



RALDA 2016

XVI Reunión Argentina y
VIII Reunión Latinoamericana
de AGROMETEOROLOGÍA

"Vientos de Cambio nos Impulsan"

Puerto Madryn (Chubut)
20, 21, 22 y 23 de septiembre de 2016

XVI Reunión Argentina

y

VIII Reunión Latinoamericana de

Agrometeorología

*DECLARADA DE INTERES PROVINCIAL POR EL GOBIERNO DE LA PROVINCIA
DEL CHUBUT MEDIANTE DECRETO 327/2016*

*DECLARADA DE INTERES LEGISLATIVO POR LA HONORABLE LEGISLATURA
DEL CHUBUT MEDIANTE RESOLUCION N° 50/16-HL*

*DECLARADA DE INTERES CIENTÍFICO, AMBIENTAL Y TURÍSTICO MEDIANTE
RESOLUCION 1918/2015 (S.T. Y D). DE LA MUNICIPALIDAD DE PUERTO
MADRYN, SEDE DEL EVENTO*

MARTA G. VINO CUR Y ERICA COLOMBANI

XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología : vientos de cambio nos impulsan / A. Della Maggiora...[et al.] ; compilado por Graciela Teresa Vergara. - 1a ed. - Rio Cuarto : Marta Graciela Vinocur, 2016.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-42-2098-1

1. Agronomía. 2. Meteorología. 3. Agricultura y Ganadería. I. Vergara, Graciela Teresa , comp.
CDD 630.7

XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología

Vientos de cambio nos impulsan
Graciela Teresa Vergara (Compiladora)

2016 © Asociación Argentina de Agrometeorología
Ruta Nacional 36 km 601 – (X5804) Río Cuarto – Argentina
Tel.: 54 (358) 467 6191 – Fax.: 54 (358) 468 0280
info@aada.com.ar - www.aada.com.ar

Primera edición: Septiembre de 2016

ISBN 978-987-42-2098-1



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 2.5 Argentina.

http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ar/deed.es_AR

Queda Prohibida la reproducción total o parcial del texto de la presente obra en cualquiera de sus formas, electrónica o mecánica, sin el consentimiento previo y escrito de la compiladora.

Los editores no asumen responsabilidad alguna por eventuales errores tipográficos u ortográficos, por la calidad y tamaño de los gráficos, ni por el contenido de los Trabajos de Investigación presentados a RALDA 2016. Los trabajos de Investigación se publican en versión digital, tal como fueron enviados por parte de los respectivos autores, con leves adaptaciones de sus formatos, con la finalidad de conferirles uniformidad entre ellos, en un todo de acuerdo con las normas previamente establecidas.

La mención de empresas, productos y/o marcas comerciales no representa recomendación preferente de RALDA 2016.

Área Temática 6

**Adversidades agroclimáticas, riesgo, prevención de impactos,
alertas tempranas. Bosques y manejo del fuego**

DEFENSA CONTRA HELADAS TARDÍAS: ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA CON HELICÓPTERO

Lassig, J. L.¹; Palese, C.¹

¹ Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires 1400, Neuquén, 8300, Argentina

Contacto: jorge.lassig@fain.uncoma.edu.ar

Palabras clave: adversidades agrometeorológica, frutales, lucha activa, inversión térmica.

INTRODUCCIÓN

Durante los años 1992 a 1997, se realizó el proyecto MECIN, consistente en medir las características de la capa límite atmosférica durante condiciones de heladas radiativas en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén (Flores *et al.*, 2007).

En el estudio se observó que la capa de inversión térmica se encuentra por encima de los 20 m de altura, con incrementos de temperaturas a veces superiores a 5 °C con respecto a un abrigo meteorológico a 1,5 m del suelo.

Estos resultados condicionan la utilización en la lucha activa contra las heladas tardías a los Ventiladores o Removedores de Aire que se emplean en otras partes del mundo, caracterizados por tener rotores de unos 5 á 6 m de diámetro, y estar ubicados entre 12 y 15 m de altura, protegiendo unas 4 ha de cultivos (Lassig *et al.*, 1997).

En vista de las características de la capa límite, y siguiendo en la temática de lograr sistemas de protección no contaminante, en 2004 se propuso la evaluación de la utilización de helicópteros para la defensa activa contra las heladas (Palese y Lassig, 2004); por lo que a partir de la experiencia de una empresa frutícola ubicada en el valle del río Neuquén, en la localidad de San Patricio del Chañar, se realizó la evaluación de un caso de defensa por este método en el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La adquisición de datos dentro de los cuadros de cultivo a 1,5 m del suelo se realizó con sensores Dallas Ibutton modelo "Thermochron" DS1921G. El sensor DS1921G es un robusto y autosuficiente sistema que mide temperatura y guarda el registro en una memoria protegida.

Un globo cautivo inflado con helio elevó uno de estos sensores a 16 m de altura.

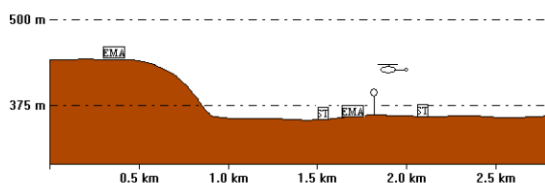


Figura 1. Esquema topográfico y distribución del equipo de medición en la prueba de control.

Se utilizó una estación meteorológica automática (EMA) Davis Weather Wizzard instalada en el establecimiento y se recabaron datos de otra estación meteorológica automática sobre la meseta, a unos 80 m de altura respecto a la ubicación de las plantaciones de manzanos en la chacra. La información que aportó esta EMA fue sobre las masas de aire en altura (intensidad, dirección y temperatura del viento). La figura 1 esquematiza la topografía y la ubicación de los sensores de temperatura (ST), las EMAs el globo cautivo y el helicóptero utilizado para la defensa. Este último fue un Bell 47 con motor a explosión de unos 290 HP, con un diámetro del rotor de 11,3 m y peso máximo de despegue 1340 kg (figura 2).



Figura 2. Helicóptero Bell 47 utilizado en la experiencia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se protegió unas 9 ha de manzanas en producción orgánica (indicadas en la figura 3).



Figura 3. Imagen satelital donde se indican la superficie a proteger y la ubicación de las estaciones de control, EMA1, y sobre la meseta, EMA2.

A título de ejemplo se muestra lo ocurrido durante la noche del 21-22 de Septiembre de 2007.

En la figura 4 se indican las variaciones de temperatura sobre la parcela de control a 1,5 m del suelo (curva marrón), la variación de la temperatura en la zona de defensa por medio del vuelo de un helicóptero (curva azul), la variación de temperatura a 16 m de altura tomada con el globo cautivo (curva roja), la variación de

temperatura del viento sobre la meseta a 80 m de altura (triángulos amarillos), la variación de la velocidad del viento sobre la meseta a 80 m de altura (triángulos verdes), y la variación de la dirección del viento sobre la meseta (cruces negras).

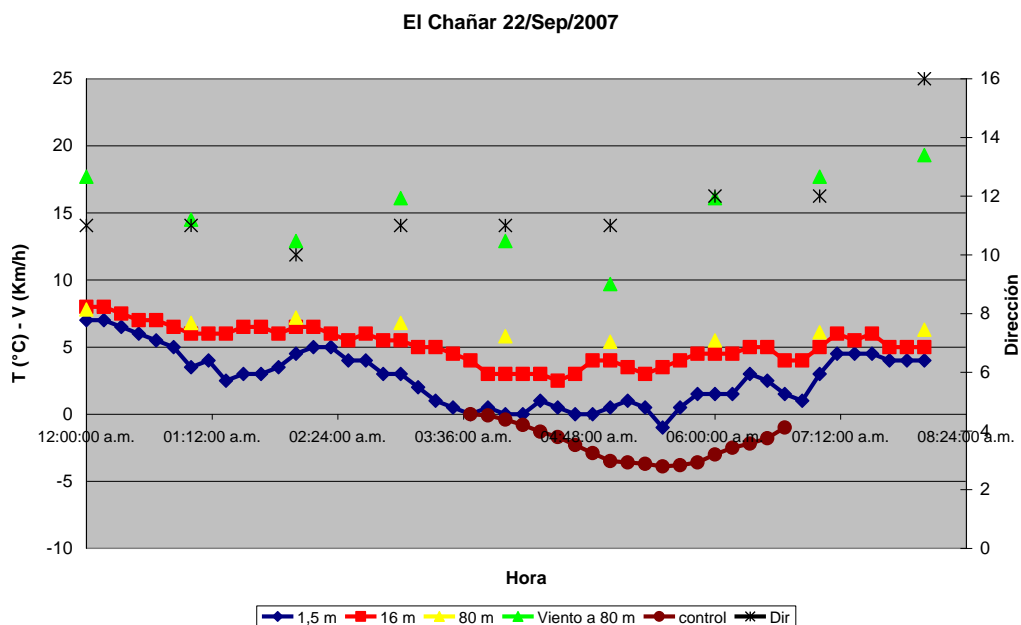


Figura 4. Variaciones en el tiempo de los parámetros medios durante la ocurrencia de una helada tardía y el efecto de la protección por medio de un helicóptero.

En los cuadros que se "defendieron" se logró mantener en casi todos una media de $-0,7^{\circ}\text{C}$, cuando en los alrededores la temperatura variaba entre $-3,5^{\circ}\text{C}$ y -4°C .

El helicóptero mediante su sensor de temperatura mantuvo el nivel de vuelo en la capa entre 4°C y 6°C que representó una altura entre 12 y 18 m.

Si la aeronave se elevaba más buscando mayores temperaturas del aire el chorro descendente que generaba su hélice prácticamente no llegaba al suelo.



Figura 5. Visualización del efecto de la estela según el movimiento del helicóptero

La figura 5 muestra este efecto sobre un pequeño helicóptero, en el cual la empresa ATiwake especialista en visualizaciones fluido-dinámicas, pone en evidencia el flujo de aire que empuja la aeronave hacia el suelo y en la medida que se eleva, este flujo sobre el suelo disminuye.

