudo determinar si este aporte es mayor que el de las demás variables ya que el coeficiente de correlación parcial calculado no resultó significativo con el 95% de confianza. Los coeficientes de correlación parcial fueron en todos los casos cercanos a cero y no significativos al 95% de confianza. Respecto del análisis de varianzas en su mayoría no se obtuvieron resultados significativos, ni al 95 ni al 90% de confianza. Asimismo, se observó que el rango intercuartil, otra medida de dispersión de los datos tampoco presenta grandes variaciones para los distintos períodos (Figura 2 a-b).

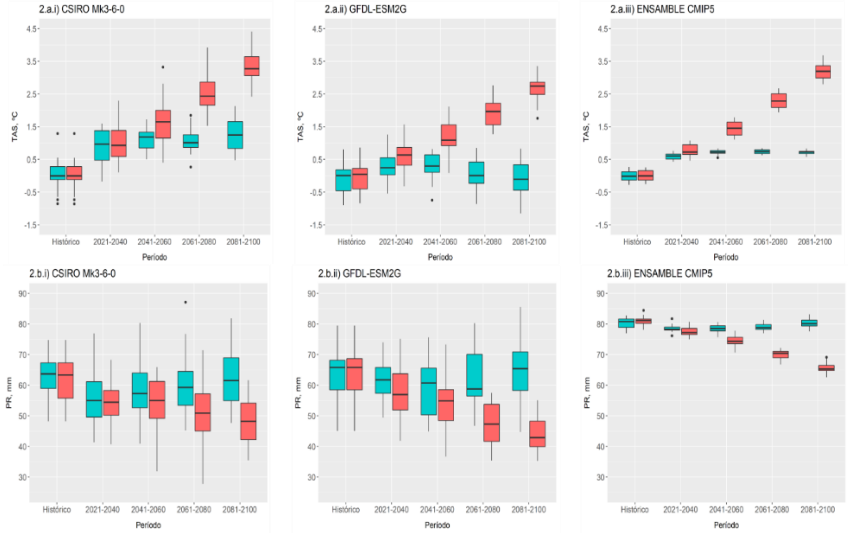


Figura 2. Boxplots de **a.** anomalías de TAS, ºC y **b.** PR, mm medias de la TI entre el período histórico y proyecciones futuras con el RCP2.6 (verde) y RCP8.5 (rosa) con **i)** CSIRO-Mk3-6-0, **ii)** GFDL-ESM2G y **iii)** ensamble multimodelo.

CONCLUSIONES

Entre los forzantes del riesgo de incendios analizados en el presente trabajo la TSM EN3.4 fue la única que podría indicar una reducción del riesgo de incendios a futuro, aunque ninguna variable presentó una contribución significativa respecto de las demás según el coeficiente de correlación parcial. En el escenario RCP8.5 se proyecta un mayor riesgo de incendios por parte de la TAS, la PR, la PNM y relativo del AOI, mientras que en el escenario RCP2.6, sólo la TAS muestra influencia conducente a un aumento, que sería contrarrestada por la influencia contraria de la TSM EN3.4 para los mismos períodos en este escenario. Por lo tanto, en el RCP8.5 podría suponerse que hay una tendencia a un aumento en la peligrosidad de incendios dada la influencia en ese sentido de la mayoría de las variables analizadas, no así en el RCP 2.6 donde no habría cambios significativos en la peligrosidad de incendios.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Conicet PIP 0137, UBACYT 2018 20020170100357BA.

REFERENCIAS

Aravena, J.; Luckman, B.2009. Spatio-temporal rainfall patterns in southern South America. Int. J. Clim. 29:2106-2120.

Bedia, J.; Herrera, S.; Camia, A.; Moreno, J.M.; Gutiérrez, J.M. 2013. Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios. Climatic Change 122:185-199.

de Torres Curth, M.I.; Ghermandi, L.; Pfister, G. 2008. Fires in northwestern Patagonia: their relationship with meteorological conditions and anthropic pressure over a 20 years period. Ecología Austral 18:153-167

Dentoni, M.C.; Muñoz, M. 2012. Sistema de evaluación de peligro de Incendios. Informe técnico nro. 1. Plan Nacional de Manejo del Fuego. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. ISSN: 2313-9420

Garreaud, R.D.; Vuille, M.; Compagnucci, R.; Marengo, J. 2009. Present-day South American climate. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 281:180–195. doi:10.1016/J.PALAEO.2007.10.032

IPCC, 2012. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of WG I y II IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and NY, USA, pp.109-230; 487-542.

Marcuzzi, E.A. 2014. Análisis de los patrones atmosféricos de circulación regional, críticos para la ocurrencia de incendios forestales en la zona cordillerana de la Patagonia Argentina. Tesis de Licenciatura. FCEN, UBA, Argentina.

Westerling, A.L.; Bryant, B.P. 2008. Climate change and wildfire in California. Climatic Change 87:231–249.

VARIABILIDAD DE LAS PRECIPITACIONES DE LA LOCALIDAD DE CAÑADA DE GÓMEZ, PROVINCIA DE SANTA FE

Dickie*, M.J.; Coronel, A.

Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Zavalla, CP 2123, Argentina

***Contacto:** mdickie@unr.edu.ar

Palabras clave: estacionalidad; erosión; intensidad de precipitaciones

INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria en el sur de Santa Fe se realiza principalmente bajo condiciones de secano, por ende, es importante conocer el régimen hídrico zonal, ya que éste es uno de los factores limitantes en la producción de granos y forrajes. A su vez la erosión hídrica es un proceso que produce la desagregación de las partículas del suelo, siendo la agresividad de las precipitaciones el factor principal de esta adversidad.

El trabajo tiene por objetivos: a) determinar la estacionalidad y variabilidad interanual e interdecadal de las precipitaciones y b) determinar la variabilidad de los días con precipitación y los días con precipitaciones mayores a 60 mm, que representan aquellas que producirían un efecto erosivo en el suelo (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron la serie de precipitaciones (P) mensuales y anuales de la localidad de Cañada de Gómez (32°49´S, 61°24´O) en el período 1960 a 2019 y la serie de P diarias en el período 1980-2019. Se calcularon: promedio, desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV), valor mínimo y máximo de las P mensuales para determinar la estacionalidad de las mismas. Se analizó la variabilidad interanual e interdecadal (10 años) de las P anuales y la variabilidad interanual del número de día con P (NDCP). Para evaluar la variabilidad interdecadal de las P anuales se dividió el período 1960 a 2019 en 6 subperíodos (1960-69; 1970-79; 1980-89; 1990-99; 2000-09; 2010-19) y se calculó el promedio, DS y CV para cada uno. Con el fin de analizar las P con mayor riesgo erosivo se obtuvieron los parámetros estadísticos básicos de las P mayores a 60 mm día^{-1} (DCP60) y su variabilidad interanual. Las tendencias se obtuvieron a partir del ajuste por mínimos cuadrados, y su respectivo coeficiente de determinación (R^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se presentan los valores medios de P mensuales 1960-2019, los valores máximos y mínimos de P y sus DS. Se puede observar estacionalidad de las P, ya que comienzan a aumentar a partir del mes de agosto llegando a su valor máximo en marzo, mes a partir del cual disminuyen, siendo julio el mes con menores P. Esta distribución de P corresponde al régimen pluviométrico semi-monzónico, en el cual el 71% de las P ocurren en el semestre cálido octubre-marzo. El semestre frío se caracteriza por presentar mayor variabilidad variando el CV entre 60% en abril y 120% en agosto, mientras que en el semestre cálido el CV varía entre 51% en diciembre y 64% en febrero.

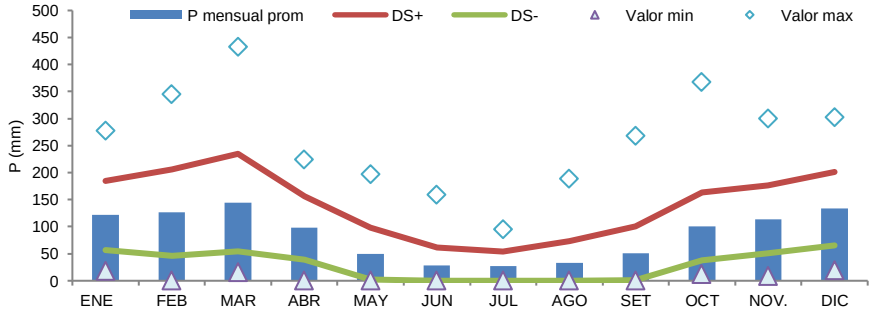


Figura 1. Precipitaciones medias mensuales 1960-2019 y estadísticos calculados.

Las P medias anuales en este período 1960-2019 fueron de 1.028mm (DS 224 mm, CV de 22%), variando entre 571mm en el año 2008 y 1.855 mm en el 2012 (Figura 2). El 51% (49%) de los años presentaron P anuales menores (mayores) al promedio histórico, de los cuales 6 (7) años estuvieron por debajo (encima) del límite inferior (superior) normal de P. Cuando se analiza la tendencia se observa que es positiva pero no presenta significancia (R^2 = 0,035), siendo el incremento de 2,36 mm año^{-1} o 141 mm en todo el período. Doyle *et al.* (2012) muestran que en la mayor parte de la región húmeda de Argentina hubo aumentos de la P de 100 a 200 mm entre 1960 y 2010. En la Figura 2 se observan los valores medios, las DS y CV para cada década. La

década de menor milimetraje fue la 1980-1989 (941 mm) y la de mayor fue el 2010-2019 (1.142mm). Si bien no se determina un patrón definido de crecimiento de las P ni de su variabilidad a lo largo de las décadas analizadas, se observa que en la última década ocurre el máximo valor de P anual 1.855mm (año 2012), dando como consecuencia un aumento de la DS y del CV, o sea de la variabilidad, y un incremento de la P media.

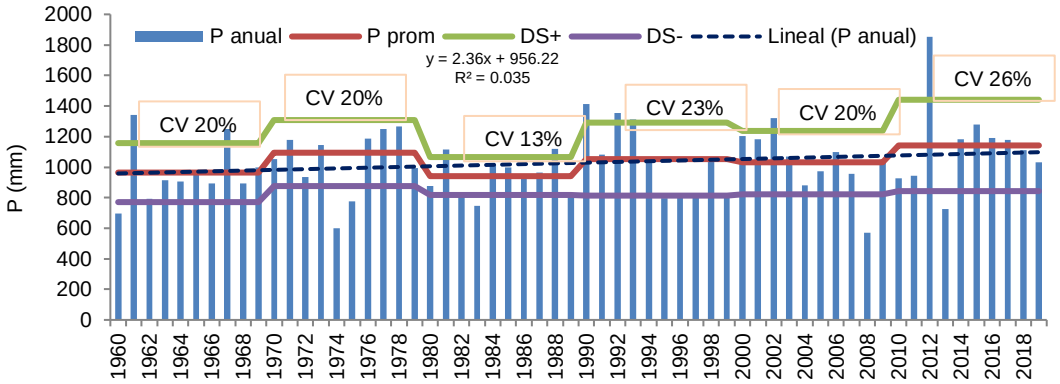


Figura 2. Variabilidad interanual e interdecadal de las precipitaciones anuales con CV por período analizado.

El NDCP medio para el período 1980 al 2019, es de 52 días, variando entre 30 días en 1995 y 73 días en 1980 y 2014. Si bien estos dos últimos años tuvieron la misma cantidad de días con P, el monto anual fue distinto de 875 mm y 1.182mm respectivamente (Figura 3a). Se observa una disminución sostenida desde 1980 hasta 1995, y luego comienza un ascenso menos definido.

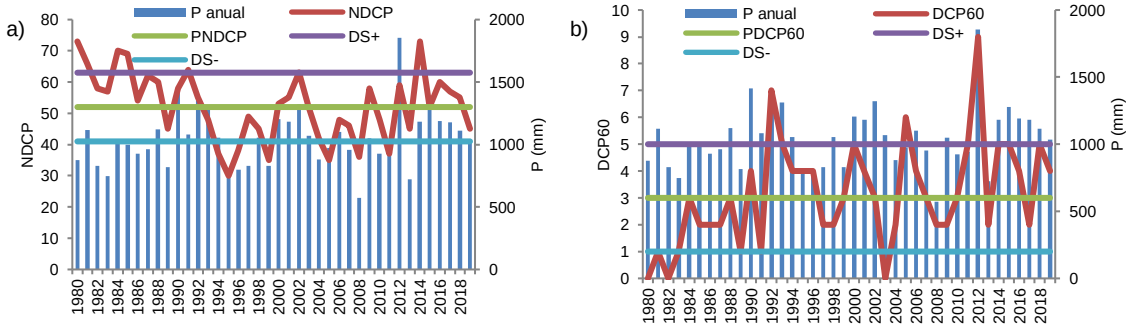


Figura 3. a) Número de días con precipitaciones y precipitaciones anuales, b) Números de días con precipitaciones mayores a 60 mm día^{-1} y precipitaciones anuales.

Del análisis de las P con mayor poder erosivo, en el período 1980-2019, se obtiene que DCP60 presentan un promedio anual de 3 días (DS 2 días; CV: 60%). Los años 1980, 1982 y 2003 no presentaron DCP60 y el año 2012 presentó el valor máximo de 9 días (Figura 3b). Estas variables presentan una significativa variabilidad interanual. Si se comparan NDCP con DCP60 se observa un patrón de comportamiento bien definido en el período 1980-1992 con una disminución de los NDCP y un aumento de los DCP60. Si se acumula DCP60 en las cuatro décadas, se determina un aumento de esta variable de 15 días para la década 1980-1989 a 44 días para la década 2010-2019, evidenciando un aumento en la intensidad de las P en la localidad. Este resultado es coincidente con la tendencia encontrada por Re y Barros (2009).

CONCLUSIONES

Las P anuales de la localidad de Cañada de Gómez presentan variabilidad interanual e interdecadal. Si bien la tendencia a largo plazo de las P no es significativa, se destaca la última década analizada (2010-2019) por un aumento en la variabilidad, en la cantidad acumulada de P, y en DCP60. Asimismo, en esta década ocurre el máximo valor anual en el año 2012.

REFERENCIAS

Doyle, M.; Saurral, R.; Barros, V. 2012. Trends in the distributions of aggregated monthly precipitation over the La Plata Basin. Int. J. Climatol. 32:2149-2162.

Re, M.; Barros, V. 2009. Extreme rainfalls in SE South America. Climatic Change 96:119-136.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2015. Tercera comunicación nacional de la República Argentina a la Convencion Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercera-comunicacion>, Consultado 10/08/2020.

CARACTERIZACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA DE LA CUENCA DE LOS BAJOS SUBMERIDIONALES

Espinosa*, E.L.; Rodríguez, L.; Scioli, C.C.

Centro de Estudios Hidro-ambientales, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, Ruta Nacional Nº168, km 472, Santa Fe, CP 3000, Argentina

***Contacto:** edna.espinosago@gmail.com

Palabras clave: evapotranspiración; precipitación; ciclos húmedos/secos

INTRODUCCIÓN

La extensa cuenca de llanura de los Bajos Submeridionales, BBSS, cubre 54.000 km^2 en las provincias de Santa Fe, Chaco y Santiago del Estero; alberga numerosos humedales y mantiene una intensa actividad agrícola-ganadera. El conocimiento parcial de su comportamiento hidroambiental, la subestimación de su sensibilidad ante las acciones antrópicas, significativa en ambientes de llanura (Kovacs, 1978), y los cambios de uso de suelo, han causado inconvenientes al sistema natural, a la economía regional y al bienestar de la población (MG-Sta. Fe, 2019). A pesar de que las actividades productivas y servicios ecosistémicos están muy influenciados por los extremos climáticos, la caracterización temporal y espacial de la precipitación (P) y la evapotranspiración real (ETR) en los BBSS es reducida y sectorizada. La estimación de promedios espaciales confiables de P requiere contar con adecuada densidad y distribución de observaciones puntuales. Además, tanto el método de análisis de datos puntuales, como el método de interpolación espacial influyen en la estimación de la distribución areal de P (Gupta, 2016). Por otro lado, la medición directa de ETR es compleja y costosa, y las técnicas convencionales de medición en campo limitan la representación de la variación espacial (Hu *et al*., 2015). El objetivo de este trabajo es caracterizar el comportamiento espacio/temporal de P y ETR en los BBSS a escala regional, tanto a escala anual como mensual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se adoptó una región rectangular que excede los límites de la cuenca de los BBSS (Figura 1a). Se recopilaron datos de 101 estaciones pluviométricas pertenecientes tanto a organismos públicos como privados, se realizó el análisis de su consistencia por doble masa, y se rellenaron los datos mensuales faltantes mediante regresión lineal. Extensas zonas carecen de mediciones, por ello, para cubrir dichas áreas y complementar las observaciones, se utilizaron datos de reanálisis de la base de datos GPCC (Global Precipitation Climatology Centre) versión 2018 (Schneider *et al*., 2018). Se obtuvieron mapas de P media anual y mensual utilizando el método de interpolación IDW. Además, se obtuvieron y analizaron las series temporales medias espaciales de la cuenca de P (PB) y del Índice Estandarizado de Precipitación SPI (SPIB), este último para diferentes escalas temporales (3 a 24 meses). Se utiliza SPIB para referirse al SPI de los Bajos Submetridionales.

Ante la inexistencia de mediciones directas de ETR, se utilizaron los datos medidos en la torre Eddy Coraviance más cercana (estación Virasoro de la red de medición FLUXNET) para evaluar información de ETR de las bases de datos GLDAS-2.1, FLDAS, CFSV2, TerraClimate, MOD16A2 y del modelo de Di Bella (2000). Una vez identificada la base de datos más precisa, ésta fue utilizada para analizar la distribución espacial de la ETR media anual y mensual. Además, se obtuvo la serie temporal media espacial de ETR para la cuenca de los BBSS (ETRB).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del análisis de consistencia solo 49 estaciones fueron seleccionadas para analizar P (Figura 1a). Los datos de GPCC utilizados tienden a subestimar P principalmente cuando la P observada supera los 150 mm/mes. No obstante, el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre datos observados y GPCC fue 0.83. Por otra parte, los datos de GLDAS resultaron ser los más precisos en la representación de los datos medidos en campo en Virasoro, por ende, se utilizaron en los BBSS. Como se observa en la Figura 1 (b y c), P y ETR presentan un gradiente predominante en dirección O-E con valores aproximados de 125 mm y 166 mm, respectivamente, cada 100 km. Esto indicaría la dependencia de ETR a la disponibilidad de agua, aunque ETR también está influenciada por la temperatura, de gradiente S-N. El ciclo anual de P y de ETR presenta un carácter monomodal. Las series mensuales de PB y ETRB presentan una sincronía de máximos y mínimos, PB tiene mayor variabilidad con máximos estacionales de mayor magnitud en algunos periodos (Figura 2). En general, entre 2005 y 2009 la P anual fue menor que la P media anual del periodo (1010.2 mm). La ETRB alcanza máximos mensuales superiores a 150 mm en verano, y mínimos invernales de alrededor de 30 mm/mes. El SPIB para una escala temporal de 12 meses permitió identificar un periodo severamente seco entre 01/2008 y 12/2009; un periodo extremadamente húmedo entre 11/2000 y 02/2004; periodos moderadamente húmedos entre 01/2010 y 02/2011 y entre 03/2014 y 12/2016; y periodos moderadamente secos entre 12/2005 y 01/2007 y entre 12/2011y 02/2014.

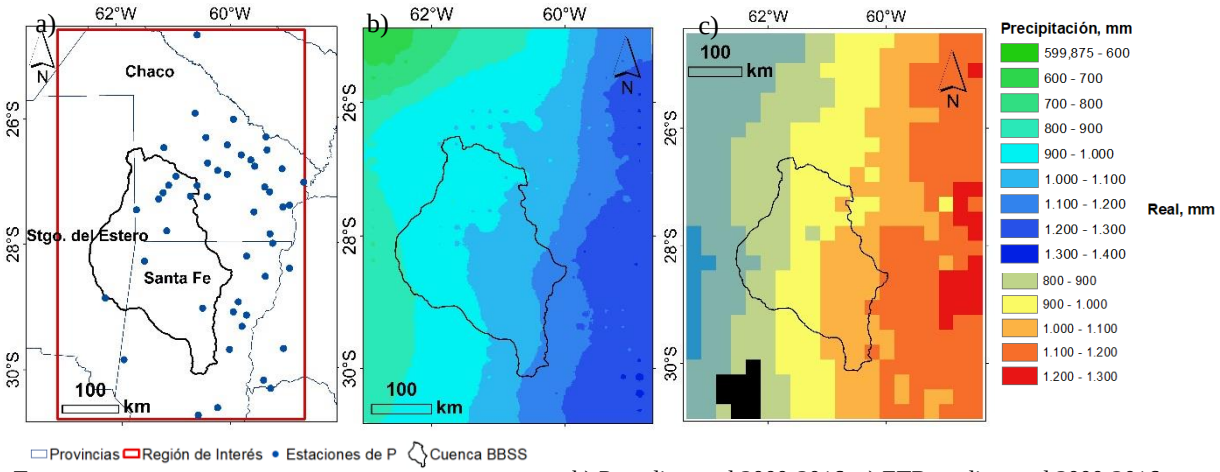


Figura 1. a) Area de estudio y estaciones pluviométricas; b) P media anual 2000-2016; c) ETR media anual 2000-2016.

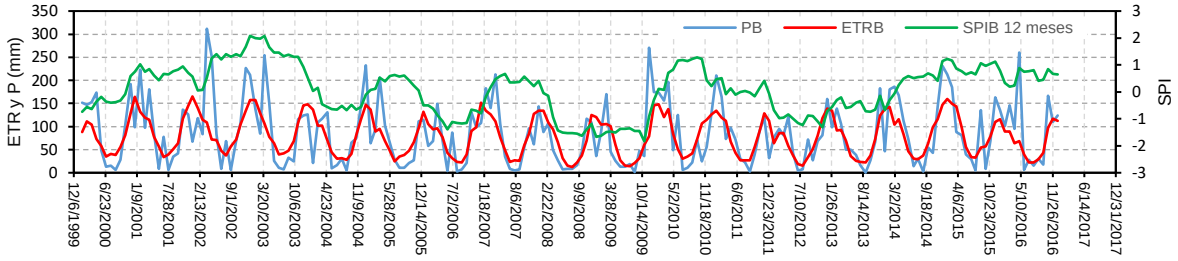


Figura 2. Serie mensual de PB, ETRB y SPIB (12 meses) 2000-2016.

CONCLUSIONES

El uso combinado de datos puntuales y bases de datos debidamente contrastados permitió llenar vacíos de información en áreas extensas de la cuenca de los BBSS. La distribución espacial de P anual mostró un gradiente E-O, disminuyendo desde 1150 mm a menos de 900 mm. La ETR anual mostró un gradiente en igual dirección, aunque con influencia de P y posiblemente de la temperatura. El SPI, junto con P, permitió identificar períodos extremadamente secos/húmedos y su tendencia histórica, que tuvieron gran incidencia en el sector agrícola. Los resultados obtenidos constituyen una valiosa herramienta para la gestión del recurso hídrico y uso del suelo, tanto para organismos públicos como el sector productivo. Además, permiten conocer tendencias históricas.

REFERENCIAS

Di Bella, C.M.; Rebella, C.M.; Paruelo, J.M. 2000. Evapotranspiration estimates using NOAA AVHRR imagery in the Pampa region of Argentina. International Journal of Remote Sensing 21(4):791-797.

Gupta, R.S. 2016. Hydrology and hydraulic systems. Webland Press, Inc. Long Grove, Estados Unidos. 871p.

Hu, G.; Jia, L.; Menenti, M. 2015. Comparison of MOD16 and LSA-SAF MSG evapotranspiration products over Europe for 2011. Remote Sensing of Environment 156:510-526.

Kovacs, G. 1978. Hydrology and water control on large plains. Hydrological Sciences Bulletin 23(3):305-332.

Ministerio de Gobierno, Prov. Santa Fe. 2019. Plan de Manejo Integral de los Bajos Submeridionales Santafesinos.

Schneider, U.; Becker, A.; Finger, P.; Meyer-Christoffer, A.; Ziese, M. 2018. GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 0.25◦: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges Built on GTS-Based and Historical Data. Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) at Deutscher Wetterdienst. doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_025.

CAMBIOS EN LA FLORACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS ORNAMENTALES DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES (ARGENTINA)

Fernández Zapiola*, G.M.; Peretti, M.; Fernández Long, M.E.; Carnelos, D.A.

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

***Contacto:** gfernndez@agro.uba.ar

Palabras clave: cambio climático; arbolado urbano; fenología

INTRODUCCIÓN

La Fenología tiene como propósito el estudio y explicación sistemática y organizada de los cambios en apariencia que los seres vivos experimentan a lo largo de su ciclo anual (Pascale y Damario, 2004). El ritmo de ocurrencia de estos fenómenos cambia de acuerdo con las variaciones meteorológicas acompañantes. Al analizar la acción de los elementos meteorológicos sobre las plantas es posible esbozar un orden de importancia donde se destaca la temperatura del aire (Pascale y Damario, 2004). Se ha relacionado el aumento de la temperatura media global con el adelantamiento de la floración (García-Mozo et al., 2010; Peñuelas et al., 2002). Sin embargo, la temperatura actúa de diversas maneras sobre las plantas.

El inicio fenológico de la primavera se correlaciona muy bien con las temperaturas del aire, la vernalización y las temperaturas cálidas posteriores (Murphy et al., 1999). En los asentamientos urbanos se ha documentado un incremento de la temperatura media anual mayor que el de las áreas circundantes (Karl et al., 1988). Asimismo, se ha encontrado que la isla de calor urbano (ICU) puede ser un factor preponderante en el adelantamiento de las fenofases primaverales (Jeong, 2011). Sin embargo, en la ciudad de Buenos Aires, la ICU no ha sido el factor más importante para explicar los cambios observados en la fase de brotación (Carnelos *et al*., 2019).

El objetivo de este trabajo fue evaluar de qué forma los cambios que se produjeron en el clima de la ciudad en los últimos 60 años afectaron las fechas de floración de un grupo de especies arbóreas ornamentales de importancia paisajística.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de un número de ejemplares del Boletín Fenológico (Boletín Fenológico SMN, 1960) donde se publicaba en forma semestral las fechas de comienzo floración de un extenso número de especies observadas en el Jardín Botánico "Carlos Thays" y en el parque de FAUBA, se seleccionaron 6 especies forestales. Estas habían sido observadas en aquellos años y se encuentran actualmente dentro del parque de la FAUBA.

Sobre estas especies se realizaron observaciones fenológicas desde el año 2014 hasta el 2018, siguiendo el método del Registro Fitofenológico Integral (Ledesma, 1953). Luego, se determinaron las fechas de comienzo, plenitud y fin de floración. La información registrada sirvió para calcular las fechas medias de dichos momentos representativos para el período 2014-2018. Además, se analizó la existencia de tendencias en las temperaturas medias mensuales para el período 1950-2018 con la prueba no paramétrica Mann-Kendall (Kendall, 1948; Mann, 1945). La pendiente de la tendencia lineal se estimó con el método no paramétrico de Sen (Sen, 1968).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fechas medias de comienzo de floración se adelantaron en todas las especies observadas cuando se compararon con los valores históricos de inicio de fase y ese efecto se incrementó con el avance de la primavera (Figura 1). Anteriormente se estableció que la temperatura del aire es el factor de mayor influencia sobre la fenología de las especies vegetales. En la Tabla 1 se presentan los valores de las tendencias en las temperaturas medias mensuales y mínimas medias mensuales analizadas. Para ambas variables y para todos los meses de la época de floración se observan valores positivos y con altos niveles de confianza. En contraste con lo observado para el adelanto en la floración, las tendencias de temperatura no fueron progresivamente mayores con el transcurso de la primavera. Esto indica que no hay un efecto simple de la temperatura y que la respuesta de las especies fue distinta según el momento de la primavera en que florecen.

En la mayoría de las especies se aprecia una superposición de los desvíos estándar entre los períodos actual e histórico. Sólo en *A. julibrissin*, la especie más tardía, el adelanto con respecto al valor histórico superó ampliamente a los desvíos (Figura 1). Estas diferencias en la fecha de comienzo de fase no fueron ratificadas por un análisis estadístico debido a la escasez de datos para varias de las especies examinadas. Sin embargo, los valores, tanto de adelanto en la fecha de floración como de tendencia de las temperaturas, son muy semejantes a los encontrados por estudios de largo plazo y a nivel regional en distintos países de Europa donde se estudió el efecto del aumento de la temperatura del aire sobre la fecha de ocurrencia de las fases fenológicas de cientos de especies de plantas (Ahas y Aasa, 2006; Peñuela*s et al*., 2002).

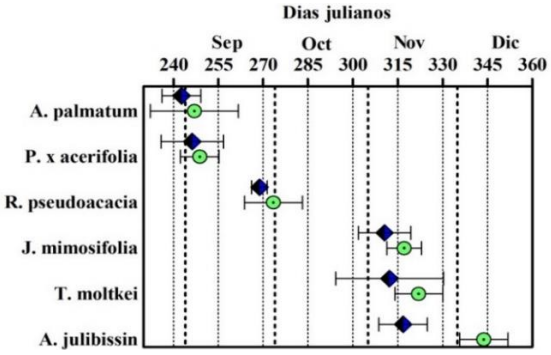


Figura 1. Secuencia fenológica de floración de las especies forestales de septiembre a diciembre para las observaciones actuales y las históricas. Los símbolos centrales indican la fecha media de comienzo de floración y las barras indican el desvío estándar. Los rombos corresponden al periodo 2014-2018 y los círculos al periodo 1947-1956. Las fechas medias para cada especie, y período (2014-2018/1947-1956) son: *A. palmatum*: 243/247; P. x *acerifolia*: 246/249; R. *pseudoacacia*: 269/273; J. *mimosifolia*: 311/317; T. *moltkei*: 312/322; y A. *julibrissin*: 317/344.

Tabla 1. Tendencias de las temperaturas medias mensuales y mínimas medias mensuales correspondientes a la época de floración de las especies observadas para el período 1950-2018. Q representa el valor de la tendencia para cada mes y variable analizada. Se incluye el nivel de significancia asociado: ** α=0,01; *** α=0,001

	Temperaturas medias		Temperaturas mínimas	
mes	Q (ºC/década)	Significancia	Q (ºC/década)	Significancia
Agosto	0,22	**	0,27	**
Septiembre	0,21	***	0,24	***
Octubre	0,25	***	0,31	***
Noviembre	0,21	**	0,22	**
Diciembre	0,26	***	0,36	***

CONCLUSIONES

A pesar de la escasez de datos fenológicos con los que se contaba, se constató un adelanto de la floración de las especies estudiadas, respecto del período histórico, muy similar a lo esperado en base a estudios conducidos en diversas regiones de Europa con extensas series de datos. Estos resultados, si bien no cuentan con validación estadística, indican que los cambios experimentados en el clima de la Ciudad de Buenos Aires desde 1950, que sí fueron estadísticamente significativos, tuvieron un efecto apreciable en las fechas de floración de las plantas. Finalmente, se obtuvieron nuevas fechas medias de floración y su variabilidad asociada para especies presentes, algunas de ellas muy frecuentes, en el arbolado público de la Ciudad de Buenos Aires. Sin embargo, se desconoce si los resultados encontrados son extrapolables a otros ejemplares de la ciudad. En consecuencia, sería un complemento interesante para este trabajo, examinar la respuesta de la fecha de floración en ejemplares del arbolado en alineación. No obstante, estos resultados constituyen una referencia que puede aportar a la gestión del arbolado urbano.

REFERENCIAS

Ahas, R.; Aasa, A. 2006. The effects of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish populations. International Journal of Biometeorology 51(1):17-26.

Boletín. (n.d.). Servicio Meteorológico Nacional, Departamento de Meteorología Agrícola, Div. de Bioclimatología Agrícola,

Carnelos, D.; Zapiola, G.M.F.; Peretti, M.; Long, M.E.F. 2020. Modificaciones del comportamiento fenológico de algunas especies forestales como consecuencia de cambios en el clima de la Ciudad de Buenos Aires (Argentina). Agronomía y Ambiente 39(2): 105-118.

García-Mozo, H.; Mestre, A.; Galán, C. 2010. Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. Agricultural and Forest Meteorology 150(4):575-580.

Jeong, J.H.; Ho, C.H.; Linderholm, H.W.; Jeong, S.J.; Chen, D.; Choi, Y.S. 2011. Impact of urban warming on earlier spring flowering in Korea. International Journal of Climatology 31(10):1488-1497.

Karl, T.R.; Diaz, H.F.; Kukla, G. 1988. Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record. J. Climate 1(11): 1099-1123.

Kendall, M.G. 1948. Rank correlation methods. Rank correlation methods. Oxford, England: Griffin.

Ledesma, N.R. 1953. Registro fitofenológico integral. Meteoros III:81-96.

Mann, H.B. 1945. Nonparametric Tests Against Trend. Econometrica 13(3):245-259.

Murphy, G.M.; Herrera, J.A.; Hurtado, R.H. 1999. Variación temporal y espacial de la disponibilidad de enfriamiento invernal en la ciudad. Revista Facultad de Agronomia 19(3): 219-227.

Pascale, A.J.; Damario, E.A. 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. Buenos Aires, Argentina. 550 p.

Peñuelas, J.; Filella, I.; Comas, P. 2002. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. Global Change Biology 8(6):531-544.

Sen, P.K. 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324):1379-1389.

ESTUDIO DE UN CASO DE HELADA GENERALIZADA EN LA PAMPA HÚMEDA UTILIZANDO DIFERENTES PARAMETRIZACIONES DEL MODELO WRF

Gregorio*, M. de A.[1,2,3]; Müller, G. V.[2,3]

[1] *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas – Universidad Nacional de La Plata La Plata, Argentina*
[2] *Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático (CEVARCAM) - Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria. Paraje "El Pozo" Santa Fe, Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)*

*Contacto: marilia.ag@gmail.com

Palabras clave: temperatura; modelado numérico

INTRODUCCIÓN

Las heladas son eventos extremos que afectan las actividades humanas y económicas, causando impactos y pérdidas en diversos sectores. En particular, las heladas generalizadas que ocurren en la Pampa Húmeda (HG) son de interés porque su amplia cobertura espacial permite la identificación de fenómenos de gran escala, causando un gran impacto en la región (Müller *et al*., 2000). En particular Müller *et al*., (2005) mostraron que los trenes de ondas de Rossby, que se propagan a lo largo del Océano Pacífico, aceleran el jet subtropical cuando éstos alcanzan Sudamérica. Esta intensificación influye la propagación corriente abajo de los trenes de ondas, que, a la vez, condicionan la penetración latitudinal de los sistemas sinópticos en el continente (Müller y Berri, 2007). Esa configuración influye a la persistencia de las HG (Müller y Berri, 2012). Teniendo en cuenta la importancia del impacto causado por las heladas en esta región, desarrollar técnicas y mejorar los modelos de tiempo para su pronóstico es fundamental. De eso modo, Machado *et al*., (2018) evaluaron diferentes parametrizaciones físicas del modelo WRF (Weather Research and Forecast) para un evento de helada en el sur de Brasil. Basado en este estudio y por el hecho de que no hay estudios de este tipo para la región de la Pampa Húmeda, el objetivo de ese trabajo es evaluar la capacidad del modelo en pronosticar las temperaturas mínimas de un evento de helada generalizada muy persistente en la Pampa Húmeda utilizando diferentes parametrizaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La región de estudio es la Pampa Húmeda que se encuentra en el centro-este de Argentina (29° 40°S, 65° 57° W) y fueron utilizados los datos de temperatura mínima diaria de 37 estaciones sinópticas y climatológicas ubicadas en la región, que son operadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), para el período junio, julio, agosto de 1990-2019. Se define helada meteorológica cuando la temperatura mínima es igual o inferior a 0°C y una helada es generalizada si el 75% de las estaciones meteorológicas de la Pampa Húmeda reportaron heladas (Müller *et al*., 2000). Por otra parte, la persistencia de un evento HG se define como el número de días consecutivos al primer día del evento, el cual es considerado día 0 (Müller y Berri, 2007). Se identifican los eventos de HG utilizando las 37 estaciones en el periodo mencionado y las mismas son agrupadas según su persistencia (Tabla I). Se puede ver en la Tabla 1 que las HG de mayor persistencia son las menos frecuentes. Los eventos de mayor persistencia ocurrieron en 1988 y 2011. Para este estudio se eligió el evento que tuvo inicio el 01 de julio de 2011 y tuvo una persistencia de 6 días.

Tabla 1. Número de eventos de HG de acuerdo con los días de persistencia (DP)

1 DP	2 DP	3 DP	+4 DP
30	8	3	2

El modelo regional WRF versión 3.9 se utilizó para realizar dos simulaciones numéricas (denotadas P1 y P2). El periodo de las simulaciones es desde el 28 de junio de 2011, a las 00Z hasta el día 07 de julio de 2011, a las 18Z. Fue utilizado solo un dominio con resolución horizontal de 10 km, 37 niveles de resolución vertical y con salidas a cada hora. Las condiciones iniciales y de borde fueron generadas través de los análisis del Global Forecast System (GFS; NCEP, 2015), con una resolución temporal de 6 horas y resolución horizontal de 0.5°. Las configuraciones dinámicas y físicas implantadas para P1 fueron YSU (capa limite), MM5 (capa superficial), Noah-MP (suelo-superficie), RRTMG (radiación onda larga) y Dudhia (radiación onda corta). Por otro lado, para P2 fueron implementadas MYJ (capa limite), ETA (capa superficial), Noah-MP (suelo superficie), RRTM (radiación onda larga) y Dudhia (radiación onda corta). Teniendo en cuenta que en episodios de heladas no hay nubes las configuraciones para microfísica y cumulus no fueron implantadas. Para el análisis de los resultados se utiliza la salida del modelo para la variable temperatura del aire en 2m (T2m) y los datos observados de temperatura de 6 estaciones (Tres Arroyos, Ezeiza, Rio Cuarto, Rosario, Gualeguaychú, Ceres y Reconquista) que cubren la región de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestran los valores de temperatura del aire simuladas por el WRF y los valores registrados en cada estación del SMN o INTA. En este estudio, en la mayoría de las simulaciones el modelo presenta la tendencia a sobreestimar la temperatura del aire en relación con los datos observados. La excepción ocurre en la estación Tres Arroyos. En ésta los valores simulados son semejantes a los observados. La estación Ezeiza fue la que tuvo más valores sobreestimados, llegando hasta 7,5 °C de diferencia entre la simulación y la observación. Las estaciones Río Cuarto y Reconquista son las únicas en que se pueden observar valores subestimados de la temperatura en algún momento de la simulación. Al analizar y comparar solamente los resultados de las simulaciones, se notan mayores diferencias. Las temperaturas son mejor simuladas para las estaciones Rosario, Gualeguaychú, Ceres y Reconquista en P1. Por otro lado, P2 simula mejor las temperaturas en las estaciones Ezeiza y Tres Arroyos. En la estación Rio Cuarto los valores simulados por P1 y P2 son semejantes. Es posible que estas diferencias estén asociadas con el conjunto de parametrizaciones seleccionado. Además, la topografía, el tipo de cobertura del suelo y otras características locales de superficie también afectan la temperatura del aire.