CONCLUSIONES

Esta experiencia indica que es posible combatir heladas tardías por medio de helicópteros ya que en los cuadros protegidos se evitó el daño en los frutales y comparando con los cuadros testigos (sin protección) sí se registraron daño por heladas.

Sin embargo, para que este método se imponga debe calcularse la eficiencia costos/rendimientos, pues, con un pequeño helicóptero como el utilizado, sólo fue posible proteger 9 ha. Por otra parte, el costo operativo de dichas aeronaves es elevado y los contratos se deben realizar por periodos de quincenas o meses de contratación en que la aeronave debe estar afectada exclusivamente a las tareas de protección.

AGRADECIMIENTOS

Los subsidios PI-04-I185 de la UNCo y el Picto_UNNE 2011_0187 contribuyeron al desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- Flores, A.; Lassig, J.; Palese, C.; Bastanski, M.; Cogliati, M. 2007. Proyecto Mecin: Alto Valle de Río Negro, Argentina. Meteorológica 31 (1 y 2): 17.
- Lassig, J.; Flores, A.; Palese, C.; Bastanski, M.; Cogliati, M. 1997. Removedores de Aire en Defensa de Heladas en Neuquén. VII Reunión de la Asociación Argentina de Agrometeorología, Abril de 1997, Buenos Aires, Argentina.
- Palese, C.; Lassig, J. 2004. Consideraciones para la Protección de Heladas por Medio de Helicópteros. X Reunión Argentina de Agrometeorología, 2004, Mar del Plata, Argentina.

UTILIZACIÓN DE MAPAS EÓLICOS PARA CUANTIFICAR EL EFECTO DE LAS BARRERAS FORESTALES EN LA REDUCCIÓN DE VIENTOS EXTREMOS

Palese*, C.¹ y Lassig, J. L.¹

¹ Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires 1400, Neuquén, 8300, Argentina

*Contacto: claudia.palese@fain.uncoma.edu.ar

Palabras clave: viento superficial; Neuquén; reparo.

INTRODUCCIÓN

El estado neuquino impulsa un desarrollo agroforestal y pecuario con abastecimiento de agua potable mediante un sistema de riego a través de un canal desde el Embalse Mari Menuco hasta la ciudad del Neuquén. La valoración local del viento ayudaría a los especialistas a identificar el riesgo de daños y escoger métodos de defensa adecuados en las etapas de planificación y administración.

Los trabajos sobre mapas de vientos generalmente están orientados a la energía eólica pero también fueron utilizados para estudiar los efectos de la acción del viento en zonas naturales y agroforestales (Suarez *et al*, 1999).

El viento causa pérdidas económicas por, entre otras causas: caída de frutos; rotura de ejemplares frutícolas y forestales; reducción de la tasa de polinización; aceleración de la evapotranspiración; reducción de la tasa de fotosíntesis, etc.

El coeficiente de resistencia, C_d , es el parámetro clave en el estudio de la reducción de la velocidad del viento a sotavento una barrera forestal pero es difícil de estimar directamente a partir su estructura. Por esto, se ha propuesto el uso de la porosidad óptica, P , que es la relación entre la superficie correspondiente a huecos y la superficie total frontal. Se han realizado estudios sobre los efectos y la aerodinámica de las barreras forestales y de cercos mediante ensayos en túnel de viento (Guan *et al*, 2003), observaciones a campo (Tuzet y Wilson, 2007) y simulaciones numéricas (Gardiol y Mazzeo, 1991). Perri (1998) midió el reparo que producen barreras de distintas porosidades en Santa Cruz. La mayor protección (75% de reparo) se logró con cortinas semipermeables ($15\% \leq P \leq 45\%$) a una distancia a barlovento 4 veces la altura de la plantación forestal que era de *Populus nigra* cv itálica, dispuesto en hilera simple o doble. Este tipo de cortina también se utiliza en Neuquén.

El objetivo de este trabajo es estimar las velocidades medias y extremas del viento en forma local y valorar el grado de protección ofrecida por una barrera forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se idealizó un cuadro típico de una chacra como un cuadrado de 100 m de lado que contiene un cultivar de frutales de 4 m de altura rodeado con una barrera rompavientos de 20 m de alto, como se indica en la Fig. 1. La posición de esta

chacra hipotética se indica en la Fig. 1.

El campo de viento se obtuvo con un modelo de diagnóstico (Brower, 1999) descrito en Palese (2009). El dominio incluye toda el área del desarrollo agroforestal en el este de Neuquén. La malla resuelve 336 elementos en x , 319 en y , y 15 niveles en z . La resolución espacial es 178 m. Para aplicar este modelo se recurrió a: (i) datos de sensores remotos para obtener los mapas digitales de la topografía y de la rugosidad aerodinámica superficial (z_0); (ii) resultados de modelos atmosféricos para los valores medios anuales locales de la altura de la capa de superficie, de la capa de mezcla y de la longitud de Monin-Obukhov; (iii) datos medidos de dirección e intensidad del viento de superficie en tres sitios (uno con un período de 10 años, Neuquén Aero); y (iv) datos estimados de dirección e intensidad del viento a 1500 m, 3000 m y 5000 m de altura de un período de 5 años.

La velocidad del viento extrema se estimó con (Lassig *et al*, 2011):

$$V_r = \frac{v_{med}}{\left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]} \left(-\ln \left\{ 1 - \exp \left[\frac{\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)}{n^{-1}} \right] \right\} \right)^{\frac{1}{k}} \quad (1)$$

donde V_r es el valor extremo anual de la velocidad del viento con un período de retorno de Tr años, v_{med} es la velocidad media anual, k es el parámetro de forma de la función de densidad de probabilidad de Weibull, $\Gamma()$ es la función Gamma, y n es el número de eventos independientes en un año. El parámetro k y v_{med} se obtienen del modelo (Brower, 1999). En el análisis se fijó $Tr = 2$ años, por lo que el valor de V_r es la mediana.

Para calcular la velocidad del viento a 4 m de altura se tuvo en cuenta la variación vertical de la velocidad del viento empleando la expresión:

$$U_{4m} = U_{10m} (4 m/10 m)^p \quad (2)$$

donde U_{4m} es la velocidad a barlovento de la cortina a 4 m de altura, U_{10m} es la velocidad a barlovento de la cortina a 10 m de altura calculada por el modelo (Brower, 1999) y p es el exponente o coeficiente de la cortante del viento dentro de la capa límite atmosférica. En este trabajo se tomó $p = 0,278$ válido en condición de estabilidad atmosférica del tipo neutral, representativa de la media anual y de días ventosos.

La reducción del viento por efecto de las cortinas forestales se obtuvo con Gardiol y Mazzeo (1991):

$$u' = 1 - [2,66 - 0,93 x' - (0,0022 + 0,00466 x'^{0,5}) P] \ln(z'/z0') \quad (3)$$

donde $u' = u/U_{4m}$; $x' = x/H$; $z' = z/H$, $z0' = z0/H$.
Expresión válida para $20\% \leq P \leq 40\%$:

. Como se observa en la Fig. 1 la velocidad dentro del cuadro de frutales, es decir, la velocidad a sotavento de la cortina forestal es u ; H es la altura de la alameda (20 m); z es la altura de los frutales (4 m); x es la distancia en la dirección del viento desde la cortina rompevientos y $z0$ es la longitud de rugosidad aerodinámica (0,8 m).

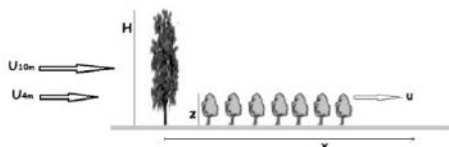


Figura 1. Modelo conceptual de la cortina rompevientos en la *Chacra hipotética*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ajuste entre el modelo (Brower, 1999) y los datos medidos produjo un error general de 14,8% y 0,28 m s⁻¹ de RMSE. En la Fig. 2 se observa que el área se ve afectada por velocidades entre 4 y 5 m s⁻¹. En la Fig. 3 se distingue que la dirección más frecuente es 240° (27,1%) y luego 270° (16,5%). Como era de esperar los vientos más intensos son los Oestes donde los de 240° tienen una velocidad media de 6,8 m s⁻¹ y los de 210° 6,4 m s⁻¹. Las velocidades más frecuentes están en el intervalo 3 - 4 m s⁻¹ como se ve en la Fig. 4.

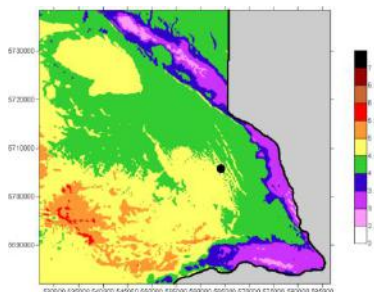


Figura 2. Campo de la velocidad media anual (m s⁻¹) a 10 m de altura. Coord. UTM -19S. ● *Chacra hipotética*.

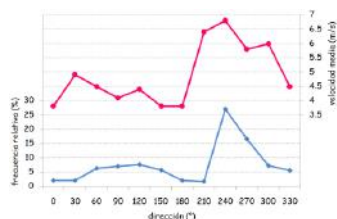


Figura 3. Velocidad media anual direccional (m s⁻¹) y distribución de frecuencia de la dirección del viento a 10 m de altura en la ubicación de la *chacra*.

En la *chacra* resultó $v_{med} = 5,0$ m s⁻¹ y $k = 1,86$, $c = 5,63$ m s⁻¹, por lo tanto, $Vr_{(2 \text{ años})}$ es 18,4 m s⁻¹ a 10 m ($Vr = 14,3$ m s⁻¹, a 4 m). En la Tabla 1 algunos valores característicos de la velocidad llevados a 4 m de altura, y también se muestran los valores de velocidad (a 4 m) logrados dentro del cuadro por la acción de reparo de la cortina forestal válidos para $z' = 0,2$; $z0' = 0,04$, $P = 30$ %, $x' = 4$ (posición de

mayor reparo) y estabilidad atmosférica del tipo neutral. Considerando sólo la velocidad extrema de 14,3 m s⁻¹ si se varía la porosidad de la barrera resultan los siguientes valores:

- $u = 7,3$ m s⁻¹ si $P = 20$ %;
- $u = 5,0$ m s⁻¹ si $P = 40$ %;
- $u = 5,7$ m s⁻¹ si $P = 80$ %.

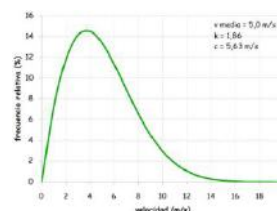


Figura 4. Función de densidad de probabilidad de la velocidad media anual a 10 m de altura en la ubicación de la *chacra*.

Tabla 1. Velocidades (m s⁻¹) a barlovento de la barrera forestal, U_{4m} , y a sotavento, u , ambas a 4 m de altura.

	v med	Vr	v más frec.	v (210°)
U_{4m}	3,9	14,3	3,1	5,3
u	1,4	5,0	1,1	1,8

CONCLUSIONES

El modelo utilizado permite conocer el campo de viento superficial medio y extremo y el grado de ajuste logrado es adecuado, por lo tanto, constituye una herramienta valiosa para que los especialistas puedan identificar el riesgo de daños y escoger métodos de defensa adecuados especialmente en la etapa de la planificación.

AGRADECIMIENTOS

Los subsidios PI04/I178 (UNCo) y PICTO/UNNE 2011/0187 contribuyeron al proyecto.

REFERENCIAS

- Brower, M. C. 1999. Validation of the WindMap program and development of MesoMap. WindPower Conference, AWEA, Washington, DC, USA.
- Gardioli, J. M.; Mazzeo, N. A. 1991. Mean airflow flux structure affected by windbreaks. Energy and Buildings 15 (3-4): 299-304.
- Guan, D.; Zhang, Y.; Zhu, T. 2003. A wind-tunnel study of windfreak drag. Agricultural and Forest Meteorology 118: 75-84.
- Lassig, J. L.; Palese, C.; Aparician, A. 2011. Vientos extremos en la provincia de Neuquén. Meteorológica 36 (2): 83-93.
- Palese, C. 2009. Campo de viento en el centro-este de la provincia del Neuquén. Tesis de Maestría, UBA, Buenos Aires, Argentina.
- Perri, P. 1998. Efectos de parámetros estructurales de cortinas forestales en la reducción del viento en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Quebracho 6: 19-26.
- Suárez, J. C.; Gardiner, B. A.; Quine, Q. P. 1999. A comparison of three methods for predicting wind speeds in complex forested terrain. Meteorol. Appl. 6: 329-342.
- Tuzet, A.; Wilson, J. D. 2007. Measured winds about a thick hedge. Agricultural and Forest Meteorology 145: 195-205.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE BAJO RIESGO AGROCLIMÁTICO BAJO EVENTOS DE DÉFICIT HÍDRICO EXTREMO EN EL MUNICIPIO DE URIBIA, COLOMBIA

Martínez*, F.E.¹; Deantonio, L.¹; Araujo, G.¹; Gomez, D.¹; Rojas, E.¹

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Mosquera, Colombia

*Contacto: femartinez@corpoica.org.co

Palabras clave: exposición; variabilidad climática; planificación territorial.

(definida por su ubicación en el territorio) y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, la variabilidad climática asociada a los fenómenos ENSO (La Niña y El Niño) ha ocasionado altas pérdidas económicas y ambientales afectando principalmente al sector Agropecuario (Boshell, 2008). En el caso de Uribí, La Guajira, los extremadamente fuertes vientos alisios del noreste, el transporte de arena y los bajos volúmenes de precipitación generaron un bioma desértico tropical con condiciones acentuadas de aridez (Pinilla-Agudelo y Zuluaga-Ramírez, 2014). Las especies cultivadas son principalmente maíz, fríjol cabecita negra, sandía, melón, ahuyama y otras especies hortícolas tradicionales.

El pastoreo de caprinos es una de las principales actividades de la comunidad Wayúu, sin embargo el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos de déficit hídrico extremo (más recurrentes y agresivos) ha tenido un gran impacto sobre esta actividad (Corpoguajira, 2011).

Para establecer las medidas preventivas y de adaptación a estas condiciones se requiere mejorar el conocimiento del territorio ante las condiciones de humedad restrictivas. El objetivo de este trabajo fue zonificar la aptitud agroclimática e identificar áreas de menor riesgo edafoclimático para el establecimiento de ovinos y caprinos y coberturas vegetales en el municipio de Uribí en el departamento de La Guajira.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron tres tipos de análisis, el primero por aptitud de uso de los suelos (FAO, 1976), el segundo por probabilidad de ocurrencia de dos condiciones de humedad en el suelo (déficit hídrico en condiciones promedio y déficit hídrico extremo) (Palmer, 1965) y el tercero por la disponibilidad y tipo de cobertura para la alimentación animal (cobertura de la tierra según Corine Land Cover). Se obtuvieron salidas cartográficas de la zonificación de la aptitud agroclimática de Uribí (escala 1:100.000) para ovinos y caprinos.

La zonificación se realizó teniendo en cuenta la definición sobre riesgos agroclimáticos (IPCC, 2012), la cual se basa en la exposición del sistema de producción a eventos climáticos extremos

Previo a la identificación de nichos productivos se sobrepuso la cartografía de cobertura (Corine Land Cover) y aptitud de usos de los suelos (FAO) con la cartografía mensual de probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico promedio y déficit hídrico extremo en meses con baja oferta y lluvia y meses con la mayor oferta de lluvias (ArcGIS 10.1). Posteriormente se identificaron las áreas que persistentemente registraron probabilidades bajas y medias de ocurrencia de déficit hídrico promedio y déficit hídrico extremo (ArcGIS 10.1) en todos los meses. Estas áreas se consideraron como de baja exposición a déficit hídrico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bajo condiciones de déficit hídrico promedio y déficit hídrico extremo, fue posible identificar *áreas recomendadas para la producción de ovinos y caprinos y con potencial para el establecimiento de coberturas vegetales* (tonos verdes). Estas áreas presentan coberturas densas, suelos óptimos o condicionados a prácticas de manejo de profundidad efectiva, texturas gruesas, pH alcalino, horizontes compactados, drenajes excesivos, salinidad y sodio. La probabilidad de déficit hídrico es predominantemente baja (<40%) aunque pueden presentarse probabilidades entre 40 y 60%. Esto indica una menor exposición a déficit hídrico promedio para las especies establecidas en estas zonas. Esta área bajo déficit hídrico promedio (tonos verdes) ocupa el 21,8% del área del municipio en los meses más secos (enero – abril) y 21,9% en los meses con mayores volúmenes de lluvia (agosto – noviembre) (Figura 1). Bajo déficit hídrico extremo el área de bajo riesgo agroclimático (tonos verdes) ocupa el 16,5% durante enero – abril y 9,8% en agosto – noviembre (Figuras 2 y 3). Esta menor área recomendada para la producción de ovinos y caprinos se debe al mayor impacto de un fenómeno de déficit hídrico extremo en el segundo semestre, en donde los volúmenes de lluvia promedio se ven drásticamente disminuidos en comparación con el primer semestre.

Actualmente la mayor parte de los productores se ubican en áreas con limitaciones por suelos y no recomendadas tanto para condiciones de déficit promedio como bajo déficit hídrico extremo. Esto indica que están sometidos a una alta exposición a

déficit hídrico, limitados fuertemente por suelos y con poca disponibilidad de fuentes de alimento. En estas condiciones es importante desarrollar estrategias locales de adaptación a estas condiciones e identificar áreas a donde las comunidades indígenas puedan movilizarse con el objeto de minimizar las pérdidas de animales, los riesgos para seguridad alimentaria y mejorar los medios de vida.

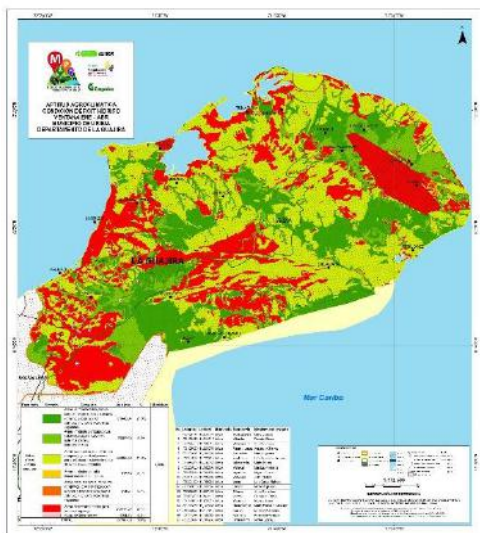


Figura 1. Aptitud agroclimática del municipio Uribí en cuatrimestres enero – abril y agosto - noviembre en condiciones de déficit hídrico promedio

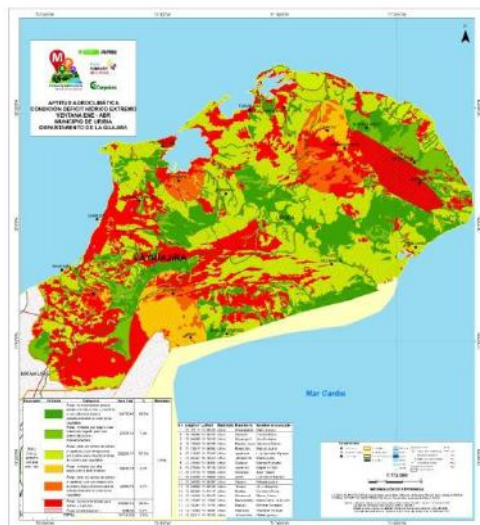


Figura 2. Aptitud agroclimática del municipio Uribí, en cuatrimestre enero – abril en condiciones de déficit hídrico extremo.