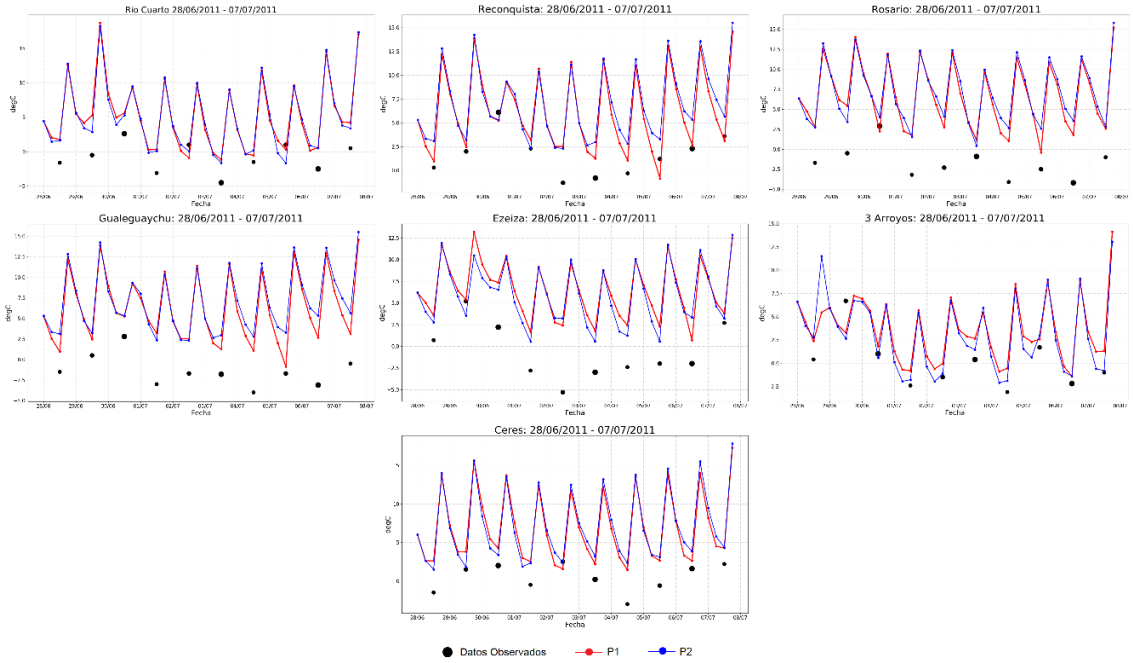


Figura 1. Evolución temporal de la temperatura a 2 metros (°C) en diferentes estaciones, para las observaciones y las dos simulaciones (P1, P2).

CONCLUSIONES

A partir del modelo WRF se simula el evento de HG que tuvo inicio en 1 de julio de 2011con una persistencia de 6 días. De acuerdo con las simulaciones con dos diferentes parametrizaciones, en general, el modelo sobreestima la temperatura. Se observa que la simulación P1 es la que más se ha ajustado al evento, dado que presentó los valores más próximos a la temperatura observada. La parametrización de capa límite, capa superficial y radiación de onda larga pueden influenciar en los valores obtenidos. De eso modo es posible explicar el mejor ajuste a los resultados encontrados en P1 en relación con P2. Un mejor análisis de la influencia de diferentes condiciones dinámicas y físicas de las parametrizaciones de capa límite, capa superficial y radiación de onda larga en el WRF para otros eventos de heladas generalizadas ayudarían a concluir acerca del pronóstico de estos eventos extremos por parte de esta herramienta. Las parametrizaciones utilizadas emplean diferentes representaciones de los procesos físicos de pequeña escala, lo cual dificulta la interpretación de las causas responsables de las diferencias halladas en un número reducido de experimentos.

REFERENCIAS

Machado, J.; Quadro, M.; Cardoso, C.; Araújo, C.; Rodrigues, G.; Costa, N. *et al*. 2018. Evaluación preliminar de las parametrizaciones físicas del modelo WRF para un caso de helada en el sur de Brasil. Meteorológica 43(1):3-23.

Müller, G. V.; Nuñez, M. N.; Seluchi, M. E. 2000. Relationship between ENSO cycles and frost events within the Pampa Humeda region. International Journal of Climatology 20(13):1619-1637.

Müller, G. V.; Ambrizzi, T.; Núñez, M. N. 2005. Mean atmospheric circulation leading to generalized frosts in central southern South America. Theoretical and Applied Climatology 82(1-2):95-112.

Müller, G. V.; Berri, G. J. 2007. Atmospheric circulation associated with persistent generalized frosts in central-southern South America. Monthly Weather Review 135(4):1268-1289.

Müller, G. V.; Berri, G. J. 2012. Atmospheric circulation associated with extreme generalized frosts persistence in central-southern South America. Climate Dynamics 38(5-6):837-857.

VARIABILIDAD DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS DURANTE LOS PERIODOS FRÍOS EN LA CIUDAD DE TUCUMÁN

Groppa*, M.[1,2]; Llano, M.P.[1,2]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Ciudad Universitaria, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP: 1428, Argentina*
[2] *CONICET, Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP: 1425, Argentina*

***Contacto:** marianela.groppa@gmail.com

Palabras clave: invierno; clima; duración

INTRODUCCIÓN

A través de los años, los climas de las diferentes regiones a lo ancho del mundo han ido sufriendo fluctuaciones. En latitudes medias, una característica es la alternancia entre estaciones cálidas y frías bien diferenciadas, las cuales pueden presentar modificaciones a lo largo del tiempo. Su estudio es de gran importancia debido al impacto que puede generar para una gran cantidad de actividades económicas y sociales. Sectores como la agricultura pueden ser perjudicados con cambios no solo en la duración sino principalmente en la intensidad de los extremos de temperatura.

Dado que trabajos en otras regiones del mundo muestran que es el invierno la estación que más cambios sufrió (Jaagus *et al.*, 2003; Llano y Vargas, 2016), se estudiará la evolución de las temperaturas máxima y mínima durante el semestre frío entre 1909-2017, el extenso período temporal empleado permitirá conocer los reales efectos del calentamiento global en la estación Tucumán Aero representativa del noroeste argentino.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos empleada en este estudio comprende la serie de valores diarios de temperaturas máxima y mínima de la estación Tucumán Aero (26°49'26.9"S 65°13'21.36"O), provista por el Servicio Meteorológico Nacional para el período 1909-2017, el registro de 109 años permitirá obtener resultados confiables de las metodologías aplicadas.

Para definir el semestre frío se emplea el análisis armónico, con el cual se suaviza a la onda anual. Se define un período "natural" (PN) que comprende los primeros 20 años del registro: 1909-1928, este es determinado a partir del estudio del crecimiento de las ciudades en base a la información de los Censos Nacionales, obtenida desde el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC) y mediante el cálculo de las tendencias lineales de los valores medios de temperatura máxima y mínima del invierno meteorológico (junio-julio-agosto).

Los años del período natural son promediados día a día generando una serie de valores medios, a dichos valores se los suaviza con el primer armónico y se divide al año en un semestre cálido y uno frío por encima y por debajo del valor medio anual. Este valor de corte es empleado en la identificación del periodo frío (PF) en cada uno de los años a lo largo de todo el registro, incluyendo el periodo natural. Para las temperaturas máximas el valor de corte es de 26,26 ºC, y para las temperaturas mínimas es de 12,69 ºC. A partir de estos valores de corte se definen los días del comienzo y fin del periodo frío obteniendo la cantidad de días para cada año. Estos días calendario son empleados en los datos originales (temperaturas sin el suavizado del primer armónico) y se calcula la temperatura media para las máximas y las mínimas del semestre frío, a la que llamaremos intensidad del mismo. Para verificar la significancia de las tendencias de cada serie, se utiliza el método t-Student con un 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los semestres fríos presentan una gran variabilidad en su duración, la Figura 1 muestra la ubicación del periodo frío para cada año del estudio. En el caso de la temperatura máxima (a) se puede ver un aumento en la duración de los periodos fríos, este coincide con el cambio de tendencia de la década de 1950 relacionada con un enfriamiento en el NO argentino (Vargas y Minneti, 1997). Los días de inicio presentan una tendencia negativa significativa, mientras que los días de fin presentan una tendencia positiva no significativa. El semestre ideal comprendido por 182 días, obtenido a partir del promedio del periodo natural, comienza el día 4 de abril y finaliza el día 2 de octubre y su intensidad es de 22,33 ºC. El PF más largo (233 días) ocurrió en el año 1963, comenzó el día 17 de marzo y finalizó el 4 de noviembre, es decir, que comenzó 18 días antes que el semestre ideal y finalizó 33 días después. El PF más corto (118 días), en cambio, sucedió en el año 1945 comenzando el día 8 de mayo y finalizando el 2 de septiembre presentando un comienzo tardío y un final temprano con respecto al semestre ideal. Si se promedian los últimos 20 años del registro, estos presentan una duración de 186 días y una intensidad de 22,31 ºC, este resultado estaría mostrando la poca variación que sufrieron los PF a lo largo del siglo XX desde el punto de vista de las temperaturas máximas.

La temperatura mínima presenta un comportamiento diferente, ya que la duración de los periodos fríos disminuye a lo largo del registro. En la Figura 1 (b) se observa que los días de inicio presentan una tendencia

positiva, mientras que la tendencia en los días de fin es negativa y ambas son significativas, siendo la primera levemente menor que la segunda. El semestre ideal del PN comienza el 19 de abril y finaliza el 17 de octubre y su intensidad es de 7,18ºC. El año 1921 fue el que obtuvo el periodo frío más largo (196 días) comenzó 5 días antes que el semestre ideal, el 14 de abril y finalizó el 26 de octubre, 9 días después. El periodo frío más corto se produjo en el año 2014 y comprendió 125 días entre el 11 de mayo y el 13 de agosto, comenzando 22 días después que el semestre ideal y finalizando 65 días antes. Si se promedian los últimos 20 años del registro, estos presentan una duración de 149 días y una intensidad de 9,38 ºC.

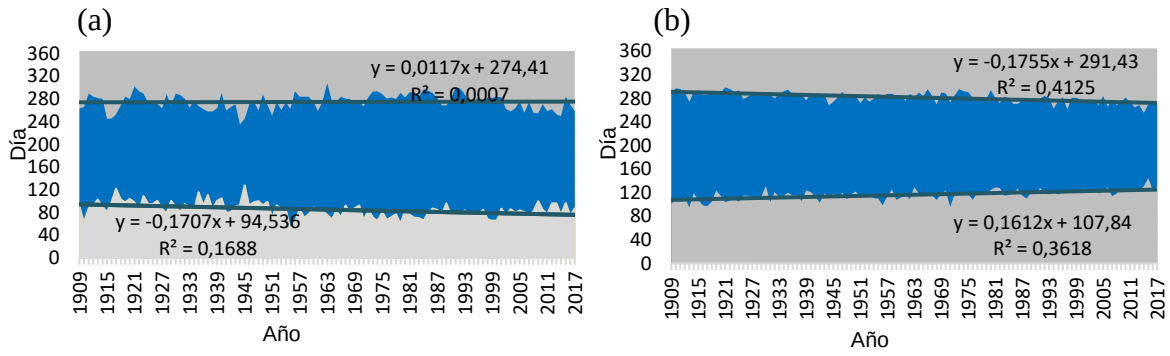


Figura 1. Evolución del periodo frío para la temperatura máxima (a) y mínima (b) en Tucumán, en azul están indicados los días que lo componen. En gris se representan los demás días del año. En líneas se indican las tendencias lineales para los días de inicio y fin del PF.

CONCLUSIONES

Al analizar las variaciones que sufrieron las temperaturas extremas durante el periodo frío, se observa que la longitud del semestre frío de 182 días para el estado natural se ve reducida en aproximadamente 1 mes para las temperaturas mínimas, asociada en mayor medida a un final temprano, mientras que para las temperaturas máximas se produce un aumento en promedio de 2 días, el cual está más ligado a un comienzo temprano. En cuanto a la intensidad de los periodos fríos, las temperaturas mínimas sufrieron un aumento de 2,2ºC, mientras que las máximas no presentaron cambios a lo largo de los 109 años de registro. Estos resultados muestran que son las temperaturas mínimas las que mayores variaciones sufrieron, lo que se podría relacionar con noches cada vez menos frías y con una disminución de la amplitud térmica diaria de invierno.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Meteorológico Nacional por la provisión de datos de temperatura.

REFERENCIAS

Jaagus, J.; Truu, J.; Ahas, R.; Aasa, A. 2003. Spatial and temporal variability of climatic seasons on the East European Plain in relation to large-scale atmospheric circulation. Climate Research 23:111-129.

Llano, M.P.; Vargas, W. 2017. Características de las temperaturas extremas en Buenos Aires mediante registros centenarios. Estudio de las condiciones invernales. Meteorológica 42:43-58.

Vargas, W.; Minetti, L. 1997. Inhomogeneidades en series de temperatura del noroeste argentino. Meteorológica 22:23-33.

SECUENCIAS DE CONDICIONES EXTREMADAMENTE SECAS Y HÚMEDAS EN SUDAMÉRICA ASOCIADAS A EVENTOS ENOS

Iacovone*, M.F.[1,2]; Penalba, O.C[1,2]; Pántano, V.C.[1,2]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos - UBA, Intendente Güiraldes 2160, CABA, C1428EGA, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas, Godoy Cruz 2290, CABA, C1425FQB, Argentina*

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

Palabras clave: precipitación, El Niño, La Niña

INTRODUCCIÓN

Los extremos climáticos de precipitación impactan en la sociedad y sus actividades económicas y productivas. En particular en el desarrollo de los cultivos dependerá de la etapa fenológica que esté atravesando. Existen estudios que analizan la variabilidad temporal de diversos eventos extremos y su impacto en Sudamérica. Por ejemplo, el Noreste de Brasil es conocido por ser una región semiárida (Marengo, 2008) con tierras secas densamente pobladas. En la Cuenca del Plata, la variabilidad de la lluvia y los eventos de lluvia extrema diaria modulan la actividad económica -agricultura y energía hidroeléctrica- (Penalba y Robledo, 2010). A su vez, la región pampeana -zona de producción agrícola por excelencia en Argentina- es de particular interés debido a la variabilidad climática presente en la precipitación. La persistencia en las precipitaciones (o ausencia de las mismas) puede desencadenar la ocurrencia de extremos afectando el crecimiento de las plantas, rendimiento de los cultivos (dependiendo de la etapa fenológica), y erosionando el suelo.

Con la finalidad de anticipar la ocurrencia de estos eventos extremos, en las últimas décadas se realizaron estudios de identificación de los principales forzantes en la escala estacional, como el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Recientemente, Penalba *et al.*, (2019) analizaron la ocurrencia de secuencias secas extremas, evidenciando que su severidad y probabilidad de ocurrencia son mayores en eventos La Niña, excepto en invierno. A partir de lo expuesto, este trabajo analiza la relación entre dos índices extremos climáticos –máxima cantidad de días consecutivos secos y húmedos- (CDD y CWD, respectivamente, por sus siglas en inglés) con los eventos ENOS: El Niño/La Niña oceánico (ONI) y El Niño/La Niña Modoki (EMI), en el trimestre octubre a diciembre, en Sudamérica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolla en Sudamérica, haciendo foco especialmente en tres regiones: Noreste de Brasil (45°O-15°S/35°O-2.5°S - NEB), la Cuenca del Plata (62.5°O-32.5°S/50°O-32.5°S - LCP) y el sur de la Pampa Húmeda (65°O-32.5°S/55°O-40°S - SPH). Se analizaron dos tipos de eventos ENOS: El Niño/La Niña oceánico (ONI) y El Niño/La Niña Modoki (EMI). El Índice EMI, basado en Ashok *et al.*, (2007), se obtiene según la Ec. (1):

$$EMI = |SSTA|A - 0.5 * |SSTA|B - 0.5 * |SSTA|C \qquad (1)$$

donde SSTA es la anomalía de la temperatura superficial del mar, promediada en las regiones A (163°E-140°W, 10°S-10°N), B (110°W-70°W, 15°S-5°N) y C (125°E-145°E, 10°S-20°N). El Niño (La Niña) Modoki se identifica si el índice EMI es mayor (menor) a 0.7σM (-0.7σM), donde σM es la desviación estándar de EMI. Por otro lado, el índice ONI considera la media de 3 meses consecutivos de anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W). Se define la fase cálida (fría) cuando el índice presenta valores mayores (menores) o iguales a 0.5°C (-0.5°C).

Con los datos mensuales de SST obtenidos de NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 del NCAR (período 1979-2005, trimestre octubre-diciembre), se calcularon los índices representativos del fenómeno ENOS. Para el mismo período, con los datos diarios de CPC Global Unified Precipitation data del NCEP, se calcularon los índices extremos de precipitación: máxima cantidad de días consecutivos secos (CDD), y máxima cantidad de días consecutivos húmedos (CWD), considerando el umbral de 1mm de precipitación para identificar los días secos y húmedos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizó la señal de cada uno de los eventos ENOS y los índices extremos de precipitación en las tres regiones. En el período bajo estudio, la cantidad de eventos El Niño (La Niña) oceánico es 8 (9), y eventos El Niño (La Niña) Modoki es 5 (8). En términos generales, a partir de la probabilidad de ocurrencia conjunta (Tabla 1), durante El Niño (La Niña) oceánico hay mayor porcentaje de anomalías negativas (positivas) de CDD en LCP y SPH, y positivas (negativas) en el NEB. Lo opuesto sucede con el índice CWD. La señal de La Niña Modoki es débil en las tres regiones, mientras que la señal de El Niño Modoki es fuerte en el NEB. Con el fin de evaluar cómo es la

señal que se está analizando, a modo de ejemplo, se presentan en la Figura 1 los mapas de anomalías de CDD y CWD, para los años 1982 (El Niño oceánico) y 1988 (La Niña oceánico y Modoki). En términos generales, tanto en CDD como en CWD las tres regiones muestran signo opuesto en sus anomalías en los dos eventos ENOS analizados. Por ejemplo, en 1982 (1988) prevalecen anomalías positivas (negativas), en LCP y SPH. Esto implica que al producirse un calentamiento (enfriamiento) anómalo en el Océano Pacífico ecuatorial se generan rachas húmedas más largas (cortas).

Tabla 1. Probabilidad de ocurrencia conjunta (%) de anomalías de CDD y CWD (cantidad de días consecutivos), en función del fenómeno ENOS, en el trimestre octubre-diciembre.

	NEB				LPB				SPH			
	CDD		CWD		CDD		CWD		CDD		CWD	
	>0	<0	>0	<0	>0	<0	>0	<0	>0	<0	>0	<0
El Niño oceánico	75	25	13	87	25	75	63	37	37	63	75	25
La Niña oceánico	33	67	56	44	78	22	22	78	44	56	33	67
El Niño Modoki	60	20	0	100	20	80	40	60	40	60	60	40
La Niña Modoki	50	50	38	62	62	38	38	62	62	38	50	50

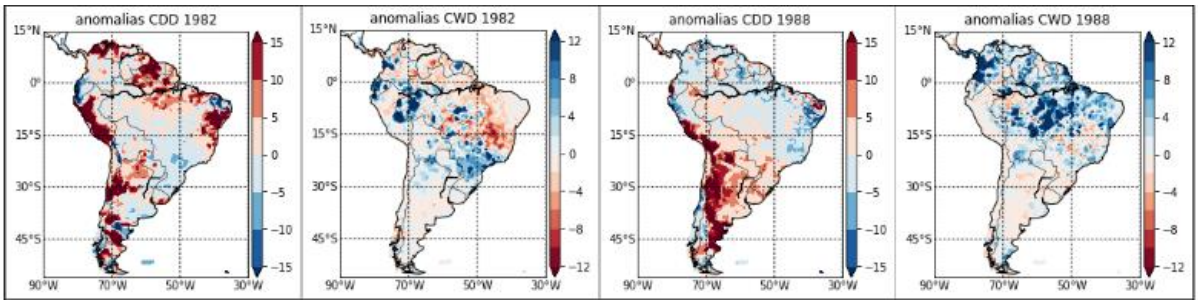


Figura 1. Anomalías de CDD y CWD, trimestre octubre-diciembre, para eventos El Niño oceánico (paneles de la izquierda) en 1982; y La Niña oceánico y Modoki (paneles a la derecha) en 1988.

CONCLUSIONES

En este trabajo se estudia la relación entre distintos tipos de eventos El Niño-Oscilación del Sur con los índices extremos de precipitación, máxima cantidad de días consecutivos secos y húmedos (CDD y CWD, respectivamente). En términos generales, la señal es más fuerte en eventos ONI respecto a eventos EMI. En particular, el año 1988 se caracterizó por ser un año en el cual se combinaron dos fenómenos (La Niña oceánico y Modoki), generando condiciones adecuadas para un aumento (disminución) de las rachas secas en LCP y SPH (NEB) y provocando lo opuesto con respecto al índice CWD. Estas condiciones extremas impactaron en el rendimiento de soja. La producción de soja en la provincia de Buenos Aires disminuyó un 40% (http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones). En cuanto al noreste de Brasil, el resultado es consistente con Coelho *et al*., (2002) quienes concluyen que hay menos (más) anomalías de precipitación en episodios El Niño (La Niña) oceánico. Avanzar en este tipo de estudios ayudará a adoptar medidas que minimicen el impacto de los extremos climáticos en las actividades productivas desarrolladas en América del Sur.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo de los proyectos PIP 0137 del CONICET y UBACyT 20020170100357BA; PICT2018 n° 03589.

REFERENCIAS

Ashok, K.; Behera, S.; Rao, S.; Weng, H.; Yamagata, T. 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection. Journal of Geophysical Research 112, C11007.

Coelho, C.; Uvo, C.; Ambrizzi, T. 2002. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. Theoretical and Applied Climatology 71(3–4):185-197.

Marengo, J.A. 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. Parcerias Estratégicas 27:149-175.

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. International Journal of Climatology 39(4): 2362-2374.

Penalba, O.; Robledo, F. 2010. Spatial and temporal variability of the frequency of extreme daily rainfall regime in the La Plata Basin during the 20th century. Climatic Change 98(3-4): 531-550.

CARACTERIZACION REGIONAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

Merino*, R.A.[1]; Gassmann, M.I. [1,2]

[1] *Depto. de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Piso 2, Pabellón 2, Cdad. Universitaria, CABA, C1428EHA, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Godoy Cruz 2290, C1425FQB, CABA, Argentina*

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

Palabras clave: Argentina, Weibull, cluster

INTRODUCCIÓN

El estudio de las características del viento en superficie resulta fundamental para varias actividades productivas, entre ellas la agrícola. Diversos trabajos han logrado caracterizar en distintas zonas de nuestro país la variabilidad espacial de la temperatura y la precipitación. Sin embargo, pocos describen la del viento, a pesar de su impacto sobre dos variables importantes para la producción agrícola como la erosión del terreno (Méndez *et al.*, 2010) y la evapotranspiración (ET) (Skidmore *et al.*, 1969). En las últimas décadas el estudio de la velocidad del viento ha cobrado una mayor relevancia debido a su relación con la generación de energía renovable. Distintos trabajos han detallado las características y causas de las variaciones del viento a nivel local (Lässig *et al.*,1999; Pierini *et al.*, 2012), pero en general no se ha abordado la temática con un enfoque regional. El objetivo de este trabajo es generar una caracterización espacial y temporal de la velocidad del viento a lo largo del territorio argentino.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se analizó una base de datos conformada por 109 estaciones de superficie climatológicas, sinópticas y agronómicas, provistas por el Servicio Meteorológico Nacional. Mediciones horarias de velocidad del viento (u), a una altura de 10m para el periodo 1991-2014, fueron cuidadosamente examinadas para evaluar la calidad y consistencia de sus datos. Para poder realizar una caracterización de la velocidad del viento más robusta, solo se consideraron estaciones que presentaran mediciones en horas estándar (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 y 21 UTC). Se descartaron estaciones que presentaran datos faltantes superiores al 5% en el periodo de estudio. En otras series se encontraron en los datos saltos en los valores de viento medio y desvío estándar, pudiendo ser una explicación de los mismos el reemplazo de los sensores de viento, o cambios en la localización de la estación meteorológica. Debido a la falta de información de metadatos de cada estación, estas estaciones también fueron descartadas para el estudio propuesto. Luego de este proceso de control de calidad y consistencia, solo dieciséis (16) estaciones lograron satisfacer los criterios impuestos y fueron consideradas para este estudio.

La velocidad del viento en cada una de las estaciones fue caracterizada utilizando funciones de densidad de probabilidad Weibull-II (Ecuación 1) sobre las mediciones en horas estándar.

$$f(u) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} e^{-\frac{u}{c}\,k} \qquad (1)$$

donde u es la velocidad del viento, k es el parámetro de forma y c es el parámetro de escala, con u, k, $c > 0$. Los ajustes fueron estimados en cada caso utilizando la metodología de Máxima Verosimilitud. Posteriormente, las distribuciones de Weibull estimadas fueron comparadas y agrupadas utilizando la metodología de Clusters K-means (Hartigan, 1975). La cantidad de grupos utilizados fue determinada utilizando el análisis de estadístico Gap, que realiza una optimización buscando la máxima distancia entre los elementos mientras minimiza la cantidad de grupos. En base a los grupos resultantes se generaron distribuciones Weibull anuales, estacionales considerando la terna meteorológica (verano: diciembre, enero, febrero; otoño: marzo, abril, mayo; invierno: junio, julio, agosto; primavera: septiembre, octubre, noviembre) y a distintas horas del día en horario UTC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estaciones fueron agrupadas en tres grupos distintos en base a los resultados obtenidos por las metodologías Gap y K-Means. Estos grupos fueron nombrados en base a la geografía de las estaciones que los conforman: Andes (Salta, Mendoza), Pampa (Formosa, Resistencia, Córdoba, Paraná, Villa Reynolds, Ezeiza, Tandil y Mar del Plata) y Patagonia (Neuquén, Bahía Blanca, Bariloche, Esquel, Comodoro Rivadavia, Rio Gallegos). Las velocidades de viento registradas en las estaciones de Andes resultan las menores con respecto al resto de los grupos, tanto para los valores anuales como estacionales (Figura 1, izquierda). La presencia de la cordillera actúa como una barrera que disminuye la influencia de los sistemas sinópticos desde el océano Pacifico. La región Pampa, influenciada tanto por el pasaje de sistemas frontales desde el sur/suroeste y por advección cálida desde el norte, muestra velocidades de viento generalmente mayores (Figura 1, centro). Por último, Patagonia presenta los vientos más fuertes a lo largo de todo el año (Figura 1, derecha). Esta zona se encuentra mayormente influenciada por el pasaje

de sistemas frontales originados en el cinturón de bajas presiones al sur. Por otro lado, tanto en Andes como en Pampa se tienen vientos mas suaves durante los meses de otoño, y mas intensos durante la primavera. Sobre el sur del país la distribución de vientos muestra vientos más débiles en invierno y más intensos en verano. Estos patrones de intensidad de viento estacional están relacionados las oscilaciones estacionales de la ubicación de la celda de Hadley y la variabilidad de los Oestes en el hemisferio sur.

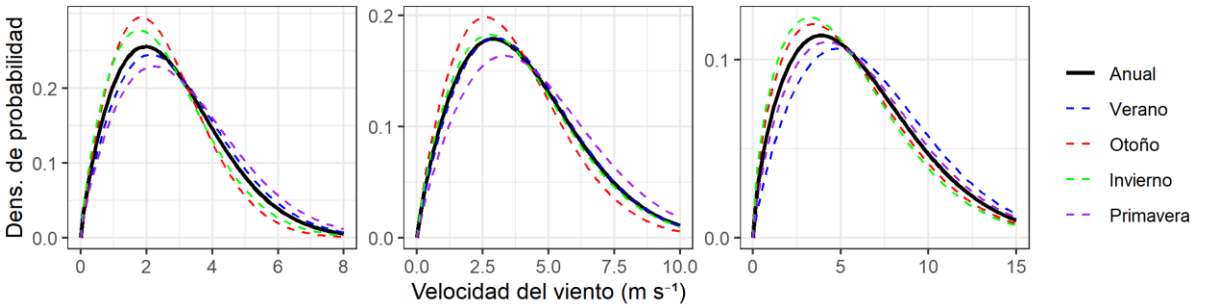


Figura 1. Ajustes de Weibull para *u* (m s^{-1}) en las regiones Andes (izquierda), Pampa (centro) y Patagonia (derecha) para los valores anuales y de las estaciones del año. Las escalas utilizadas en cada gráfico no son iguales.

Las regiones Andes y Pampa presentan una mayor variación entre los valores registrados en horarios nocturnos y diurnos (Figura 2, izquierda y centro). En Patagonia estas variaciones de escala diaria son mucho menores, aunque si se observan máximos de viento sobre horas de la tarde (Figura 2, derecha). Este comportamiento puede relacionarse con un mayor calentamiento diurno sobre las regiones de latitudes bajas, generado por un mayor flujo de radiación solar. La existencia de mayor calentamiento superficial favorece la generación de mezcla por convección, y el transporte de cantidad de movimiento hacia la superficie.

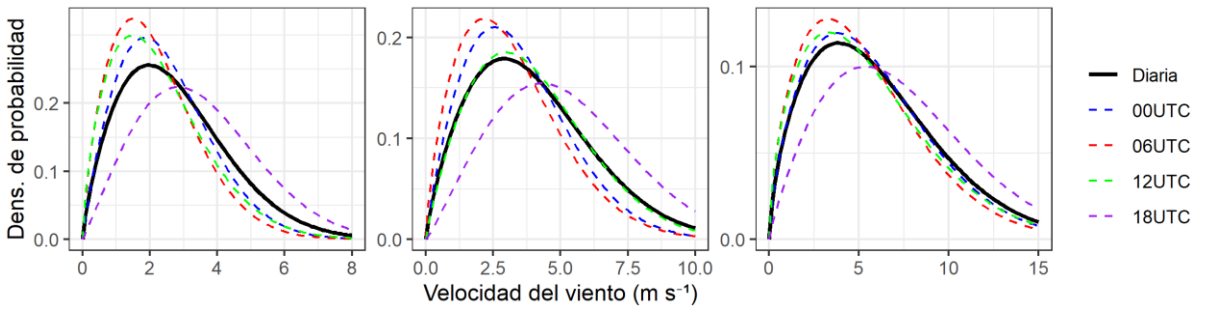


Figura 2. Ajustes de Weibull para *u* (m s^{-1}) en las regiones Andes (izquierda), Pampa (centro) y Patagonia (derecha) para el promedio diario y a distintas horas del día. Las escalas utilizadas en cada gráfico no son iguales.

CONCLUSIONES

Las características del viento en Andes indica que no es un factor de importancia para la erosión del suelo o en ET, y permite considerar métodos de su estimación sin dependencia en esta variable. Por otra parte, la mayor intensidad del viento en primavera/verano favorece la ET en la mayor zona de producción agropecuaria (Pampa) y de producción eólica (Patagonia), así como también su incidencia en la erosión eólica del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada con fondos provenientes de los proyectos CONICET 11220130100347CO y UBACYT 20020130100224BA. El Lic. Merino posee beca doctoral UBA.

REFERENCIAS

Hartigan, J.A. 1975. Clustering Algorithms. John Wiley & Sons, Ltd. New York, USA

Lässig, J. L.; Cogliati, M. G.; Bastanski, M. A.; Palese, C. 1999. Wind characteristics in Neuquén, North Patagonia, Argentina. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 79 (1-2):183-199

Mendez, M.J.; Buschiazzo, D.E. 2010. Wind erosion risk in agricultural soils under different tillage systems in the semiarid Pampas of Argentina. Soil and Tillage Research 106 (2):311-316.

Pierini, J.O.; Lovallo, M.; Telesca, L. 2012. Visibility graph analysis of wind speed records measured in central Argentina. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 391 (20):5041-5048

Skidmore, E. L.; Jacobs, H.S.; Powers, W.L. 1969. Potential Evapotranspiration as Influenced by Wind 1. Agronomy Journal 61 (4):543-546.

LA INFLUENCIA DE LOS ANTICICLONES SEMIPERMANENTES DE LOS OCÉANOS ATLÁNTICO Y PACÍFICO SUR SOBRE LA TEMPERATURA DE INVIERNO EN ARGENTINA

Oliveri*, P.C.[1]; Garbarini, E.M.[1,2]; González, M.H.[1,2]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160, CABA, Argentina*
[2] *Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, CONICET-UBA, Argentina*

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

Palabras clave: variabilidad climática; temperatura media; anticiclones subtropicales

INTRODUCCIÓN

La temperatura es una variable con gran impacto sobre la producción agrícola, que es una de las actividades económicas principales de la Argentina. Las tomas de decisiones con respecto a esta actividad podrían verse afectadas por la variabilidad de la misma, por lo cual resulta importante estudiar los forzantes climáticos que dan lugar a ésta a través de cambios en la circulación, y en particular los que actúan de forma cercana a la región. Entre éstos se encuentra la temperatura de superficie del mar de los océanos Atlántico y Pacífico Sur (Rusticucci *et al*., 2003; Barrucand *et al*., 2008; Oliveri y González, 2020). Además, se espera que características importantes de la circulación regional, como los anticiclones semipermanentes de los océanos Atlántico y Pacífico Sur, también tengan influencia sobre la variabilidad de la temperatura. En el presente trabajo se estudió la relación entre la posición e intensidad de estos anticiclones con la temperatura media de invierno en Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron series de temperatura media mensual de 79 estaciones meteorológicas distribuidas por toda la Argentina, provistas por el Servicio Meteorológico Nacional. Asimismo, se emplearon series de índices que representan la intensidad y posición de los anticiclones Atlántico (AA) y Pacífico (AP), definidos por Garbarini (2016). Entre estos índices, los referidos al AP son: APINT, APLAT y APLON, y corresponden a anomalías de intensidad (mgp), posición latitudinal (°) y posición longitudinal (°) respectivamente, con respecto al máximo de altura geopotencial en 1000 hpa sobre el Pacífico Sur. Los índices análogos para el AA son AAINT, AALAT y AALON (Garbarini *et al*., 2019). Los datos de altura geopotencial en 1000 hPa necesarios para el cálculo de los mismos se obtuvieron del reanálisis ERA-interim del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF; Dee et al., 2011; http://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset).

Las series de temperatura media de invierno (JJA; julio-junio-agosto), correspondientes al período 1980-2012, de cada estación meteorológica, se correlacionaron linealmente con las series simultáneas de cada uno de los índices, luego de filtrar las tendencias lineales significativas. A partir de estos valores se obtuvieron campos de correlación a través de interpolación por Splines cúbicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que la temperatura media de invierno está influenciada tanto por la posición como la intensidad del anticiclón del Pacífico. En particular, la serie del índice APINT muestra una correlación negativa y significativa con la temperatura de la mitad norte del país (Fig.1a), lo que significa que en esa región inviernos más fríos se asocian con un AP más intenso. Las series de los índices APLAT y APLON, se correlacionan significativamente en forma positiva con la temperatura media invernal de la mitad norte de Argentina (Figs.1b y 1c). Esto indica que inviernos más cálidos que lo normal en el centro y norte del país están asociados con desplazamientos del AP hacia el norte y hacia el este, con respecto a su posición media. Los resultados con respecto a las series de índices correspondientes al AA no son significativos. Collazo et al. (2019) encontraron mayor ocurrencia de extremos fríos de temperaturas mínimas ante aumentos de intensidad del AP y desplazamientos hacia el sur respecto de su posición media, lo cual resulta consistente con temperaturas medias más frías. También observaron una escasa señal de los índices ligados al AA. El vínculo observado entre el AP y la temperatura podría estar relacionado con la influencia que la variabilidad del anticiclón puede tener sobre la propagación de trenes de ondas de Rossby, generados en el Pacífico (Mo, 2000) y asociados a sistemas que producen precipitación en Argentina, y podrían influir sobre la temperatura. En concordancia con los campos de correlación de APINT y APLAT presentados en este trabajo se tiene que la intensificación del AP así como desplazamientos hacia el sur con respecto a su posición media, podrían favorecer ingreso de anticiclones migratorios postfrontales alrededor de 40°S, donde la altura de la cordillera es menor que más al norte. Las advecciones horizontales asociadas a estos sistemas son el mecanismo de enfriamiento que predomina en las incursiones de aire frío en la región (Garreaud, 2000).

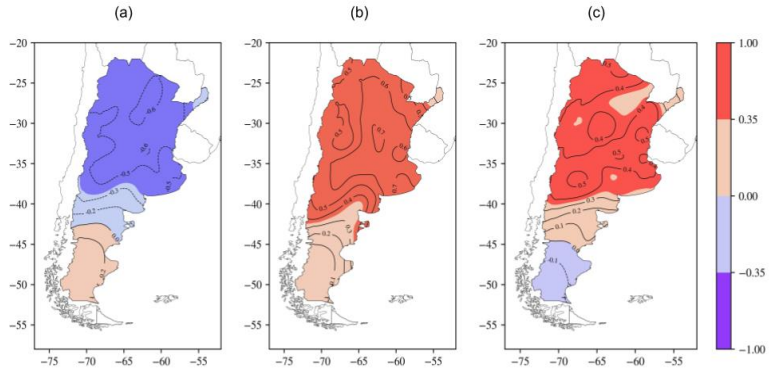


Figura 1. Campos de correlación entre la serie de temperatura media de invierno y las series simultáneas de los índices: APINT (a), APLAT (b) y APLON (c). Los colores rojo y azul oscuro indican valores significativos con un 95% de confianza.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten ver que existe relación entre la posición e intensidad del anticiclón semipermanente del Pacífico sur y la temperatura media de invierno en Argentina, observándose valores significativos de correlación entre las series correspondientes en una extensa porción del territorio. En particular, los aumentos en la intensidad de AP están asociados con inviernos más fríos que lo normal en toda la mitad norte del país. En esta misma región, temperaturas medias de invierno mayores que lo normal se esperan ante desplazamientos del AP hacia el norte y hacia este, con respecto a su posición media.

No se observa señal para el caso de los índices definidos análogamente para el anticiclón del Atlántico Sur, por lo que no pudo establecerse una relación entre cambios en la posición e intensidad del AA, con la temperatura media de invierno en Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Meteorológico Nacional y al European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) por la provisión de datos, y a los proyectos 2017-2019 UBACyT 20020160100009BA y CONICET PIP 0137 por la financiación.

REFERENCIAS

Barrucand, M.; Rusticucci, M.; Vargas W. 2008. Temperature extremes in the south of South America in relation to Atlantic Ocean surface temperature and Southern Hemisphere circulation. J. Geophys. Res. 113: D20111.