Los resultados contribuyen a la identificación de áreas productivas que podrían verse más afectadas con aumentos o disminuciones excesivos de precipitación fruto de eventos de variabilidad climática asociadas y no asociadas a ENSO, así mismo dan un panorama de riesgo que soporta la implementación de políticas públicas

que promuevan desde el uso de infraestructura de riego y drenaje, hasta la aplicación de prácticas de manejo agronómico que mitiguen el impacto de eventos del déficit hídrico.

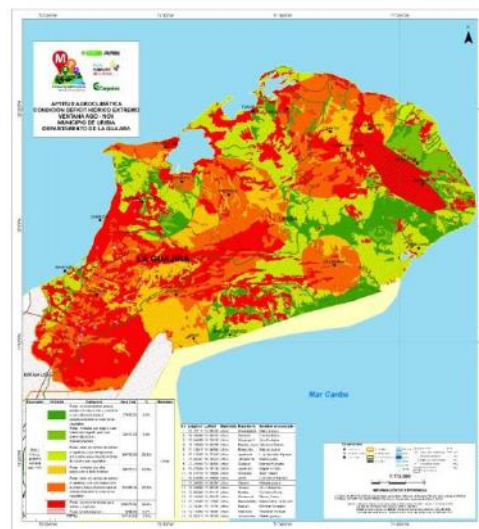


Figura 3. Aptitud agroclimática del municipio Uribí, cuatrimestre agosto - noviembre en condiciones de déficit hídrico extremo

CONCLUSIONES

En el municipio de Uribí bajo una condición de déficit hídrico promedio hay alrededor de 17000 ha potencialmente utilizables y con menor riesgo agroclimático recomendadas para la producción de ovinos y caprinos y con potencial para el establecimiento de coberturas vegetales. Bajo eventos extremos de deficiencias hídricas las áreas recomendadas varían de acuerdo al cuatrimestre con mayor y menor volumen de precipitación promedio. La mayor área disponible se presenta en el cuatrimestre enero – abril.

REFERENCIAS

- Boshell, J. 2008. Elementos de análisis para el manejo de las amenazas del cambio climáticas en la agricultura colombiana. Revista de Innovación y Cambio tecnológico. Volumen 7 No. 7 (38-50). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica.
- CORPOGUAJIRA. 2011. Atlas ambiental del Departamento de la Guajira. Corporación Autónoma Regional de la Guajira. Riohacha.
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. FAO (Food and agriculture organization of United Nations). Soils bulletin. 32p.
- IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Cambridge University Press.
- Pinilla-Agudelo, G.; Zuluaga-Ramírez, S. 2014. Notas sobre la vegetación desértica del Parque Eólico Jéprachi, Alta Guajira, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 38(146):43-52.
- Palmer, W. 1965. Meteorological Drought. Department of Commerce. Res. Paper, (45), 58.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS SEQUÍAS EN EL SUR DE CÓRDOBA UTILIZANDO LOS ÍNDICES SPI Y SPEI

Bocco, A.*; Vinocur, M.G.

Agrometeorología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC Ruta Nac. 36 Km 601, C.P. X5804BYA Río Cuarto Argentina

*Contacto: boccolessio@gmail.com

Palabras clave: índices de sequías, variabilidad estacional y anual

INTRODUCCIÓN

La sequía es una amenaza climática que ocurre en casi todas las partes del mundo. Es uno de los fenómenos climáticos más complejos y también uno de los menos entendidos. Se lo puede generalizar como un desbalance temporario en la disponibilidad hídrica y/o excesiva evapotranspiración, consistente con una precipitación acumulada inferior a la media (Paulo *et al.*, 2012). La literatura cita cuatro tipos básicos de sequía: meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica, siendo en muchos casos ésta última una consecuencia de las anteriores (Wilhite y Glantz, 1985). Todos los tipos de sequías están relacionados a un déficit de precipitación (P), pero sobretodo las dos primeras sufren particularmente el impacto de la evapotranspiración (*e.g.* Easterling *et al.*, 2007). Los impactos de la sequía son de carácter multiescalar dado que cada sistema, hidrológico o agrícola, tiene distintos tiempos de respuesta. Esta característica de la sequía demanda la utilización de índices de escala temporal variable para su evaluación. En este contexto, dos índices se destacan: el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) (McKee *et al.*, 1993) que ha sido ampliamente utilizado y tomado como referencia por la OMM y un nuevo índice de reciente introducción, el Índice Estandarizado de Evapotranspiración y Precipitación (SPEI) (Vicente-Serrano *et al.*, 2010). Éste índice ha sido utilizado en numerosos trabajos para evaluar y caracterizar sequías (Contreras y Hunink, 2015)

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento de las sequías en el sur de la Provincia de Córdoba, Argentina, utilizando los índices SPI y SPEI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron cuatro localidades del Sur de la Provincia de Córdoba: Marcos Juárez, Laboulaye, Manfredi y Río Cuarto. Los datos meteorológicos fueron obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional para las tres primeras y de la Estación Agrometeorológica de la UNRC (33° 07' S, 64° 14' W, 421 msnm), correspondientes a la serie 1974-2015 para la última. Se utilizaron los datos mensuales del total de precipitación y temperaturas máximas y mínimas medias para el cálculo de evapotranspiración potencial (ETP) a través del método de Hargreaves.

Las sequías fueron evaluadas a través del SPI y SPEI [véase su descripción en McKee *et al.* (1993) y Vicente-Serrano *et al.* (2010)], especialmente para períodos de 3 y 12 meses. El valor del índice correspondiente al mes de Diciembre en una escala de 12 meses, indica el déficit causado por una sequía a lo largo de un año mientras que el del índice para una escala de tres meses es un buen indicador del déficit ocurrido en cada estación del año (Wang *et al.*, 2014). Por lo tanto, se utiliza el valor de Diciembre₁₂ para hacer una evaluación anual y los correspondientes a los meses de Febrero₃, Mayo₃, Agosto₃ y Noviembre₃ para evaluar la situación en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Las series de índices fueron evaluadas con el Test secuencial de Mann-Kendall (MK) (Kendall, 1975; Mann, 1945) para detectar cambios en su tendencia. Dada la autocorrelación de los datos es necesario realizar un preblanqueo de la serie antes de aplicar MK para eliminar así la influencia de la autocorrelación. Para ello se utilizó el paquete estadístico "zyp" en R (Yue y Wang 2002). Los valores positivos/negativos de MK indican tendencias hacia condiciones más húmedas o secas respectivamente.

También se analizaron las series de valores de SPI y SPEI correspondientes a la totalidad del período 1974-2015 en las escalas de tres (SPI3 y SPEI3) y 12 meses (SPI12 y SPEI12) para evaluar la tendencia usando MK y los cambios en la tendencia general a través del test de Pettitt (Pettitt, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo sólo se presentan los resultados obtenidos para Río Cuarto. La Figura 1 muestra que para Diciembre₁₂, la tendencia es negativa para ambos índices, pero sólo estadísticamente significativo para SPEI ($p < 0,05$).

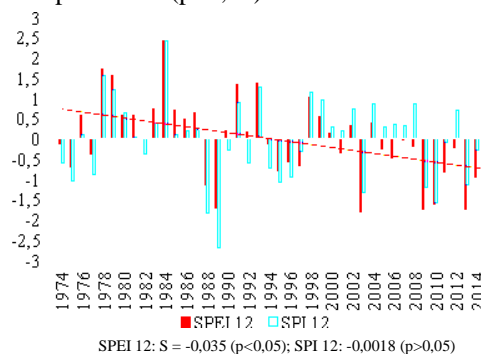


Figura 1. Variación de Diciembre12 para SPI y SPEI

La Figura 2 expone la variación para Agosto₃ de ambos índices, observándose una clara tendencia negativa la que podría ser atribuida a una tendencia también negativa (-0,157; $p < 0,05$) en las anomalías de precipitación para el invierno (junio a agosto). Los valores del SPI y SPEI para las demás estaciones del año no mostraron una tendencia estadísticamente significativa.

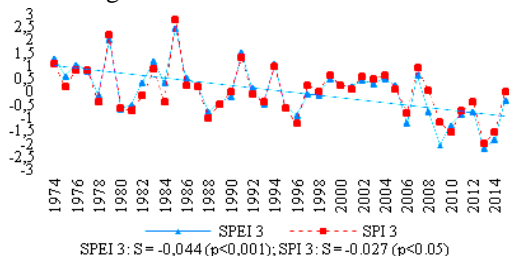


Figura 2. Variación de Agosto₃ para el SPI y SPEI

Por último, se detectaron tendencias negativas en las series completas (1974-2015) para ambos índices en las dos escalas analizadas (anual y trimestral). Con respecto a la serie SPEI3, la tendencia general fue negativa ($S = -0,002$, $p < 0,01$), observándose un punto de quiebre estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en el valor del índice correspondiente a septiembre de 1995. La media calculada con el test de Pettitt entre enero de 1974 y septiembre de 1995 fue de 0,306 (μ_1) y entre septiembre de 1995 y diciembre de 2015 fue de -0,304 (μ_2) (Figura 3). Para el SPI3, la tendencia no fue estadísticamente significativa.

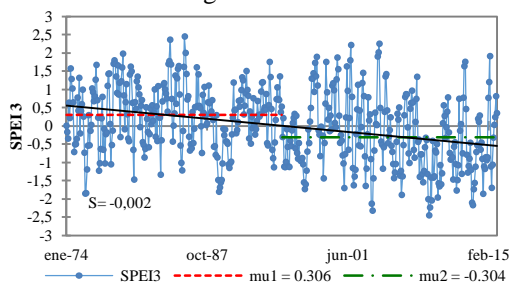


Figura 3. Comportamiento del SPEI3, línea de tendencia y media de cada segmento.

En cuanto a la escala de 12 meses, el SPEI mostró una tendencia negativa ($S = -0,003$, $p < 0,01$), observándose un punto de quiebre en el mes de julio de 1995 ($p < 0,01$). Entre enero de 1974 y julio de 1995 la media de la serie fue de 0,417 (μ_1) mientras que para el período comprendido entre julio de 1995 y diciembre de 2015, la media fue de -0,446 (μ_2) (Figura 4). El SPI12 no presentó tendencia ($p > 0,05$).

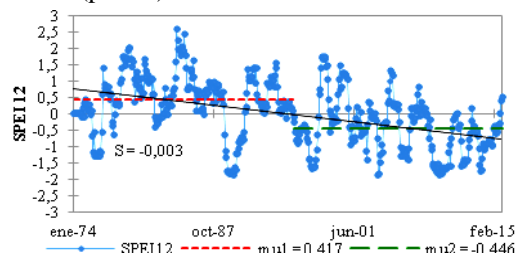


Figura 4 Comportamiento del SPEI12, línea de tendencia y media de cada segmento.

CONCLUSIONES

El SPEI-Diciembre₁₂ mostró una tendencia negativa en el tiempo sugiriendo que la localidad en estudio ha experimentado condiciones más secas, ya que el índice ha disminuido a una tasa -0,35 por década entre los años 1974-2015. Este comportamiento se corrobora al observar la tendencia negativa que muestra el análisis de las series completas, tanto para 3 como 12 meses. Ambas series tuvieron medias significativamente inferiores luego del año 1995 lo que sugiere una mayor severidad de las sequías agronómicas e hidrológicas a partir de ese momento. El invierno fue la única estación que evidenció una tendencia negativa significativa, ya que el SPEI-Agosto₃ decrece a una tasa de -0,44 por década, lo que a su vez está parcialmente explicado por la tendencia negativa de las anomalías de la precipitación para éstos meses.

Estos resultados demuestran la capacidad de este nuevo índice para analizar el comportamiento de las sequías e invitan a profundizar en su análisis tanto temporal como espacial.

REFERENCIAS

- Contreras, S.; Hunink, J. E. 2015. Drought effects on rainfed agriculture using standardized indices: A case study in SE Spain. *Drought: Research and Science-Policy Interfacing*, 65-70.
- Easterling, D. R.; Wallis, T. W. R.; Lawrimore, J. H. 2007. Effects of temperature and precipitation trends on U. S. drought. *Environmental Research*, 34, 1-4.
- Kendall, M. G. 1975. Rank correlation methods. London: Griffin.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259.
- McKee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. En *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. Vol. 17, pp. 179-183. American Meteorological Society Boston, MA, USA.
- Paulo, A. A.; Rosa, R. D.; Pereira, L. S. 2012. Climate trends and behaviour of drought indices based on precipitation and evapotranspiration in Portugal. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(5), 1481-1491.
- Pettitt, A. N. 1979. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C*, 28(2), 126-135.
- Vicente-Serrano, M. S.; Beguería, S.; López-Moreno, J. I. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696-1718.
- Wang, Q.; Wu, J.; Lei, T.; He, B.; Wu, Z.; Liu, M.; ... Liu, D. 2014. Temporal-spatial characteristics of severe drought events and their impact on agriculture on a global scale. *Quaternary International*, 349, 10-21. Recuperado a partir de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618214003875>
- Wilhite, D. A.; Glantz, M. H. 1985. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120.
- Yue, S.; Wang, C. Y. 2002. Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test. *Water Resources Research*, 38(6), 4-1-4-7.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALARMA Y DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE *CYDIA POMONELLA* “CARPOCAPSA” (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) EN EL VALLE INFERIOR DEL RÍO CHUBUT

Bado, S.G.*; Colombani, E. N.; Gonzalez, J.; Cuellos, R.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Trelew, CP 9100, Chubut, Argentina.

*bado.silvina@inta.gob.ar

Palabras clave: grados-día; trampas de feromonas; fluctuación poblacional.

INTRODUCCIÓN

El Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH) presenta condiciones agroclimáticas adecuadas para el desarrollo de numerosos frutales, entre los que se destacan los de pepita (manzanos, perales, membrilleros), siendo su producción de gran importancia en huertos familiares tanto para consumo directo como para la elaboración de dulces artesanales. Sin embargo, los frutos a menudo presentan importantes daños realizados por *Cydia pomonella*, conocida vulgarmente como “carpocapsa”, principal plaga animal de frutales de pepita y nogal. Estos son ocasionados por las larvas que una vez eclosionadas penetran en ellos produciendo galerías y permitiendo la entrada de patógenos.

En el Alto Valle, principal región productora de frutales de pepita del país, los aspectos biológicos de la especie, han sido ampliamente estudiados debido a su importancia de carácter cuarentenario. En este valle del norte patagónico, la especie cumple entre 3 a 4 generaciones por año. Los adultos provenientes de las larvas que cumplen adecuadamente con los requerimientos de frío (tercera generación), conformarían el primer pico de emergencia alrededor de los 250 ° D considerando una temperatura base de 10°C, cuando se producen los primeros nacimientos de las larvas, y la restante parte mayoritaria de la población produciría un segundo ascenso (450-500 ° D) dando origen a una curva de tipo bi-modal. A los 750- 800°D (mediados de diciembre en Alto Valle) se produce la emergencia de los adultos de la primera generación que continua hasta principios de febrero. Desde fines de diciembre hasta mediados de marzo se desarrolla la segunda generación. Los adultos de esta generación dan origen a la tercera cuya totalidad de larvas entra en diapausa atravesando la época invernal (Fernandez, 2012). Estos conocimientos junto con la contribución de estudios de requerimientos grados día desarrollados por Vermaulen et al. (1989) en el cual se basa el sistema de alarma que se implementa en el valle del norte patagónico desde la década de los ochenta, han resultado de gran importancia a la hora de disminuir los niveles poblacionales de la plaga.

El objetivo principal del trabajo es disminuir la incidencia de la plaga a través de la implementación

del sistema de alarma basado en el modelo termoacumulativo desarrollado por Vermaulen et al. (1989).

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de implementar el sistema de alarma termoacumulativo (Vermaulen, 1989) en el VIRCH se realiza el cálculo de acumulación de grados día empleándose una estación meteorológica automática en la que se registran las condiciones meteorológicas a distintas horas del día: 9, 15 y 21 horas. Se considera que el desarrollo de la especie es aproximadamente "lineal" en relación al aumento de la temperatura, considerando una temperatura base de 10°C.

Paralelamente, se lleva a cabo un monitoreo de adultos por medio de trampas de feromonas específicas (Phercon CM-Da Combo), que son revisadas dos veces por semana contabilizándose la cantidad de los adultos capturados. Las feromonas son reemplazadas cada 45 días aproximadamente según indicaciones del fabricante y se realiza cambio de piso en caso que se encuentren sucios. Estas son colocadas en manzanos a 1,6m de altura orientadas en dirección a los vientos predominantes (Sudoeste) a partir de los 70-90 grados día, momento en que empiezan a aparecer los adultos en primavera (biofix).

Se realizaron estudios en campo con el fin de conocer la biología de la especie en el VIRCH lo que resulta útil a la hora de la toma de decisiones.

Durante la campaña 2014-15 se llevó a cabo una cría individual en condiciones de campo de acuerdo a la siguiente metodología: al visualizarse daños en frutos de manzano en el predio de la EEA INTA Chubut (mediados de diciembre) se tomaron 30 frutos dañados, los que fueron colocados individualmente en recipientes de plástico de 12 cm de altura x 6 cm de diámetro con un orificio de ventilación cubierto con tela de voile en la parte superior. Día por medio, estos eran revisados registrándose el estado de desarrollo de los individuos. A mediados de enero (larvas tercera generación) se obtuvo una nueva cohorte de 30 frutos al divisarse nuevamente daños incipientes en las mismas plantas. Los recipientes de plástico fueron colocados en una jaula de malla metálica de 1x1x1 m.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figuras 1 y 2 se presentan los datos de capturas de adultos en trampas de feromonas, los que fueron expresados en adultos-día, índice que combina magnitud con duración en una simple expresión (Ruppel, 1983).

Los primeros picos poblacionales (Figuras 1 y 2), a mediados de octubre a mediados de noviembre corresponden a la curva bimodal de emergencia de los adultos provenientes de larvas invernantes tal como ocurre en Alto Valle. Entre mediados de diciembre, principios de enero se visualiza otro ascenso del número de adultos capturados (primera generación) mientras que a partir de febrero nuevamente el número de adultos asciende (segunda generación).

Mediante la cría individual se observó que de los frutos tomados a mediados de diciembre (primera cohorte), los adultos emergieron a inicios de enero, permaneciendo 12 % de las larvas en diapausa hasta la primavera 2015, mientras que de los frutos tomados a fines de enero (segunda cohorte) los adultos emergieron hacia fines de febrero, entrando 66 % de las larvas en diapausa, coincidiendo con los picos poblacionales de las capturas en trampas en este año.

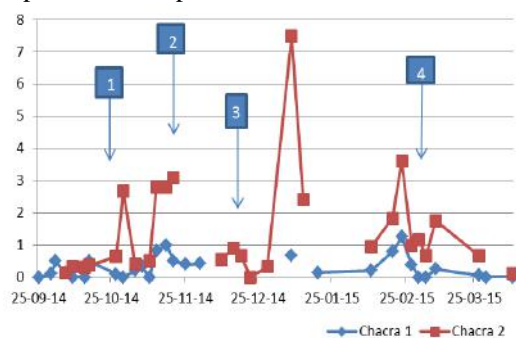


Figura 1: Capturas de adultos de carpocapsa en trampas de feromonas en dos chacras del VIRCH (campana 2014-2015). Las flechas indican las alarmas brindadas.