Collazo, S.; Barrucand, M.; Rusticucci, M. 2019. Variability and predictability of winter cold nights in Argentina. Weather and Climate Extremes 26: 100236.

Dee, D.P.; Uppala, S.M.; Simmons, A.J.; Berrisford, P.; Poli, P.; Kobayashi, S.; Andrae, U.; Balmaseda, M.A.; Balsamo G.; Bauer P.; Bechtold, P.; Beljaars, A.C.M.; van de Berg, L.; Bidlot J.; Bormann, N.; Delsol C.; Dragani, R.; Fuentes, M.; Geer A.J.; Haimberger L.; Healy, S.B.; Hersbach, H.; Hólm, E.V.; Isaksen L.; Kållberg, P; Köhler, M.; Matricardi, M.; McNally A.P.; Monge-Sanz B.M.; Morcrette, J.J.; Park, B.K.; Peubey, C.; de Rosnay, P.; Tavolato, C.; Thépaut, J.N.; Vitart, F. 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. Q.J. R. Meteorol. Soc.137:553-597.

Garbarini, E.M., 2016. Algunos indicadores para la predicción estadística de la precipitación estacional en Argentina. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Garbarini, E.M.; González, M.H.; Rolla, A.L., 2019. The influence of Atlantic High on seasonal rainfall in Argentina. Int. J. Climatol. 39:4688– 4702. 10.1002/joc.6098

Garreaud, R.D., 2000. Cold air incursions over subtropical South America: mean structure and dynamics. Mon. Weather Rev. 128:2544–2559. https://doi.org/10.1175/1520-0493(2000)128<2544:CAIOSS>2.0.CO;2

Mo, K.C. 2000. Relationships between low frequency variability in the Southern Hemisphere and sea surface temperature anomalies. J. Climate 13:3599-3610.

Oliveri, P.; González, M., 2020. The role of the coastal oceans on the seasonal mean air temperature in Argentina. Atmósfera, 33(2), 187-199. 10.20937/ATM.52657

Rusticucci, M. M.; Venegas, S. A.; Vargas, W. M. 2003. Warm and cold events in Argentina and their relationship with South Atlantic and South Pacific Sea surface temperatures, J. Geophys. Res. 108: C11, 3356.

MEMORIA DEL SUELO COMO CONDICIONANTE DE LA RESPUESTA HÍDRICA AL FENÓMENO ENOS

Pántano*, V.C.[1,2]; Holzman, M.E.[3]; Rivas, R.[4]; Penalba O.C.[1,2]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (Universidad de Buenos Aires), Intendente Güiraldes 2160, Pabellón 2, 2° piso − Ciudad Universitaria, C1428EGA, CABA, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Av. Rivadavia 1917, C1033AA, CABA, Argentina*
[3] *Instituto de Hidrología de Llanuras ''Dr. Eduardo J. Usunoff", CONICET, UNCPBA-IHLLA, República de Italia 780 C.C. 47 (B7300) Azul, Argentina*
[4] *Instituto de Hidrología de Llanuras ''Dr. Eduardo J. Usunoff" (UNCPBA-CIC-MA), Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, Paraje Arroyo Seco, Campus Universitario, Tandil B7000, Argentina*

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

Palabras clave: señal del ENSO; TVDI; Pampa Húmeda

INTRODUCCIÓN

La señal del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en la precipitación mensual de la región pampeana es tenida en cuenta para la toma de decisiones a mediano plazo en la producción agropecuaria. El impacto de este fenómeno se observa tanto en la precipitación acumulada como en la caracterización de la misma a lo largo del mes (p.e. cantidad de días secos). En un estudio previo, Penalba *et al.* (2019) muestran la concordancia en la probabilidad de baja precipitación y mayor frecuencia y severidad en secuencias secas extremas durante eventos La Niña.

La respuesta del suelo está condicionada a esta variabilidad sumada a otros factores, como el almacenaje de agua previo en el suelo, el tipo de suelo, la evapotranspiración, entre tantos otros. De esta manera, la memoria del suelo y la variabilidad interanual de la señal del ENOS en el análisis de casos particulares dan lugar a resultados a veces no concordantes con la climatología esperada. Esta respuesta puede ser analizada a partir de indicadores de la humedad disponible en el sistema suelo-planta, como el Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) que permite inferir el estrés hídrico de la vegetación y el agua almacenada en el perfil de suelo (Holzman *et al.*, 2014a).

Con esta motivación, se seleccionaron dos casos de estudio, siguiendo a Holzman *et al.* (2014b): uno corresponde a condiciones de alta humedad en el suelo del evento El Niño 2002/03 y el otro a condiciones secas del evento La Niña 2007/08. El objetivo de este trabajo es analizar la señal del ENSO en 3 índices de precipitación a escala mensual en términos climáticos y la respuesta de la humedad disponible en el suelo a partir del TVDI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este trabajo, se obtuvo el TVDI a partir de la relación entre el Enhanced Vegetation Index (EVI) y la temperatura de superficie (LST) (Holzman *et al.*, 2018). Se calcularon las imágenes mensuales del TVDI a partir de productos del satélite MODIS/Aqua: LST MODIS/AQUA, composición de 8 días, versión 5, 1 km de resolución espacial (MYD11A25); EVI composición de 16 días, versión 5, 1 km de resolución espacial (MYD13A25). Se promediaron los valores para obtener imágenes mensuales. Se utilizaron datos diarios de precipitación provistos por el Servicio Meteorológico Nacional de 11 estaciones meteorológicas ubicadas en el centro y sur de la Pampa Húmeda. A partir de esta información, se calcularon 3 índices mensuales de precipitación: precipitación acumulada; intensidad diaria de precipitación y cantidad de días secos. Finalmente, se utilizó el Oceanic Niño Index (ONI, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/) para identificar los años El Niño y La Niña y se comparó con la climatología del período 1970-2010, para los meses de noviembre, diciembre y enero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, se analizaron las anomalías de cada uno de los índices de precipitación para las fases El Niño y La Niña, en términos climatológicos (Figura 1). En general, se observan anomalías que favorecen condiciones húmedas (secas) en noviembre y diciembre para El Niño (La Niña). La señal se invierte en enero, en concordancia con otros estudios (Penalba *et al.*, 2005). Si bien hay consistencia regional entre los índices, se observan algunas excepciones, por ejemplo, en noviembre en años El Niño.

Para el análisis de los casos de estudio, en la Figura 2 (panel izquierdo) se muestra la distribución espacial del TVDI. Se destacan las condiciones húmedas de noviembre 2002 y las secas de diciembre 2007. Se seleccionaron 3 estaciones ubicadas en las zonas más representativas de distintos sectores de la región (Pehuajó, General Pico y Junín: Figura 1), para analizar la evolución de los índices de precipitación (Figura 2, panel derecho).

En el caso 2002-2003, es interesante observar que, si bien las anomalías que favorecen condiciones húmedas continúan en diciembre en las tres estaciones analizadas, se observa una leve disminución del agua en el suelo en base al TVDI. Una explicación sería el aumento de la demanda atmosférica y de la evapotranspiración durante

diciembre con respecto a noviembre. A su vez, los meses previos a noviembre fueron muy húmedos, con lo que es esperable un alto almacenamiento de agua en noviembre y meses previos (Holzman *et al*., 2014a). De la misma manera, es interesante destacar que, si bien en el mes de enero las condiciones son favorables a un secamiento, no se observa aún en este mes en el TVDI debido a la reserva de agua en el suelo que disminuye en función de la velocidad de la evapotranspiración. En 2007-2008, las anomalías negativas de precipitación en noviembre y diciembre son consistentes con el aumento del índice TVDI durante esos 2 meses, con un claro aumento del estrés hídrico en diciembre. En enero, Pehuajó y General Pico presentaron leves anomalías positivas de precipitación mientras que en el resto de la región las anomalías son negativas (no se muestra). Además, se destaca que la cantidad de días secos en enero fue menor que lo normal en las tres estaciones, inhibiendo el desecamiento del suelo. Es decir que, en este caso, la respuesta del suelo está más condicionada a la forma en cómo se distribuyó la precipitación que al acumulado mensual. A su vez, las condiciones secas del mes de enero, como se observa en el caso de Junín, son contrarias al promedio en fase La Niña que se analizó en la Figura 1, evidenciando la variabilidad de estos eventos.

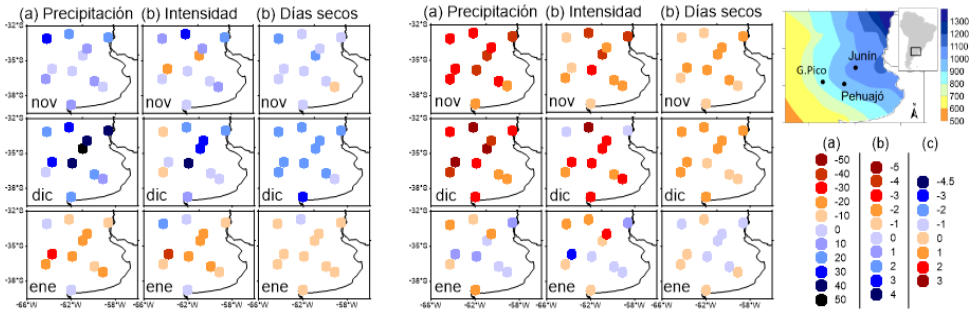


Figura 1. Anomalía de (a) precipitación acumulada, mm; (b) intensidad de precipitación, mm día^{-1}; y (c) cantidad de días secos en fase El Niño (izquierdo) y La Niña (medio). Climatología de precipitación acumulada anual y estaciones seleccionadas (derecho).

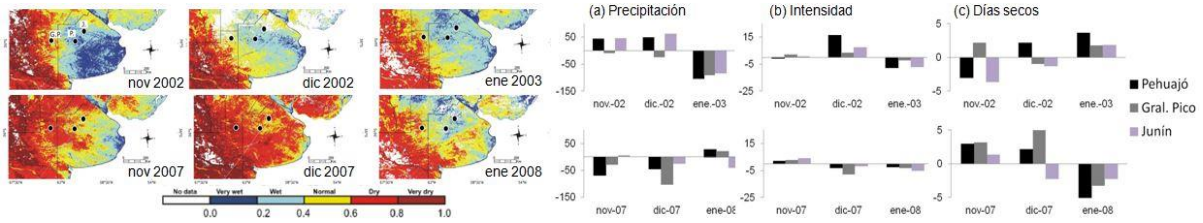


Figura 2. Distribución espacial de TVDI (izquierdo) y anomalías de precipitación acumulada, intensidad de precipitación y cantidad de días secos para las estaciones Pehuajó, General Pico y Junín (derecho), para los años 2002/03 (superior) y 2007/08 (inferior).

CONCLUSIONES

En este análisis se exploró la relación entre precipitación obtenida de estaciones meteorológicas y un índice de estrés hídrico de la vegetación obtenido a partir de datos de satélite del espectro solar y térmico, durante 2 eventos ENOS. Los resultados durante noviembre-enero en la región pampeana mostraron anomalías negativas de precipitación durante La Niña y positivas durante El Niño, con cierta variabilidad entre meses (en enero se presenta un comportamiento inverso). El índice de estrés hídrico fue consistente con la mayor demanda atmosférica durante los meses de verano, mostrando una tendencia a condiciones más secas durante La Niña, con las condiciones más secas en meses de alta demanda atmosférica, sumado a bajas precipitaciones acumuladas y mayor cantidad de días secos. La relación entre precipitación y el índice de estrés fue consistente, con ciertas diferencias que sugieren que las dos fuentes de información contribuyen al estudio de procesos del sistema suelo-planta-atmósfera con distinta dinámica espacio temporal.

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos FONARSEC N° 19 FITS MAyCC; UBACyT 20020170100357BA y PICT2018 n° 03589.

REFERENCIAS

Holzman, M.E.; Carmona, F.; Rivas, R.; Niclòs, R. 2018. Early assessment of crop yield from remotely sensed water stress and solar radiation data. ISPRS Journal Photogrammetry and Remote Sensing 145:297–308.

Holzman, M.; Rivas, R.; Bayala, M. 2014a. Subsurface soil moisture estimation by VI–LST method. IEEE Geosciences and Remote Sensing Letters 11:1951–1955.

Holzman, M.E.; Rivas, R.; Piccolo, M.C. 2014b. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 28:181–192.

Penalba, O.C.; Beltran, A.; Messina, C. 2005. Monthly rainfall in central-eastern Argentina and ENSO: a comparative study of rainfall forecast methodologies. Revista Brasileira de Agrometeorologia 13(2):49-61.

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. International Journal of Climatology 39(4):2362-2374.

CAMBIOS OBSERVADOS EN LA HUMEDAD DEL SUELO EN ARGENTINA (1971-2018)

Peretti*, M.[1]; Spennemann, P.[2]; Fernández Long, M.E.[1]

[1] *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Av. San Martín 4453, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1417DSE, Argentina*

[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Ciencia y Tecnología (CONICET)-Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Buenos Aires, Argentina*

***Contacto:** merperetti@agro.uba.ar

Palabras clave: cambio climático; balance hidrológico; tendencia anual

INTRODUCCIÓN

El contenido de agua en el suelo es fundamental en el crecimiento y desarrollo de las comunidades vegetales alrededor del planeta y constituye una variable clave del sistema climático. El agua del suelo y las variables climáticas se relacionan entre sí mediante distintos flujos constituyendo una red compleja de interacciones y feedbacks (Seneviratne et al., 2010). La fuerte dependencia la humedad del suelo con las variables meteorológicas, la convierte en un reservorio susceptible ante los cambios climáticos.

El estudio del efecto del cambio climático en el contenido de agua del suelo ha sido abordado desde diversas escalas espacio-temporales y a través de los distintos componentes del balance hídrico. En distintas regiones del planeta se han detectado alteraciones en el contenido de agua del suelo (Wang *et al*., 2019) y en los déficits hídricos (Čadro *et al*., 2019).

En Argentina, poco se sabe sobre la evolución temporal de los déficits y la humedad del suelo. El objetivo de este trabajo es evaluar los cambios temporales en el contenido de agua del suelo mediante el análisis de las tendencias en el almacenaje de agua en el suelo, y en los déficits hídricos en Argentina en el periodo 1971 – 2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con 71 estaciones meteorológicas distribuidas en Argentina, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Se utilizaron datos diarios de precipitación (PP), evapotranspiración potencial (EP), temperatura máxima, temperatura mínima, presión de vapor, presión atmosférica y viento (km/h), correspondientes al periodo 1971-2018. Para estimar el almacenaje de agua en el suelo, los excesos y las deficiencias se utilizó el modelo de balance hídrico BHOA (Balance Hidrológico Operativo para el Agro), propuesto por Fernández Long *et al*., (2012; 2020)

Los valores diarios de almacenaje y deficiencias obtenidos del BHOA fueron promediados (para el almacenaje más el exceso) y acumulados (para el caso de los déficits) mensualmente. Finalmente se obtuvieron los totales anuales. Las tendencias fueron estimadas para el valor anual, mediante la prueba no paramétrica de Mann-Kendall y se utilizó la estimación de Sen para calcular la magnitud de la pendiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios observados en las series anuales de almacenaje y déficit hídrico indican, mayormente, tendencias hacia condiciones más secas en el periodo 1971-2018 (Figura 1). En el almacenaje, el 20% de los casos analizados muestran tendencias significativas, de los cuales el 71% indica una reducción en el contenido de agua en el suelo. En el caso de las deficiencias el 31% de los sitios muestran cambios significativos. Las tendencias observadas en los déficits fueron generalmente positivas (63%), sugiriendo mayores deficiencias, es decir, condiciones más secas.

Se destacan zonas en las cuales los cambios han sido más claros y consistentes en ambas variables. Los sitios ubicados al oeste de la provincia de Buenos Aires, norte de Córdoba, y norte de Santa Fe, han experimentado disminuciones en el almacenaje de agua en el suelo e incrementos en las deficiencias. Los sitios que muestran un mayor contenido de agua en el suelo son Las Lomitas (Formosa) y Laboulaye (sur de Córdoba), con incrementos en el almacenaje y disminuciones en las deficiencias. Las estaciones meteorológicas de la costa patagónica y la estación Neuquén muestran disminuciones en las deficiencias, no obstante, no se ve un patrón definido en el almacenaje. s posible que los suelos tengan cada vez menos agua por reducciones en la PP o incrementos en la EP, o por el efecto combinado de ambos flujos. Sin embargo, el comportamiento de estas variables, documentado por la comunidad científica, no es claro y muestra ciertas contradicciones en función del tipo de datos utilizados y del período de tiempo analizado. El estudio de D'Andrea *et al.*, (2019) muestra incrementos en la EP anual estimada por Penman-Monteith en varios sitios de la región Pampeana entre 1984 y 2014. De la Casa y Ovando (2016) no encontraron importantes cambios en esta variable en gran parte de la región central de Argentina entre 1941 y 2010. Por otro lado, D'Andrea *et al.*, (2019) no hallaron cambios significativos en la PP, lo que contrasta con los resultados obtenidos por Saurral *et al.*, (2016) quienes detectaron incrementos en la PP en Argentina en series

temporales de más de 100 años. Asimismo, de Barros Soares *et al.*, (2017) hallaron incrementos en esta variable en el periodo 1955-2004.

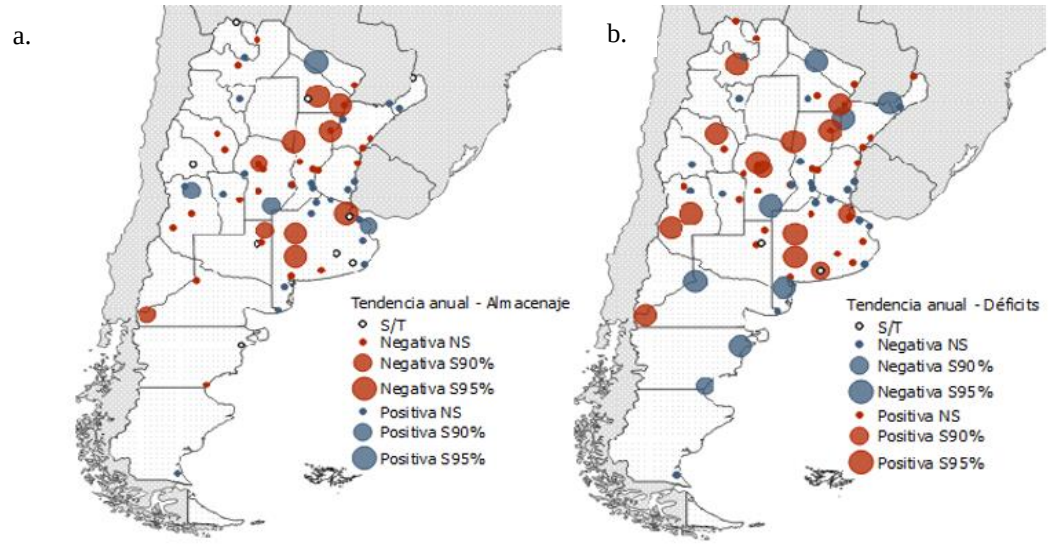


Figura 1. Tendencias anuales para el periodo 1971-2018 en: **a.** almacenaje más excesos y **b.** déficits hídricos. S/T indica tendencias muy pequeñas, cercanas a 0; el color identifica condiciones más secas (rojo) y de mayor humedad (azul).

Las condiciones cada vez más secas detectadas en los suelos del centro y norte de Córdoba, Santa Fe, oeste de Buenos Aires y noroeste de la provincia de La Pampa podrían tener implicancias severas en la producción agrícola. Los cultivos de invierno como el trigo y la cebada son sensibles a la escasez de agua en el suelo, especialmente durante las fases reproductivas (Nouri & Bannayan, 2019). Asimismo, el agua disponible en el suelo en los meses de enero y febrero es determinante en el rendimiento de soja.

CONCLUSIONES

Mediante el uso de un modelo de balance hidrológico se estimaron los cambios en el almacenaje de agua en el suelo y en las deficiencias hídricas en Argentina. Se detectó un incremento predominante de condiciones más secas en los suelos. Los cambios observados pueden estar asociados a tendencias en la PP y/o en la EP, o en alguna de las variables que controlan la EP. A futuro, se pretende cuantificar la influencia de estas variables (PP y EP, y sus variables asociadas) en los cambios observados en el contenido de agua en el suelo.

REFERENCIAS

Čadro, S.; Uzunović, M.; Cherni-Čadro, S.; Žurovec, J. 2019. Changes in the Water Balance of Bosnia and Herzegovina As a Result of Climate Change. The Journal "Agriculture and Forestry 65(3):19-33.

D'Andrea, M. F.; Rousseau, A. N.; Bigah, Y.; Gattinoni, N. N.; Brodeur, J. C. 2019. Trends in reference evapotranspiration and associated climate variables over the last 30 years (1984–2014) in the Pampa region of Argentina. Theoretical and Applied Climatology136(3–4): 1371–1386. https://doi.org/10.1007/s00704-018-2565-7

de Barros Soares, D.; Lee, H.; Loikith, P.; Barkhordarian, A.; Mechoso, C. R. 2017. Can significant trends be detected in surface air temperature and precipitation over South America in recent decades? International Journal of Climatology 37(3):1483–1493. https://doi.org/10.1002/joc.4792

de la Casa, A. C.; Ovando, G. G. 2016. Variation of reference evapotranspiration in the central region of Argentina between 1941 and 2010. Journal of Hydrology: Regional Studies 5: 66–79. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.11.009

Fernández Long, M. E.; Peretti, M.; Carnelos, D.; Della Chiesa, T.; Spescha, L. 2020. Characterization of the seasonal variation of soil moisture in Argentina. International Journal of Climatology. https://doi.org/10.1002/joc.6705

Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). Revista Agronomía & Ambiente 32 (1-2):31-47.

Nouri, M.; Bannayan, M. 2019. On soil moisture deficit, low precipitation, and temperature extremes impacts on rainfed cereal productions in Iran. Theoretical and Applied Climatology 137(3–4): 2771–2783. https://doi.org/10.1007/s00704-019-02766-3

Saurral, R.I.; Camilloni, I. A.; Barros, V. R. 2016. Low-frequency variability and trends in centennial precipitation stations in southern South America. International Journal of Climatology 37(4):1774–1793. https://doi.org/10.1002/joc.4810

Seneviratne, S.I.; Corti, T.; Davin, E. L.; Hirschi, M.; Jaeger, E. B.; Lehner, I.; Orlowsky, B.; Teuling, A. J. 2010. Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review. Earth-Science Reviews 99(3–4):125-161. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.004

Wang, L.; Xie, Z.; Jia, B.; Xie, J.; Wang, Y.; Liu, B.; Li, R.; Chen, S. 2019. Contributions of climate change and groundwater extraction to soil moisture trends. Earth System Dynamics Discussions:1–37. https://doi.org/10.5194/esd-2019-26

EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

Pérez*, S.P.; Cassani, M.T.; Massobrio, M.J.

Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453 Buenos Aires, C1417DSE, Argentina

Contacto: perez@agro.uba.ar

Palabras clave: agroclimatología; segmentación de series hidrometeorológicas

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades humanas más dependientes de las precipitaciones y de la variabilidad climática. En este contexto, el clima no sólo es tomado en cuenta como un factor de riesgo, sino como un recurso. Como tal, debe ser conocido, valorado y manejado apropiadamente. La provincia de Buenos Aires se encuentra dentro de la región Pampeana, principal área agrícola de la Argentina. Diversos estudios (Roberto *et al.*, 1994; Pérez *et al.*, 2011 y 2015; Pérez y Sierra, 2012) indican que en la Región Pampeana se observaría un ciclo hídrico de larga duración con fases húmedas y secas, separadas por fases de transición, durante las cuales la frontera de la agricultura avanza o retrocede. Algunos estudios señalan que durante los últimos años, el régimen hídrico del oeste de la Región Pampeana experimentó un cambio negativo de naturaleza abrupta (Pérez *et al.*, 2011; Pérez y Sierra, 2012).

A fin de evaluar los cambios en la precipitación anual en el centro de la provincia de Buenos Aires, capaces de afectar a la actividad productiva agraria, se estudió su evolución durante el período 1931-2015, para el que se dispone de registros instrumentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de precipitación anual durante el período 1931-2015 de 5 localidades de la provincia de Buenos Aires (Tabla 1). Los datos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. La comprobación de la homogeneidad de las series de precipitación se realizó por medio de la prueba Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) de Alexandersson y Moberg, (1997). La serie de precipitación anual zonal fue calculada como promedio de las series de precipitación homogéneas y los cambios en los valores de la media fueron detectados utilizando la Prueba de Pettitt (Pettitt, 1979) y la Segmentación de series hidrometeorológicas de Hubert (Hubert *et al.*, 1989). El análisis de la precipitación anual zonal se completó calculando el índice estandarizado de precipitación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las series de precipitación anual disponibles presentaron un valor de T menor que el valor crítico (Khaliq y Quarda, 2007), pudiendo considerarse homogéneas al nivel de significación $\alpha = 0{,}05$ (Tabla 1). La Prueba de Pettitt (Pettitt, 1979) de detección de cambios abruptos aplicada a la serie de precipitación anual zonal para el período 1931-2015, indicó la ocurrencia de un cambio abrupto positivo significativo en 1970.

Los resultados correspondientes a la precipitación anual zonal del centro de la provincia de Buenos Aires por el método de Segmentación de Hubert (Hubert, *et al.*, 1989) se presentan en la Figura 1. La precipitación anual zonal presentó dos cambios abruptos positivos sucesivos. El primero llevó el promedio anual de precipitación desde 826 mm, durante el subperíodo 1931-1968, hasta 939,2 mm, durante el subperíodo 1969-2000. El segundo cambio abrupto positivo llevó el promedio anual de precipitaciones hasta 1283 mm, durante el subperíodo 2001-2002. A partir de 2003, un cambio abrupto negativo retrajo el promedio anual de lluvias a 867,3 mm, un valor similar al del período inicial 1931-1968. La evolución interanual de la precipitación anual zonal (Figura 2) del centro de la provincia de Buenos Aires, durante el período 1931-2015 señala bajas precipitaciones en la primera mitad del siglo XX, y un incremento a partir de los años 1970. Las anomalías positivas son más frecuentemente observadas después del año 1970, se destacan los años 2001, 2002 y 2012. No obstante, debe señalarse que en los últimos años del decenio 2000 se observa un ligero decrecimiento.

Tabla 1. Posición de las localidades de la provincia de Buenos Aires y resultados del SNHT aplicado a las series de precipitación anual. (* es usado cuando el valor de T excede 95%)

Localidad	Latitud (S)	Longitud (W)	Altura (msnm)	Año de cambio	Valor T
Saladillo	35° 38´	59° 46´	43	1952	9,488
Carlos Casares	35° 55´	61° 20´	88	1964	4,480
Azul	36° 46´	59° 51´	137	1981	4,640
General La Madrid	37° 15´	61° 15´	181	1976	7,602
Balcarce	37° 50´	58° 15´	112	1985	8,307

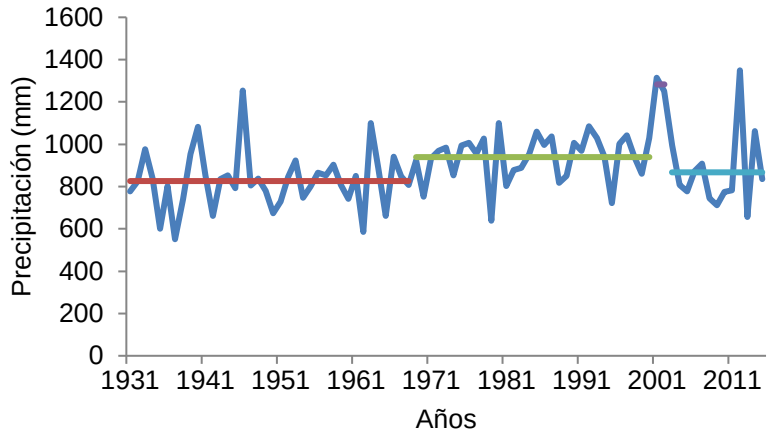


Figura 1. Precipitación anual zonal y promedios de los subperíodos definidos por la segmentación de Hubert.

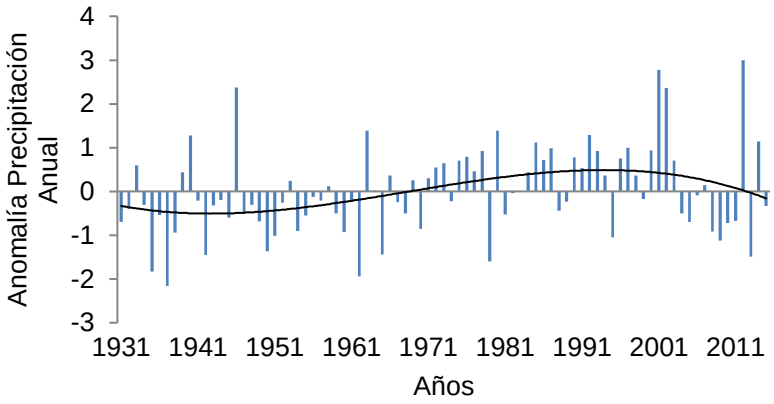


Figura 2. Anomalía de la Precipitación anual zonal del centro de la provincia de Buenos Aires.

CONCLUSIONES

El análisis de la precipitación anual zonal del centro de la provincia de Buenos Aires, por la Prueba de Pettitt (Pettitt, 1979), y el método de Segmentación de Hubert (Hubert, *et al.*, 1989), puso en evidencia que la zona está sujeta a cambios que modifican sus promedios de precipitaciones. Por su parte, el índice estandarizado de la precipitación permitió distinguir dos períodos, un período deficitario (1931-1970), seguido de un período excedente (1971-2015). Destacando que en los últimos años del período húmedo las anomalías negativas resultaron más frecuentes por lo que se daría paso a un nuevo período deficitario y por tanto afectar la productividad del sector agrícola.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado bajo el marco del Proyecto UBACyT 2018-2020 Res.20020170100612BA.

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. ; Chaouche, A. 1989. Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest. J. Hydrol. 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.

Pérez, S.; Sierra, E.; López, E.; Nizzero, G.; Momo, F.; Massobrio, M. 2011. Abrupt changes in rainfall in the Eastern area of La Pampa Province, Argentina. Theor. Appl. Climatol. 103:159-165.

Pérez, S.; Sierra, E.; Momo, F.; Massobrio, M. 2015. Changes in Average Annual Precipitation in Argentina's Pampa Region and Their Possible Causes. Climate 3(1):150-167.

Pérez, S.; Sierra, E. 2012. Changes in rainfall patterns in the eastern area of La Pampa province, Argentina. Revista Ambiente & Agua An Interdisciplinary Journal of Applied Science 7 (1):24-35

Pettitt, A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics 28 (2):126-135.

Roberto, Z.E.; Casagrande, G.; Viglizzo, E. 1994. Lluvias en la Pampa Central: tendencia y variaciones del siglo. Cambio Climático y Agricultura Sustentable en la Región Pampeana. Bol. INTA Centro Regional La Pampa-San Luis, N°2, 25p.

IMPACTO DE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS EN LA PRECIPITACIÓN ANUAL DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA

Pérez*, S.P.; Fernández Long, M.E.; Spescha, L.B.

Facultad de Agronomía UBA, Av. San Martín 4453 Buenos Aires, C1417DSE, Argentina

***Contacto:** perez@agro.uba.ar

Palabras clave: agroclimatología; índices climáticos

INTRODUCCIÓN

La provincia de La Pampa forma parte de la Región Pampeana Argentina, considerada esta como la principal área agrícola del país. Algunos autores (Roberto *et al.*, 1994) indican que el oeste de la Región Pampeana observaría un ciclo hídrico de larga duración con fases húmedas y secas, separadas por fases de transición, durante las cuales la frontera de la agricultura avanza o retrocede. La hipótesis del ciclo de lluvias se ve favorecida por estudios que relacionan las variaciones de las precipitaciones con teleconexiones con índices oceánicos de naturaleza periódica (Dieppois, 2013).

La Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) y la Pacific Multidecadal Oscillation (PDO) observan ciclos de alrededor de 60 años (Scafetta, 2013), que podrían explicar las variaciones de baja frecuencia del régimen pluviométrico, mientras que el Southern Oscillation Index (SOI) observa un ciclo interanual (McPhaden *et al.*, 2006), que podría explicar las de alta frecuencia. A fin de evaluar el impacto de las teleconexiones climáticas en la precipitación anual de la provincia de La Pampa Argentina, se estudió su posible relación con fenómenos cíclicos de gran escala tales como la AMO, PDO y SOI durante el período 1921-2015 para el que se dispone de registros instrumentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de precipitación anual durante el período 1921-2015 de 18 localidades de la provincia de La Pampa (Tabla 1). Los datos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Los datos de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), de la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) y del Índice de Oscilación del Sur (SOI) se obtuvieron de la página http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/. La comprobación de la homogeneidad de las series de precipitación se realizó por medio de la prueba Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) de Alexandersson y Moberg, (1997), la cual se aplicó a las series de valores anuales. La serie de precipitación anual zonal fue calculada como promedio de las series de precipitación homogeneas de la provincia de La Pampa. Las teleconexiones de la AMO, PDO y SOI sobre la anomalía estandarizada de precipitación anual zonal, fueron evaluadas a través del análisis de correlación de Pearson. Dado que Mantua *et al*., (1997) consideran una persistencia de la PDO de más de 20 años, se realizaron retardos de correlación desde 1 hasta 20 años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Doce de las series de precipitación anual disponibles (Tabla 1) presentaron un valor de T menor que el valor crítico (Khaliq y Quarda, 2007), pudiendo considerarse homogéneas al nivel de significación $\alpha = 0{,}05$. Las otras seis series presentaron un valor de T mayor que el valor crítico, por tanto, fueron consideradas inhomogéneas, siendo eliminadas del análisis. La teleconectividad más importante de la AMO sobre la precipitación en la provincia de La Pampa Argentina se observó durante el año inicial, los retardos de uno a trece años, y quince y dieciséis (Tabla2), las cuales registraron correlaciones negativas estadísticamente significativas. El hecho de que las correlaciones sean negativas, indica que, cuando el Océano Atlántico se calienta, las precipitaciones tienden a disminuir en su valor medio, impactando negativamente sobre la producción agraria (Pérez *et al*., 2015). La teleconectividad de la PDO sobre la precipitación en la provincia de La Pampa Argentina se observó durante los retardos de cuatro, cinco y quince años (Tabla 2), las cuales registraron correlaciones positivas estadísticamente significativas. El hecho de que las correlaciones sean positivas indica que, cuando el Pacífico norte se calienta, las precipitaciones aumentan en el área de estudio y viceversa. Por lo tanto, las fases positivas de este índice son favorables a la actividad agrícola de la provincia, mientras que las negativas son desfavorables (Pérez *et al*., 2015). La teleconectividad del SOI sobre la precipitación en la provincia de La Pampa Argentina se observó durante el año inicial y los retardos de siete y veinte años (Tabla 2), las cuales registraron correlaciones estadísticamente significativas. El hecho de que las correlaciones sean negativas indica que, cuando los alisios se fortifican, las precipitaciones disminuyen en el área de estudio y viceversa. Por lo tanto, las fases negativas del SOI, o sea los episodios de "El Niño", son favorables a su actividad agrícola, mientras que las positivas, o sea los episodios de "La Niña" son desfavorables (Pérez *et al*., 2015).

Tabla 1. Posición de las localidades de la provincia de La Pampa y resultados del SNHT aplicado a las series de precipitación anual. (* es usado cuando el valor de T excede 95%)

Localidad	Latitud (S)	Longitud (W)	Altura (msnm)	Año de cambio	Valor T
Bernardo Larroudé	35° 01´	63° 34´	120	2009	10,124*
Realicó	35° 01´	64° 15´	146	1937	5,378
Gral.Pico	35° 40´	63° 43´	143	2009	26,620*
Trenel	35° 42´	64° 07´	164	1999	3,485
Eduardo Castex	35° 53´	64° 17´	171	2010	8,281
Conhelo	36° 01´	64° 36´	224	1925	7,102
Rucanelo	36° 02´	64° 49´	244	1943	8,542
Catriló	36° 24´	63° 25´	113	1946	4,484
Lonquimay	36° 28´	63° 37´	136	1938	3,509
Anguil	36° 31´	64° 01´	152	1992	12,958*
Santa Rosa	36° 37´	64° 16´	175	2006	8,274
Anchorena	36° 51´	63° 31´	3	2005	2,850
Macahín	37° 08´	63° 38´	130	2005	7,346
Doblas	37° 09´	64° 01´	157	2015	10,340*
Alpachiri	37° 22´	63° 32´	145	2008	7,250
Guatraché	37° 40´	63° 32´	169	1992	2,921
Bernasconi	37° 54´	63° 43´	162	2015	9,289*
General San Martín	37° 59´	63° 34´	164	2015	10,892*

Tabla 2 Coeficientes de correlación entre la anomalía estandarizada de la precipitación anual Zonal de la provincia de La Pampa y los índices Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO), Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), Índice de Oscilación del Sur (SOI).

Lag	AMO	PDO	SOI	Lag	AMO	PDO	SOI	Lag	AMO	PDO	SOI
0	-0,305	0,080	-0,235	-7	-0,327	0,013	-0,272	-14	-0,155	0,084	-0,151
-1	-0,214	-0,133	0,100	-8	-0,346	0,057	-0,079	-15	-0,177	0,210	-0,162
-2	-0,168	-0,057	-0,076	-9	-0,260	0,054	-0,101	-16	-0,181	0,107	0,053
-3	-0,202	0,030	-0,044	-10	-0,310	0,014	-0,121	-17	-0,155	0,070	-0,003
-4	-0,185	0,231	-0,122	-11	-0,263	-0,054	0,081	-18	-0,162	0,033	0,085
-5	-0,347	0,202	-0,154	-12	-0,191	-0,029	0,018	-19	-0,045	-0,017	-0,065
-6	-0,267	0,106	-0,155	-13	-0,212	-0,047	0,040	-20	-0,091	-0,041	-0,203

Nivel de significación del coeficiente de correlación al 5% es 0,168

CONCLUSIONES

El estudio pone en evidencia la existencia de teleconexiones entre los modos de fluctuación del clima (AMO, PDO, SOI) y la precipitación anual de la provincia de La Pampa. El SOI y la AMO observaron correlaciones negativas significativas. La PDO observó correlaciones positivas significativas. La teleconexión con el SOI explica el hecho de que la producción agraria argentina se incrementa en los episodios de "El Niño" (alisios débiles) y disminuye en los episodios de "La Niña" (alisios fuertes). El hecho de que la PDO y AMO se encuentren atravesando fases cuyo signo tiende a disminuir las precipitaciones en el área de estudio contribuye a explicar los menores registros pluviométricos observados en los últimos años en la provincia de La Pampa, con los consecuentes impactos productivos y ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado bajo el marco del Proyecto UBACyT 2018-2020 Res.2062017010012BA.