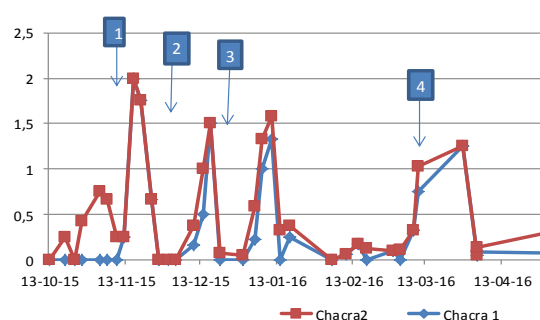


Figura 2: Capturas de adultos de carpocapsa en trampas de feromonas en dos chacras del VIRCH (campana 2015-2016).

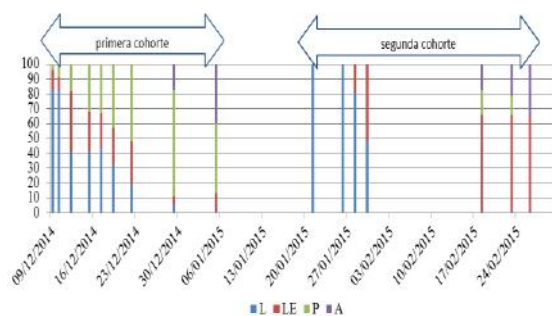


Figura 3: Porcentaje de individuos en cada estado de desarrollo en dos cohortes durante la campana 2014-2015 (A: adultos, P: pupa; LE: larva encapullada; L: larva).

Los avisos fueron emitidos a la población por medio de programas de radio y la página web INTA Chubut en las siguientes fechas: 27/10 (250°D) 20/11(450°D), 18/12 (750°D) y 15/3 (1750°D) en 2014- 2015, mientras que en 2015-2016 se brindaron el 11/11, 29/11, 27/12 y 24/3.

CONCLUSIONES

En el VIRCH los picos de adultos se corresponderían con la ocurrencia de tres generaciones.

Los estudios de dinámica poblacional de la especie contribuyen a determinar junto con el cálculo de los requerimientos grados día, los momentos óptimos para realizar los controles químicos que dado los hábitos que poseen las larvas deben llevarse a cabo oportunamente evitándose de ese modo problemas ecotoxicológicos, producto de pulverizaciones frecuentes e inoportunas.

A futuro se evaluará el impacto del sistema de alarma, sobre la incidencia de la plaga en la economía regional.

REFERENCIA

- Fernández, D. 2012. *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). Aspectos de su taxonomía, comportamiento y monitoreo aplicados a programas de control en grandes áreas. Tesis doctoral 262 pp.
- Ruppel, R. F. 1983. Cumulative Insect-Days as an Index of Crop Protection. *Journal of Economic Entomology* Vol. 76, 2, pp: 375-377.
- 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 Neuquen. INTA 16 pp.

BRECHA DEL RENDIMIENTO EN SOJA DE SECANO PARA LA REGIÓN CENTRAL DE CÓRDOBA, ARGENTINA, ESTIMADA CON AQUACROP

de la Casa*, A.¹; Ovando, G.¹; Bressanini, L.²; Díaz, G.¹; Miranda, C.³

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

³Establecimiento Las Delicias, Córdoba, Argentina.

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

Palabras Clave: rendimiento potencial; AquaCrop; sequía

INTRODUCCIÓN

El rendimiento potencial (R_p), que se define como la máxima productividad de un genotipo que crece y se desarrolla bajo la ausencia de limitaciones de agua, luz y nutrientes (Evans, 1993), constituye una información estratégica tanto a los efectos de realizar un manejo agronómico y financiero eficiente del cultivo como para establecer las pautas de su mejoramiento genético. Por su parte, la brecha de rendimiento (R_p-R) es la diferencia que se suscita cada año entre la productividad efectiva del cultivo (R) con respecto al valor potencial (Lobell *et al.*, 2009). Reducir la brecha de rendimiento para un cultivo de soja en secano es una meta difícil de alcanzar en el centro de la provincia de Córdoba, Argentina, donde las condiciones climáticas sub-húmedas y la importante variabilidad interanual de la lluvia determinan que la falta de agua sea una contingencia presente todos los años con mayor o menor intensidad (de la Casa and Ovando, 2014).

Si bien las mermas productivas por la falta de agua son habituales en secano, tanto por la insuficiencia y retraso de la lluvia como por tasas de evapotranspiración muy elevadas en verano, las condiciones atmosféricas de oferta y demanda de agua en algunos ciclos de producción se equilibran de modo que es posible reducir R_p-R hasta alcanzar un valor mínimo. Para un cultivo bien manejado, tales circunstancias pueden ser aprovechadas a fin de estimar un valor de productividad no limitado por el agua (R_{pw}) (Passioura and Angus, 2010).

La determinación de R_p es difícil de realizar experimentalmente debido a la necesidad de controlar múltiples factores de una manera integrada y efectiva (Grassini *et al.*, 2011). La falta de datos de productividad potencial medidos a campo para distintos ambientes y épocas de cultivo es bastante generalizada en la provincia de Córdoba y otras regiones de la Argentina. Una manera alternativa de evaluar R_p-R es a partir de modelos de simulación de cultivos, que constituyen herramientas informáticas relativamente confiables cuando se dispone de información meteorológica y edáfica apropiada en extensión y detalle (Lobell *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo es ajustar el modelo AquaCrop (Steduto *et al.*, 2009) para las condiciones de producción de soja en la región central de Córdoba, Argentina, a partir de la información relevada durante el ciclo 2014-2015, y evaluar la brecha de rendimiento en condiciones de secano a los efectos de establecer el nivel de riesgo de este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) de la variedad Fera del Norte (GM 4,5), en secano y sin fertilización, a partir de datos relevados entre la siembra (22/11/2014) y la cosecha (11/04/2015) en un lote de 45 ha ubicado al sur de la ciudad de Córdoba (31°33' lat. Sur, 64°05' long. Oeste, 400 msnm). El suelo es un Haplustol éntico, serie Manfredi, con un perfil de tres horizontes de textura franco-limosa, características utilizadas para elaborar el archivo de suelo que requiere AquaCrop. Sobre el lote de forma rectangular se estableció una grilla de muestreo de 16 estaciones, 4 en sentido Norte-Sur por 4 en dirección Este-Oeste, en posiciones aproximadamente equidistantes. La calibración de AquaCrop se efectuó a partir de la información de materia seca, agua del suelo y cobertura del cultivo (CC) del sector de mayor productividad en el lote.

En cada fecha de muestreo se contó la cantidad de plantas en 5 metros lineales de dos filas contiguas a fin de evaluar la población de plantas, y se realizó el corte de la parte aérea de 3 de ellas para determinar la materia seca total de acuerdo a la población de cada sector. También se determinó el contenido de agua del suelo utilizando el método gravimétrico, a partir de un muestreo del perfil a 5 profundidades, con la primera barrenada a 0,10 m y las posteriores cada 0,20 m. Estas mediciones se integraron a los efectos de obtener el contenido de agua del perfil hasta 1 m, considerando un valor uniforme de densidad aparente de $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$.

La CC se obtuvo a partir de fotografías adquiridas con una cámara Canon PowerShot SD780 IS, modificada para producir imágenes de NDVI (de la Casa *et al.*, 2013). Las fotografías se tomaron 3 m por encima del cultivo, altura que se mantuvo constante a lo largo del ciclo por medio de un dispositivo extensible. La obtención de CC en cada imagen se realizó diferenciando el suelo de la vegetación verde y, a partir de la imagen binaria producida, calculando la relación entre la cantidad de píxeles con vegetación con respecto al total, expresada como fracción (0-1) o porcentaje (0-100%).

Los datos meteorológicos registrados en 2014-2015 por una estación automática ubicada cerca del predio permitieron obtener la precipitación (PP) y calcular la evapotranspiración de referencia por el método de Penman-Monteith (ET_0) (Allen *et al.*, 1998). Además, con esta información se desarrolló un procedimiento para estimar diariamente ET_0 a

partir de la temperatura máxima y la temperatura mínima, que se verificó con registros de 2013-2014, para disponer de una serie de ET_0 entre 1960 y 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de soja en el ciclo 2014-2015 alcanzó rendimientos elevados y muy uniformes en el lote monitoreado, de acuerdo tanto a la información del mapa de rendimiento ($5068 \text{ kg ha}^{-1} \pm 819$) como a las estimaciones realizadas en los 16 sectores de muestreo ($5467 \text{ kg ha}^{-1} \pm 702$). Por su parte, el rendimiento en el sector más productivo fue de 6566 kg ha^{-1} , valor que está comprendido entre los registrados en ambientes de rendimiento máximo (van Roekel and Purcell, 2014). En vistas a catalogar la variabilidad productiva del cultivo de soja en la región, el modelo AquaCrop se calibró utilizando la información relevada en este sector y, a partir de la serie de ET_0 y los registros de lluvia observados para el periodo 1960-2013, se estimaron los rendimientos de soja de carácter real (R) y potencial (Rp) que muestra la Figura 1.

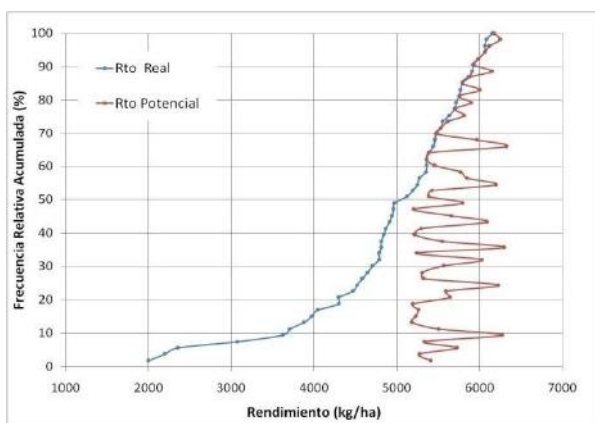


Figura 1. Frecuencia relativa acumulada de los valores de rendimiento de soja estimados con AquaCrop bajo condiciones reales en Córdoba, Argentina, junto al respectivo valor potencial de cada año.

Mientras la serie de rendimiento potencial fluctúa entre 5188 y 6327 kg ha^{-1} , los valores de carácter real presentan un mínimo de 2006 kg ha^{-1} y alcanzan un valor máximo de 6160 kg ha^{-1} . Es interesante resaltar que para el 30 % de los valores superiores de rendimiento real, correspondiente a una productividad mayor a 5500 kg ha^{-1} , la fluctuación de Rp cada año es pequeña y la brecha de rendimiento (Rp-R) tiende a ser nula. La mitad superior de los valores de rendimiento real varía desde aproximadamente 5000 hasta un poco más de 6000 kg ha^{-1} , mostrando que los rendimientos elevados suelen presentarse de manera más homogénea.

El cultivo de soja presentaría reducciones relativamente bajas de la productividad (menores a 500 kg ha^{-1}) en alrededor de 50 % de los años, que se asocian a condiciones meteorológicas favorables durante el ciclo (Figura 2). Por su parte, la otra mitad de los años presenta brechas productivas cuya magnitud tiende a incrementarse de modo tal que, bajo condiciones climáticas cada vez más limitantes,

Rp-R supera 3000 kg ha^{-1} en 5% de los casos del extremo superior.

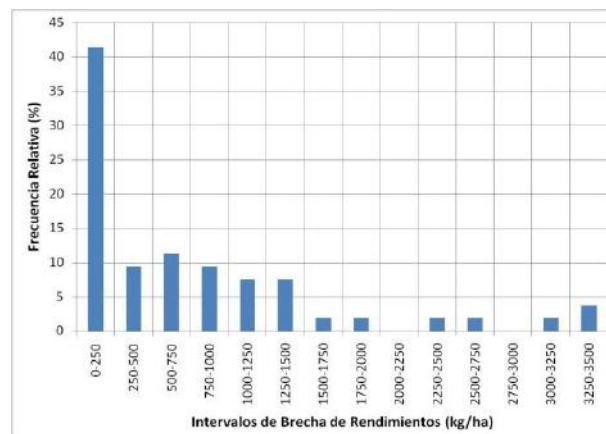


Figura 2. Frecuencia relativa de los valores de la brecha de rendimiento del cultivo de soja estimada entre 1960 y 2013 en Córdoba, Argentina.

CONCLUSIONES

En la región central de Córdoba, Argentina, la brecha de rendimiento del cultivo de soja registra valores inferiores a 500 kg ha^{-1} en 50 % de los ciclos, lo que acredita su potencial productivo en seco. No obstante, en la otra mitad de los años se pueden presentar mermas muy significativas que en casos extremos superan 3000 kg ha^{-1} . A medida que las condiciones meteorológicas son menos limitantes, la productividad tiende a resultar más homogénea.

REFERENCIAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guide-lines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.
- de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Martínez, L. 2013. Estimación de la cobertura del suelo y evaluación de la fertilización en papa con registros de cámaras digitales convencionales y modificadas. Anales 42 Jornadas Argentinas de Informática 94-104.
- de la Casa, A.C.; Ovando, G.G. 2014. Climate change and its impact on agricultural potential in the central region of Argentina between 1941 and 2010. Agricultural and Forest Meteorology 195-196:1-11.
- Evans, L.T. 1993. Crop Evolution. In: Adaptation and Yield. Cambridge University Press, Cambridge.
- Grassini, P.; Thorburn, J.; Burr, C.; Cassman, K.G. 2011. High-yield irrigated maize in the Western U.S. Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. Field Crops Research 120:142-150.
- Lobell, D.B.; Cassman, K.G.; Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitude, and causes. Annu. Rev. Environ. Resour. 34:1-26.
- Passioura, J.B.; Angus, J.F. 2010. Improving productivity of crops in water-limited environments. Adv. Agron. 106:38-74.
- Steduto, P.; Hsiao, T.C.; Raes, D.; Fereres, E. 2009. AquaCrop - the FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. Agron. J. 101:426-437.
- van Roekel, R.J.; Purcell, L.C. 2014. Soybean biomass and nitrogen accumulation rates and radiation use efficiency in a maximum yield environment. Crop Sci. 54:1189-1196.

ESTUDO DE CASO DO EL NIÑO 2015/2016 PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL

Radin, B.¹, Varone, F.¹; Tazzo, I.F.¹; Cardoso, L.S.¹; Junges, A.H.¹; Matzenauer, R.¹

¹ Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, Bairro Menino Deus, Porto Alegre, RS, Brasil, CEP 90130-060

*Contato: radin@fepagro.rs.gov.br

Palavras-chave: precipitação, temperatura, ENOS.

INTRODUÇÃO

O ENOS (El Niño Oscilação Sul) é uma alteração do sistema oceano-atmosfera no Pacífico equatorial que traz consequências importantes sobre o clima em todo o mundo (AitSahlia *et al.*, 2011), redistribuindo as chuvas e podendo causar inundações ou secas. Apresenta a fase quente, associada ao El Niño e a fase fria associada a La Niña. Pesquisas apontam que o entendimento das condições meteorológicas associadas ao ENOS traz grandes benefícios e ajuda na gestão de riscos (Breuer *et al.*, 2008).

No Rio Grande do Sul há grande variabilidade interanual da precipitação pluvial e a mesma tem sido atribuída, principalmente a ocorrência do fenômeno ENOS (Berlato e Fontana, 2003; Minuzzi e Lopez, 2014). De uma forma geral, o El Niño traz chuvas acima da média climática e, a La Niña, a chuva tende a ser abaixo da média, principalmente na primavera e outono.

O El Niño ocorrido entre 2015 e 2016 foi considerado entre os três mais fortes já ocorridos, juntamente com o de 1982/1983 e 1997/1998. Por isso e, para o melhor entendimento desse fenômeno, analisou-se a precipitação e a temperatura do ar ocorridas durante o período em que as culturas de primavera/verão, tais como milho, soja e arroz, estavam sendo cultivadas no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletados dados diários de precipitação pluvial e temperatura do ar (mínimas e máximas) de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, de 43 locais. Através desses dados calculou-se a média mensal da precipitação e temperatura ocorridas para os meses de novembro de 2015 a abril de 2016. Para o cálculo do desvio da média utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Desvio} = \text{média do mês} - \text{média climática} \quad (1)$$

Onde a média climática representava a média dos dados meteorológicos de 1981 a 2010 (eq. 1).

Para o cálculo do percentual de desvio da precipitação utilizou-se a seguinte equação:

$$\% = \left(100 \cdot \frac{P_{\text{ocorrida}}}{P_{\text{média climática}}} \right) - 100 \quad (2)$$

Onde P_{ocorrida} é a precipitação ocorrida no mês em análise e $P_{\text{média climática}}$ é a média climática (eq. 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os desvios, ou anomalias, expressos em percentuais da precipitação pluvial, podem ser observados na Figura 1. Verificou-se que na maioria dos meses e locais analisados, a anomalia foi positiva, tendo ocorrido em 72% dos casos. Houve desvios bastante elevados, principalmente para o mês de dezembro em alguns dos locais, superando os 300%.

Em abril houve a ocorrência de chuvas intensas e com altos volumes principalmente nas regiões da Campanha, Grandes Lagoas e Litoral. Nesse período normalmente há um “repique”, ou seja, segundo Berlato e Fontana (2003) há um recrudescimento do aquecimento das águas do Pacífico Equatorial, causando maior precipitação.

Por outro lado, a precipitação pluvial ocorrida no mês de janeiro apresentou anomalia negativa em 74% dos locais. Em 9 dos 43 locais estudados a precipitação foi inferior a 50% da normal climática, porém, nas demais os valores ficaram próximos da média.

Com relação à temperatura do ar observou-se que as máximas mantiveram-se abaixo da normal nos meses de novembro, dezembro e março, em 1,8°C, 1,2°C e 1,8°C, respectivamente (Figura 2). Já nos meses de janeiro, fevereiro e abril as temperaturas máximas ficaram acima da média na maioria dos locais. O mês de abril se destacou por apresentar extremos de temperatura: o desvio foi de 3,5°C abaixo da média em São José dos Ausentes e de 5,7°C acima da média em Teutônia, sendo que a média, entre os locais, ficou em 0,9°C.

As temperaturas mínimas ficaram acima da normal em cinco meses dos seis analisados, a exceção foi o mês de março, quando a média foi 0,2°C abaixo da normal. Também houve extremos na mínima em abril, que oscilaram entre 3,1°C negativos em São José dos Ausentes até 6,0°C acima da média em Rio Grande, Mostardas, Torres e Tramandaí. Em 50% dos dados observados as temperaturas do mês de abril foram entre 1,9 e 4,1°C (Figura 2) acima da normal.

Com os resultados observou-se que os maiores impactos do El Niño 2015/2016 no Rio Grande do Sul estiveram associados à precipitação pluvial, com registros de valores superiores à média climática, o que favoreceu culturas produtoras de

grãos tais como milho e soja, em virtude do suprimento de água abundante no ciclo e

desfavoreceu a cultura do arroz em função de atrasos na sementeira e da menor de radiação solar.