REFERENCIAS

Alexandersson, H.; Moberg, A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I. Intern. J. Climatology 17: 25-34

Dieppois, B. 2013. Etude par analyses spectrales de l´ instabilité spatio-temporelle des téléconnexions basse-fréquences entre les fluctuations globales du secteur Atlantique et les climats de l´ Europe du NW (1700-2010) et du Sahel ouest africain (1900-2010) Thèse de Doctorat de l´Université de Rouen. 220 pp

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

Mantua, N. J.; Hare, S.; Zhang, Y.; Wallace, J.M.; Francis, R.C. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bulletin of American Meteorological Society 78:1069–1079

McPhaden, M.J. *et al.* 2006. ENSO as an Integrating Concept in Earth Science. Science 314:1740-1745

Pérez, S.; Sierra, E.; Momo, F.; Massobrio, M. 2015. Changes in Average Annual Precipitation in Argentina's Pampa Region and Their Possible Causes. Climate. 3(1):150-167.

Roberto, Z.E.; Casagrande, G.; Viglizzo, E. 1994.Lluvias en la Pampa Central: tendencia y variaciones del siglo. Cambio Climático y Agricultura Sustentable en la Región Pampeana. Bol. INTA Centro Regional La Pampa-San Luis, N°2, 25pp.

Scafetta, N. 2013. Multi-scale dynamical analysis (MSDA) of sea level records vs PDO, AMO, and NAO indexes. Climate Dynamics. Doi: 10.1007/s00382-013-1771-3

MODELADO DE PRONÓSTICOS ESTACIONALES ESTADÍSTICOS APLICADO A ZONAS AGRÍCOLAS ESTRATÉGICAS

Stoll Villarreal, L.[1]*; Vita Sánchez, M.[1,3]; Ayala, S.N.[1,2]

[1] *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, 1428, Argentina*
[2] *CONICET- Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina*
[3] *Instituto Nacional del Agua- INA. Subgerencia de Sistemas de Información y Alerta Hidrológico SIyAH. Ezeiza, Buenos Aires, Argentina*

***Contacto:** lucianastoll92@gmail.com

Palabras clave: cuencas; agua en el suelo; precipitación

INTRODUCCIÓN

En Argentina, la agricultura es una actividad económica relevante en términos de producción y generación de empleo, que puede verse negativamente impactada por la variabilidad climática interanual. El monitoreo y la previsión futura de la situación hídrica de una región constituyen herramientas útiles en el desarrollo de la actividad agrícola.

El objetivo de este trabajo es construir y evaluar la eficiencia de modelos de regresión lineal múltiple para la predicción de reserva de agua en el suelo (RES) y precipitación estacional, obtenidos mediante técnicas estadísticas. El análisis de predictibilidad de RES estará enfocado en una estación perteneciente a la Pampa Húmeda, donde prevalecen los cultivos de trigo y soja en secano. Los modelos de predicción de precipitación estacional se realizarán en el Comahue, donde cobra importancia la producción frutihortícola (particularmente en el Alto Valle del Río Negro), y en el tramo medio-inferior de la cuenca del Río Bermejo, con presencia de cultivos de algodón, soja y hortalizas en secano particularmente hacia el este del Chaco argentino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon datos de RES en octubre del período 1979-2016 de una estación en el Departamento de Tres Arroyos (38.33°S, 60.25°O), así como datos de precipitación acumulada trimestral en 1981-2010 para estaciones en la zona de Comahue de marzo a mayo (MAM), y dentro del tramo medio-inferior de la Cuenca del Bermejo de septiembre a noviembre (SON). Para la generación de pronósticos de lluvia se obtuvieron las anomalías de precipitación media areal en cada subregión de Comahue (cuencas del Limay – SRL, Neuquén – SRN, y Río Negro – SRNe) y de Bermejo (subcuencas media –BM- e inferior - BI). La RES observada es en realidad la derivada de un modelo de balance hídrico (Fernández Long et al., 2012), mientras que la información pluviométrica fue provista por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC), la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica (SIPH), la Administración Provincial del Agua de Chaco (APA), y la Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE).

Para explorar las posibles fuentes de predictibilidad en cada zona, se calculó la correlación lineal entre la RES y/o precipitación areal y diversas variables meteorológicas de hasta tres meses de antelación para RES, y de un mes de antelación para Comahue y Bermejo. Algunas de las variables de gran escala estudiadas comunes a las tres regiones son la temperatura superficial del mar (SST), la altura geopotencial (hgt) en distintos niveles verticales de presión, el viento zonal (u) y meridional (v) en 850 hPa y 250 hPa, la presión en superficie, la radiación de onda larga saliente (OLR) y el agua precipitable (tcw). Adicionalmente, para el análisis de RES se incluyeron la temperatura en 1000 hPa (T1000), la humedad específica en 850 hPa (q850) y 1000 hPa (q1000), y el volumen de agua en el suelo entre 0 y 7 cm de profundidad (vls1), y entre 7 y 28 cm de profundidad (vsl2). La información de las variables potencialmente predictoras se obtuvo de los reanálisis mensuales NCEP-NCAR (para Comahue y Bermejo) y ERA-INTERIM (para Tres Arroyos).

Según la significancia estadística y el razonamiento físico se definieron distintos predictores para cada región, que fueron agrupados diversos sets. Para obtener los modelos de pronóstico de RES y de precipitación areal se aplicó en cada caso el método de regresión lineal múltiple considerando los sets construidos. El análisis del desempeño de los modelos de cada región se enfocó en la habilidad de los mismos para detectar correctamente los eventos subnormales, normales, o sobrenormales (clasificación obtenida a partir de los terciles de RES/precipitación areal observada), considerando la muestra surgida del método de validación cruzada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos de pronóstico para RES octubre en Tres Arroyos toman como variables predictoras a q850 en septiembre en el centro y norte de Argentina, hgt en 500 hPa en septiembre en el océano Atlántico Sur, u en 850

hPa en el océano Pacífico sur y Patagonia, hgt en 200 hPa en el bimestre agosto-septiembre en dos regiones del océano Pacífico Sur, SST en agosto-septiembre en el océano Atlántico Sur, y SST en el trimestre julio-agosto-septiembre en el océano Atlántico Sur en la costa patagónica. El ensamble de los mejores cuatro modelos seleccionados generó buenos resultados, mostrando una efectividad cercana al 61%. Particularmente la categoría subnormal mostró un 77% de probabilidad de detección (la mayor eficiencia de las tres categorías propuestas), siendo este un importante resultado teniendo en cuenta los daños que puede ocasionar al cultivo un evento de déficit hídrico, fundamentalmente en la etapa de floración del trigo (Figura 1b).

Por otra parte, a partir de un análisis estadístico de todos los modelos de pronóstico de lluvia en MAM obtenidos para Comahue se concluyó que la precipitación trimestral en las subcuencas andinas responde de manera opuesta a la precipitación trimestral de la SRNe tomando como predictor a El Niño-Oscilación del Sur (Figura 1c). Lo mismo sucede con la SST en el Océano Índico, lo cual provee un indicio de que las SRN y SRL se comportan de manera similar mientras que SRNe lo hace de manera opuesta. El anticiclón del Océano Atlántico también aparece en algunos modelos indicando que la intensificación o debilitamiento del anticiclón puede generar eventos subnormales o sobrenormales. Además, se encontró que las subcuencas andinas poseen una rápida respuesta al flujo que proviene del Océano Pacífico. El desempeño de los modelos encontrados para las tres subcuencas superó al menos 60% de aciertos en la predicción de lluvia categorizada. Finalmente, para el BM se halló una mayor correlación entre la precipitación modelada y observada y mayor eficiencia predictiva que para el BI. La cantidad de aciertos en el pronóstico por categorías no supera el 50% para la mayoría de los modelos del BI (Figura 1d), mientras que para el BM todos los modelos encontrados aciertan en al menos 50% de los casos, con máximos de hasta 70%. Además, la relación entre la probabilidad de detección de un evento y la tasa de falsa alarma es más favorable para el BM que para el BI. Los predictores incluidos en los modelos más eficientes del BM y del BI incluyen información sobre hgt en niveles bajos y medios de la atmósfera sobre el océano Pacífico de latitudes medias, y sobre u en capas bajas en el este de Sudamérica tropical. Los modelos más eficientes del BM incorporan además predictores vinculados a la OLR en latitudes bajas de Sudamérica, y de SST en el Pacífico sudeste y en la costa este de Sudamérica, así como en latitudes tropicales del océano Atlántico norte. Por otra parte, el modelo más eficiente del BI considera a tcw en Sudamérica tropical central.

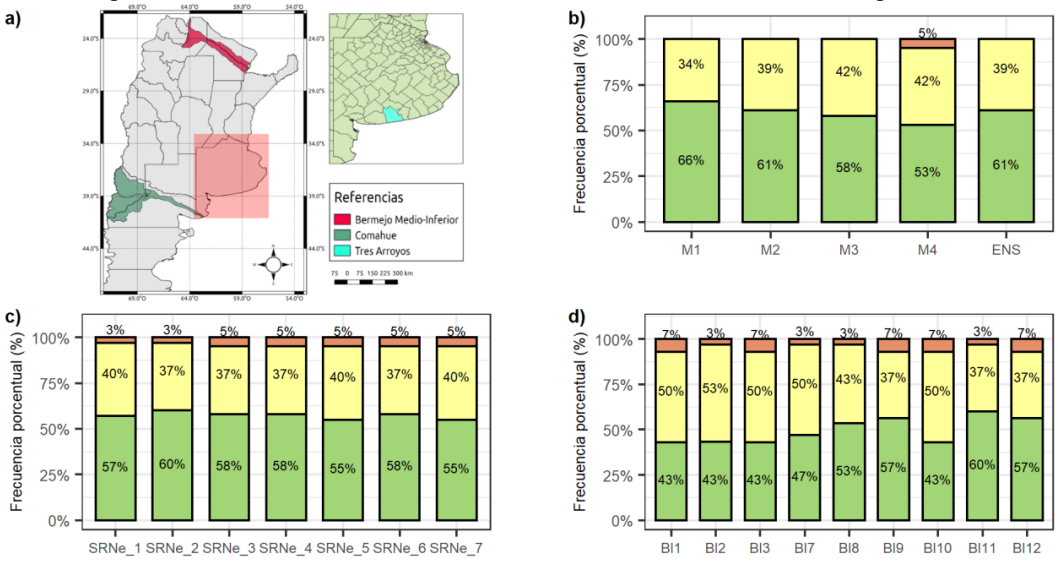


Figura 1. Regiones de estudio (a). Eficiencia de los modelos para RES en Tres Arroyos (b). Eficiencia de los modelos de precipitación en la cuenca del Rio Negro (c) y en el Bermejo Inferior (d). En verde el porcentaje de casos en los que se pronostica la categoría correctamente, en amarillo los casos en los que el pronóstico difiere en una categoría respecto a lo observado y en rojo los casos en los que el pronóstico difiere en dos categorías del observado.

CONCLUSIONES

Tanto la precipitación como la reserva de agua en el suelo han presentado cierto grado de predictibilidad a partir de información de circulación atmosférica y SST. Estos resultados estimulan a continuar con el desarrollo de modelos estadísticos aplicados a otros periodos de tiempo y utilizando otras técnicas.

AGRADECIMIENTOS

A las instituciones por la información provista y a los Proyectos UBACYT 2018-2020 20620170100012BA y UBACYT 2017-2019 20020160100009BA por la financiación.

REFERENCIAS

Fernández Long, M. E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). Rev. Agronomía & Ambiente 32(1-2):31-47. FA-UBA, Buenos Aires, Argentina.

ESTUDIO ACERCA DE LA LINEALIDAD DE TENDENCIAS ENTRE TEMPERATURAS EXTREMAS Y MEDIAS EN ARGENTINA

Suli*, S.[1, 2]; Rusticucci, M. M.[1, 2,3]; Collazo, S. M.[1]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina*
[2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina*
[3] *Instituto Franco Argentino Sobre Estudios de Clima y Sus Impactos (UMI-IFAECI), Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria Pab II, 1428 Buenos Aires, Argentina*

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

Palabras clave: índices de extremos de temperatura; temperatura media; variación conjunta

INTRODUCCIÓN

Pequeñas variaciones en el estado medio de la atmósfera pueden provocar grandes cambios en la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos. En escalas de tiempo estacionales, gran parte de la habilidad en la predicción de temperaturas extremas proviene de la capacidad para predecir la temperatura media estacional y los factores de gran escala que causan cambios en la distribución de la temperatura.

La temperatura media global se ha incrementado 0,85°C desde 1880 hasta el 2012, y la mayor parte del mundo ha experimentado un calentamiento (IPCC, 2013). Especialmente, se señala que los impactos generados por el cambio climático serán particularmente perceptibles por eventos extremos. En particular, Hartmann *et al.* (2013) aseguraron que es muy probable que, a escala global, haya una disminución general en el número de días y noches frías, y un aumento general en el número de días y noches cálidas.

En Argentina, se halló, recientemente, que las tendencias de temperaturas extremas a escala mensual muestran variaciones intermensuales en sus tendencias anuales con condiciones de calentamiento en algunos meses, especialmente en octubre y noviembre, al norte de 40°S en el periodo 1970-2010 (Rusticucci et al., 2017). Asimismo, Rusticucci y Barrucand (2004) analizaron la relación entre las temperaturas medias y los extremos en Argentina. Entre los principales resultados, se encontró que en verano (DEF) la temperatura media es más sensible a los extremos de temperatura que en invierno (JJA). También, se verificó que en verano el aumento de la temperatura media se encuentra fuertemente relacionado con el aumento de días y noches cálidas (más que con el descenso de días y noches frías). Con el fin de profundizar y extender resultados previos en tiempo, en este trabajo se analizó la relación lineal entre extremos y medias de temperatura en escala de cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se utilizaron datos de temperatura máxima y mínima diaria de estaciones meteorológicas de Argentina correspondientes al período 1977 – 2017, extraídos de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Se llevó a cabo un detallado control de calidad de los datos, empleando el software de acceso libre R-Climdex, a partir del cual se logró establecer una base de datos completa y adecuada de 58 estaciones meteorológicas para el estudio de interés (Figura 1).

Con el fin de estudiar la relación entre los extremos y los valores medios de temperatura, se calcularon dos índices de temperatura extrema de forma mensual, considerando el período base 1981 – 2010:

- noches frías ($TN10$) (%): porcentaje de días con temperatura mínima inferior al percentil 10 y
- días cálidos ($TX90$) (%): porcentaje de días con temperatura máxima mayor al percentil 90.

Con estos índices se evaluó la relación entre las tendencias lineales de los extremos y de los valores medios de temperatura, mensuales para el período 1977-2017. En todos los casos se realizaron test estadísticos para analizaron la significancia de las mismas (T – student test con un 5% de significancia).

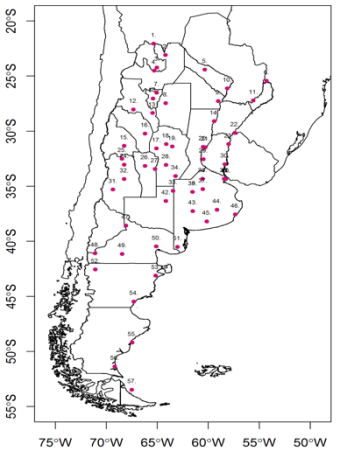


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas utilizadas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de evaluar aquellos trimestres con mayor relación entre extremos y medias de temperatura se realizaron gráficos de dispersión trimestrales de tendencias mensuales de $TX90$ y $TN10$ vs. tendencias de T_{media} junto con sus respectivas regresiones lineales (Figura 2 a-b). Es decir, se unificaron los datos de ambas tendencias en 4 trimestres diferentes (EFM, AMJ, JAS, OND). En primer lugar, para el caso de los extremos cálidos (fríos), se encontraron regresiones lineales positivas (negativas) y significativas entre las tendencias de $TX90$ ($TN10$) y de T_{media} para los 4 trimestres estudiados implicando que, un aumento en la tendencia de T_{media} está relacionado linealmente con un aumento (disminución) significativo de días cálidos (noches frías). En segundo lugar, en ambos casos se distinguió que, el primer trimestre (EFM) fue aquel con mayor R^2 (0,602 para extremos cálidos y 0,511 para extremos fríos), implicando que el 60,2% (51,1%) de la tendencia de $TX90$ ($TN10$) podría ser explicada en función de la tendencia de T_{media} a partir de una regresión lineal. En tercer lugar, se observó que para el trimestre EFM (OND) el índice $TX90$ aumentó en 7,02 (6,02) % de días cada un aumento de 1 ºC en la temperatura media. Asimismo, se registró que, para el trimestre EFM (AMJ) el índice $TN10$ disminuyó en 4,94 (y en 4,99) % de días a partir de un aumento de 1ºC en la temperatura media.

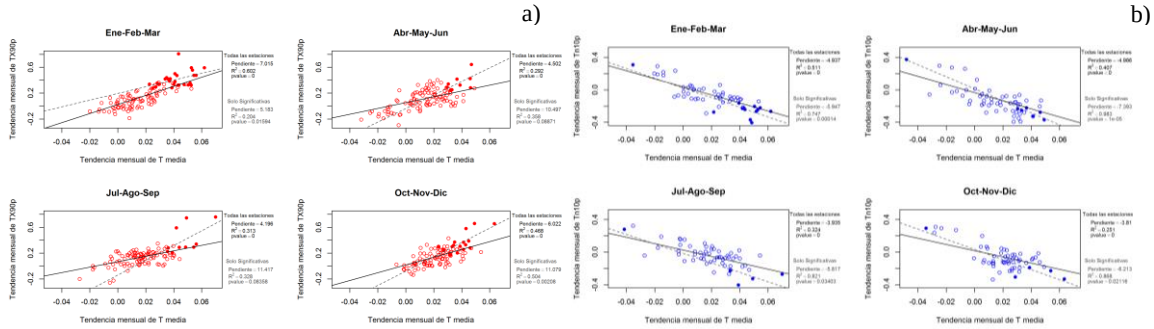


Figura 2. Diagrama de dispersión trimestral para el período 1977-2017 entre **a)** la tendencia lineal de $TX90$ y T_{media} y **b)** la tendencia lineal de $TN10$ y T_{media}. Se distingue la regresión lineal calculada con todos los puntos de estación (línea llena) y la regresión lineal calculada, únicamente, con las estaciones que presentaron tendencias significativas en ambas variables (línea punteada) con un nivel de confianza del 95%.

CONCLUSIONES

Se encontraron regresiones lineales positivas (negativas) y significativas entre las tendencias de $TX90$ ($TN10$) y de T_{media} para los 4 trimestres estudiados. Además, se distinguió que EFM y OND (EFM y AMJ) fueron los trimestres con mayor relación lineal entre los extremos cálidos (fríos) de temperatura y la temperatura media durante el período 1977 – 2017. Es de interés resaltar el comportamiento desigual entre los extremos cálidos y fríos y la temperatura media. En particular, se observó que los valores absolutos de las pendientes de las regresiones lineales calculadas para índice $TX90$ y T_{media} presentaron un mayor valor absoluto que aquellas registradas para el índice $TN10$ y T_{media}. Es decir que, un cambio en la temperatura media afecta en mayor magnitud a los extremos cálidos que a los fríos. Estos resultados permiten establecer una relación entre extremos y medias trimestrales en escala de cambio climático observado.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Conicet PIP 0137, UBACYT 2018 20020170100357BA.

REFERENCIAS

Hartmann, D.L.; Klein, Tank, A.M.G.; Rusticucci *et al*. (2013). Observations: atmosphere and surface. In Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Rusticucci, M.; Barrucand, M. 2004. Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. Journal of Climate, 17(20):4099–4107. https://doi.org/10.1175/1520-0442.

Rusticucci, M.; Barrucand, M.; Collazo, S. 2017. Temperature extremes in the Argentina central region and their monthly relationship with the mean circulation and ENSO phases. Int. J. Climatol. 37:3003–3017.

PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN CUALITATIVO ESTACIONAL PARA LA CUENCA DEL COMAHUE Y PARA LA CUENCA DEL RÍO BERMEJO

Waisbein*, L.D. [1]; Ayala, S.N. [1, 2]; Vita Sánchez, M.S. [1, 3]

[1] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA, Intendente Güiraldes2160, 2do. Piso, Pab.II, Ciudad Universitaria, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1428EGA, Argentina*
[2] *CONICET- Universidad de Buenos Aires, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Int. Güiraldes 2160, Buenos Aires, C1428EGA, Argentina*
[3] *Instituto Nacional del Agua (INA), Subgerencia de Sistemas de Información y Alerta Hidrológico (SIyAH), Autopista Ezeiza -Cañuelas, tramo Jorge Newbery Km 1,620, Ezeiza, B1802, Buenos Aires, Argentina*

***Contacto:** ldwaisbein@gmail.com

Palabras clave: pronóstico estadístico; predictores; eficiencia; precipitación

INTRODUCCIÓN

En la cuenca del Comahue, formada por las subcuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro y situada en el norte de la Patagonia argentina, se desarrolla una importante actividad frutihortícola destinada al cultivo de frutas de pepita y carozo, frutos secos y tomates entre otros. En la cuenca del río Bermejo, situada en el norte argentino, con dos regiones bien diferenciadas en cuanto a topografía y clima, la Cuenca Alta y la Cuenca Inferior, se destacan la producción de caña de azúcar y algodón, además de la actividad frutihortícola. En ambas cuencas, la planificación y el seguimiento de los cultivos requieren contar con información de calidad respecto de las tendencias climáticas esperadas. Los pronósticos cualitativos estacionales de precipitación constituyen una herramienta a tener en cuenta para la toma de decisiones relativas a la actividad agrícola y su optimización. El objetivo de este trabajo es describir brevemente cómo se elaboran esos pronósticos para las cuencas mencionadas, cómo se determina la eficiencia de los mismos y cuáles son los resultados obtenidos hasta el momento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El pronóstico cualitativo estacional de precipitación se realiza estadísticamente, de forma mensual para el trimestre siguiente en el caso de la cuenca del Comahue y para los trimestres de primavera (set-oct-nov) y verano (ene-feb-mar) en el caso de la cuenca del río Bermejo. La metodología utilizada para su elaboración se resume en la Figura 1. Se comparan los campos de anomalías de diferentes variables atmosféricas y oceánicas (predictores) del mes previo al trimestre objeto del pronóstico, con los campos de anomalías de precipitación que fueron observados en el pasado para dicho trimestre. Los métodos estadísticos aplicados así como el conjunto de predictores y su significado físico han sido estudiados por Ayala *et al*. (2018) y Ayala (2019) para la cuenca del río Bermejo y por Vita Sánchez *et al.* (2018) para la cuenca del Comahue. El resultado es una predicción cualitativa de la precipitación, estableciéndose un patrón predominante para el trimestre venidero, que puede ser subnormal, normal o sobrenormal. El pronóstico se compara con la precipitación observada en el trimestre, considerando como tal, a la que surge del campo de anomalías de precipitación acumulada correspondiente al trimestre pronosticado, publicado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). A los efectos de la verificación se considera que la anomalía de precipitación observada es normal cuando se encuentra dentro del rango ± 50 mm; más allá del límite inferior (superior) se considera subnormal (sobrenormal). Como resultado de la verificación, la eficiencia del pronóstico se evalúa de acuerdo a tres categorías:

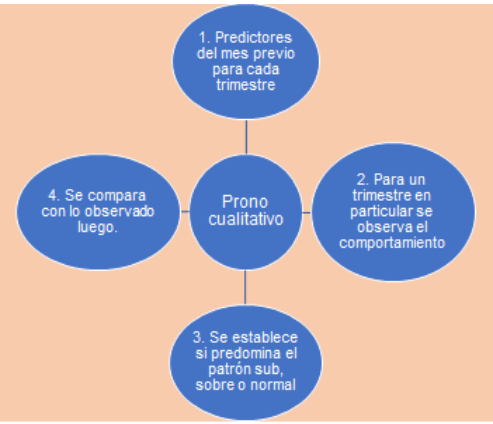


Figura 1. Modelo cualitativo de predicción de lluvia estacional.

1- Óptimo: hay coincidencia total entre el pronóstico y la precipitación observada.

2- Aceptable: la coincidencia es parcial. Esto sucede cuando el pronóstico o la precipitación observada involucran alguna de las dos opciones siguientes, con dos categorías cualitativas de precipitación, y sólo se cumple una: "normal a subnormal" o "normal a sobrenormal".

3- Ineficiente: no hay coincidencia. En particular, si el pronóstico es "normal a sobrenormal" y la precipitación observada es "normal a subnormal", y viceversa, el pronóstico se considera ineficiente.

La eficiencia está dada por la suma de las categorías "Óptimo" y "Aceptable".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eficiencia de los pronósticos se calculó considerando aquellos realizados a partir del año 2019. Se incluyeron 14 pronósticos para la cuenca del Comahue y 3 para la cuenca del río Bermejo. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 2. En la cuenca del Comahue, las subcuencas de los ríos Limay y Neuquén muestran un buen desempeño del pronóstico con porcentajes de eficiencia similares (78,57% y 71,43% respectivamente) mientras que un valor bastante inferior registra la subcuenca del río Negro (57,14%). Hay que tener en cuenta que el ciclo anual de precipitación de los ríos Limay y Neuquén es semejante y difiere con el del río Negro (no coinciden la estación húmeda ni la seca). En la categoría "Ineficiente", donde la subcuenca del río Negro presenta el porcentaje más alto, se observó que ese porcentaje incluye también el mayor número de casos donde la precipitación pronosticada y la observada presentan signo opuesto, es decir, húmedo versus seco: cuatro casos versus uno en la cuenca del río Neuquén y ninguno para la cuenca del río Limay. Para la cuenca del río Bermejo, si bien el número de casos en que se basó el cálculo de la eficiencia es reducido, se observa que el pronóstico alcanza muy buenos resultados. En particular, el porcentaje de eficiencia es mayor para la cuenca superior (100%) que para la cuenca media-inferior (75%).

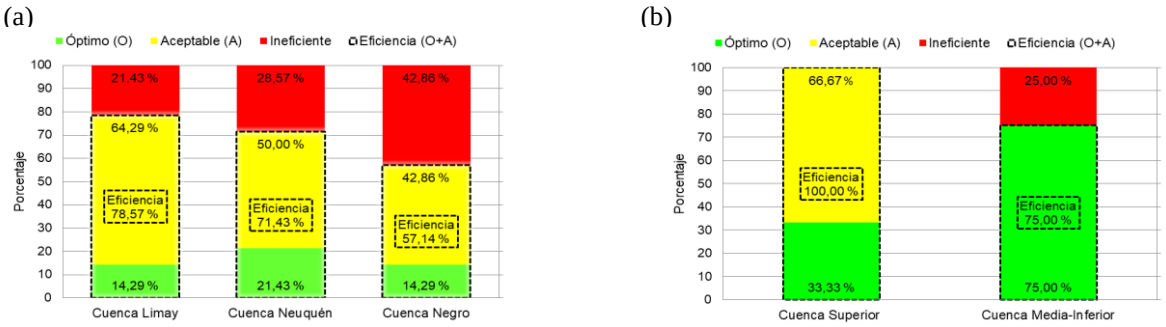


Figura 2. Resultados de la verificación de los pronósticos. (a) Cuenca del Comahue: subcuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. (b) Cuenca del río Bermejo: subcuencas Superior y Media-Inferior.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, el pronóstico estadístico cualitativo estacional predice, en general, con un alto grado de eficiencia el patrón de precipitación esperada para ambas cuencas, constituyéndose en una herramienta efectiva para la toma de decisiones que involucran actividades relacionadas con la agricultura. En particular, para la subcuenca del río Negro no alcanza el mismo nivel de eficiencia. Todos los resultados presentados en este trabajo son experimentales y se realizan con fines de investigación. La información referida a estos pronósticos se actualiza mensualmente y se encuentra a disposición del público en la página web http://perspectiva.at.fcen.uba.ar/ del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Además, estos pronósticos son presentados en las reuniones de tendencia climática realizadas mensualmente en el Servicio Meteorológico Nacional (Carabajal, 2019, 2020a, 2020b).

AGRADECIMIENTOS

Los datos de precipitación fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional, la Secretaría Operativa de la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro y la Comisión Nacional del Río Bermejo (COREBE) de la Secretaría de Recursos Hídricos. Esta investigación fue realizada con fondos de los proyectos UBACYT 2017-2019 20020160100009BA, UBACYT 2018-2020 20620170100012BA.

REFERENCIAS

Ayala, S.N. 2019. La posibilidad del pronóstico estadístico de precipitación de primavera en la cuenca del río Bermejo. Tesis de Licenciatura, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, UBA, CABA, Argentina.

Ayala, S.; Vita Sánchez, M.; González, M. 2018. Forzantes climáticos y predicción estadística de la precipitación de primavera en la subcuenca superior del Río Bermejo. En: 4to. Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, 2018, Ezeiza, Argentina.

Carabajal, M.I. 2019. El Servicio Meteorológico Nacional y el nuevo paradigma de los servicios climáticos: hacia una reconfiguración de las prácticas institucionales. Papeles de Trabajo. Centro de Estudios Interdisciplinarios en Etnolingüística y Antropología Socio-Cultural 38: 27-62. https://doi.org/10.35305/revista.v0i38.24

Carabajal, M.I. 2020. Producción, circulación y uso de la información climática. Contribuciones de la antropología al estudio de los servicios climáticos. RUNA, archivo para las ciencias del hombre 41(1). https://doi.org/10.34096/runa.v41i1.5437

Carabajal, M.I. 2020. Coproducción de conocimiento: el caso de la reunión de tendencia climática trimestral de Argentina. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad 15(44):197-219.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). https://www.smn.gob.ar/clima/vigilancia-mapas Consultado 08/06/2020.

Vita Sánchez, M.; Ayala, S.; González, M. 2018. Modelos estadísticos para la predicción de la precipitación sobre la cuenca del Comahue en Otoño. En: 4to. Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, 2018, Ezeiza, Argentina.

Área Temática 7

Adversidades Agroclimáticas, Riesgo y Vulnerabilidad Socioambiental

DÍAS TROPICALES Y OLAS DE CALOR EN ZAVALLA, PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA

Anibalini*, V.A.; Dickie, M.J. (*ex aequo*)

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

***Contacto:** veroanibalini@gmail.com

Palabras clave: indicadores climáticos; cambio climático; adversidades agroclimáticas

INTRODUCCIÓN

Es importante caracterizar los indicadores basados en temperatura, como los días tropicales y las olas de calor, dado su efecto sobre la salud humana, los sistemas productivos y naturales. Asimismo, definir su ocurrencia, persistencia y tendencia se torna relevante ante un escenario de calentamiento global y considerando, según estudios recientes, que los últimos seis años (2014-2019) han sido los más calurosos a nivel global del último siglo y medio (Blunden y Arndt, 2020). Las proyecciones globales estiman, con una probabilidad superior al 99% (un 75,3%) de que la mayoría (todos) los años entre 2019 y 2028 también serán los 10 años más cálidos (Arguez *et al*., 2020). En esta coyuntura, el objetivo de este trabajo es caracterizar los días tropicales y las olas de calor ocurridas en Zavalla en la serie 1973-2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad bajo estudio es Zavalla la misma está ubicada a 33º 01´ S y 60º 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 centro de Argentina. La serie temporal analizada abarca desde el 1 de enero de 1973 al 31 de diciembre del 2019. Los datos diarios de temperatura máxima se obtuvieron de la estación agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR ubicada en la localidad en estudio. Se definió como días tropicales (DT) a los días en los que la temperatura máxima fue superior o igual a 30°C (MeteoSwiss) y olas de calor (OC) cuando las temperaturas máximas superaron o igualaron, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, al percentil 90 (31,5°C) del semestre cálido (octubre-marzo) de la serie 1973-2019 (SMN). Con el fin de garantizar olas de calor independientes, dado que una misma masa de aire puede persistir por varios días, se estableció que entre dos períodos consecutivas los mismos estuvieran separados al menos por tres días entre sí (Dickie, 2016). Para el análisis de los DT se determinó el número de DT mensuales y anuales de cada año de la serie. Con estos datos se evaluaron: las variaciones mensuales decadales con respecto al promedio histórico de la secuencia, los valores anuales y promedios anuales decadales de los DT y su tendencia. Se establecieron los valores de la mediana, moda, media, desvío estándar, máximos y mínimos mensual y anual del conjunto. En cuanto a las OC se definieron el número de OC mensual (octubre-marzo), anual y su tendencia, el promedio anual decadal y tendencia y la frecuencia de la OC en función de su persistencia. La década del 70’ se encuentra incompleta ya que la estación de la que se extrajeron los datos inicio sus actividades el 1 de enero de 1973. Su inclusión se basa en que aporta información sobre el 70% de los años que componen el período del 70’ considerando dicha información importante para la evaluación global.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del análisis de DT para la serie 1973-2019 se obtuvo que los meses con mayor número promedio de DT fueron diciembre-enero-febrero seguidos por noviembre-marzo, el resto de los meses presentó entre 1 a 3 DT, excepto junio que nunca presentó DT. En diciembre y enero la mediana fue mayor que la media (Tabla 1) lo que estaría indicando que valores extremos de los años con días más fríos para el mes están provocando una subestimación del valor medio de DT para dichos meses. Al encontrarse la mediana desplazada a la derecha de la media nos indicaría que hay una mayor proporción de años con DT que los representados por la media. En cuanto a la tendencia se observó que a nivel anual (Figura 1) y decadal (Figura 2) existe una tendencia al aumento de DT con un nivel de ajuste mayor para las décadas.

Tabla 1. Parámetros estadísticos y desvío de Días Tropicales en el semestre cálido en Zavalla (1973-2019).

	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	Anual
Mediana	19	10	8	2	7	14	60
Media	17	10	7	3	7	13	60
Desvío (±)	5	4	4	2	4	5	13

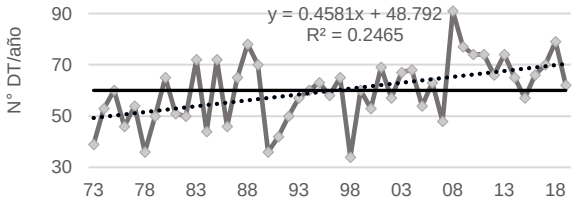


Figura 1. Número de DT por año, promedio histórico (—) y tendencia (·····).

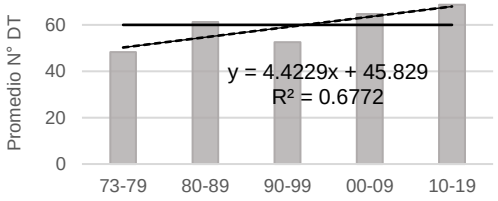


Figura 2. Promedio decadal e histórico de DT y tendencia.

El estudio de OC mostró que en el periodo 1973-2019 en promedio se registraron 4 eventos de OC por año variando entre 1 en los años 1973, 1974, 1976, 1978, 1991,1998 y 2015 y 8 en el 2008. Se determinó también que el 45% de los años presentaron menos OC que el promedio, 34% mayor al promedio y el resto (21%) igual al promedio. Así mismo, se observó que enero es el mes que presenta más OC (67) seguido por diciembre (46), febrero (32), noviembre (16), marzo (15) y octubre es el menor mes con 3 OC. En cuanto, a la cantidad de eventos en función de la duración de la OC se estableció que la mayor proporción dura 3 días (Figura 3). El evento de OC con mayor persistencia comenzó el 22 de diciembre de 1975 y finalizó el 12 de febrero de 1976, con una temperatura máxima (Tx) de 35°C. La OC más temprana ocurrió el 15 de octubre de 2003 con una duración de 3 días (Tx=33,6°C) y la OC más extrema comenzó el 28 de marzo de 2009 mostrando una persistencia de 3 días (Tx=35,5 °C). La tendencia anual (Figura 4) y decadal (Figura 5) de las OC son positivas con un R^2 de 0,22 y 0,57 respectivamente.

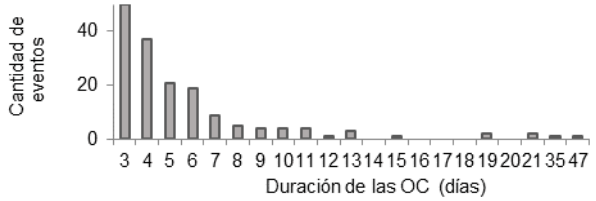


Figura 3. Cantidad de eventos de OC en función de la duración.

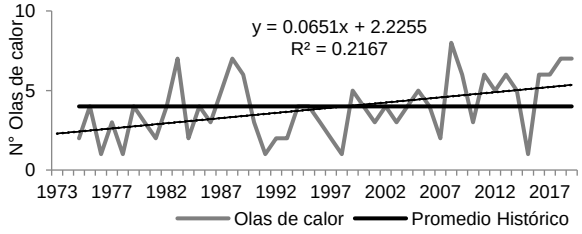


Figura 4. Olas de calor anuales y tendencia.

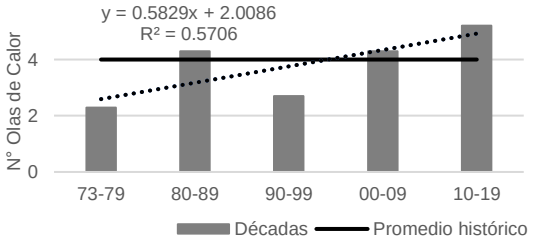


Figura 5. Olas de Calor decadales y tendencia.

Los valores de tendencia encontrado para los DT y las OC son coincidentes con lo expresado por Arguez *et al. (*2020) donde se postula que las tendencias anuales si bien son al alza, pero con un nivel de significancia bajo al analizarlas a nivel de década la tendencia se mantiene y la significancia aumenta considerablemente. Asimismo, Feron *et al. (*2019) postulan que se espera que las OC se dupliquen en américa del sur y las temperaturas extremas aumenten.

CONCLUSIONES

Concluimos que estos indicadores presentan una variabilidad interanual e interdecadal, si bien las tendencias en el periodo estudiado no son significativas presentan valores positivos. Por lo tanto, se deben seguir monitoreando no solo a nivel local sino también a nivel regional, a fin de pensar medidas de adaptación de las ciudades y de los sistemas tanto productivos como naturales a estos futuros escenarios.

REFERENCIAS

Arguez, A.; Hurley, S.; Inamdar, A.; Mahoney, L.; Sanchez-Lugo, A.; Yang, L. 2020: Should we expect each year in the next decade (2019–28) to be ranked among the top 10 warmest years globally? Bull. Am. Meteor. Soc. 101: E655-663.

Blunden, J.; Arndt, DS. 2020. State of the Climate in 2019. Bull. Amer. Meteor. Soc. 101:S1–S429.

Dickie, M.J. 2016. Las masas de aire que afectan al Departamento Rosario durante el período crítico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Manejo y Conservación de Recursos Naturales, UNR, Zavalla, Argentina.

Feron, S.; Cordero, R.R.; Damiani, A.; Llanillo, P.J.; Jorquera, J.; Sepúlveda, E.; Asencio, V.; Laroze, D.; Labbe, F.; Carrasco, J.; Torres, G. 2019. Observations and Projections of Heat Waves in South America. Sci Rep 9, 8173.

Meteosuisse. 2020. Climat.<https://www.meteosuisse.admin.ch/home/climat/changement-climatique-suisse.html>, consultada 20/07/2020.

Servicio Meteorológico Nacional. 2020. Estadísticas. <https://www.smn.gob.ar/estadisticas> Consultada 20/07/2020.

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LOS RENDIMIENTOS DE SOJA E ÍNDICES DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA ESTIMADOS POR DISTINTAS METODOLOGÍAS DE CÁLCULO

Barberis*, J.G.[1]; Barrucand, M.[2,3]; Muñiz J.[1]; Kantolic, A.[1]

[1] *Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, CP 1417, Argentina*
[2] *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, CP 1427, Argentina*
[3] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, CP 1425, Argentina*

***Contacto:** barberis@agro.uba.ar

Palabras clave: ISHI; evapotranspiración potencial; balance hídrico

INTRODUCCIÓN

La soja es el cultivo más sembrado en Argentina, concentrándose alrededor del 90% en la Región Pampeana. Su rendimiento tiene una gran variabilidad, tanto temporal como espacial. La mayor parte de esa variabilidad está asociada, directa o indirectamente, con el balance hídrico del suelo. Para estimar adecuadamente el balance de agua en el suelo es importante partir de una correcta estimación del cálculo de evapotranspiración potencial (ETP) o de referencia (ET_o). Metodologías como la de Penman-Monteith, recomendado por FAO (FAO, 1998), requieren una gran cantidad de datos climáticos (temperatura máxima, mínima, heliofanía efectiva, presión atmosférica, viento, etc.). Dado que estos datos no siempre están disponibles, usualmente se realizan estimaciones de los datos faltantes, lo que trae aparejado una disminución en la precisión del método utilizado. Debido a las dificultades en la obtención de las variables mencionadas, la FAO propone como alternativa el método de Hargreaves modificado por Samani (Hargreaves y Samani, 1985) o el método de Turc (Turc, 1961), que requieren menor cantidad de variables para su cálculo. Si bien las diferencias que pueden encontrarse están ampliamente documentadas en diversos ambientes de todo el mundo (Bormann, 2010, Soriano Soto *et al.*, 2012, Aguilera, 2018, entre otros), en este trabajo se busca analizar el impacto que tiene el uso de una u otra metodología de cálculo de la ETP para la determinación del índice de satisfacción hídrica a través de las relaciones entre estos índices y los rendimientos de soja en localidades de la región pampeana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información climática se obtuvo de 4 estaciones meteorológicas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicadas en la Región Pampeana (Figura1). De estas estaciones se obtuvieron datos diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima, heliofanía efectiva, presión real de vapor, velocidad de viento y presión atmosférica para el período 1988-2018. Para completar la información faltante, se consideraron datos de reanálisis ERA5 del Centro Europeo ECMWF.

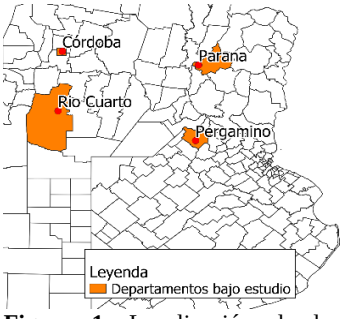


Figura 1. Localización de las estaciones analizadas en el presente estudio.

Se calculó la evapotranspiración potencial o de referencia, siguiendo las metodologías de Penman-Montieth, Turc y Hargreaves y seguidamente se realizó el cálculo de balance hídrico para cada una de las estaciones analizadas para los tres tipos de metodología de cálculo. Se utilizó el modelo de balance hidrológico operativo con fines agrícolas (BHOA) desarrollado por Fernández Long *et al*. (2012).

A partir de los datos consistidos se calculó el índice de satisfacción hídrica (ISHi) para cada estación meteorológica y para cada década dentro del período del cultivo (noviembre-mayo) de cada campaña. Este índice se calcula a partir de la relación entre la evapotranspiración real y la potencial, según la siguiente fórmula:

$$ISHi_j = \sum_{l=1}^{n} \frac{ETR_{ij}}{ETP_{ij}} \Big/ n \qquad (1)$$

Donde ETR es la evapotranspiración real y ETP la evapotranspiración potencial; j: toma valores de 1 a 3, indicando la década del mes y n: el número de días de la década (ver detalle en Carnelos *et al*. 2014). Se utilizaron datos fenométricos obtenidos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria del Ministerio de Agroindustria. Se consideraron series de rendimiento anual de soja, previamente filtradas a fin de remover la tendencia lineal que puede ser atribuida a mejoras tecnológicas. A partir del ISHi, para cada localidad estudiada y para cada década, se realizó una correlación lineal simple entre éstos y los residuos de los rendimientos anuales de soja de cada departamento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de cada estación, la dinámica estacional del ISHi fue similar para los tres métodos de cálculo (Figura 2), encontrándose relaciones significativas durante el periodo de cultivo de la soja con un nivel de significancia del 5%. En términos generales, en Córdoba y Pergamino las mayores correlaciones se encontraron cuando el ISHi fue calculado con la metodología de Turc; en Paraná, los resultados fueron similares para las tres metodologías consideradas mientras que en Río Cuarto las mayores correlaciones se encontraron con las metodologías de Hargreaves en la mayor parte del período analizado. De todas formas, para todas las estaciones, las diferencias en los valores de correlación entre momentos del año fueron mayores que las diferencias entre los métodos de estimación.

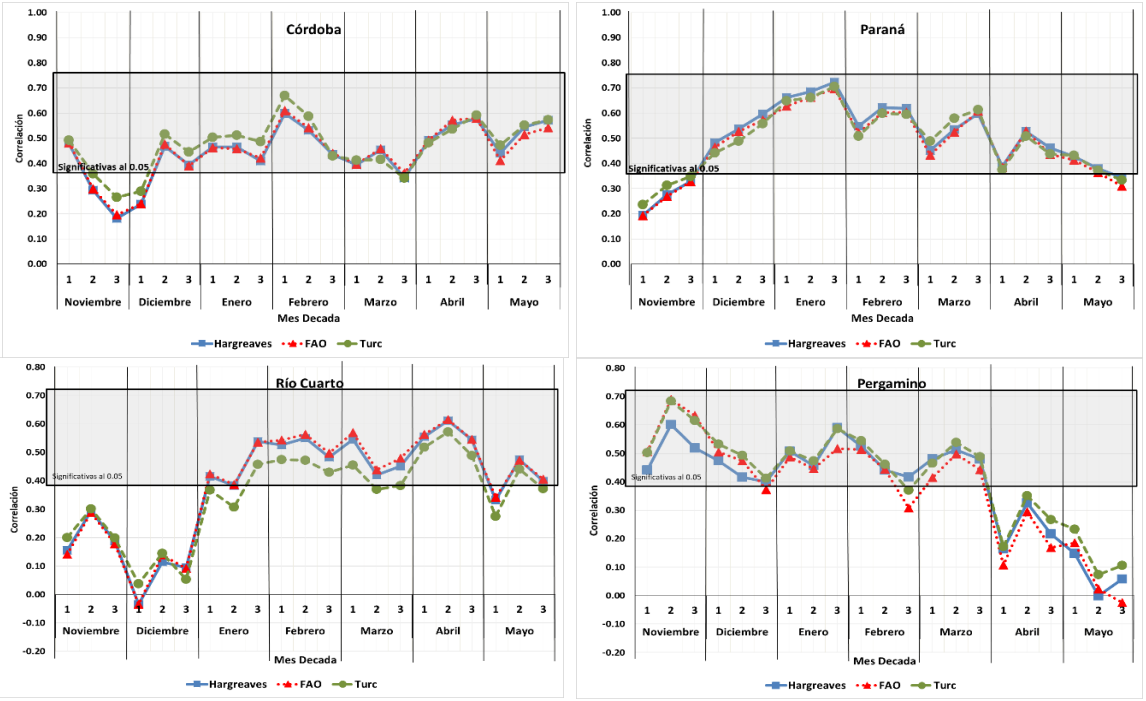


Figura 2. Correlaciones entre índices de satisfacción hídrica ISHi y los rendimientos de cada partido/departamento considerando tres métodos de cálculo de la ETP.

CONCLUSIONES

Los resultados aquí encontrados muestran una importante relación entre el índice de satisfacción hídrica y el rendimiento de la soja, especialmente en el periodo reproductivo de este cultivo (enero a abril). Existieron, no obstante, patrones levemente diferentes entre estaciones, que deben estudiarse con mayor profundidad. Los momentos en los que se encontraron correlaciones significativas fueron similares con las diferentes metodologías de cálculo de ETP. Se pone de manifiesto que las relaciones entre el ISHi y los rendimientos de soja son robustas, y no se ven afectadas significativamente por las metodologías de cálculo de ETP o ET_o.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al SMN y al INTA por la información suministrada. La investigación se realizó en el marco de los proyectos CONICET PIP 0137 y UBACyT 2018 20020170100357BA.

REFERENCIAS

Aguilera, R.B. 2018. Calibración de la ecuación de Hargreaves para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) en el Oasis Norte de Mendoza, Argentina. Fac. Cs. Exactas y Naturales. UBAs. 2018-07-13.

Bormann, H. 2010. Sensitivity analysis of 18 different potential evapotranspiration models to observed climatic change at German climate stations. Climatic Change 104(3):729-753 DOI: 10.1007/s10584-010-9869-7.

Carnelos, D.A.; Fernández Long, M.E.; Murphy, G.M. 2014. Índice de satisfacción hídrica como estimador de rendimientos de maíz. Rev. Agronomía & Ambiente 34 (1-2):1-16. FA-UBA, Buenos Aires, Argentina.

FAO. 1998. Publicación N° 56: Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf pág. 89.

Fernández Long, M.E.; Specha L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). Rev. Agronomía & Ambiente 32 (1-2):31-47. FA-UBA, Buenos Aires, Argentina.

Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. App. Eng. Agric. 1:96-99.

Ministerio de Agroindustria de la Nación. 2020. http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones

Turc, L. 1961. Evaluation des besoins en eau d´irrigation evapotranspiration potentielle. Ann. Agron. 12 (1):13-50.

Soriano Soto, M.D.; Pons Marti, V.; García España Soriano, L.; Llinares Palacios, J. 2012. Comparación de los valores de evapotranspiración en la provincia de Valencia utilizando diferentes modelos. Universidad Politécnica de Valencia.

ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE LOS EVENTOS SECOS EN RIO CUARTO, CÓRDOBA

Bocco*, A.; Vinocur, M.G.

Agrometeorología, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36 km 601, X5804BYA Río Cuarto, Provincia de Córdoba

***Contacto:** boccoalessio@gmail.com

Palabras clave: cópulas; sequías; multivariado

INTRODUCCIÓN

Un problema frecuente en la evaluación del riesgo de sequías es la estimación de la probabilidad de ocurrencia de un evento seco de determinadas características expresada en términos del período de retorno (PR). El PR se define como el tiempo promedio entre dos realizaciones sucesivas de un evento tipo determinado. El concepto de PR es muy importante en términos del riesgo ya que permite no sólo tomar decisiones en función de la posibilidad de ocurrencia de un evento determinado, sino que es la medida más comúnmente usada para la evaluación objetiva del riesgo (Singh *et al*., 2007).

Un evento seco comienza después de una cierta cantidad de periodos consecutivos con valores de los índices de sequía menores a un umbral determinado y termina cuando el valor del índice supera nuevamente dicho umbral (Shiau, 2006). Una vez identificados, los eventos pueden ser caracterizados a través de una serie de indicadores o métricas como son su duración, intensidad, magnitud o valor extremo. Estas métricas interactúan entre sí por lo que el análisis univariado de las mismas sobresimplifica el fenómeno en estudio ya que, por ejemplo, dos eventos de igual duración pueden tener impactos muy diferentes si las intensidades difieren. Lo anterior hace especialmente relevante el uso de técnicas que permitan evaluar la dependencia conjunta de dichos parámetros para así caracterizar los eventos secos de la forma más completa posible. El objetivo de este trabajo consiste en la evaluación multivariada de los componentes de un evento seco a través de cópulas matemáticas y el cálculo de períodos de retorno para distintos eventos bivariados de diseño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación Río Cuarto del SMN (Servicio Meteorológico Nacional) (33° 07'S, 64° 14'W, 421msnm), correspondientes a la serie 1961-2015. Se utilizaron los datos de precipitación y temperaturas máxima y mínima para el cálculo del SPEI (Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración) a una escala de tres meses (Vicente-Serrano *et al.*, 2010). A partir de la serie de este índice se identificaron los eventos secos definidos como el período en el que el índice alcanza valores inferiores a -0,5. Utilizando los eventos secos, se los caracterizó por medio de la duración (período de tiempo durante el cual el índice se encuentra por debajo del umbral seleccionado); intensidad (promedio de valores del índice durante el evento); magnitud (se obtiene al multiplicar duración por intensidad) y valor mínimo (menor valor del índice alcanzado durante el evento). El análisis de las métricas individuales comienza al ajustar una serie de distribuciones univariadas de probabilidad (De Michele *et al*., 2013), realizada usando los métodos de L-momentos y de máxima verosimilitud. El ajuste de las métricas a una función de probabilidad permite el cálculo de la recurrencia de un evento con determinadas características. El PR univariado se calcula de la siguiente manera:

$$PR = \frac{\mu}{1 - F_i(x)} \qquad (1)$$

donde μ corresponde al tiempo entre eventos [años]; $F_i(x)$ a las probabilidades de la variable *x* (la variable *x* es el SPEI). El PR es una probabilidad transformada en unidades de tiempo para facilitar su interpretación.

El análisis bivariado es una variante que combina dos métricas al analizar su variabilidad conjunta. Para ello es ventajoso utilizar la capacidad que tienen las cópulas para vincular dos distribuciones probabilísticas individuales en una función de probabilidad multivariada. Las cópulas se basan en el teorema de Sklar (1959) y permiten modelar el comportamiento conjunto de variables dependientes que no necesariamente tienen la misma distribución univariada. Para más detalles teóricos sobre el uso de cópulas véase Nelsen (2006). Las familias elegidas para la modelación corresponden a dos grandes grupos de cópulas: elípticas y Arquimedianas. Entre las elípticas se encuentran la familia Gumbel, Frank, Joe y Clayton y entre las Arquimedianas, las cópulas normales y t de Student. El PR multivariado es conceptualmente análogo al univariado y se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$PR = \frac{\mu}{1 - F_i(x) - F_j(y) - C(u,v)} \qquad (2)$$

donde μ corresponde al tiempo entre eventos [años]; $F_i(x)$ a las probabilidades de la variable *x*; $F_j(y)$ a las probabilidades de la variable *y* y $C(u,v)$ a las probabilidades conjuntas. Los PR obtenidos al aplicar esta fórmula

multivariada no guardan relación con los univariados ya que el comportamiento conjunto de dos métricas no es el resultado de la multiplicación de los PR univariados para dichas métricas (Shiau, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando el SPEI-3, se detectaron 77 eventos secos para la localidad de Río Cuarto en el período 1961-2015. Las variables se ajustaron satisfactoriamente a las siguientes distribuciones: duración, a una *gamma*; intensidad y valor extremo, a una *Weibull* y, magnitud, a una Pearson III. La Figura 1 muestra los PR de eventos con determinada duración y magnitud. El eje x muestra el período de retorno de un evento y el eje y la magnitud de la variable, en este caso, la duración o la magnitud de un evento seco. Los ticks indican la cantidad de puntos usados para estimar el PR, a mayor cantidad, mayor confianza en el valor de PR. Por ejemplo, un evento con una duración de al menos 7 meses tiene una recurrencia de 80 años. En la Figura 2 se observan los PR bivariados entre la duración y el mínimo y la duración y magnitud. En este caso el eje x corresponde a la duración y el eje y al mínimo y magnitud, respectivamente y las isolíneas a los distintos PR. Los puntos rojos representan los eventos observados y los negros los eventos simulados a partir de la distribución multivariada. Se observa una buena correspondencia entre ambos por lo que la cópula reproduce la distribución de los valores observados. Por ejemplo, un evento con una duración de 6 meses y un valor extremo de -1,5 ocurre una vez cada 20 años mientras que otro de la misma duración y magnitud -5 tiene una recurrencia aproximada de 1:50 años.

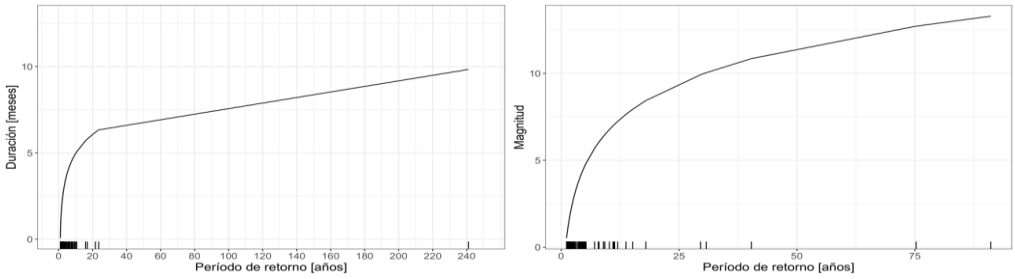


Figura 1. Período de retorno de la duración (izquierda) y magnitud (derecha) de los eventos secos en Río Cuarto.

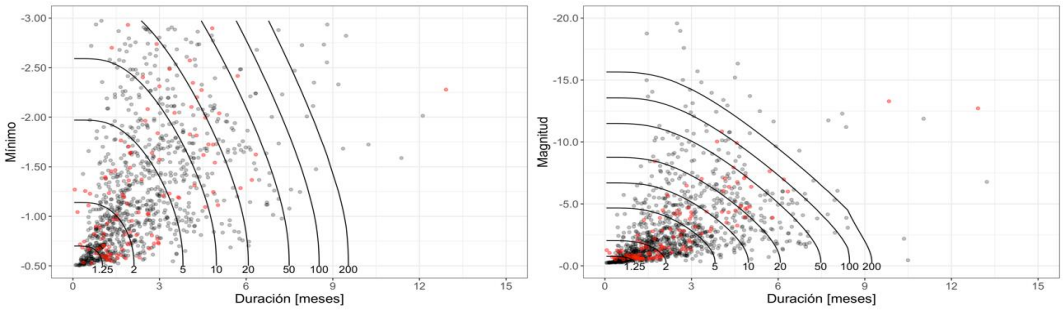


Figura 2. Período de retorno de duración y valor extremo (izquierda) y duración y magnitud (derecha) de eventos secos en Río Cuarto.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta para el análisis probabilístico de los eventos secos es capaz de modelar su ocurrencia en esta localidad y estimar la recurrencia de distintas configuraciones de eventos lo que permite la caracterización objetiva del riesgo. Es importante mencionar que esta metodología es aplicable con cualquier tipo de índice de sequía. Una vez obtenido el modelo multivariado es posible diseñar eventos a medida para realizar estudios de impacto. Es necesario continuar con el trabajo para la traducción de las variables que caracterizan a los eventos secos en impactos en distintos sistemas naturales o antrópicos para ampliar la aplicabilidad de este producto.

REFERENCIAS

De Michele, C.; Salvadori, G.; Vezzoli, R.; Pecora, S. 2013. Multivariate assessment of droughts: Frequency analysis and dynamic return period. Water Resources Research 49 (10):6985-6994.

Nelsen, R. B. 2006. An Introduction to Copulas. Springer, 276 pp.

Shiau, J.T. 2006. Fitting Drought Duration and Severity with Two-Dimensional Copulas. Water Res. Manag. 20 (5):795-815.

Singh, V.P.; Jain, S.K.; Tyagi, A.K. 2007. Risk and reliability analysis. ASCE Press/American Society of Civil Engineers.

Sklar, A. 1959. Fonctions de repartition a n dimensions e leurs marges. Institut de Statistique de l'Univiversit´ e de Paris. 8:229-231.

Vicente-Serrano, S.; Beguería, S.; López-Moreno, J. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate 23:1696-1718.

MONITOREO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN PARCELAS DE SOJA CON REGISTROS TÉRMICOS DE SUPERFICIE Y DATOS DE NDVI

de la Casa*, A.[1]; Ovando, G.[1]; Díaz, G.[1]; Díaz, P.[1]; Soler, F.[2]; Miranda, C.[3]

[1] *Agrometeorología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina*
[2] *Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina*
[3] *Establecimiento Las Delicias, Córdoba, Argentina*

Contacto: delacasa@agro.unc.edu.ar

Palabras Clave: WDI; agua del suelo; cobertura del cultivo, espacio trapezoidal

INTRODUCCIÓN

La termometría infrarroja (TIR) es una técnica para medir la temperatura superficial (Ts) de un objeto en base a la energía emitida. La detección térmica en el rango espectral del infrarrojo de onda larga (7,5–14 μm) es particularmente útil para el estudio de las relaciones planta-agua y las respuestas al estrés por sequía debido a la disminución de la conductividad estomática (Tanriverdi *et al.*, 2017). En relación al monitoreo de cultivos, la TIR es utilizada para detectar estrés hídrico, evaluar la influencia de la falta de agua en la disminución del rendimiento y adminstrar con mayor eficiencia el agua de riego. Martynenko *et al.* (2016) emplearon imágenes de la temperatura foliar como un indicador del cierre estomático en respuesta al déficit de agua del suelo en soja (*Glycine max* (L.) Merril). Por su parte, Pipatsitee *et al.* (2018) evaluaron mediante imágenes térmicas la relación entre el índice de estrés hídrico del cultivo (CWSI) y los cambios fisiológicos de la yuca (*Manihot esculenta*). A fin de detectar condiciones de estrés hídrico, la TIR se presenta en una fuente de información subrogante de la humedad del suelo y su aplicación conjunta se justifica para analizar fortalezas y debilidades de la técnica remota.

A partir de la diferencia entre la temperatura superficial del follage (Tf) y del aire (Ta), el CWSI ha sido ampliamente utilizado para evaluar el estés hídrico y la necesidad de riego en numerosos cultivos. La principal limitación de este método resulta de medir Tf cuando la cobertura de cultivo es incompleta, lo que invariablemente ocurre al comienzo del ciclo. Combinando índices de vegetación espectral (IV) y mediciones de Ts, el concepto del espacio trapezoidal IV-Ts se propuso para aplicar la teoría CWSI a terrenos con vegetación parcial y sin registros de Tf (Moran *et al.*, 1994). Este concepto permite evaluar la influencia de la vegetación (representada por un índice de vegetación o la cobertura) sobre Ts y la disponibilidad de agua, de modo que mientras Ts en un suelo desnudo y seco alcanza un valor máximo por la ausencia de evaporación, en condición de saturado el valor de Ts es mínimo al no tener limitaciones para evaporar. En base a esta teoría se desarrolló el índice de deficiencia de agua (WDI) para evaluar la tasa de evapotranspiración de sitios con vegetación tanto completa como parcial (Moran *et al.*, 1994; Colaizzi *et al.*, 2003).

El objetivo de este trabajo es aplicar el concepto del espacio IV-Ts para analizar la información obtenida en un ensayo de soja bajo riego y explicar eventuales diferencias de la cobertura del cultivo entre tratamientos que consistieron en distintos agregados de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un cultivo de soja de la variedad Don Mario 40R16, que se sembró el 19/11/2019 y alcanzó madurez fisiológica el 18/03/2020. De manera preliminar el análisis se extiende solo hasta la etapa reproductiva R6. La información se obtuvo en un lote ubicado al sur de la ciudad de Córdoba (31°33’ lat. Sur, 64°05’ long. Oeste, 400 m snm) donde la soja se sembró sobre rastrojo de maíz con una densidad de 27 pl m^{-2} y en hileras a 0,35 m. El suelo del predio es un Haplustol éntico, serie Manfredi, con un perfil de tres horizontes de textura franco-limosa. Los análisis previos a la siembra revelaron ausencia de restricciones de fertilidad química. En el interior del lote se establecieron de manera contigua 4 parcelas de ensayo de 4 m^2, que recibieron los siguientes tratamientos: 100 mm de agua y una cantidad de urea equivalente a 100 kg ha^{-1} (RRF); 100 mm de agua (RR); 50 mm de agua (R) y un testigo sin intervención (S). Asimismo, en una quinta parcela en secano también de 4 m^2 se procedió a quitar las plantas de soja para medir Ts y tener un valor de referencia en ausencia de transpiración (SD). El agregado de agua se realizó en 5 oportunidades con cantidades iguales (20 mm para RRF y RR y 10 mm para R) y la fertización fue implementada en plena floración (R2).

La cobertura del cultivo (CC) se obtuvo a partir de fotografías adquiridas 3 m sobre el cultivo con una cámara Canon PowerShot SD780 IS, modificada para producir imágenes de NDVI (de la Casa *et al.*, 2016). Cada imagen se recortó respecto a los bordes de la parcela y la determinación de CC se realizó diferenciando el suelo de la vegetación verde asumiendo un umbral de NDVI (U) que se estableció en 0,05. A partir de la imagen binaria producida (U<0,05 para suelo), se calculó el porcentaje entre la cantidad de píxeles con vegetación con respecto al total. Los valores térmicos se obtuvieron con el sensor MLX9061 que, además de medir la temperatura del aire (Ta), tiene un termómetro infrarrojo para medir la temperatura sin tener contacto con el objeto (Ts y Tf). A tal efecto, utiliza una termopila y un filtro que deja pasar la radiación infrarroja (entre 5,5 y 14 μm) emitida por el

objeto y está calibrado de fábrica para un rango de temperatura de -70 a +380 °C (Cerminato *et al.*, 2018). Las lecturas se efectuaron entre las 12 y 14 hs, con el sensor dispuesto de manera perpendicular y a 1,5 m de altura sobre la parcela. Los valores presentados corresponden a un promedio de 4 lecturas. Los datos de lluvia utilizados provienen de un pluviómetro ubicado en la proximidad del ensayo. La evaluación estadística entre tratamientos, tanto de CC como de Tf-Ta, se realizó a partir de la prueba de medias apareadas (por fecha) para n=9.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el perfil bien provisto de humedad a la siembra y el abundante aporte pluviométrico de diciembre, el desarrollo de CC resultó muy uniforme y alcanzó valores de cobertura completa durante un periodo prolongado del ciclo que incluye buena parte de la etapa reproductiva entre R2 y R6. De esta forma, la semejanza entre las curvas de CC pone de manifiesto que el agua agregada a las parcelas no alcanza a expresar un incremento del crecimiento, al menos en términos de la cobertura. La relación entre las condiciones hídricas y la expansión de CC se evaluó de manera integral aplicando el concepto del espacio IV-Ts, con los valores de CC en ordenada y de Tf-Ta en abscisa (para SD se expresa (Ts-Ta), como muestra la Figura 1.

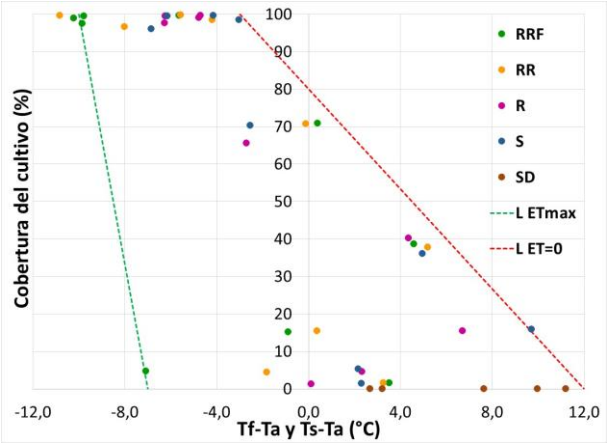


Figura 1. Espacio trapezoidal definido por la relación entre Tf-Ta (Ts-Ta) y la cobertura del cultivo de soja. RRF, RR, R y S son los tratamientos; SD son los valores de la parcela sin plantas; L ETmax es la línea del suelo húmedo que expresa la evapotranspiración máxima y L ET=0 es la línea del suelo completamente seco que expresa la tasa de evapotranspiración nula.

Aunque las mediciones son escasas y los bordes húmedo (ETmax) y seco (ET=0) se trazaron de manera arbitraria, el espacio trapezoidal que propone la teoría de Moran *et al.* (1994) es manifiesto. Los valores positivos de Ts-Ta en la parcela con suelo desnudo (rastrojo) expresan la ausencia del efecto refrigerante de la transpiración y el fuerte calentamiento por la radiación solar directa. Hasta la etapa V5 y con CC inferior a 40% los valores de Tf-Ta en su mayoría son positivos, contingencia que se explica más por la influencia predominante de Ts sobre Tf que por la falta de agua. El contenido de agua del suelo en esta primera etapa del ciclo es suficiente para sostener la demanda atmosférica del cultivo, de modo que a campo tampoco se observaron signos de marchitamiento. Cuando la soja alcanza el 70 % de CC los valores Tf-Ta comienzan a presentarse negativos, condición que se mantiene durante todo el periodo de CC máxima. La diferencia de medias de Tf-Ta entre RRF y el resto de los tratamientos, presenta significación estadística ($P<0,10$) sólo con los valores de la parcela en secano. Si bien la diferencia entre tratamientos de Tf-Ta no modifica sustancialmente el crecimiento vegetativo de acuerdo a CC, la influencia de los distintos aportes de agua podría manifestarse en la etapa reproductiva modificando los componentes del rendimiento de la soja.

CONCLUSIONES

El monitoreo de parcelas de soja a partir de la técnica TIR produjo, en términos preliminares aún, resultados compatibles con la información bibliográfica para evaluar el estado de estrés hídrico. Si bien la ausencia de diferencias de CC entre tratamientos puede ser avalada parcialmente por el método del espacio IV-Ts, queda pendiente verificar si las diferencias entre tratamientos en los valores Tf-Ta presentan alguna repercusión a nivel productivo.

REFERENCIAS

Cerminato, J.A.A.; Clemente, J.P.; Díaz, G.; Llop, A;. Ovando, G.G.; Rigalt, S.; Rodríguez Pesce, E.J-P.; Torterolo, M.K. (ex aequo) 2018. Prototipo de instrumental automático de bajo costo para medir variables agrometeorológicas vinculadas al estrés hídrico en cultivos. Revista NEXO agropecuario Vol. 6 Nº 1-2 enero-diciembre de 2018.

Colaizzi, P.D.; Barnes, E.M.; Clarke, T.R.; Choi, C.Y.; Waller, P.M.; Haberland, J.; Kostrzewski, M. 2003. Water stress detection under high frequency sprinkler irrigation with Water Deficit Index. J. Irrig. Drain Eng. 129(1): 36–43

de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Martínez, J.; Miranda, C.; Díaz, G. 2016. Evaluación de un lote de maíz bajo riego y siembra variable con el modelo AquaCrop en Córdoba, Argentina. RADA VII:1-13

Martynenko, A.; Shotton, K.; Astatkie, T.; Petrash, G.; Fowler, C.; Neily, W.; Critchley, A.T. 2016. Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of Ascophyllum nodosum seaweed extract. SpringerPlus, 5, 1393

Moran, M.S.; Clarke, T.R.; Inoue, Y.; Vidal, A. 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperatureand spectral vegetation index. Remote Sens. Environ. 49:246–263.

Pipatsitee, P.; Eiumnoh, A.; Praseartkul, P.; Taota, K.; Kongpugdee, S.; Sakulleerungroj, K.; Cha-um, S. 2018. Application of infrared thermography to assess cassava physiology under water deficit condition. Plant Production Science 21(4):398–406.

Tanriverdi, C.; Atilgan, A.; Degirmenci, H.; Akyuz, A. 2017. Comparison of crop water stress index (CWSI) and water deficit index (WDI) by using remote sensing (RS). Polish Academic Science 3: 879–894.

VARIABILIDAD PLUVIOMÉTRICA Y SU INCIDENCIA EN LA ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DE UNA CUENCA ENDORREICA UBICADA EN EL TRAMO SUDOCCIDENTAL DE LA LLANURA PAMPEANA

Espósito*, M.E.[1]; Fernández, S.N.[2]

[1] *Dpto. de Agronomía. Universidad Nacional del Sur (UNS); Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) – CGAMA, San Andrés 800, Bahía Blanca, 8000, Argentina*

[2] *Dpto. de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur (UNS); Comisión de Investigaciones Científicas (CIC). Avenida Alem 1253, Bahía Blanca, 8000, Argentina*

***Contacto:** mesposito@uns.edu.ar

Palabras clave: precipitación; sequías; contaminantes naturales

INTRODUCCIÓN

Los registros pluviométricos en el sur de la llanura pampeana presentan una elevada variabilidad, originando períodos húmedos y de sequía que inciden sobre el desarrollo socioeconómico de la región. Durante los ciclos de sequía se producen pérdidas de rendimiento de los cultivos, activación de los procesos de desertificación y dificultades del abastecimiento del agua potable (Gentili *et al*., 2013).

La ocurrencia de sequías prolongadas en la zona multiplica exponencialmente los problemas de disponibilidad y calidad de las fuentes de provisión de agua. La hidroquímica se deteriora por la presencia de contaminantes naturales (As, F, B y V) que incrementan sus magnitudes y potencian la severidad del grado de afectación sobre la salud, cuando el recurso hídrico subterráneo es empleado para consumo humano (Espósito *et al.*, 2014).

La variabilidad de las precipitaciones son procesos importantes que cambian los parámetros hidroquímicos del ecosistema acuático a nivel de cuenca. Por tal motivo, este estudio propone establecer la interacción entre la variabilidad de los registros pluviométricos y su influencia en los iones tóxicos presentes en el recurso hídrico subterráneo, utilizado para el consumo humano en las zonas rurales y periurbanas de la ciudad de Puán, ubicada en 37º32´ latitud sur, 62º46´ de longitud oeste y a 232 msnm de altitud.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca de la laguna de Puán abarca una superficie de aproximadamente 10000 ha y tiene por tipo morfológico dominante a la llanura pampeana. La evaluación hidroquímica del recurso se realizó en dos campañas de muestreos diferenciadas, la primera en un período excepcional de sequía (otoño de 2008) y la última, para un período de precipitaciones que superan la media histórica (primavera de 2015) (D' Ambrosio *et al.*, 2013). La toma de muestras de agua procedente del acuífero freático se llevó a cabo en 9 sitios ubicados sobre la cuenca, donde también se determinó la altitud y profundidad de la freática para analizar la hidrodinámica por medio de las isohipsas. Se colectaron muestras de agua de los molinos aledaños a las casas rurales para analizarlas en el laboratorio (LANAQUI, CERZOS-CONICET/UNS). Al evaluar la calidad de las aguas subterráneas para consumo humano se consideraron los valores máximos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011) de 0,01 mg/L para el As, 1,5 mg/L en el F y de 2,4 mg/L en el B. El nivel límite para V es de 0,05 mg/L según la USEPA (1994).

Como información pluviométrica se utilizaron los datos de precipitaciones diarios obtenidos de la estación meteorológica correspondiente a la Cooperativa Agrícola Ganadera Ltda. de Puán para una serie histórica de 121 años. El tratamiento estadístico de la información se efectuó mediante el software InfoStat siguiendo el diseño de medidas repetidas en el tiempo (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los totales anuales de precipitación para la localidad de Puán en el período 1894-2015 evidencia una marcada variabilidad. A partir de fines de la década del 60 puede apreciarse un crecimiento sostenido de los valores medios. En la Figura 1 se grafican las precipitaciones anuales (valor medio anual = 702 mm) y un ajuste polinómico de sexto orden para resaltar la tendencia mencionada.

La disminución en las precipitaciones ocurridas en los años 2008 y 2009 fueron las causantes de una de las mayores sequías meteorológicas registradas en los últimos años. Estos años de escasas precipitaciones coinciden con una importante sequía que se extendió sobre todo el sudoeste bonaerense e impactó de manera negativa en las actividades agrícolas, disminuyendo de forma notoria el rendimiento de cultivos y afectando de manera directa la economía regional (Ferrelli *et al*., 2011).

Los valores medios de las isohipsas presentaron diferencias altamente significativas ($p<0,01$) entre los muestreos realizados, indicando que la freática experimentó un ascenso medio de 0,5 m en el muestreo realizado en primavera de 2015, producto de la recarga producida por las precipitaciones ocurridas.

Los valores medios indican que las concentraciones de As en el agua subterránea fueron mayores en el muestreo realizado durante el ciclo de sequía (otoño 2008), presentando una diferencia altamente significativa ($p<0,01$) con las concentraciones obtenidas en primavera de 2015 (período húmedo) (Tabla 1).El contenido de As en el agua subterránea osciló en un rango de 0,009-0,050 mg/L, superando 5 veces el valor límite establecido por la OMS en los puntos de mayor riesgo para el consumo humano, en coincidencia con los resultados reportados por Sequeira *et al.*, (2008). La variación temporal de las concentraciones medias de F, B y V fueron similares al As, presentando diferencias altamente significativas ($p<0,01$) entre muestreos (Tabla 1). El F se encuentra en un rango de valores de 0,67 a 3,20 mg/L, donde este registro máximo supera dos veces el valor guía de referencia. Asimismo, el B presentó un valor mínimo de 0,22 mg/L y máximo de 0,48 para la cuenca en estudio. El V también presentó una disminución de valores para el muestreo de primavera de 2015, sin embargo, sus magnitudes se mantuvieron por encima del valor límite, presentándose como un elemento peligroso en el agua, aún en estaciones de períodos húmedos.

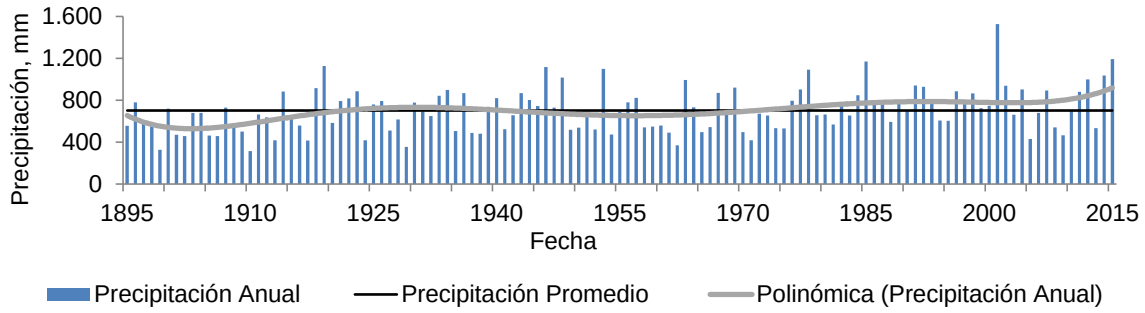


Figura 1. Precipitación Anual y Precipitación Anual Promedio (serie 1894/2015) y ajuste polinómico de 6to. orden

Tabla 1. Concentraciones medias de los elementos. Letras distintas indican diferencias altamente significativas

	As (mg/L)	F (mg/L)	B (mg/L)	V (mg/L)
Otoño 2008	0,026 a	1,820 a	0,390 a	0,240 a
Primavera 2015	0,009 b	1,020 b	0,290 b	0,180 b

CONCLUSIONES

La variabilidad de las precipitaciones ocurrentes marca las pautas de funcionamiento del sistema de la cuenca endorreica de la laguna de Puán, donde las lluvias son las generadoras de los escurrimientos que alimentan la laguna y las infiltraciones que recargan el acuífero, dando origen a una variación temporal de la calidad del recurso hídrico que se corresponde con la alternancia de períodos húmedos y secos.En los períodos de escasas precipitaciones sobre la cuenca se produce la concentración de As, F, B y V con valores que superan ampliamente los límites establecidos para el consumo humano, dejando expuesta a la población que utiliza el recurso hídrico subterráneo como única fuente de abastecimiento.

Teniendo en cuenta que en esta zona las sequías meteorológicas son frecuentes y que además perjudican a gran parte de la población rural y periurbana por el deterioro de la calidad del agua, es necesaria una planificación para la toma de decisiones acertadas, con el fin de analizar alternativas viables y prevenir situaciones negativas que afectan a los aspectos ambientales, económicos y sociales de la región.

REFERENCIAS

D'ambrosio, G.T.; Bohn V.Y.; Piccolo, M.M. 2013. Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana (Argentina). Cuadernos Geográficos 52 (1):29-45

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M; Robledo, W. 2013. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Espósito M.E., 2014. Hidrología e hidroquímica de la cuenca del arroyo El Divisorio, provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur (UNS), 214pp.

Ferrelli, F. 2011. La sequía 2008-2009 en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 62 pp.

Gentili, J.; Gil, V. 2013. Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. Revista Universitaria de Geografía. Volumen 22 (1-2):147-166.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2011. Guías para la calidad del agua potable. Vol 1. Recomendaciones. 3ª Ed. Ginebra. 398 pp.

Sequeira, M.; Fernández, S.; Paoloni, J.; Fiorentino, E.; Espósito, M.; Antonelli, P. 2008. "Calidad Hidroquímica del Recurso Hídrico en una Cuenca Endorreica del Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires". Cuadernos del Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad de Rosario, Provincia de Santa Fe, Argentina. V. 14:1-11.

U.S.E.P.A. (U.S Environmental Protection Agency). 1994. Integrated Risk Information System-Online. Cincinnati, Ohio, Criteria and Assessment Office.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA ASOCIACIÓN ENTRE LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE LA PLATA, BS. AS., ARGENTINA

Gattinoni*, N.[1]; Herrera, M.G.[2]; Zanek, C.[3]

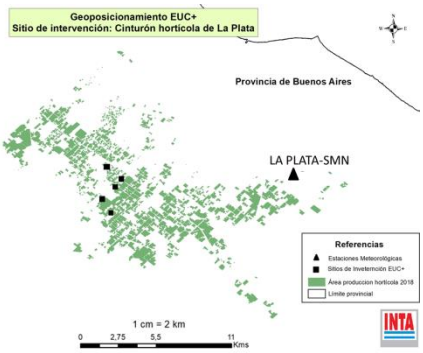
[1] *Instituto de Clima y Agua- INTA, las Cabañas y de Los Reseros s/n, Hurlingham, Buenos Aires,1686, Argentina*
[2] *AMBA, Hurlingham, Buenos Aires,1686, Argentina*
[3] *AER La Plata - INTA, La Plata, Buenos Aires, 1900, Argentina*

***Contacto:** gattinoni.natalia@inta.gob.ar

Palabras clave: vulnerabilidad; índices climáticos; riesgo

INTRODUCCIÓN

El cambio climático se refiere a cualquier cambio en el clima a través del tiempo, debido a la variabilidad natural o como consecuencia de las actividades humanas y sus efectos en los cultivos y la producción de alimentos son evidentes en la mayoría de las regiones (IPCC, 2014). El programa EUROCLIMA+ (EUROCLIMA+, 2019), del cual participan el Instituto de Tecnología Agropecuaria de Argentina (INTA) y el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) de Colombia, tiene como objetivo aumentar la resiliencia y la adaptación de los sistemas de producción de alimentos con base hortícola y ganadera, y de los medios de vida de las familias rurales en áreas de elevada vulnerabilidad a los efectos negativos de la variabilidad del clima y sus cambios. En este contexto, a nivel nacional, uno de los sitios seleccionados como caso de estudio es el cinturón hortícola de las localidades de La Plata, Berazategui y Florencio Varela-Buenos Aires, donde se realizaron talleres junto a las familias productoras para conocer sus percepciones con relación a la variabilidad climática y al cambio climático y los efectos sobre sus prácticas productivas. Este trabajo tiene como objetivo asociar o vincular de manera preliminar los resultados de los talleres relacionados a las percepciones sociales de los cambios en las variables climáticas con los datos meteorológicos del área de estudio.



MATERIALES Y MÉTODOS

Talleres de percepción: El IPAF Región Pampeana (Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar) y la Agencia de Extensión Rural-La Plata del INTA realizaron 3 talleres de percepción, llevados a cabo por profesionales de diferentes disciplinas. En estos encuentros participaron 3 organizaciones de productores familiares (UTT, MTE, 1610), que comenzaron sus actividades productivas en el territorio en las décadas de los ‘80, ‘90 y 2010. La ubicación geográfica de las organizaciones de productores puede verse en la Figura 1.

Figura 1. Localización de las organizaciones (cuadrado negro) y ubicación de la estación meteorológica de La Plata-SMN (triángulo negro).

El análisis climático se realizó a partir de los datos diarios de temperatura y precipitación de la estación meteorológica de La Plata-Buenos Aires del Servicio Meteorológico Nacional, por ser la misma la más próxima a la ubicación de las organizaciones (período 1967-2019). Para caracterizar y analizar el comportamiento de los eventos extremos se utilizaron los índices climáticos formulados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y el Equipo de expertos sobre Detección e Índices del Cambio Climático (ETCCDI) (Belmonte, 2017; Skansi *et al.*, 2013). Los datos se analizaron con el software de acceso libre R y los índices se obtuvieron a partir del paquete RClimdex (climdex.pcic). A los efectos del presente trabajo se seleccionaron los siguientes índices que podrían representar las percepciones de los productores del área: índices representativos de las temperaturas: “Números de días con heladas (días)”(FD0), “Número de días de verano (días)”(SU30),”Porcentaje de días con temperaturas mínimas inferiores al percentil 10 (%)”(TN10p) e índices representativos de las precipitaciones: “Precipitación total anual (mm/año)”(PRCPTOT), “Precipitación total anual mayor al percentil 95 (mm/año)” (R95p) e “Índice simple de intensidad de precipitación (mm/días)”(SDII).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los talleres de percepción se abordaron intercambios de experiencias y vivencias vinculadas a los eventos climáticos de los últimos 30 años. Las familias realizaron comentarios sobre los cambios y las adversidades climáticas percibidos, que en general se asociaron a abundantes lluvias, temperaturas más cálidas y ocurrencia de heladas menos intensas, incluso hicieron referencia a los daños causados por los eventos de granizo y fuertes

vientos (Tabla 1). Las percepciones sociales vinculadas a las temperaturas podrían asociarse con las tendencias lineales negativas de los índices FD0 y TN10p y con el incremento observado de SU30. En cuanto a los aumentos de las lluvias a los cuales hicieron referencia las familias, se observa que los índices PRCPTOT, R95P y SDII mostraron un incremento anual y se destaca el déficit de precipitaciones en el año 2008, nombrado por las familias como la "Sequía de 2008". Cabe destacar, que solo la tendencia del índice TN10P resultó estadísticamente significativa al 95% cuando se consideró el periodo completo de años, sin embargo se observa, en todos los índices una tendencia más pronunciada a partir del año 2000. Especialmente, algunas de las percepciones coincidieron con las respuestas sociales abordadas en un estudio realizado en el partido de San Pedro-Bs.As. (Delprino, 2016). Así mismo, los resultados de este trabajo complementan y son coherentes con los hallados en Asborno *et al.* (2007) y Kruse *et al.* (2012) en sus análisis para la ciudad de La Plata y con Belmonte (2017) para Anguil, La Pampa.

Tabla 1. Resumen general de las percepciones de las agrupaciones de familias productoras del cinturón hortícola de La Plata

Percepciones relacionadas a:		
Precipitaciones	Temperaturas	Vientos
Fuertes granizadas entre 1999-2006	Heladas menos intensas	Aumento de los vientos fuertes.
Granizada del 5/2/2017	Mayor amplitud térmica	Aparición de tornados o ráfagas.
Cambio en las precipitaciones, con lluvias muy intensas en períodos muy cortos.	Inviernos menos intensos cambiaron las prácticas productivas.	Generación de remolinos por diferencias de temperaturas a nivel de invernadero.
Lluvias más intensas	Temperaturas más altas durante todo el año.	
Sequía de 2008	Meses de Junio y Julio anteriormente más fríos.	

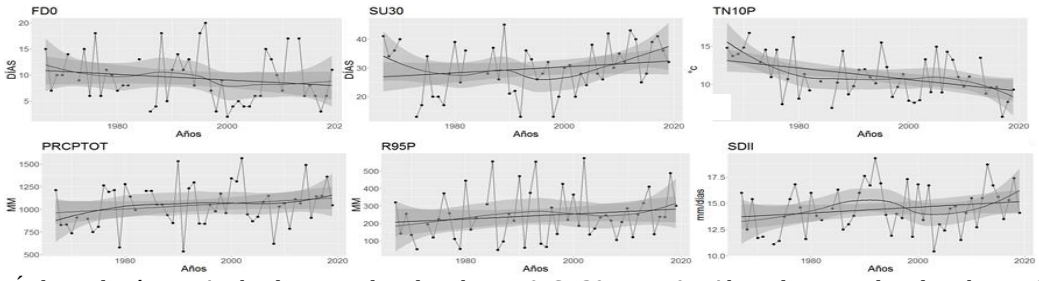


Figura 2. Índices climáticos. Arriba de izquierda a derecha: FD0, SU30 y TN10p. Abajo de izquierda a derecha: PRCPTOT, R95p y SDII. Se muestra la línea de tendencia lineal y no lineal y sus respectivos niveles de confianza.

CONCLUSIONES

Las percepciones de los cambios en las temperaturas y las precipitaciones se correspondieron con la información meteorológica del área de estudio. Los índices empleados resultaron ser una buena herramienta al momento de mostrar e interpretar la información agroclimática. Se continuará el análisis abordando las percepciones sociales relacionadas con los eventos de granizo y de vientos intensos, así como ampliar el enfoque a nivel regional y hacia las estrategias de manejo de los cultivos que las familias productoras tuvieron que llevaron a cabo ante los cambios y las adversidades climáticas que experimentaron.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa EUROCLIMA+, a los profesionales del INTA IPAF Región Pampeana y al Servicio Meteorológico Nacional.

REFERENCIAS

Asborno, M., Castro, A.; Beltrano, J.; Pardi, M. 2007. Cambio climático y variaciones del clima asociadas al calentamiento global en La Plata. XVI Congreso Mexicano de Meteorología, Ed internacional, 12 al 16 de nov/2007, Veracruz, México.

Belmonte, M.L, 2017. Índices de cambio climático en Anguil: tendencias del periodo 1961-2016, RADA, Vol.III, 29-42.

Delprino, M.R.2016.Percepción del cambio climático en la comunidad de San Pedro-Bs.As. Arg. y posibles estrategias de adaptación; mitigación y concientización para su abordaje. Tesis de maestría en Gestión y Auditorías Ambientales. Fundación Universitaria Iberoamericana. Argentina.

EUROCLIMA+. 2019. Producción resiliente de alimentos en sistemas hortícolas-ganaderos de la Agricultura Familiar en regiones climáticamente vulnerables de Argentina y Colombia. On line: http://euroclimaplus.org/proyectos-alimentos-es-2/produccion-en-regiones-vulnerables (Última consulta: Julio 2020).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. Quinto informe de actividades. On line: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/ (Última consulta: Julio 2020).

Kruse, E.; Sarandón, R.; Gaspari, F. 2012. Impacto del cambio climático en el Gran La Plata, Compendio. On line:http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/sipcyt/bfa005908.pdf

Skansi, M. *et al.* 2013. "Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America" Global and Planetary Change 100: 295-307.

RADIACIÓN PAR: SU INTERCEPCIÓN EN INVERNADERO CUBIERTO CON PLÁSTICO Y MALLA ANTIGRANIZO EN CULTIVO DE TOMATE INJERTADO

Martínez*, S.B.; Masi, M.A; Pomés, J.; Chale, W.; De Benedetto, J.P.; Zanek, C.; Fariña, L.; Barbero, G.

Universidad Nacional del Noroeste (UNNOBA), Calle Monteagudo 456(B6000) Junín, Buenos Aires, Argentina

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

Palabras clave: *Solanum lycopersicum;* transmitancia; invernáculo

INTRODUCCIÓN

Las tormentas de granizo constituyen uno de los riesgos climáticos más dañinos para la actividad agraria en cualquier región del mundo. Este fenómeno afecta no solo a los cultivos a campo sino también a los protegidos (Olcina Cantos, 1998). Las estructuras de invernadero difieren en dimensiones, orientación, uso de diferentes materiales plásticos y mallas. Las propiedades ópticas del polietileno influyen sobre la proporción de PAR que transmiten, aunque prácticamente todos los materiales permiten el pasaje de esta calidad de radiación (Goldberg *et al*., 1996). Sin embargo, esta varía si el invernadero es tipo capilla o parabólico (Martínez, *et al.*, 2016). A su vez, también se ve afectada cuando se agregan mallas de sombreo o antitérmica (Carbone, *et al.,* 2012; Martínez, *et al.*, 2018). En zonas como las de Junín es muy frecuente la ocurrencia de granizo, el uso de las mallas antigranizo en los cultivos bajo invernadero cumpliría con la finalidad de proteger el cultivo. Castillo (2010) evaluando la utilización de malla antigranizo en cultivo de tomate perita a campo observó una disminución en la producción en altas densidades. Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la malla antigranizo colocada en el interior y sumada al plástico LTD de 150 micrones, sobre la Radiación PAR recibida del exterior por un lado y por otro la distribución en el canopeo de un cultivo con dos híbridos de tomate injertados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en un invernadero metálico parabólico de 18 m x 40 m, con orientación norte-sur, ubicado en la Estación Experimental Las Magnolias UNNOBA. El 1/11/2019 se trasplantaron dos híbridos de tomate sobre los cuales se evaluó un testigo (A) respecto a la aplicación de *Trichoderma* (B).Los híbridos fueron SVTH2900 (T1) e Ichiban (T2), injertados sobre Maxifort siendo los tratamientos T1A , T1 B y T2A, T2B. Coincidiendo con la formación del cuarto racimo, el 13/12/2019 a las 10:30 hs., se registraron la radiación fotosintéticamente activa (PAR) recibida dentro, fuera del invernadero, y sobre el cultivo, desde el primer al cuarto racimo (coincidente con el máximo de producción en tomate) en cada híbrido injertado y su respectivo tratamiento. Se utilizó una barra BAR-RAD 100 (Cavadevices®) de 1 m de longitud, tomando 10 mediciones por tratamiento y repetición. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los datos se sometieron a análisis de la varianza ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa que la radiación recibida en el invernadero el 13 /12/2019 fue de 648,85 μmol $m^{-2}s^{-1}$, un 58% de la registrada en el exterior, cuyo valor alcanzó 1109 μmol m^{-2} s^{-1}. Los valores dentro del invernadero son inferiores a los encontrados por Martínez, *et al.*, 2018 con el adicional de malla antitérmica. Sin embargo, estos fueron suficientes para alcanzar la floración y fructificación en ambas combinaciones y tratamientos como se observa en el Figura 2. Este resultado indica que ambos híbridos presentan una arquitectura de su dosel vegetal semejante, alcanzando el coeficiente de extinción de la radiación (k), estimado en 0,5 a 0,7 para este cultivo, que incide sobre la eficiencia de intercepción de la radiación (Lorenzo, 2012). Por otra parte, la PAR recibida a nivel del tercer y cuarto racimo representan el 50% más que lo recibido entre el primer y segundo racimo a los 43 días después del transplante. Estos valores son casi equivalentes a los informados por Oyarzun (2018), quien registró una intercepción del 43 al 61% de PAR a nivel del cuarto racimo, pero 84 días después del trasplante en dos cultivares implantados en La Plata en el mes de octubre. Esto indica que la fecha de transplante influye sobre las fases Fenológicas del cultivo de tomate tal como encontraron Cremaschi, *et al*, 2012. Finalmente, se evidencia que la malla no afecta el normal crecimiento y producción del cultivo, a pesar de la reducción de la PAR recibida e interceptada, coincidiendo con lo reportado por Felipe Ayala-Tafoya, *et a*l., 2011 y Felipe Ayala-Tafoya, *et a*l., 2015. Esta disminución puede compararse a la reducción producida por el envejecimiento del plástico, tal cual señala Martínez, *et al.,* 2016, resaltando que una disminución de hasta el 50% permitió el normal desarrollo del cultivo de tomate.

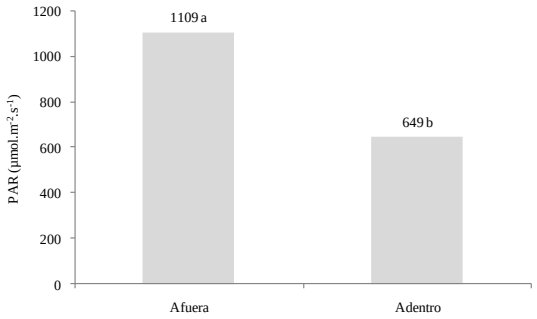
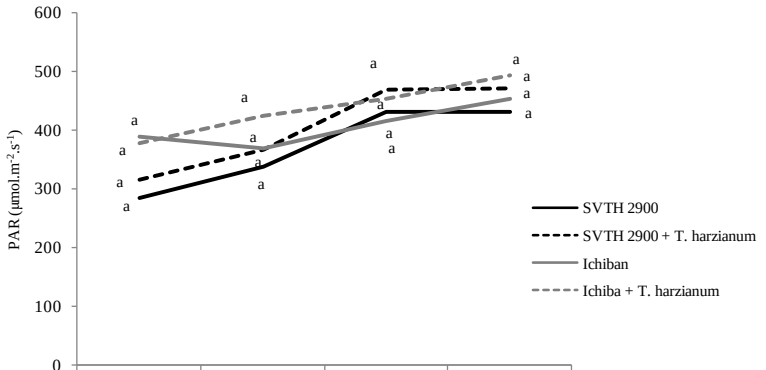


Figura 1. Cantidad de Radiación PAR (µmol.m^{-2}s^{-1}). Letras diferentes indican diferentes significativas (p > 0,05).



	1º racimo	2º racimo	3º racimo	4º racimo
SVTH 2900	284,5	337	431,7	431,2
SVTH 2900 + T. harzianum	314,5	365	468	471,2
Ichiban	389	368,2	414,2	452,5
Ichiba + T. harzianum	378,5	424,2	453,8	492,5

Figura 2. Intercepción de la PAR (µmol.m^{-2}.s^{-1}) entre el afuera y adentro del invernadero primer y cuarto racimo de los diferentes tratamientos en el cultivo de tomate). Letras diferentes indican diferencias significativas (p > 0,05)

CONCLUSIONES

En las condiciones de ensayo, los híbridos de tomate Ichiban y SVTH2900 injertados sobre Maxifort mostraron buenas condiciones de adaptabilidad para su producción en el cinturón hortícola juninense a pesar de la reducción de la radiación PAR, pudiendo esperarse respuestas productivas favorables para la región.

REFERENCIAS

Castillo, J.V. 2010. Efecto de malla de protección contra el granizo en el rendimiento de tomate tipo perita para consumo en fresco. (*Lycopersicum esculetum* Mill.). Horticultura Argentina 29:70

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 Hort. 927:301-308.

Ayala-Tafoya, F.; Zatarain-López, D.; Valenzuela-López, M.; Partida-Ruvalcaba, L.; Velázquez-Alcaraz, T.; Díaz-Valdés, T.; Osuna-Sánchez, J. 2011.Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra Terra Latinoamericana 29 (4): 403-410.

Ayala-Tafoya, F.; Sánchez-Madrid, R.; Partida-Ruvalcaba, L.; Gilberto Yáñez-Juárez, M.; Higinio Ruiz-Espinosa, F.; Velázquez- Alcaraz, T.; Valenzuela-López, M.; Martín Parra-Delgado, J. 2015. Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores Revista Fitotecnia Mexicana 38 (1):93-99

Goldberg, M; Orden, S.; Mascarini, L.; Sierra, E. 1996.Transmisión espectral en la banda PAR de las cubiertas plásticas para invernaderos -Horticultura Argentina15:51-54

Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios 03:23-44.

Martínez, S; Carbone, A; Garbi, M.; Somoza, J.; Grimaldi, M.C.; Cerisola, C. 2016. Influencia del envejecimiento del polietileno sobre la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (PAR) hacia el interior de un invernadero parabólico Revista Argentina de Agrometeorología Argentina Vol VII:83-86

Martínez, S.; Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Carbone, A.; Morelli, G.; Somoza, J.; Cerisola, C. 2016. Radiación fotosintéticamente activa transmitida al interior de dos tipos de invernaderos en La Plata, Buenos Aires XV Reunión Argentina de Agrometeorología VIII Latinoamericana de Agrometeorología organizada por la AADA Puerto Madryn

Martínez, S.; Carbone, A.; Grimaldi, M.C.; Somoza, J.; Garbi, M. 2018. Modificación Ambiental producida por una malla antitérmica en un invernadero parabólico. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología, , San Luis.

Olcina Cantos, J.; Rico Amoros, A. M.; Jiménez Rodríguez, A.1998. Las tormentas de granizo en la Comunidad Valenciana: cartografía de riesgo en la actividad agraria. Investigaciones Geográficas 19:5-29.

Oyarzun, M.A. 2018. Fenología, biometeorología y productividad de dos híbridos de tomate injertados, según forma de conducción de la planta. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Buenos Aires. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70266, consultado: 8/05/2020.

MODELOS LOGÍSTICOS CON BASE METEOROLÓGICA PARA PREDECIR NIVELES DE LA FUSARIOSIS DE LA ESPIGA DE TRIGO EN CULTIVARES DE DISTINTA SUSCEPTIBIDAD A LA ENFERMEDAD

Martínez*, M.I.[1]; Moschini, R.C[1].; Alberione, E.J.[2]; Castellarín, J.M.[3]

[1]*Instituto de Clima y Agua. CIRN. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Nicolas Repetto y de los Reseros s/n (1686) Hurlingham, Buenos Aires, Argentina*
[2] *Patología Vegetal del Cultivo de Trigo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Ruta 12, km 3 (2580) Marco Juárez, Córdoba, Argentina*
[3] *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Ruta 11, km 353 (2206) Oliveros, Santa Fe, Argentina*

***Contacto:** martinez.malvina@inta.gob.ar

Palabras clave: Fusarium en trigo; variables meteorológicas

INTRODUCCIÓN

La Fusariosis de la espiga de trigo (FET) es una enfermedad altamente difundida en el cultivo de trigo en Argentina, afecta directamente el rendimiento en grano y además, al producirse sustancias tóxicas llamadas micotoxinas, tiene efectos en la salud humana, animal y la comercialización del grano (Fernández Pinto *et al*., 2013). En Argentina, se han desarrollado varios modelos predictivos de la enfermedad con base meteorológica (Moschini *et al.,* 2002; Moschini and Fortugno, 1996) que aportan información para el momento oportuno de control químico y además permiten conocer la distribución de la enfermedad a través de mapas al finalizar el ciclo de cultivo. Otra estrategia de manejo de la enfermedad es la selección del cultivar a sembrar. A nivel mundial pocos cultivares de trigo tienen un aceptable nivel de resistencia, habiendo comportamientos diferenciales en los materiales argentinos, con predominio de cultivares susceptibles a moderadamente susceptibles (Alberione *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue desarrollar modelos logísticos basados en variables meteorológicas para predecir niveles binarios y ordinales del Índice de Fusarium en cultivares de trigo de distinta susceptibilidad a la FET.

MATERIALES Y MÉTODOS

Observaciones de Índice de Fusarium (IF%=Incidencia%*Severidad%/100) en cultivares de trigo: en el marco de la red de ensayos territoriales de trigo se realizaron observaciones de IF% en la EEA INTA Oliveros (Santa Fé) (campañas: 2012/13 a 2016/17) y en la EEA INTA M. Juárez, (Córdoba) en las campañas 2012/13 y 2016/17. Se incluyó también una campaña (2012/13) de datos observados en Tala, Entre Ríos, y publicados por Velazquez *et al.*, (2013).

Por localidad y por año los cultivares fueron agrupados por fecha de espigazón (para agrupar cultivares que estuvieron expuestos a las mismas condiciones ambientales), este grupo a su vez fue dividido en cultivares de alta y baja susceptibilidad a la FET y se calculó la mediana de IF% por grupo (N= 34). El efecto de susceptibilidad de los cultivares se incluyó a través de una variable discreta binaria, codificada como 0 (cultivares de baja susceptibilidad) y 1 (cultivares de alta susceptibilidad).

Variables meteorológicas explicativas: para las campañas trigueras detalladas precedentemente, se disponen los registros diarios de temperatura máxima (Tx; °C) y mínima (Tn; °C), precipitación (Prec; mm) y humedad relativa (HR; %) de las estaciones meteorológicas de Oliveros (INTA), Marcos Juárez (SMN) y General Galarza (Bolsa de Cereales de Entre Ríos). A partir de estos registros diarios se desarrollaron variables meteorológicas que fueron evaluadas en cuanto a su capacidad de explicar la variación en los valores de IF.

Desarrollo de ecuaciones: para el ajuste de los modelos se utilizó regresión logística, donde la variable respuesta fue la probabilidad de ocurrencia de niveles categorizados (ordinal o binario) de IF. El procedimiento Freq del SAS fue utilizado para calcular los coeficientes de correlación no paramétricos de Kendall Tau-b entre los niveles categorizados de IF y las variables meteorológicas. A partir de la maximización de estos coeficientes queda establecida la ventana temporal donde son calculadas las variables meteorológicas. Luego mediante el procedimiento Logistic del SAS se ajustaron modelos de regresión logística para estimar las probabilidades de ocurrencia de los niveles de IF en base a variables explicativas meteorológicas y discreta (considera el efecto de comportamiento de los cultivares de trigo respecto a la FET).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo de los modelos, los niveles observados de IF fueron categorizados de manera binaria y ordinal. Para la primera, IF fue codificado como 0 (IF< 9,7: niveles bajos), y 1 (IF>=9,7: niveles altos). En cuanto a la ordinal, la codificación fue: 0 (IF<2,2: niveles bajos), 1 (IF>=2,2 y <9,7: niveles moderados) y 2 (IF>=9,7: niveles altos). Las variables meteorológicas fueron calculadas en un lapso que se extiende desde la fecha de espigazón observada para cada sitio menos 6 días hasta acumular 480 grados. La variable binaria mejor correlacionada fue

DPrecTHR, seguida por DPrecTAT, también binaria. En cuanto a las variables de respuesta ordinal, DPrecTAT, fue la de mejor correlación, seguida por DPrecHR y DPrecT (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes de correlación de Kendall entre el Índice de Fusarium (%) y las variables meteorológicas.

Variable meteorológica (τ)	Definición	Respuesta Binaria Kendall (τ)	Ordinal Kendall
DPrecHR	Días con prec>0,5 y HR>=81%	0,48	0,61
DPrecTHR	Días con Tmax<30°C y Tmin>12°C, prec>0,5 y HR>=81%	0,53	0,59
DPrecT	Días con Tmax<30°C y Tmin>12°C y prec>0,5	0,49	0,62
PPrecHR	Período de 2 días, don=de día 1: prec>0,5 y HR>=81% y día 2: HR>77%	0,48	0,54
DPrecTAT	Días con Tmax<30°C y Tmin>12°C, prec>0,5 y AT<11	0,50	0,63
Sus	Susceptibilidad del cultivar	0,41	0,33

Entre los modelos de respuesta binaria, el procedimiento Stepwise del proc logistic con un nivel de significancia de 0,01% selecciono el modelo 1 como el más apropiado. Este modelo incluye a DPrecTHR y Sus (susceptibilidad del cultivar) y clasificó correctamente 63 de 68 casos analizados (precisión de predicción: 92,6%) y la concordancia fue de 94,3%. El modelo 2, incluyó a la variable DPrecAT que contiene AT (amplitud térmica) en lugar de humedad relativa, clasificó correctamente 61 de 68 casos analizados (precisión de predicción: 89,7%) y la concordancia 94,4 %. El modelo 3, de respuesta ordinal, está constituido por DPrT y Sus, la precisión de predicción baja considerablemente en comparación a los de respuesta binaria (79, 4%) y la concordancia de 91,8 % (Tabla 2).

Tabla 2. Modelos de regresión logística binarios (1 y 2) y ordinal (3) para estimar la probabilidad de ocurrencia de niveles categorizados de Índice de Fusarium.

	Modelos
1:	Logit= -8,9988 + 0,8635*DPrecTHR + 5,1779* Sus
2:	Logit = -8,7733 + 0,9665*DPrecAT + 4,3640*Sus
3:	Logit= -8,7251 +0,8436* DPrT + 3,3153 *Sus
	Logit= -6,0570 +0,8436* DPrT + 3,3153 *Sus

LogitPrS = ln(PrS/1-PrS); LogitPrSM = ln(PrSM/1-PrSM). Resolviendo la expresión Exp (LogitPrS)/ (1 + Exp (LogitPrS)) y Exp(LogitPrSM)/(1 + Exp (LogitPrMS)) se obtienen los valores de PrS (probabilidad de observar valores severos (S) y PrSM (probabilidad acumulada de obtener niveles de IF = > al moderado (M)). Ln: Logaritmo natural. PrM = PrSM-PrS. PrL = 1-(PrS + PrM), siendo PrL la probabilidad de observar niveles ligeros a nulos de IF.

CONCLUSIONES

Se desarrollaron modelos logísticos basados en variables meteorológicas para predecir niveles binarios u ordinales del Índice de Fusarium, en cultivares trigo de distinta susceptibilidad a la FET. Estos modelos están en concordancia con otros ya publicados para la FET en la bibliografía nacional (Moschini *et al.,* 1996, Moschini *et al.*, 2002). Las variables meteorológicas regresoras principales identifican eventos infectivos por mojado de espiga combinando la ocurrencia de precipitación y altos registros de humedad relativa (o bajos valores de amplitud térmica). Algunas variables también fijan umbrales térmicos que modulan la velocidad de los procesos involucrados en la infección.

REFERENCIAS

Alberione, E.J.; Ortega, L.M.; Salines, N.; Astoreca, L.A.; Alconada, T.M. 2016. Comportamiento genético de diversos genotipos de trigo frente a *Fusarium graminearum*. Agrociencia 50:335-346.

Fernandez Pinto, V.; Patriarca A.; Pose, G. 2013. Mycotoxin associated to *Fusarium* species that caused *Fusarium* Head Blight in wheat in Latin-America. Chapter 5. Pag 59-73 En: Alconada Magliano y Chulze (Eds). Fusarium head blight in Latin-America. Springer.304 p.

Velazquez, P.D.; Formento, A.N.; Schutt L.S.; Velazquez, J.C. 2013. Comportamiento de cultivares de trigo implantados en tres fechas de siembra frente a la fusariosis de la espiga. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_fusariosis_trigo_eea_paran_-_agromercado_abril_.pdf

Moschini, R.C.; Fortugno, C. 1996. Predicting wheat head blight incidence using models based on meteorological factors in Pergamino, Argentina. European Journal of Plant Pathology 102:211-218.

Moschini, R.C.; de Galich, M.T.V., Annone, J.G.; Polidoro, O. 2002. Enfoque Fundamental-Empírico para estimar la evolución del Índice de *Fusarium* en trigo. Revista RIA 31:39-53

Moschini, R.C; Acuña, M.; Alberione, E.; Castellarín, J.; Ferraguti, F.; Lozza, H.F.; Martínez, M.I. 2016. Validación de sistemas de pronóstico del impacto de la Fusariosis de la espiga en cultivares de trigo. Meteorológica 41:37-46.

ESTUDIO PILOTO PARA EVALUAR CONDICIONES DE SEQUÍA EN EL CARIBE DE COSTA RICA, APLICADO AL CULTIVO DE PIÑA (*ANANAS COMOSUS*)

Orozco-Montoya*, R.A.; Penalba, O.C.

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

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

Palabras clave: trópico húmedo; Índice de Precipitación Estandarizado; Centroamérica

INTRODUCCIÓN

La región caribeña costarricense presenta el mayor grado de vulnerabilidad del sector agropecuario ante cambios en el clima (Bouroncle *et al.*, 2015), en esta se producen los principales productos agrícolas de exportación (banano y piña) que representan respectivamente el 20.9% y 20.6% de las exportaciones (SEPSA, 2019).

La piña en Costa Rica se cultiva durante todo el año, con un rango óptimo de precipitación entre 1200 y 2000mm distribuidos durante el año (Pérez y Garbati, 2004), desarrollándose adecuadamente con hasta 50mm mensuales. Los aportes menores de precipitación mensual reducen el crecimiento, alargan el ciclo y disminuyen el peso de la fruta (Jiménez, 1999). La vertiente Caribe de Costa Rica presenta dos periodos con bajas precipitaciones, por debajo de los 100mm mensuales: febrero a abril (FMA) y setiembre a octubre (SO) (Villalobos y Rojas, 2016). Dado lo anterior, el monitoreo climático para el cultivo de piña en Costa Rica se da entre setiembre y abril, siendo más crítico el trimestre DEF (CANAPEP, 2019), que acumula en promedio un 32,5% de la precipitación anual (Villalobos y Rojas, 2016). Dado que DEF se ubica entre dos periodos con mínima precipitación, su importancia en la distribución de lluvias se incrementa, ya que, un déficit en este trimestre produciría pérdida de humedad del suelo para el segundo periodo (FMA). Basado en ello, el objetivo de este trabajo es analizar cómo se comporta un indicador de sequía frente a la problemática de no estacionariedad del clima, con énfasis en el trimestre DEF.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el objetivo se utilizó la precipitación mensual de la estación Limón (5 msnm, 9.96°N y 83.02°O) como referente, debido a que cuenta con un periodo de 74 años (1943-2016). Los datos fueron brindados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica. En la literatura existen distintos indicadores para caracterizar a las sequías, las cuales se agrupan en meteorológicas, agrícolas, hidrológicas y socioeconómicas (OMM, 2016). Este trabajo se enfocó en sequía agrícola y se utilizó el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) (McKee *et al.*, 1993). Un evento de sequía se definió como el período de tiempo donde los valores de IPE están por debajo o iguales a -1,0. Este índice permite caracterizar dicho evento a partir de su duración, magnitud y severidad. De esta forma, el inicio (fin) del evento de sequía se determinó como el primer (último) mes en el cual los valores de IPE fueron menores o iguales a -1,0; y su duración (en meses) corresponde al período de tiempo entre el inicio y el fin de este. La magnitud es la suma del valor del IPE durante el evento de sequía, la severidad media es el promedio de los valores de IPE durante el evento de sequía y la severidad máxima corresponde al máximo valor del IPE durante el evento de sequía (Rivera, 2014). Dada la problemática planteada y su aplicación al cultivo de piña, se elige una escala temporal de 3 meses para una caracterización inicial de la sequía (IPE3) y luego se analizan los eventos de sequía en el trimestre DEF (IPE3Feb). Debido a que en la década del 70 se produjo un salto climático (Guilderson y Schrag, 1998) se caracteriza la sequía en 2 periodos de 31 años cada uno de manera excluyente: 1943-1973 y 1986-2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la caracterización inicial de los eventos de sequía se analizó el IPE3 para cada periodo excluyente, encontrando que el número de eventos de sequía (30) del periodo 1986-2016 es mayor al ocurrido en el periodo 1943-1973 (23 eventos). Sin embargo, en cuanto a la duración de dichos eventos, se observó que en el periodo 1943-1973, se presentó un evento con 8 meses de duración (enero a agosto de 1969), mientras que en el periodo 1986-2016 la mayor duración no superó los 7 meses (octubre del 2013 a abril del 2014) (Tabla 1). Respecto a la magnitud, el periodo 1943-1973 destaca por eventos con magnitudes superiores a -7, siendo el evento del año 1969 el que presentó mayor magnitud (-12,43), mientras que en el periodo 1986-2016, el evento con mayor magnitud no supera -9,28. Similares resultados de severidad máxima se dieron en el siglo XX en el quindenio 1955-1969, donde la mayoría de los eventos posee valores por encima de -2 (Tabla 1). No obstante, los eventos con mayor severidad media se dieron en el periodo 1986-2016 -para el periodo 1943-1973 la severidad media mayor fue de -1,87 mientras que el periodo 1986-2016 presenta 2 eventos con severidades medias por encima de dicho valor. Por su parte, al analizar únicamente el trimestre DEF con el IPE3Feb, se identifican 12 eventos de sequía para el periodo 1943-1973 y 11 eventos para el periodo 1986-2016 (Figura 1), donde resulta de interés resaltar que, aunque

la cantidad de eventos en el periodo 1943-1973 es levemente mayor, los ocurridos en el periodo 1986-2016 poseen severidades superiores (Tabla 2). Además, se destaca el evento ocurrido en el 2014 como el de severidad mayor durante los dos periodos de análisis, seguido por el ocurrido en 1946. Por otro lado, el periodo 1986-2016 concentra más de 4 eventos con severidades por arriba de -1,2 mientras que el periodo 1943-1973 solo 3. Se identifica que la década del 60 concentra 6 eventos mientras que la última década del registro (2006-2016) concentra 4 eventos (2007, 2008, 2013 y 2014), donde los dos últimos ocurridos presentan severidades mayores a -1,3.

Tabla 1. Eventos de sequía a partir de IPE3, ordenados según su duración (meses) para cada periodo de análisis

Periodo de análisis	Inicio	Fin	Duración	Magnitud	Severidad Media	Severidad Máxima
1943-1973	ene-69	ago-69	8	-12,43	-1,55	-1,98
	nov-58	mar-59	5	-8,22	-1,64	-2,04
	mar-57	jun-57	4	-7,00	-1,75	-2,12
1986-2016	oct-13	abr-14	7	-9,28	-1,33	-1,69
	dic-93	abr-94	5	-7,99	-1,60	-1,90
	ago-95	dic-95	5	-7,11	-1,42	-1,96

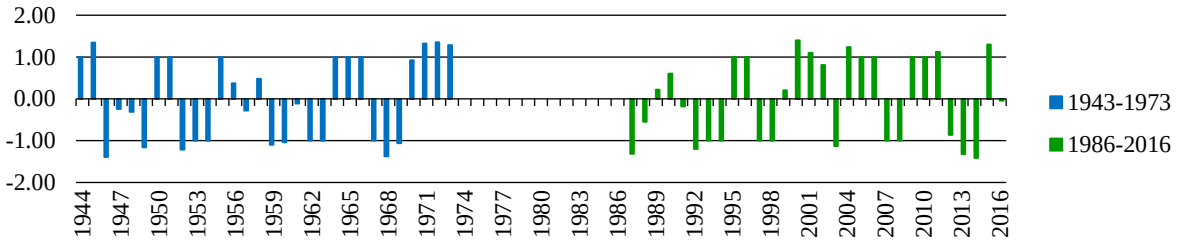


Figura 1. Serie del índice IPE3Feb para los periodos 1943-1973 y 1986-2016.

Tabla 2. Eventos de sequía a partir de IP3Feb, ordenados según severidad para cada periodo de análisis

Periodo de análisis	Año	Severidad
1943-1973	1946	-1,39
	1968	-1,37
	1952	-1,21
	1949	-1,16
1986-2016	2014	-1,41
	2013	-1,32
	1987	-1,31
	1992	-1,20

CONCLUSIONES

En los últimos años se han registrado disminuciones en las lluvias en la región caribeña. En particular durante el trimestre DEF 2018-19, el cual ha sido el segundo año con menores lluvias trimestrales en la región (IMN, 2019), con impactos negativos en el cultivo de piña. A partir del estudio preliminar llevado a cabo en la estación Limón, el IPE3Feb no presenta más eventos de sequía en el período más reciente y su severidad tiende a ser de la misma magnitud que en el primer periodo. Al evaluar el IPE3, sin distinción de meses, la severidad máxima, duración y magnitud tienden a ser levemente mayor en el primer período. Profundizar este tipo de estudio, con estaciones distribuidas en la región caribeña, permitirá evaluar la distribución espacio-temporal de las condiciones de sequías.

REFERENCIAS

Bouroncle, C.; Imbach, P.; Läderach, P.B. *et al.* 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 Dinamarca.

CANAPEP. 2019. Piña de Costa Rica. Edición 29-2019. Disponible en www.canapep.com

Guilderson, T.P.; Schrag, D.P. 1998. Abrupt shift in subsurface temperatures in the tropical Pacific associated with changes in El Niño. Science 281:240–243.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2019. Boletín meteorológico enero 2019. San José, Costa Rica.

Jiménez, J. 1999. Manual práctico para el cultivo de piña de exportación. Cartago: Editorial Instituto Tecn de Costa Rica.

McKee, T.; Doesken, N.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. En: Eight Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California.

Pérez, J.; Garbati, F. 2004. Preparación de suelos para la producción de piña. Min. de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Cuba.

SEPSA. 2019. Informe de Comercio Exterior del Sector Agropecuario 2017-2018. San José, Costa Rica.

Rivera, J.A. 2014. Aspectos climatológicos de las sequías meteorológicas en el sur de Sudamérica. Análisis regional y proyecciones futuras. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

OMM. 2016. Manual de indicadores e índices de sequía. OMM N°1173.

Villalobos, R.; Rojas. N. 2016. Descripción del clima: Cantón de Limón. Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS VIENTOS EN LA LOCALIDAD DE LA PLATA

Pinciroli*, M.; Sánchez de la Torre, M.E; Martínez, S.; Pardi, M; Garbi, M.

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, 60 y 119. CP1900 La Plata, Argentina

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

Palabras clave: velocidad; rumbo; frecuencia

INTRODUCCIÓN

El viento influye sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas, variando sus efectos según su duración y velocidad (Kin y Ledent, 2003). Los vientos suaves renuevan el aire facilitando la evapotranspiración, transportan las semillas a lugares distantes, evitan las heladas nocturnas, ayudan al secado de cosechas y suelos encharcados, remueven humedad excesiva evitando ataque de patógenos, transportan el polen y facilitan la fecundación de flores. Los vientos moderados producen excesivas tasas de transpiración con reducción del crecimiento además de numerosos y variados perjuicios. Velocidades de viento altas (mayores a 54 km h^{-1}) pueden producir vuelco especialmente en las gramíneas (Kin y Ledent, 2003); velocidades mayores a 62 km h^{-1} producen el quebrado de las copas de los árboles, la circulación de las personas se torna difícil y los vehículos se mueven por sí mismos; vientos superiores a 75 km h^{-1} pueden dañar las construcciones y vehículos, mientras que cuando superan los 103 km h^{-1} km producen mayor destrucción, lluvias muy intensas, grandes inundaciones, y voladura de objetos.

En la localidad es frecuente observar vientos provenientes de los cuadrantes sud-sudeste que ocasionan las llamadas sudestadas y pueden causar inundaciones en la margen derecha del Río de La Plata, provocando grandes daños en la infraestructura urbana, pérdidas económicas, daños físicos y psicológicos e incluso, en algunas oportunidades, la muerte de personas y animales. Si están acompañadas de precipitaciones, aumenta la probabilidad de inundaciones. Éstas se han ido incrementando en los últimos años. Scarpatti y Benítez (2005) analizaron el período 1971-2000 y reconocieron 25 inundaciones ocurridas en el periodo 1971-1980, valor que se duplica en la década siguiente y se triplica durante 1991-2000 (78 eventos). En la zona costera, las crecidas son habituales y afectan a los productores de vino de la costa y a la actividad forestal cuyas plantaciones se ven perjudicadas.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar los vientos de la localidad de La Plata y sus posibles daños en la agricultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la presente caracterización, se emplearon datos correspondientes al período 1989-2018, provistos por el archivo de la sección agrometeorología dependiente de la Estación Experimental "Ing. Agr. Julio Hirschhorn" y la cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Fueron registrados con una estación automática ubicada a 34,98º de latitud Sur, a los 57,99º de longitud Oeste y a 45 m snm, marca Davis Instruments modelo Groweather industrial durante el período 01/1989 - 09/2017 y a partir de octubre de 2017 y durante el año 2018 se registraron con el modelo Davis Advantage Pro2. La velocidad medida en km h^{-1} y rumbo del viento se registraron a la altura de 3,6 m por encima del suelo, utilizando los datos de velocidad máxima sostenida durante 10 minutos, según el criterio de observación establecido por la Organización Meteorológica Mundial (WMO). Se determinó la frecuencia relativa de los vientos según la escala de Beaufort de 0 (calma) a más de 118 km h^{-1} (huracán).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar su impacto en la actividad agrícola de la zona se estudiaron, por un lado, la frecuencia de todos los vientos y por otro, la dirección de los vientos fuertes (con velocidades mayores a 62 km h^{-1}). En la localidad en estudio, los vientos predominantes son ´ventolina´ y ´brisa muy débil´ con una frecuencia del 33,7% y 27,0% respectivamente sobre el total de los casos registrados en la serie de años estudiada (Figura 6A) que según la escala de Beaufort corresponden a velocidades entre 2-5 km h^{-1} y 6-11 km h^{-1}. Según algunos autores podrían ser beneficiosos ya que los vientos calmos o tipo ventolina con velocidades menores a 2,5 km h^{-1} aumentan el crecimiento en aproximadamente un 10%, por efecto de remoción de la capa límite de algunas especies como *Brassica* spp. (Kin y Ledent, 2003).

Se puede observar una marcada predominancia del rumbo N en todas las estaciones del año, mientras que durante la primavera y el verano son frecuentes las direcciones E, NE y ENE (Figura 1B). Con respecto a los vientos fuertes, en la localidad, no se observan vientos tipo `huracán`(Escala de Beaufort). Los vientos con mayor velocidad registrados durante la serie de años estudiada fueron de 111 km h-1 los días 7/6/1993 y 15/1/1989, que

corresponde a la categoría de ´temporal muy duro´ y uno de 100 km h-1 (´temporal duro´) registrado el 25/1/1994. Con rumbos diferentes: el primero rumbo este (E), el segundo sudeste (SE) y el tercero Oeste-sudoeste (OSO). Estos vientos suelen ocasionar graves daños en los invernáculos de la zona. Cabe destacar que el 5/2/2017 ráfagas de hasta 88,5 km/h con orientación oeste (O) provocaron la destrucción de varios de ellos en la localidad de Los Hornos, partido de La Plata. En la Figura 1.C se puede observar el rumbo de los vientos fuertes, mayores a 62 km h-1 (valores de 8 a 11 en la Escala de Beaufort). Se registraron, en los 30 años estudiados, un total de 134 eventos, de los cuales el 55% (74) tuvo dirección del cuadrante E-S. Esta orientación coincide con la dirección mayoritaria de los vientos que ocasionan las sudestadas.

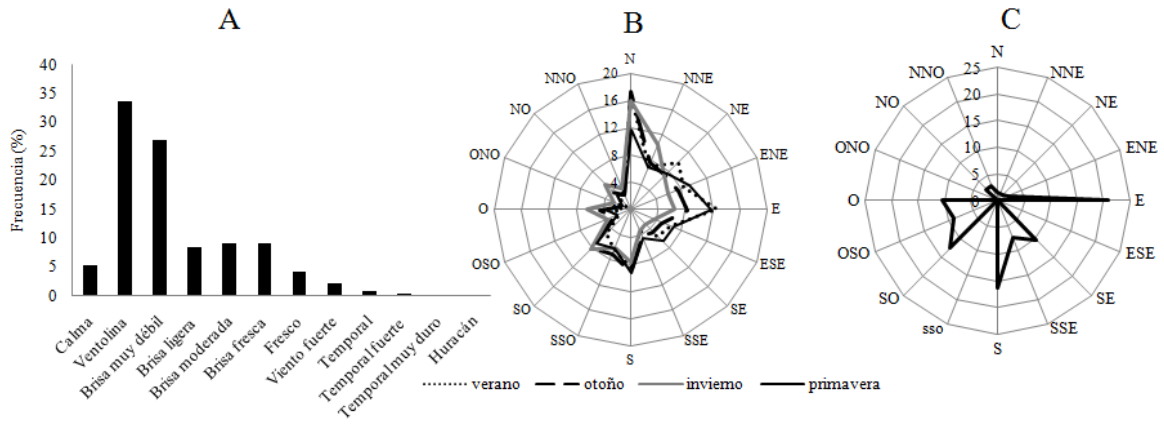


Figura 1. A. Frecuencia relativa según la escala de Beaufort; **B**. Rumbo estacional de los vientos de 0 a 118 km h^{-1}; **C**. Frecuencia de rumbo de vientos fuertes (mayores a 62 km h^{-1}) en la localidad de La Plata a 3,6 m de altura durante el período 1989-2018. Los valores de la escala de frecuencia relativa se expresan en %

La distribución estacional de los vientos fuertes es del 33,6 % en verano, 32,8 % en primavera 18,7% y 14,9 % en invierno y otoño. Esto coincide con lo observado por Bischoff (2005) que sostiene que las sudestadas acompañadas por precipitaciones presentan dos máximos: uno en enero y otro entre septiembre y octubre, con un mínimo en el mes de mayo extendido hasta junio y julio. Los eventos no acompañados por precipitaciones poseen máximos en los meses de marzo y noviembre, siendo junio el mes donde ocurre la mayor cantidad de sudestadas fuertes, y octubre el que presenta mayor frecuencia (SMN 1989). Existe una correlación entre la ocurrencia de sudestadas y una mayor frecuencia de vientos del cuadrante sudeste, entre principios de la primavera y el final del verano (Escobar *et al*., 2004).

CONCLUSIONES

Los vientos más frecuentes en la región sugieren que no son perjudiciales para la agricultura, incluso pueden resultar beneficiosos. Los vientos fuertes especialmente del cuadrante E-S provocan serios daños como rotura de estructuras, cortinas de vientos e incluso inundaciones graves en la localidad. Estos podrían ser objeto de estudio en un futuro con el fin de tratar de cuantificar pérdidas económicas que ocasionan a los productores.

REFERENCIAS

Bischoff, S. 2005. Sudestadas. En: Barros, V., Menéndez, A. Nagy, G. (ed.), El cambio climático en el Río de la Plata. CIMA: 53-68.

Escobar, S.; Vargas, W.; Bischoff, S. 2004. Wind tides in the Río de la Plata estuary: meteorological conditions. International Journal of Climatology 24:1159-1169.

Fucks, E.; D´amico, G.; Pisano M.F.; Nuccetelli, G. 2017. Evolución geomorfológica de la región del gran la plata y su relación con eventos catastróficos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 74 (2):141-154.

Kin, A.G.; Ledent, J. F. 2003. Efectos del viento sobre las plantas. En: Viento, suelo y plantas. Golberg, A.D. & A.G. Kin, eds. Ediciones INTA. p. 45-72.

Scarpati, O.E.; Benítez, M. 2005. Las inundaciones en la ciudad de La Plata. Su análisis en relación con las precipitaciones durante las últimas décadas del siglo XX.

ESTUDIO DE CASO: APLICACIÓN DE ÍNDICES ESTANDARIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE EVENTOS HÍDRICOS EN LA CIUDAD DE BAHÍA BLANCA

Puccetti*, C.; Davaliña, C.; Serio, L.

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

*** Contacto:** puccetti@agro.uba.ar

Palabras clave: sequías; precipitaciones; evapotranspiración

INTRODUCCIÓN

El territorio argentino presenta una marcada diversidad de climas a lo largo de sus variados ambientes. La región pampeana, en particular, se caracteriza por un clima templado húmedo, donde las precipitaciones determinan gran parte del contenido hídrico de sus suelos. En este sentido, las sequías y los excesos hídricos son consecuencia de la variabilidad del clima, capaces de generar daños severos en plantas, animales y humanos que habitan la región (Mercau *et al*., 2013). Por lo tanto, el estudio y monitoreo del contenido hídrico de los suelos se vuelve indispensable, ya que permite generar pronósticos y contribuir a la prevención de riesgos y planificación de actividades.

Entre los diversos índices que existen para ello, el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) relaciona la cantidad de precipitación acumulada durante cierto periodo de tiempo con la distribución estadística de las precipitaciones de un determinado lugar (Guttman, 1999). De esta manera, la cantidad de agua precipitada durante dicho período puede asociarse a un valor específico del índice y, así, determinar la condición hídrica alcanzada y su severidad. Por otro lado, el Índice Estandarizado de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI) presenta una lógica similar, pero se basa en la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial o de referencia. Por lo tanto, presenta la ventaja de incorporar los efectos de la demanda atmosférica (y de los factores que la regulan, como la temperatura) en el almacenaje del agua en el suelo (Vicente-Serrano *et al*., 2010). En base a lo mencionado, se realiza el presente estudio de caso que forma parte de un trabajo de mayor envergadura. El objetivo es comparar los resultados de la aplicación del SPI y el SPEI para la evaluación de las sequías ocurridas en Bahía Blanca durante el período 2000-2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se circunscribió a la localidad de Bahía Blanca, situada al sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Allí el clima es templado húmedo de transición, con una temperatura media anual de 15,3°C y una variabilidad térmica muy significativa, característica de toda la región. La precipitación media anual es de 644,6 mm, el viento máximo de 50,3 km/h y la humedad relativa de 63,7% (Ferrelli *et al*., 2017).

Para el análisis, se obtuvieron datos mensuales de precipitación (PP) y datos diarios de temperatura máxima, mínima y media para el período 2000-2019, tomados de la estación de Bahía Blanca Aero perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Se realizaron promedios mensuales de temperatura y se calculó la evapotranspiración de referencia mensual (ETo), a partir del método de Hargreaves (Almorox *et al*., 2012). Luego se calculó el déficit potencial (DP) mensual, a partir de la diferencia entre la PP y la ETo de cada mes. Con los datos de PP, por un lado, y de DP, por el otro, se obtuvieron los valores mensuales del SPI y SPEI, respectivamente, para cada uno de los años. Se realizó un análisis de datos y se graficaron las variaciones temporales de los índices para cada evento de sequía. Luego, se seleccionaron aquellos casos donde las diferencias entre ambos fueron más marcadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron los eventos de sequía ocurridos en los años 2003, 2008, 2009, 2013, 2018 y 2019. En cada uno de ellos, se determinó la duración, la intensidad máxima y la intensidad media de la misma según el SPI y SPEI (Tablas 1 y 2, respectivamente). Los años 2007 a 2009 se tomaron en conjunto dado que se corresponden con un único evento. Tanto el SPI como el SPEI determinaron la misma duración (en meses) para cada evento de sequía. A su vez, ambos índices alcanzaron la máxima intensidad durante el mismo mes, siendo mayor para el SPEI en todos los casos. Solo para el 2013 y 2019 se observó un desfasaje de tiempo, ya que el SPEI alcanzó dicha intensidad uno y dos meses después, respectivamente. En cuanto a la intensidad media, también resultó mayor para el SPEI en todos los casos. Las mayores intensidades máximas y medias coincidieron con los eventos de sequía más largos. Es decir que hubo una coincidencia entre las sequías más prolongadas y los valores más extremos. En este sentido, es importante remarcar que durante el evento más largo (2007-2009) hubo varios picos relativos que fueron registrados con ambos índices, aunque con diferente magnitud. Por eso, los picos absolutos que figuran en las Tablas 1 y 2 no coinciden en fecha.

Tabla 1. Resultados del análisis de datos para el SPI.

SPI	Duración (meses)	Intensidad máxima	Intensidad media
2003	8 (Feb-Sep)	-1,34 (May)	-0,78
2007-2008-2009	24 (Dic-07 - Nov-09)	-3,02 (Oct-09)	-1,13
2013	6 (Mar-Ago)	-1,06 (May)	-0,57
2018	6 (Ene-Jun)	-1,12 (Feb)	-0,65
2019	12 (Ene-Dic)	-2,38 (Feb)	-1,16

Tabla 2. Resultados del análisis de datos para el SPEI.

SPEI	Duración (meses)	Intensidad máxima	Intensidad media
2003	8 (Feb-Sep)	-2,20 (May)	-1,15
2007-2008-2009	24 (Dic-07 - Nov-09)	-3,5 (Nov-08)	-1,57
2013	6 (Mar-Ago)	-1,31 (Jun)	-0,79
2018	6 (Ene-Jun)	-1,53 (Feb)	-1,05
2019	12 (Ene-Dic)	-2,44 (Abr)	-1,27

Con respecto a los gráficos realizados, la Figura 1 representa la evolución de ambos índices desde noviembre de 2007 a diciembre de 2009. La Figura 2, por su parte, muestra lo mismo para el año 2019. Por cuestiones de espacio, no se muestran los resultados obtenidos para los demás eventos. Como puede verse, en el primer caso el SPEI presenta valores más bajos que el SPI en todos los meses, indicando una mayor intensidad de la sequía. La única excepción a esto corresponde a octubre de 2009, donde la situación se invierte. En el segundo caso, nuevamente el SPEI presenta valores más bajos que el SPI en la mayoría de los meses, con excepción de febrero, marzo y septiembre.

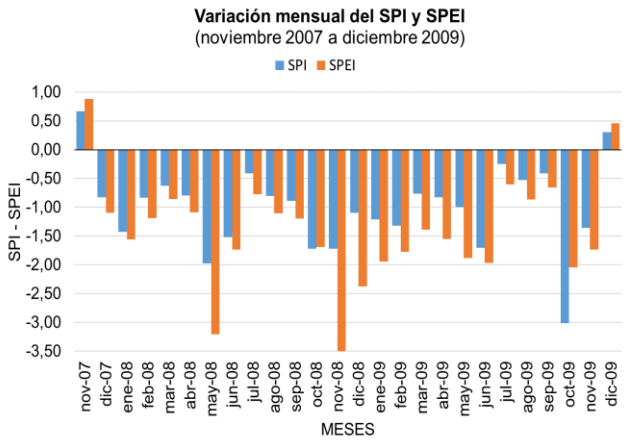


Figura 1. Evolución del SPI y SPEI para nov-2007 a dic-2009.

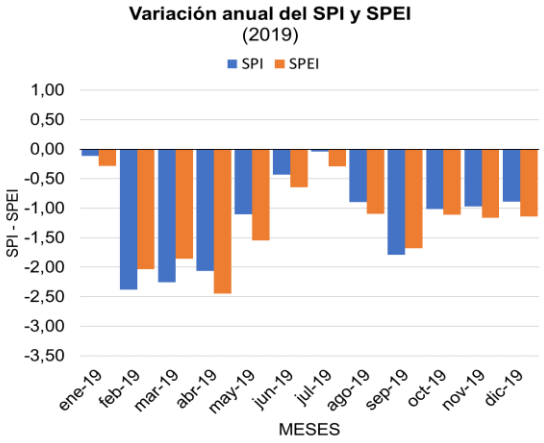


Figura 2. Evolución del SPI y SPEI para el año 2019.

CONCLUSIONES

Tanto el SPI como el SPEI son índices estandarizados que permiten identificar la intensidad de las sequías en el contexto actual de cambio climático, pudiendo ser aplicados a distintas escalas espacio-temporales y requiriendo, además, pocos datos de entrada (Vicente-Serrano *et al*., 2010). En este trabajo, se los ha aplicado para llevar a cabo un estudio de caso en la localidad de Bahía Blanca durante el período 2000-2019, con el objetivo de comparar los resultados brindados por cada uno y evaluar así las sequías ocurridas en dicho lugar. Como se vio, el SPEI tiende a indicar condiciones más secas para la localidad. Tanto el comportamiento observado en cada evento de sequía, como las intensidades máximas y medias, avalan esta situación. Por lo tanto, a partir de lo analizado se puede inferir que, en los casos de déficit hídrico de los suelos, ambos índices identifican por igual la existencia del evento. Sin embargo, hay diferencias entre los valores que adquiere cada uno. Esto muestra la sensibilidad que presentan en estudios de esta índole, siendo mayor para el SPEI.

REFERENCIAS

Almoronox, J.; Aguirre, M. E.; Elisei, V.; Commegna, M. 2012. Calibración del modelo de Hargreaves para la estimación de la evapotranspiración de referencia en Coronel Dorrego, Argentina. Revista FCA UNCUYO 44(1):101-109.

Ferrelli, F.; Bustos, M. L.; Piccolo, M. C. 2017. Variabilidad temporal y sus efectos: aportes al ordenamiento territorial de la costa norte del estuario de Bahía Blanca (Argentina). Revista Universitaria de Geografía 26(1): 79-96.

Guttman N. B. 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm. Journal of the American Water Resources Association 35:311-322.

Mercau, J.L.; Jobbagy, E.G.; Viglizzo, E.; Menendez, A.; Di Bella, C.; Bert, F.; Portela, S.; Figueroa Schiebber, E.; Florio, E.; Gimenez, R.; García, P.; Murray, F. 2013. Sequía e inundación en la hiper-llanura pampeana. Una mirada desde el lote al municipio. Rev. Agronomía & Ambiente 33(1-2):71-77.

Vicente-Serrano, S.; Beguería, S.; Lopez Moreno, J. I. 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. Journal of Climate 23:1696-1718.

COMPORTAMIENTO DE ÍNDICES DE PELIGRO DE INCENDIO EN EL NORESTE ENTRERRIANO

Ramos*, S.; Garín, R.

INTA EEA Concordia. Estación Yuquerí, Ruta Prov. 22 y FFCC. 3200, Entre Ríos, Argentina

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

Palabras clave: meteorología; percepción remota

INTRODUCCIÓN

Los aspectos meteorológicos y su influencia en el desarrollo de incendios han sido abordados por varios investigadores que desarrollaron índices de peligro más o menos complejos a partir de variables como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, etc. El noreste de Entre Ríos concentra las plantaciones de eucalipto de la provincia y representa más de un tercio de la superficie a nivel nacional (MAGyP, 2015). El potencial de pérdidas de superficie de eucalipto es alto, por lo tanto, contar con herramientas como los índices de peligrosidad de incendios son de gran ayuda para su manejo preventivo. En este trabajo se analizan algunos índices de peligro de incendio basados en datos meteorológicos fácilmente disponibles a través de la capacidad de clasificación de los días de acuerdo con su peligrosidad de producir un incendio

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se realizó entre el 01/03/2018 y el 31/03/2020 en el noreste entrerriano, departamentos de Concordia y Colón. Se utilizaron seis índices de peligro de incendio (Tabla 1) calculados diariamente a partir de la base de datos de la Estación Agrometeorológica de la EEA Concordia INTA (31° 22’ S; 58° 07’ O; 47,5 msnm). El registro diario de incendios se obtuvo de las capturas de focos ígneos del sensor VIIRS (NRT VIIRS 375 m Active Fire product VNP14IMGT), montado en el satélite SUOMI NPP, en un área delimitada manualmente abarcando las mayores superficies forestales. El área seleccionada y los registros de incendios en ella se obtuvieron desde el portal web: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download/. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los incendios diarios, los seis índices de peligro de incendio y tres variables meteorológicas. Se analizaron las variables días, días con incendio y cantidad de incendios para los dos índices con mayor r y se calcularon las probabilidades de días con incendio y la cantidad de incendios día-1 dentro de cada categoría

Tabla 1. Índices de peligro de incendio utilizados en el estudio y sus respectivas ecuaciones

Índice	Ecuación	Referencias
Angström Index (A)	$\frac{H_{15}}{20} - \frac{(29 - T_{15})}{10}$	Ångström A., 1949
Fuel Moisture Index (FMI)	$10 - 0{,}25(T_{15} - H_{15})$	Sharples J.J., *et al*, 2009a
Chandler Burning Index (CBI)	$0{,}0167(105{,}5 - (1{,}373H_{15}) + (0{,}54T_{F15})) \times (124 \times 10^{-0{,}0142H_{15}})$	Chandler C., *et al*, 1983
Lebanon Index (LI)	$1{,}18T_m + 1{,}07S + D$	Hamadeh N., *et al*, 2017
Simple Fire Danger Index (F)	$\frac{U}{10 - 0{,}25(T_{15} - H_{15})}$	Sharples J.J., et al, 2009b
Hot-Dry-Windy Index (HWD)	$U \times DPV$	Srock A., *et al*, 2018

Referencias: H_{15} = Humedad Relativa a las 15h en %; T_{15} = Temperatura a las 15h en °C; T_{F15} = Temperatura a las 15h en °F; T_m = Temperatura media diaria en °C; D = Punto de Rocío diario en °C; U = Velocidad media diaria del viento en km h^{-1}; DPV = Déficit de Presión de Vapor diario en hPa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuatro de los seis índices tuvieron correlación significativa con los incendios registrados por VIIRS, los mayores valores de r fueron para A y CBI. El índice A tuvo una correlación negativa leve de -0,2, mientras el CBI mostró correlación positiva leve de 0,17. El FMI mostró correlación positiva leve de 0,15. Finalmente LI fue negativa leve cuando debería ser positiva ya que es un índice que al aumentar se incrementa el peligro de incendio. Entre las variables meteorológicas se destacó H con valores r negativos y que reflejan el aporte de H en la construcción de los índices A y FMI. De los 762 días evaluados en el área seleccionada 210 tuvieron incendio/s (27%) detectados por VIIRS. Según A, 52% de los días fueron “desfavorable” para incendio, pero se registraron 75 días con incendio lo que supone aproximadamente 1 de cada 5 días en esta categoría. Solo 5% de los días fueron calificados como “improbable”, aunque se registraron 6 con incendio lo que supone aproximadamente 1 de cada 7 días en esta categoría. Las categorías “favorable” y “altamente probable” se repartieron el resto de los días (19% y 24%), pero las probabilidades de un día con incendio fueron 31% (~ 1 cada 3) y 46% (~ 1 cada 2) respectivamente. Según el mismo

índice es esperable tener más de un incendio por día en el área seleccionada en días calificados como "favorable" o "altamente probable" (Tabla 2).

Tabla 2. Detalle de días, días con incendios, incendios detectados por el sensor VIIRS, probabilidad de un día con incendio y número de incendios por día según las categorías del índice Angström calculados durante el período observado (01/03/2018-30/03/2020) en el área de estudio

Categorías Angström	Días	Días c/incendio	Incendios (VIIRS)	Probabilidad de un día con incendio	Incendios día
Improbable (A > 4)	39	6	11	15% (~ 1 cada 7)	0,28
Desfavorable (2,5 ≤ A < 4)	396	75	141	19% (~ 1 cada 5)	0,36
Favorable (2,0 ≤ A < 2,5)	143	44	178	31% (~ 1 cada 3)	1,24
Altamente probable (A < 2)	184	85	256	46% (~ 1 cada 2)	1,39
Total	762	210	586		

Según CBI 89% fueron "bajo" riesgo de incendio, pero se registraron 172 días con incendio lo que supone aproximadamente 1 de cada 4 días en esta categoría. El 8,5% de los días fueron "medio", y se registraron 29 días con incendio lo que supone aproximadamente 1 de cada 2 días en esta categoría. La categoría "alto" registró 1,7% de los días y se registraron 9 días con incendio con 69% de probabilidad (~ 7 de cada 10) de un día con incendio para los días en esta categoría. Las categorías "muy alto" y "extremo" tuvieron un solo día cada una y llamativamente no se registraron incendios. Según el mismo índice es esperable tener más de un incendio por día en el área seleccionada en días categorizados como "medio" y más de 2 en días categorizados como "alto" (Tabla 3). La categoría "bajo" del CBI acumula muchos días (89%), mientras que las dos categorías más altas solo registraron un día cada una de los 762 analizados en este trabajo. Ver la distribución de los días con incendios en la primera categoría del CBI, y de acuerdo con ello subdividirla y al mismo tiempo fusionar las categorías "alto", "muy alto" y "extremo" es una posibilidad para mejorar el comportamiento de este índice. Ambos índices tuvieron un comportamiento aceptable teniendo en cuenta que los incendios detectados por VIIRS comprende no solo a aquellos producidos de manera natural sino también a aquellos intencionales, muchos de ellos prescriptos y realizados en días de bajo riesgo de incendios.

Tabla 3. Detalle de días, días con incendios, incendios detectados por el sensor VIIRS, probabilidad de un día con incendio y número de incendios por día según las categorías del índice CBI calculados durante el período observado (01/03/2018-30/03/2020) en el área de estudio

Categorías CBI	Días	Días c/incendio	Incendios (VIIRS)	Probabilidad de un día con incendio	Incendios día
Bajo (0 ≤ CBI ≤ 50)	682	172	451	25% (~ 1 cada 4)	0,66
Medio (50 < CBI ≤ 74)	65	29	100	45% (~ 1 cada 2)	1,53
Alto (74 < CBI ≤ 89)	13	9	35	69% (~ 7 cada 10)	2,69
Muy Alto (89 < CBI ≤ 97)	1	0	0	0%	0
Extremo (CBI > 97)	1	0	0	0%	0
Total	762	210	586		

CONCLUSIONES

Los índices de peligro de incendio Angström y CBI tuvieron las mejores correlaciones con los focos ígneos/incendios detectados por el sensor VIIRS durante el período estudiado. Ambos índices, con los ajustes considerados para el CBI, son confiables para su utilización en el noreste entrerriano con la ventaja adicional de que son calculados de forma relativamente sencilla a partir de datos de uso corriente y disponibles en las estaciones meteorológicas.

REFERENCIAS

Ångström A.1949. Swedish meteorological research 1939-1948. Tellus 1 (1):60-64

Chandler C.; Cheney P.; Thomas P.; Trabard L.; Williams D. 1983. Fire in forestry: Volume I forest fire behaviour and effects. Wiley-Interscience. New York, NY. 450 pp

Hamadeh, N.; Karouni, A.; Bassam, D.; Chauvet, P. 2017. Using correlative data analysis to develop weather index that estimates the risk of forest fires in Lebanon: assessment versus prevalent meteorological indices. International Journal of Physical Science Research 1 (2):14-38.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca 2015. Inventario 2015. Datos abiertos: https://datos.magyp.gob.ar/dataset/inventario-nacional-plantaciones-forestales-por-superficie/archivo/147acbc6-2048-4d2b-9cd7-df13efe328fa?view_id=af8983d4-bdf8-478a-aaf7-70b3558b7ec6.

NRT VIIRS 375 m Active Fire product VNP14IMGT. Available on-line [https://earthdata.nasa.gov/firms].

Sharples J.J.; McRae, R.H.D.; Weber, R.O; Gill A.M. 2009a. A simple index for assessing fuel moisture content. Environmental Modelling & Software 24:637–646.

Sharples J.J.; McRae, R.H.D.; Weber, R.O.; Gill, A.M. 2009b. A simple index for assessing fire danger rating. Environmental Modelling & Software 24:764-774.

Srock A.; Charney J.; Potter B.; Goodrick, S. 2018. The Hot-Dry-Windy Index: A new fireweather index. Atmosphere 9. 279. 10.3390/atmos9070279.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ÍNDICES ESTANDARIZADOS PARA EL MONITOREO DE EXTREMOS HÍDRICOS

Serio*, L.; Puccetti, C.; Davaliña, C.

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

***Contacto:** serio@agro.uba.ar

Palabras clave: sequías; precipitación; evapotranspiración

INTRODUCCIÓN

El monitoreo del contenido de agua en el suelo y su estimación a futuro permiten reducir daños tanto en los ecosistemas naturales como en los sistemas productivos. Una de las claves para lograr la mayor efectividad en la previsión es utilizar los índices que resulten más adecuados en cada lugar.

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, Standardized Precipitation Index) desarrollado por McKee *et al*. (1993), relaciona la precipitación acumulada durante un cierto período de tiempo con la distribución estadística de las precipitaciones históricas registradas en el lugar. Su amplia y rápida difusión se debe, en gran medida, a su versatilidad para ser aplicado en distintas escalas temporales, permitiendo una gran variedad de usos. Sin embargo, ha sido criticado por considerar sólo el suministro de agua a través de la lluvia, sin considerar que la demanda evaporativa de la atmósfera tiene la capacidad de amortiguar o amplificar los efectos de la escasez o del exceso de lluvias. Para resolver esta cuestión, Vicente-Serrano *et al.* (2010) propusieron un nuevo índice, basado en la diferencia entre la precipitación (PP) y la evapotranspiración potencial (ETP) o la de referencia (ET_0), al que denominaron Índice Estandarizado de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI, Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index). En ambos casos, por tratarse de valores estandarizados, la magnitud del índice puede ser asociada a una medida probabilística de la severidad de cualquier evento (húmedo o seco), que a su vez puede ser utilizado para estimar riesgos.

El objetivo de este trabajo es realizar una comparación entre el SPEI y el SPI, aplicados a la región pampeana, como herramienta para la identificación de extremos hídricos, con el fin de valorar las potenciales mejoras que se lograrían en un sistema de monitoreo que incorpore al SPEI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la base de datos provista por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de totales mensuales de precipitación y datos diarios de temperaturas máximas y mínimas. Los datos del período 1971-2000 se utilizaron para el ajuste de los parámetros estadísticos de ambos índices, mientras que los datos del período 2001-2019 se usaron para el análisis comparativo. Se consideraron 6 localidades de la región pampeana, seleccionadas con el criterio de que no tuvieran datos faltantes en el segundo período. Estas fueron Pehuajó y Dolores (Buenos Aires), Laboulaye (Córdoba), Gualeguaychú (Entre Ríos), Reconquista (Santa Fe) y Santa Rosa (La Pampa).

Ambos índices fueron calculados para una escala temporal trimestral. A los datos de PP se ajustó una función de distribución de tipo Gamma, siguiendo la metodología aplicada por Serio *et al.* (2010) y luego se aplicó la función ajustada para calcular el SPI. Con los datos de temperatura se calcularon promedios mensuales y luego se calculó la ET_0 mensual mediante el método de Hargreaves (Serio *et al.*, 2019). Se armaron las series temporales de PP- ET_0 y luego se les ajustó una función de distribución log-logística (Beguería *et al*., 2014), a partir de la cual se calculó luego el SPEI. Para el análisis comparativo se realizaron diagramas de dispersión y luego se puso el foco sobre las situaciones extremas y su relación con las anomalías de ET_0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los diagramas de dispersión entre los valores de ambos índices. Se observa una relación muy estrecha entre ambos, principalmente dentro del rango de valores correspondiente a situaciones "normales", o sea cuando los índices se encuentran entre -1 y 1. En cambio, cuando los valores de los índices se apartan de ese rango hay mayor dispersión en el gráfico, o sea que la diferencia de magnitud entre ambos aumenta en las situaciones extremas. Para interpretar esas diferencias, se analizaron los casos identificados con el SPI como "sequías" (SPI < -1) y como "excesos hídricos" (SPI > 1). Considerando en conjunto a las 6 localidades, en el 64% de los casos identificados como sequía el SPEI alcanzó un valor más bajo que el SPI, mientras que en el 47% de los casos de exceso el SPEI resultó mayor que el SPI. Este resultado indica que el SPEI tiene una mayor sensibilidad que el SPI para la detección de sequías, pero no muestra un comportamiento equivalente en la detección de excesos. Este resultado merece una investigación posterior más profunda. Teniendo en cuenta las críticas al SPI mencionadas anteriormente, se analizó la relación entre el signo de las anomalías de ET_0 (ET_0') y los casos de sequía o exceso identificados sólo con el SPI (Tabla 1). Los resultados contradicen la supuesta independencia del SPI respecto a la demanda evaporativa, ya que se observa un fuerte sesgo, con anomalías de

ET_0 positivas en el 86% de los casos de sequía y negativas en el 82% de los casos de exceso. Esto se puede explicar teniendo en cuenta que, a medida que las precipitaciones caen por debajo de sus valores normales, se genera un ambiente más seco, donde la demanda evapotranspirativa aumenta. Del mismo modo, el exceso de precipitación humedece el ambiente y esa demanda disminuye.

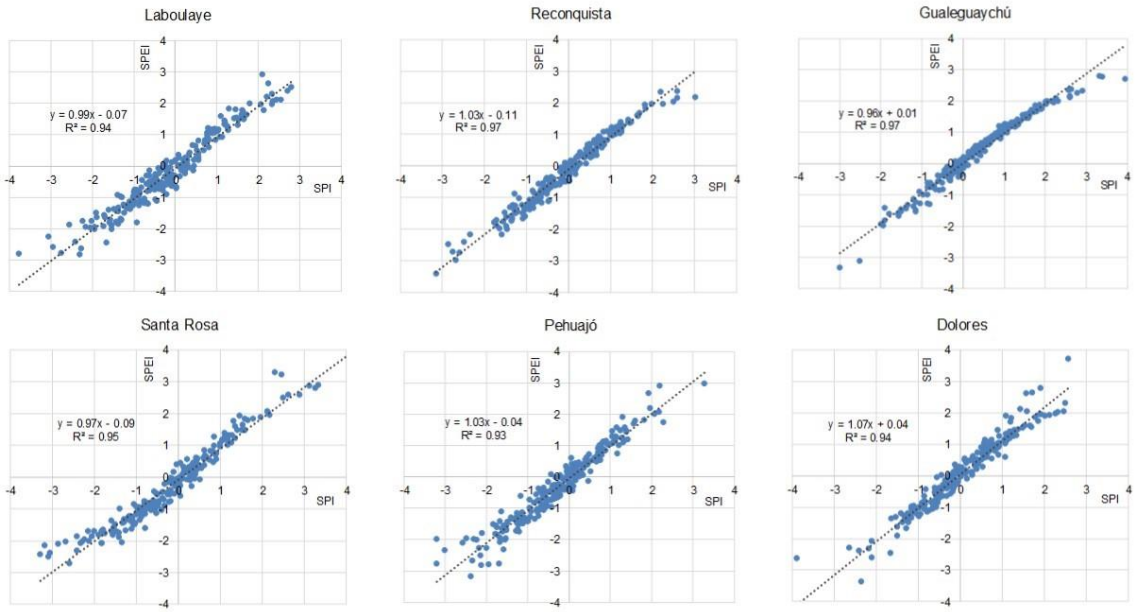


Figura 1. Diagramas de dispersión SPEI vs. SPI en las 6 localidades incluidas en el análisis.

Tabla 1. Casos de sequías y de excesos registrados entre 2001 y 2019 por localidad, discriminados según el signo de las anomalías de la evapotranspiración de referencia (ET_0')

Localidad	Sequías			Excesos		
	Casos	ET_0'<0	ET_0'>0	Casos	ET_0'<0	ET_0'>0
Laboulaye	58	4	54	36	34	2
Reconquista	37	6	31	36	25	11
Gualeguaychú	20	2	18	60	46	14
Santa Rosa	49	3	46	39	34	5
Pehuajó	55	11	44	30	23	7
Dolores	29	8	21	41	36	5

CONCLUSIONES

La comparación entre ambos índices estandarizados (SPEI y SPI) arrojó como resultado que no existen diferencias dentro del rango correspondiente a situaciones normales, pero los valores difieren en situaciones extremas, principalmente en los casos de sequía, donde el SPEI tiende a adquirir valores más bajos. Si bien, desde el punto vista de su formulación, el SPEI presenta la ventaja de incorporar la evapotranspiración, en este trabajo se muestra una relación indirecta entre SPI y anomalías de ET_0 que dejan abierta la duda sobre las supuestas ventajas del SPEI frente al SPI. Se recomienda ampliar el análisis con ambos índices calculados en otras escalas temporales.

AGRADECIMIENTOS

Al SMN por la provisión de los datos y a la UBA por la financiación a través del Proyecto Interdisciplinario UBACYT 20620170100012BA.

REFERENCIAS

Beguería, S.; Vicente-Serrano, S.; Reigh, F.; Latorre, B. 2014. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. Int. J. Clim. 34: 3001–3023.

McKee T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints 8th Conf. on Applied Climatology 179-184.

Serio, L.; Martin, P.; Murphy, G. 2010. Evaluación de una metodología de pronóstico estadístico para la condición hídrica del suelo en la región pampeana argentina. Agriscientia 27(1): 11-17.

Serio, L.; Antelo, M.; Zalazar, S.F.M. 2019. Evapotranspiración de Hargreaves en Argentina con datos grillados en alta resolución. Rev. Arg. Agrometeorología X: 15-23.

Vicente-Serrano, S.M.; Beguería, S.; Lopez-Moreno, J.I. 2010. A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. J. Climate 23: 1696–1718.

EXTREMOS HÍDRICOS EN ARGENTINA: DETECCIÓN Y PRONÓSTICO

Zanvettor*, R.E.[1]; Ravelo, A.C.[1] , Planchuelo, A.M.[1], Seiler, R.A.[2]

[1] *CREAN-IMBIV/CONICET, Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba Ing. Agr. Félix Aldo Marrone 746, Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina*
[2] *UNRC, Facultad de Agronomía y Veterinaria, 5800 Río Cuarto, Córdoba, Argentina*

***Contacto:** rzanvetor@gmail.com

Palabras clave: eventos hídricos; PDSI; SPI

INTRODUCCIÓN

Los extremos hídricos, sean sequías o excesos de humedad, generalmente ocasionan enormes perjuicios en la región pampeana Argentina, principalmente en los sistemas productivos agrícolas en las distintas etapas de sus ciclos, dependiendo de su intensidad y duración (Zanvettor *et al*., 2017).

Un informe internacional reciente expresa que las inundaciones y las sequías imponen enormes costos sociales y económicos alrededor del mundo y el cambio climático, el cual está evidenciando, producirá mayores extremos hídricos (ONU, 2019). Resulta por lo tanto relevante determinar si existen tendencias temporales y/o geográficas de las condiciones de sequías y excesos hídricos, a los fines de arbitrar medidas preventivas o paliativos de estos eventos.

El objetivo de este estudio se centra en el desarrollo de un sistema operativo de detección, evaluación y pronóstico de los extremos hídricos para escenarios de uno, dos y tres meses, que permita establecer acciones de alerta temprano, mitigación y reducción del riesgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio seleccionada corresponde al territorio nacional de Argentina. Las variables utilizadas fueron la precipitación y evapotranspiración media mensual desde el año 1980 hasta 2018. Se consideraron los índices de sequía de Palmer o PDSI (Palmer, 1965) y el de precipitación estandarizada o SPI de tres y doce meses (McKee *et al*., 1993). Se utilizó el programa NeuroSolutions v4.0 para el desarrollo y entrenamiento de las redes neuronales (RN) y cálculo del pronóstico, utilizando el perceptron multicapa (MLP), de tres capas para los índices PDSI, SPI3 y SPI12 para todas las estaciones país. Se utilizaron coeficientes estadísticos para evaluar la calibración y validación de las redes neuronales en las localidades seleccionadas de las diferentes regiones en que fue subdividido el país**.** Una vez entrenadas y validadas las RN para las estaciones meteorológicas representativas de cada región se procedió a pronosticar los valores de PDSI y SPI para uno, dos y tres meses posteriores al mes de inicio. Los valores pronosticados de ambos índices fueron representados en mapas para un período considerado mediante un análisis espacio-temporal usando un sistema de información geográfica (Eastman, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comparan los mapas de PDSI observados y pronosticados mensuales, a fin de establecer diferencias y/o semejanzas entre ambos. Así por ejemplo en los PDSI pronosticados para julio, agosto y setiembre de 2017 se puede observar una buena correspondencia entre los valores pronosticados y observados bajo condiciones de excesos hídricos en la región central, mientras en el resto del territorio nacional prevalecen condiciones normales, sequía moderada-severa en el norte de Córdoba, San Juan y oeste de Patagonia (Figura 1).

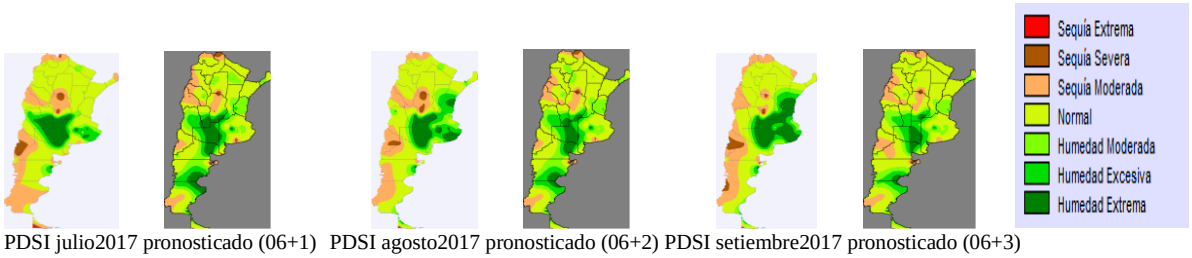


Figura 1. Mapas de PDSI observados y pronosticados para julio, agosto y setiembre a partir de junio de 2017.

En el mes de julio se observaron condiciones de un incremento de humedad excesiva a humedad extrema en el centro de la región Pampeana particularmente en el sureste de Córdoba, sur de San Luis y Santa Fe, La Pampa hasta el noreste de Río Negro y límite oeste de la provincia de Buenos Aires y parte este de región Patagónica. En Patagonia, Comodoro Rivadavia y Puerto Deseado se destacan con excesos hídricos debido a la ocurrencia de precipitaciones sobre los valores normales en ambas localidades (BCC-Agrovoz, 2017; Jozami *et al*., 2017). Los pronósticos mensuales del PDSI realizados con RN muestran condiciones de extrema humedad particularmente excesos hídricos en le región pampeana. Estos son coincidentes con los pronósticos estacionales de eventos húmedos obtenidos por (Spennemann *et al*., 2017). Se analizó el comportamiento de los índices PDSI observados y pronosticados para tres localidades seleccionadas, Resistencia, Chaco, Río Cuarto, Córdoba y Bariloche, Río Negro para el año 2017. Los valores del PDSI observados para Resistencia fueron similares a los pronosticados del primer mes, presentando valores de R^2 cercanos a la unidad. Los valores RMSE aumentan de 0,33 a 1,03 para pronósticos de 1 y 3 meses, respectivamente (Figura 2a). Los resultados para Río Cuarto se presentan en la Figura 2b. Los valores pronosticados son similares a los índices observados, pero a partir de marzo las diferencias entre los índices son mayores con condiciones de sequías severas desde setiembre a abril de 2018. Los valores del PDSI observados para Bariloche son muy similares a los pronosticados aún para pronósticos de tres meses presentando valores del R2 superiores a 0,85 y RMSE inferiores a 0,50 para el primer y segundo mes pronosticado (Figura 2c).

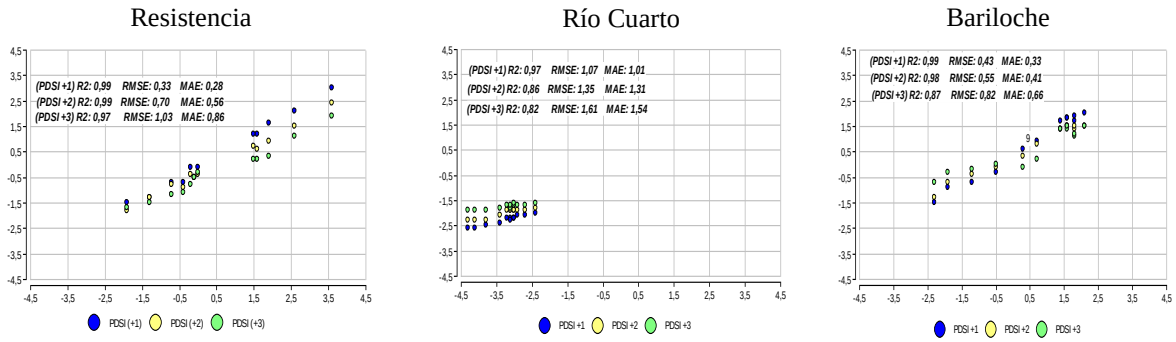


Figura 2. Valores de los PDSI observados y pronosticados (+1, +2 y +3) para localidades selectas durante 2017.a. Resistencia, Chaco. b. Río Cuarto, Córdoba. c. Bariloche, Río Negro.

CONCLUSIONES

En el análisis comparativo de los mapas PDSI pronosticado a nivel nacional, en 2017 y con hasta tres meses de antelación, se observó una adecuada semejanza entre los mapas observados y pronosticados bajo condiciones de humedad excesiva y extrema con elevados coeficientes de determinación. Lo cual indica la posibilidad de usar los valores pronosticados a tres meses para fines operacionales de alerta temprana, elaborar medidas de mitigación y establecer mapas de riesgo a futuro.

REFERENCIAS

BCC-Agrovoz. 2017. Bolsa de Cereales de Córdoba. Diario La Voz del Interior-Agrovoz, http://www.agrovoz.com.ar/actualidad/lasinundaciones-emergencia-en-cordoba

Eastman, R. 2015. Programa de Sistema de Información Geográfica IDRISI/TerrSet. Clark Labs, Clark University, Worcester, Massachusetts, USA.

Jozami E.; Montero Bulacio E.; Coronel A. 2017. Temporal variability of ENSO effects on corn yield at the central region of Argentina. International Journal of Climatology 38:1-12.

McKee, T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA, pp. 179-184.

ONU. 2019. Organización Naciones Unidas. Noticias ONU. Temas, Cambio Climático y Medioambiente. Australia tiene cada vez más días propicios para incendios ¨catastróficos¨ https://news.un.org/es/news/topic/climate-change (Consultado 10/10/2019)

Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought. US Weather Bureau Research 45, 58 p. Washington

Spennemann P.C.; Rivera J.A.; Osman M.; Saulo A.C.; Penalba, O.C. 2017. Assessment of Seasonal Soil Moisture Forecasts over Southern South America with Emphasis on Dry and Wet Events. Journal of Hydrometeorology 18:2297-2311.

Zanvettor, R.E.; Ravelo, A.C.; Thomasz, E.O.; Sanchez, S. 2017. Evaluación agroclimática y económica de los efectos adversos de los excesos hídricos en la región pampeana argentina. Revista Argentina de Agrometeorología VIII:1-14.

Área Temática 8
Estrategias de la Enseñanza de la Agrometeorología

CONOCIMIENTOS COMPARTIDOS EN CURSO DE GRADO FACA-UNCO EXPERIENCIA EN CULTIVOS DE CEBOLLA Y LECHUGA

Forquera, J.C.; Verdile, H.; Stikar, W.; González, D.A.

Universidad Nacional del Comahue Facultad de Ciencias Agrarias, Ruta Nacional 151 km 12,5, Cinco Saltos RN, 8303, Argentina

***Contacto:** jcforque@gmail.com

Palabras clave: alumno; observación; monitoreo; praxis

INTRODUCCIÓN

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, con sede en Cinco Saltos ruta 151 Km 12, provincia de Río Negro, Argentina; un grupo de docentes con la Unidad de Asistencia Pedagógica (UAP) coordinan acciones para mejorar integración de conocimientos disciplinarios en los primeros años de Ingeniería Agronómica. Taller Agrícola de cursado anual, diseña superar la fragmentación teórico-práctica, incentiva la praxis y utiliza conceptos, entre otras disciplinas, de Climatología y Fenología Agrícolas y Fisiología Vegetal, ambas del segundo cuatrimestre de Ingeniería Agronómica, que sobre la base de cultivos hortícolas interrelacionan en el complejo sistema de producción sustentable, proponen aunar esfuerzos en el cursado 2019 con el mismo grupo de estudiantes. El tipo de proyecto es inédito en la integración de estudiantes, docentes y no-docentes, es la aplicación de conocimientos teóricos en el campo experimental (De Luque *et al*., 2004). Por otra parte, se busca evitar la atomización de la enseñanza y articular dispositivos didácticos en el escenario agronómico, transitando en común el proceso de aprehensión de conocimientos (Chevallard *et al*., 1977).

El objetivo propuesto por los grupos de trabajo es conducir sendos cultivos, de cebolla para obtener semillas y de lechuga para consumo en fresco, con visión transdisciplinaria y solidaria, monitoreando con instrumental, observando fenología, incentivando la praxis eficiente y principalmente compartiendo vivencias entre estudiantes, docentes y no-docentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se organizó a los estudiantes en grupos y se le designó a cada uno un cultivo diferente, cebolla *(Allium cepa* L.*)* o lechuga *(Lactuca sativa* L.*).* Todos estuvieron en vínculo con los docentes de las tres cátedras involucradas (Taller Agrícola, Climatología y Fenología Agrícolas y Fisiología Vegetal) y trabajaron de forma coordinada con docentes y no-docentes a lo largo del ciclo de vida del cultivo que tuvieron a cargo.

La siembra de cebolla se realizó el 7 de abril en bancal con túnel de polietileno cristal. En el interior, el 13 de abril se instaló un dataloger marca Hobo, con sensor de temperatura de suelo a 10 centímetros de profundidad (Tts), sensor de temperatura del aire a 10 centímetros de altura (tao) y a igual altura afuera, temperatura del aire (tat); valores registrados cada media hora. La temperatura del aire del abrigo meteorológico (Taab), permitió obtener las horas de frío (HF) con valores ≤7°C para precisar el proceso de vernalización. Se observó, además, el diámetro de cuello en plántulas según (Acosta *et al*., 1993) por su importancia en la producción de semillas; alcanzados los requisitos de diámetro y porte se procedió al trasplante en platabanda.

La cebolla es cv Valcatorce selección Facultad Cs. Agrarias, para obtener semillas, método semilla-semilla, la temperatura mínima de germinación 2°C; óptima de 24°C; en crecimiento tolera heladas y temperatura media mensual óptima oscila de 13 a 24°C, máximas medias de 30°C y mínimas medias de 7°C (Gómez *et al*., 2017).

En lechuga se trabajó con morada, roja y verde. El óptimo de germinación es 18-20°C en horas luz 16°C y de noche 7°C; soporta -6°C; óptimo de temperatura suelo 20-25°C. El mismo datalogger, fue instalado en la platabanda de lechuga y control de temperatura de suelo profundidad 10 cm., y aire altura 12 cm. Los estudiantes prepararon el almácigo en túnel y trasplantaron a campo con uso de "mulching" (polietileno negro) y libres de coberturas, para verificar eventuales efectos en el cultivo (Marhuenda Berenger *et al*., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas mensuales de aire con y sin cobertura y suelo con cobertura en Tabla 1, son superiores a la estación meteorológica. Los valores de HF expuestos en tabla 2, sólo en abril y julio de 2019 son más bajos que valor medio 2014/19, abril del 2019 favoreció en las plántulas de cebolla, lo inverso ocurre en mayo, junio, agosto y total del ciclo.

Los estudiantes organizados en grupos ejecutaron el trabajo en paralelo con los tiempos académicos. Detectaron que el factor que más ha influido en la floración de cebolla fue la temperatura. En abril favoreció el desarrollo de la plántula para alcanzar el porte y resistir el 23/07 hasta -7°C. Por otro lado, en el ciclo 2019 hubo mayor acumulación de horas de frío que el promedio de los últimos seis años, el estímulo a la floración de la cebolla se ve en Figura 2. No obstante, el diámetro de cuello a trasplante fue variable y se registró un 50% de plantas de cebollas en flor. La lechuga morada, también se cultivó en bancal en suelo con compostaje y se

obtuvieron rendimientos medios de (2,4 Kg m^{-2}), en igual modalidad la lechuga roja fue menor, por un crecimiento diferencial de un mes. En platabanda con mulching el rendimiento medio para lechuga morada fue de (1,72 Kg m^{-2}), es probable la mayor porosidad del suelo y la protección lateral en el bancal, hayan sido las causas de la diferencia. La lechuga roja con rendimiento medio de (4,8 Kg m^{-2}) y la lechuga verde con rendimiento medio de (2,8 Kg m^{-2}), fueron obtenidas en platabanda con mulching. La parcela demostrativa en suelo desnudo tuvo competencia por malezas, alta exposición a radiación solar y vientos, situación que se estima influyó en rendimientos menores. Los riegos programados con cintas microperforadas y el mulching, es probable, que haya mejorado la altura de plantas (Alt) y número de hojas por plantas (N). El efecto temperatura de suelo cubierto y no cubierto no alteró el rinde por disponibilidad de calor, los promedios son (Tsm) 16.5 y (Tsd) 16.2°C, muy cerca de (Taab) 16,7°C, expuesto en Tabla 3.

Tabla 1. Temperatura media mensual (tat) aire, túnel (Tst) suelo túnel, (tao) aire afuera túnel, (Taab) aire est. meteorológica. 1,5 metros sobre el suelo.

Mes	tat	Tst	tao	Taab
abr	17,1	17,2	17,1	12,5
may	12,4	12,5	9,8	9,8
jun	7,0	6,6	6,6	7,1
jul	5,0	4,4	4,5	5,4

Tabla 3. Temperaturas: suelo mulching (Tsm); suelo desnudo (Tsd); aire parcela 12 cm (tat); aire en abrigo EM 1,5 m.(Taab). Altura plantas mulching y cantidad hojas (Altm)N; Idem suelo desnudo (Ald).

Fecha	Tsm	Tsd	tat	Taab	Altm N	Altd N
11/10	13,0	13,0	14,6	12,9	4,5 (5)	3,0 (4)
25/10	14,3	14,0	14,8	14,2	9,0 (8)	6,0 (8)
8/11	17,2	16,9	17,6	17,0	13,0 (10)	8,0 (10)
19/11	19,0	18,7	20,4	19,6	15,0 (19)	13,0 (13)
2/12	19,0	18,6	20,0	19,6	16,0 (29)	14,0 (19)
Pr	16,5	16,2	17,5	16,7	11,5(14)	8,8 (11)

Tabla 2. Número horas de frío, inferior a 7°C, suma mensual y del ciclo. Período contraste 2014/19 con el promedio mensual del período y año 2019.

Año	abr	may	jun	jul	ago	Ciclo
2019	86	271	544	396	347	1644
2014/19	118	248	401	437	274	1478



Figura 1. Parcelas lechuga cebolla trasplantadas, con sensores y datalogger enterrado.



Figura 2. Parcelas lechuga cebolla trasplantadas (mismas que Figura 1), fecha 2/12, cebolla en flor.

CONCLUSIONES

Los objetivos propuestos fueron visualizados a medida que avanzaba el ciclo productivo de ambas especies, tal como se corroboran en los datos expuestos. Los estudiantes han reflexionado que en el transcurso del trabajo surgieron situaciones que llevaron a tomar decisiones aplicando conceptos del curso, analizando los datos obtenidos y discutiendo en forma grupal para obtener una información propia, en ambiente de compañerismo y trabajo equitativo. Esta experiencia seguramente va a ser de utilidad, cuando en un futuro seamos responsables de manejos productivos. Se propondrá, en otros años, la realización de experiencias de este tipo que permitan integrar equipos de cátedras y realizar trabajos junto a los estudiantes de manera interdisciplinaria.

REFERENCIAS

Acosta, A.; Gaviola, J.C.; Galmarini, C. 1993. Manual de producción semillas hortícolas. Cebolla. Mendoza: EEA "La Consulta INTA".

Chevallard, G.; Bosch, M.; Gascón, J. 1977. El eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje. Barcelona:ICE/ Horsori.

De Luque, S.; Díaz, E.; Giardina, M.; Gutiérrez, A.; Gracia, M.C.; Laso, E.; Moralejo, E.; Pardo, R.H.; Rivera, S.; Samaja, J. 2004. Capítulo IV: Las ciencias sociales. 221-243. Díaz, E. La Posciencia. Edit. Biblos, 2°Ed. Bs.As. Argentina. 407 p.

Gómez, A.M.; Maroto Borrego, J.V.; Arce, F.A.; García Vergara, J. *et al*. 2017. Cebolla. Baixauli Soria, C. Serie Agricultura. Cultivos hortícolas al aire libre. www.publicacionescajamar.es . Almería. España. 786 p.

Marhuenda Berenger; J.A.; García Vergara, J.; Maroto Borrego, J.V.; Arce, F.A. *et al*. 2017. Lechuga. Baixauli Soria, C. Serie Agricultura. Cultivos hortícolas al aire libre. www.publicacionescajamar.es .Almería. España.786 p.

LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA COMO ENTORNO EDUCATIVO PROFESIONAL

Hidalgo*, V.G.[1,2]; Aguilera, R.B.[2]

[1] *Escuela 4-255 Alberto Victorio Zuccardi, Las Piedritas s/n, Fray Luis Beltrán, Maipú, CP 5531, Mendoza, Argentina*
[2] *Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500, Luján de Cuyo, CP 5505, Argentina*

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

Palabras clave: agrometeorología; formación técnica; experiencia de aprendizaje

INTRODUCCIÓN

La Escuela Técnica Agropecuaria 4-255 Alberto Victorio Zuccardi se localiza en la zona de Tittarelli, perteneciente al distrito rural de Fray Luis Beltrán Departamento de Maipú, a 35 km de la capital de Mendoza. La comunidad escolar se caracteriza por estudiantes que en su mayoría se desenvuelven como obreros rurales, siendo esta una situación más que propicia para que la institución escolar sea un espacio de perfeccionamiento técnico agropecuario y un puente de vinculación con el mundo del trabajo, la producción, la ciencia y la tecnología.

El establecimiento educativo cuenta con una superficie de una hectárea destinada a las prácticas profesionalizantes de la modalidad técnico profesional, donde los estudiantes construyen sus aprendizajes a partir de las experiencias realizadas en las parcelas de horticultura, viticultura, fruticultura y producción animal. Dichos entornos formativos garantizan la construcción de capacidades y habilidades propias del perfil del egresado.

En el año 2017, la Dirección de Escuela de la Provincia de Mendoza firmó convenio con la empresa Agrometrix para la instalación de una red de estaciones meteorológicas Pegasus en las escuelas técnicas del territorio provincial, siendo nuestra escuela beneficiada. Parafraseando lo dicho por Collins y Halverson (2010): dónde aprendemos, cuándo, cómo, con quién y de quién, y por supuesto qué y sobre todo para qué aprendemos, surge el proyecto "La agrometeorología en mi escuela" con el objetivo de enseñar la importancia y toma de datos meteorológicos de la estación escolar para analizar y generar información agroclimática.

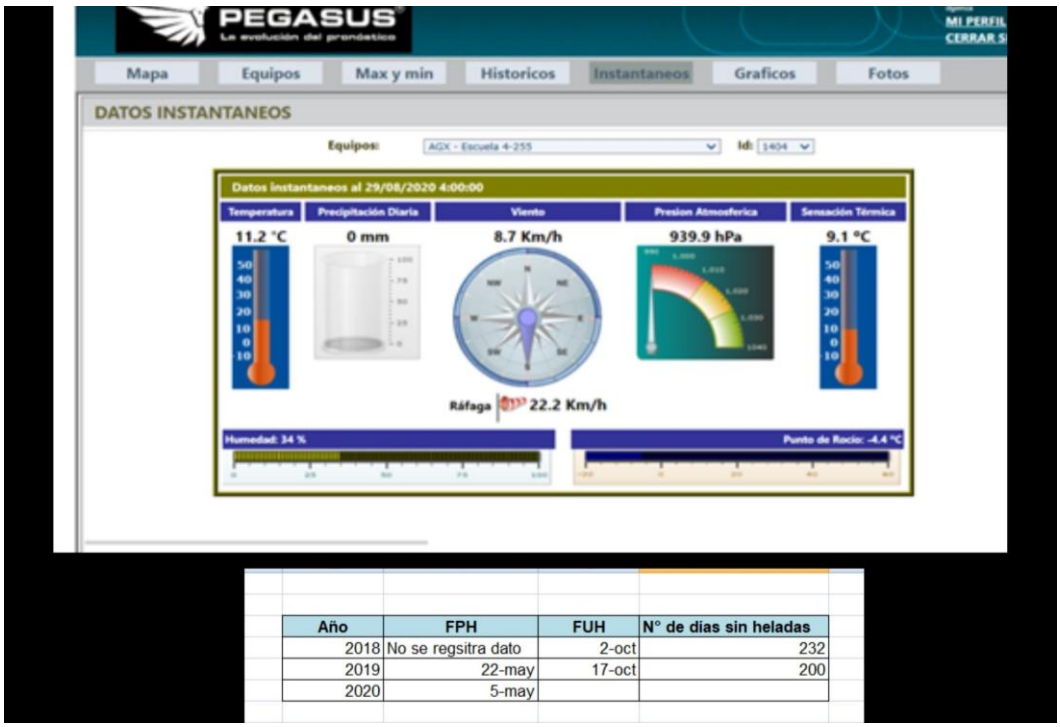
El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia del proyecto "La agrometeorología en mi escuela" en la escuela Alberto Victorino Zuccardi.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para concretar la participación de los estudiantes en el proyecto de agrometeorología en mi escuela se utiliza la metodología de enseñanza y aprendizaje ABP (Aprendizaje basado en proyecto). Cada comisión de manera autónoma y auto organizada desarrolla la propuesta educativa partiendo de una guía didáctica y bajo la tutoría del docente que se transforma en "mediador del proceso de construcción colectiva del conocimiento" (Onrubia, 2005).

La estación meteorológica Pegasus, se encuentra alimentada con energía solar, transmite los datos vía internet, Figura 1, permitiendo ver la información en tiempo real y hasta crear un registro histórico. Presenta sensores para las siguientes variables: Presión atmosférica (hPa), lluvia caída (mm), velocidad (Km/h) y dirección del viento (grados), velocidad (Km/h) y dirección de ráfaga (grados) , temperatura del aire (°C), humedad del aire (%), temperatura del suelo (°C), humedad del suelo (%), radiación solar (W/m2), humedad en la hoja acumulada (min).

Los estudiantes con la adquisición de datos de la estación meteorológica, realizaron una caracterización climática media de la zona Tittarelli y calcularon el período libre de heladas. Cada comisión se encargó de compartir dicha información con la comunidad rural cercana utilizando canales de comunicación como *Whatsapp*, *Facebook*, etc. Se generó un espacio de intercambio entre los estudiantes y los productores. Estos últimos compartieron experiencias de daños ocasionados por heladas en sus cultivos, comentando que para enfrentar esta adversidad se basan en sus conocimientos adquiridos por la propia experiencia, pero sin sustento técnico que lo avale, haciendo de esta primera aproximación con los estudiantes una experiencia enriquecedora.



Año	FPH	FUH	N° de días sin heladas
2018	No se regsitra dato	2-oct	232
2019	22-may	17-oct	200
2020	5-may		

Figura 1. Imagen de la página web Pegasus y tabla en proceso realizada por los estudiantes para análisis de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto educativo "La agrometeorología en mi escuela" en la escuela Alberto Victorio Zuccardi ha tenido muy buenos resultados. En esta primera experiencia, se destacó la importancia de la última fecha de helada perjudicial de primavera, como dato primordial ante la planificación de siembras y/o transplantes de las especies hortícolas de estación. Concretamente los futuros técnicos han adquirido la capacidad de utilizar el conocimiento agrometeorológico, generado a partir de las variables tomadas en la estación meteorológica, como una herramienta para comprender y transformar constructivamente su entorno social, económico, ambiental. Logrando enseñar a los productores locales a entender la información meteorológica y trabajar sus cultivos en forma sustentable para este mundo en permanente cambio.

CONCLUSIONES

La implementación del proyecto educativo "La agrometeorología en mi escuela" como parte de los estudios de nivel medio de la escuela técnica agropecuaria da lugar a nuevos aportes y experiencias en los estudiantes que le garantizan integridad y calidad de aprendizajes en las ciencias agrometeorológicas, valorando la importancia y utilidad en el territorio rural.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo directivo de la escuela A.V. Zuccardi y a sus estudiantes del último año, familias de la comunidad escolar y al equipo de la cátedra de Meteorología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCUYO.

REFERENCIAS

Collins, A.; Halverson, R. 2010. Rethinking education in the age of technology. The digital revolution and schooling en America. New York: TeachersCollege.

Onrubia, J. 2005. Aprender y Enseñar en Entornos Virtuales: Actividad Conjunta, Ayuda Pedagógica y Construcción del Conocimiento. En Revista de Educación a Distancia, número monográfico II. Consultado el 9 de febrero de 2005 en http://www.um.es/ead/red/M2/.

PRÁCTICA SOCIOCOMUNITARIA: EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS RELACIONADOS AL DESARROLLO DE ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN ALPA CORRAL

Paton*, L.M.; Vinocur, M.G.; Rivarola, A.d.V.; Llames, A.A.; Accastello, N.R.

Agrometeorología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nacional 36 km 601, Río Cuarto, CP5800, Argentina

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

Palabras clave: experiencia educativa; trabajo interinstitucional; adversidades climáticas

INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) ofrece desde el año 2009 la posibilidad de incorporar como herramienta pedagógica en los programas de las asignaturas las Prácticas Socio-Comunitarias (PSC). Las PSC son experiencias de articulación entre la universidad y su zona de influencia donde estudiantes, docentes y miembros de la comunidad aprenden juntos a la vez que abordan problemáticas críticas de esos territorios. Esto permite, que mediante el trabajo comunitario, los estudiantes apliquen los contenidos de las asignaturas y participen en la elaboración de proyectos que contribuyan a la comprensión y resolución de problemas, junto a diversos actores o instituciones de la comunidad, constituyendo verdaderas asociaciones de aprendizaje (UNRC, 2018).

Desde la asignatura obligatoria Agrometeorología, perteneciente al segundo año de la carrera Ingeniería Agronómica (Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC) se implementó una PSC como experiencia innovadora en su enseñanza. La PSC se articuló con el Instituto Provincial de Enseñanza Media (IPEM) N°119 "Néstora Zarazaga", institución de nivel medio con orientación en turismo de la localidad Alpa Corral (Provincia de Córdoba).

La idea surgió ante la necesidad identificada por esa institución educativa referida a la escasa preparación de sus estudiantes para abordar conceptos relacionados a eventos meteorológicos extremos, teniendo en cuenta que los mismos son formados para su posterior inserción en actividades turísticas (Paton *et al.,* 2018). Es por ello que se propuso realizar una PSC basada en eventos meteorológicos extremos que pueden causar situaciones de emergencia en la localidad de Alpa Corral. A su vez los estudiantes universitarios que cursaron la asignatura Agrometeorología adquirieron conocimientos sobre este tipo de eventos, por lo tanto aquellos que optaron por hacer la PSC tuvieron la posibilidad de ser los agentes formadores de sus pares de nivel medio, contribuyendo al desarrollo socio-comunitario de esta localidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La PSC se realizó entre los meses de mayo de 2018 a octubre de 2019, desarrollando actividades en el ámbito de la UNRC y en instituciones educativas, municipales y civiles de Alpa Corral, localidad ubicada a 75 km hacia el oeste de la ciudad de Río Cuarto (Departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba).

La primera tarea fue la recopilación realizada, por los estudiantes del IPEM N°119 de datos e información sobre eventos extremos ocurridos en la localidad, utilizando encuestas estructuradas para los referentes claves (Vasilachis de Gialdino, 2007) y consultas a distintos actores sociales (Bomberos, Municipalidad, Defensa Civil, entre otros).

En segunda instancia, el equipo docente de la PSC elaboró material didáctico con contenidos específicos referidos a los eventos meteorológicos extremos. Dicho material fue utilizado en los encuentros con los estudiantes de la asignatura Agrometeorología que participaron en la PSC. En estos encuentros se analizaron las encuestas y la información recopilada por los estudiantes del IPEM N°119, identificando aquellos eventos meteorológicos que afectan a las actividades turísticas y que generan situaciones de emergencia. En tercera instancia, se planificó la realización de dos viajes (Figura 1) a la localidad de Alpa Corral para intercambiar experiencias con los estudiantes y docentes del nivel medio del IPEM N°119.



Figura 1. Primer encuentro de estudiantes y docentes del IPEM N° 119 con docentes y estudiantes de Agrometeorología (UNRC) en Alpa Corral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las encuestas y consultas a referentes claves mostraron que las sequías y las lluvias torrenciales en la cuenca alta del río Las Barrancas son los principales eventos meteorológicos extre- mos que afectan a las actividades turísticas en Alpa Corral. Ellos provocan incendios y crecientes que perju- dican la belleza escénica del paisaje y a la población en su conjunto. En el primer viaje del equipo de la PSC (estudiantes universitarios y docentes) a la localidad de Alpa Corral realizado en noviembre de 2018, se compartieron con los estudiantes y docentes del IPEM N°119, experiencias sobre la importancia de conocer los eventos meteorológicos extremos que afectan el desarrollo de actividades turísticas. En el segundo viaje a la localidad de Alpa Corral (abril de 2019), se realizó una jornada de concientización sobre los eventos meteorológicos extremos. Durante la misma, en la que participaron docentes y estudiantes de 5to y 6to año del IPEM N°119, los estudiantes de Agrometeorología (UNRC) expusieron los métodos de prevención y las acciones que se pueden llevar a cabo para enfrentar dichos fenómenos. Al finalizar la presentación, se produjo un intercambio de experiencias entre todos los participantes. Luego de la Jornada, todos los participantes consideraron que se podría confeccionar una publicación de divulgación que incluyera lo discutido en las reuniones y que sirviera como elemento para que la población tuviera en cuenta estos eventos. Como resultado, en octubre de 2019 se publicó un folleto informativo (Figura 2) que fue distribuida en la comunidad educativa (estudiantes y docentes del IPEM) y en la comunidad en general de Alpa Corral, a través de su Oficina de Turismo, Bomberos Voluntarios, Museo Provincial, Vivero Municipal, Cooperativa Eléctrica y Centro de Salud.



Figura 2. Folleto de divulgación sobre medidas de prevención ante eventos meteorológicos extremos (resultado de la realización de la PSC Eventos meteorológicos extremos relacionados al desarrollo de actividades turísticas en Alpa



CONCLUSIONES

El desarrollo de la PSC permitió a los estudiantes aplicar a una situación concreta, los conocimientos estudiados en la asignatura Agrometeorología. Además, los estudiantes que participaron de la PSC experimentaron situaciones que serán comunes en su futura carrera profesional como realizar tareas de extensión, interactuar con distintos actores sociales, etc., lo cual será sumamente provechoso en su vida profesional. Aunque tanto estudiantes como docentes consideraron satisfactorios los resultados de la PSC, es necesario la enseñanza y la comunicación de los saberes científicos en un lenguaje más coloquial, que permita tender puentes entre el ámbito académico-científico y la comunidad.

AGRADECIMIENTOS

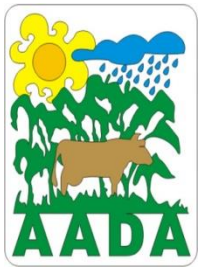
A Bomberos Voluntarios, Defensa Civil y Municipalidad de Alpa Corral. A los estudiantes de Agrometeorología: Micaela Alfonso, Tamara Arregui, Franco Gabriel Bagnis, Santiago Ginaca, Lourdes Maldonado, Cecilia Mattana y Camila Olivera y a los estudiantes de 5to y 6to año del IPEM N°119 "Néstora Zarazaga" ya que sin su ayuda no podríamos haber concretado esta experiencia.

REFERENCIAS

Paton, L.M.; Accastello, N. R.; Llames, A. A.; Rivarola A. d. V.; Vinocur, M.G. 2018. Eventos meteorológicos extremos relacionados al desarrollo de actividades turísticas en la localidad de Alpa Corral. Informe Final del Proyecto de Práctica Socio Comunitaria convocatoria 2018-2019. Secretaría de Planeamiento y Relaciones Institucionales. UNRC. 6pp

Universidad Nacional de Río Cuarto. 2018. Aprendiendo en comunidad: un camino en consolidación. PSC 2016-2017. Secretaría de Planeamiento y Relaciones Institucionales. Mesa de Prácticas Socio-comunitarias. UNRC. Disponible en: https://www.unrc.edu.ar/unrc/planeamiento/docs/psc/libro-psc.pdf

Vasilachis de Gialdino, I (Coord.). 2007. Estrategias de investigación cualitativa. Ed. Gedisa. Barcelona.


AADA

XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología

~ 25 al 27 de noviembre de 2020 ~

Organizan

AADA

Facultad de Ciencias Agropecuarias
UNER

Auspician

CONICET

CONAE

INTA

BOLSA DE CEREALES DE ENTRE RIOS

CoPAER
COLEGIO DE PROFESIONALES DE LA AGRONOMÍA DE ENTRE RÍOS

Han declarado de interés

Servicio Meteorológico Nacional

Universidad Autónoma de Entre Ríos
FCyT
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MUNICIPALIDAD DE PARANÁ

VIVÍ PARANÁ
TODO EL AÑO
ENTRE RÍOS ARGENTINA

ISBN 978-987-26317-1-0

9 789872 631710