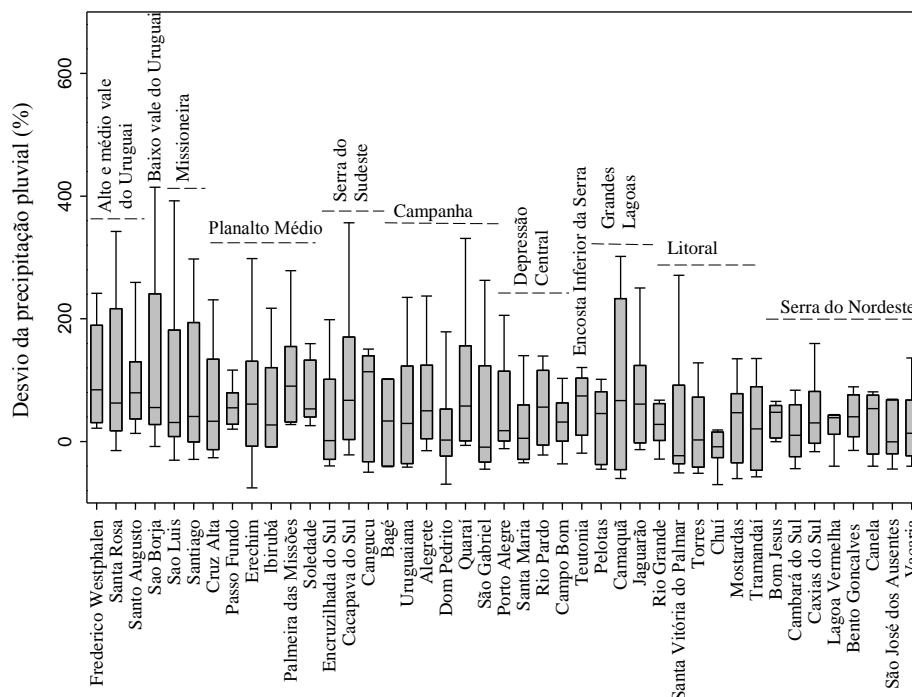


Figura 1. Desvio da precipitação pluvial (%), durante os meses de novembro de 2015 a abril de 2016, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A linha inferior das caixas representa o percentil 50 (mediana); o final das caixas o percentil 25 e 75; as barras. Os percentis 10 e 90 e os círculos cheios, os valores extremos.

Os resultados mostram a importância de estudos regionais para o entendimento do impacto do fenômeno El Niño nos elementos meteorológicos e, consequentemente, na produção agrícola do Estado. Também servem de subsídio para tomada de decisão dos agricultores e gestores ligados a agricultura.

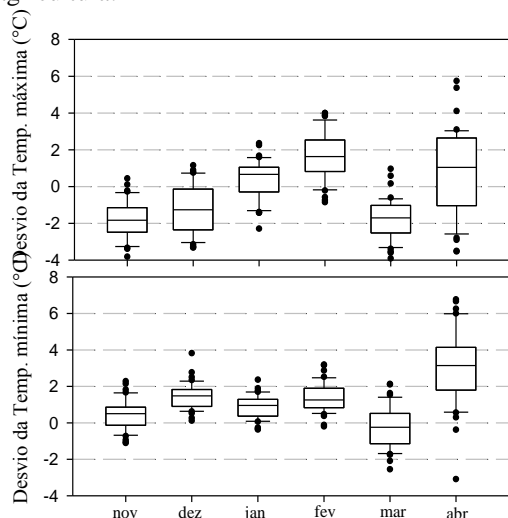


Figura 2. Desvios da temperatura máxima (superior) e mínima (inferior) em relação a média climática nos meses de novembro de 2015 a abril de 2016, nos 43 locais estudados.

CONCLUSÕES

A precipitação pluvial foi acima da normal na maioria dos locais e meses analisados durante o El Niño 2015/2016;

O desvio da temperatura mínima foi acima da média climática, com exceção do mês de março e o desvio da máxima foi positivo nos meses de janeiro, fevereiro e abril.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados fornecidos e à FINEP pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- AitSahlia, F.; Wang, C. J.; Cabrera, V. E.; Uryasev, S.; Fraisse, C. W. Optimal crop planting schedules and financial hedging strategies under ENSO-based climate forecasts. *Ann Oper Res*, v. 190, p. 201–220. 2011.
- Berlato, M. A.; Fontana, D. C. *El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.
- Breuer, N. E.; Cabrera, V. E.; Ingram, K. T.; Broad, K.; Hildebrand, P. E. AgClimate: a case study in participatory decision support system development. *Climatic Change*, v. 87, p. 385–403. 2008.
- Minuzzi, R. B.; Lopez, F. Z. Variabilidade de índices de chuva nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 3, p. 697-706, 2014.

FROST OCCURRENCES DURING THE YEAR IN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

Santos, L. O.*¹, Radin, B.¹, Varone, F.¹, Rickes, C.²

¹ Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, Gonçalves Dias Street, 570, Menino Deus, Porto Alegre, RS, Brazil, ZIP CODE 90130-060

² Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Eixo Monumental Sul via S1 – Sudoeste – Brasília, DF, Brazil, ZIP CODE 70680-900

*Contact: deoliveiraaicitel@gmail.com

Keywords: Cold; Agriculture; Hazards.

INTRODUCTION

The Southern region of Brazil (specially Rio Grande do Sul state) is frequently affected by cold fronts passages that, often, cause problems in several productive sectors of society. Among these problems, there is the sharp drop in temperature associated with the entrance of cold and dry air, sometimes resulting in frost occurrences (Reinke *et al.*, 2004).

These phenomena are characterized by the occurrence of surface temperature below 0°C, mainly in the Southern Brazil during the winter (Molion *et al.*, 1981). The understanding of this phenomenon allows the guidance of producers and government agencies in order to support decision making in agriculture and livestock planning. (Grodzki *et al.*, 1996; Massignam e Dittrich, 1998).

MATERIALS AND METHODS

For this work were used data from conventional weather stations of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) for 16 cities (table 1) in Rio Grande do Sul state (highlighted in figure 1) between the years 2003 and 2012. In this period, it was reported meteorological frost occurrence of strong, moderate and weak intensity, according to the visual classification of the weather station observer. This approach depends on the interval duration of the phenomena occurrence at the site on combination with the respective temperature minima on meteorological shelter during the observation. As a result of this association, it is possible to observe strong frosts when the ice layer is thick, weak when there is a thin ice layer on the surface and moderate in an intermediate condition between the strong and weak intensity.

Table 1. Conventional Weather Stations in Rio Grande do Sul.

Station	Height (m)	Lat (°S)	Lon (°W)
Uruguaiana	62,30	29,45	57,05
Livramento	328,00	30,50	55,36
Bagé	242,30	31,20	54,06
Bom Jesus	1047,50	28,40	50,26
Caxias do Sul	751,00	29,11	51,11

The frosts happen in the Rio Grande do Sul state from March to November, with peak occurring in July for all intensities (strong, moderate and weak). From figure 2, it can be seen that although the weak frosts occur more frequently, they are

Iraí	247,10	27,11	53,14
Lagoa Verm.	840,00	28,13	51,30
Passo Fundo	684,00	28,13	52,24
Cruz Alta	472,50	28,38	53,36
Santa Maria	95,00	29,42	53,42
São Luiz	245,11	28,24	55,01
Encruzilhada	427,70	30,32	52,31
Rio Grande	2,46	32,04	52,10
SantaVitória	24,01	33,31	53,21
Porto Alegre	46,97	30,01	51,13
Torres	4,66	29,21	49,43

The percentage calculation was performed as follows:

$$\% = \frac{\sum Gi * 100}{\sum GT}$$

Where: Gi = number of frosts during the month and GT = number of frosts during 10 years, both in each intensity: strong, moderate and weak.



Figure 1. Emphasis on the Area of Study.

RESULTS AND DISCUSSION

The distribution of frosts throughout the year is shown in Figure 2. During the period of 10 years (2003-2012), there were 1822 cases of frost in Rio Grande do Sul. It was observed that there is a predominance of weak frosts (783 cases, accounting 42.97% of the total), followed by strong frosts (557 cases, 30.57% of the total) and, to a lesser extent, moderate frosts (482 cases, 26.46% of the total).

distributed over the year, that is, they occur from March (which in ten years has occurred only once) until November, while the strong frosts are mainly concentrated in the characteristic winter months (June, July and August). This behavior is also

observed in moderate frosts, that even being less frequent than weak frosts, stand out in the winter months.

In respect to the transitional seasons (fall and spring), the occurrence of frost is more frequent in fall months, with 244 cases, while in spring totaled up 138 cases. This pattern is independent of the intensities, since the occurrence of strong, moderate and weak frosts also prevails in the fall months, less commonly in the spring. This knowledge is important to agricultural production, because producers normally do not expect the occurrence of frost in the fall, since the occurrence

of frosts in these months is considered premature (Rahimi *et al.*, 2007). Moreover, prevention methods facing frosts cases out of season, for each crop stage, can avoid or minimize significant losses.

This study aimed to know the pattern of occurrence of frosts in the state of Rio Grande do Sul during the months of the year. In the future, in addition to analyzing the distribution of this phenomenon in the State, it is intended to understand the weather patterns that are linked to their occurrence and intensity.

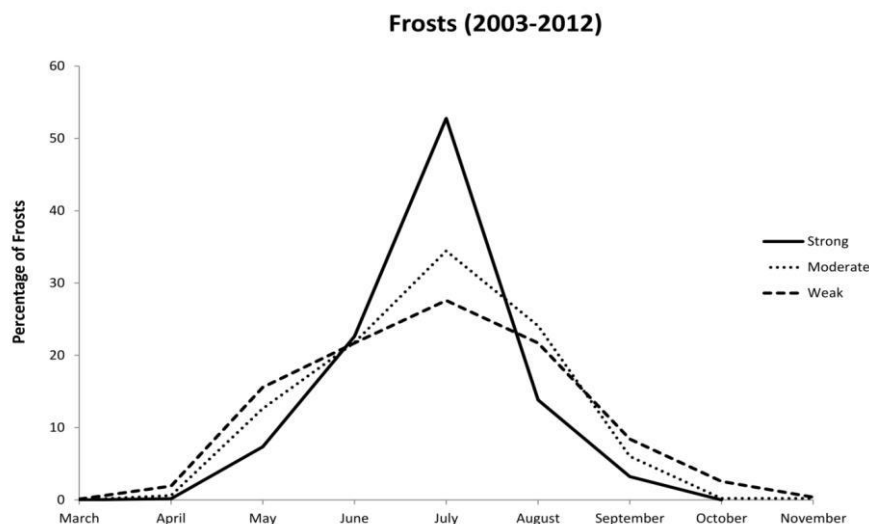


Figure 2. Percentage of Frost Occurrences at Rio Grande do Sul from 2003 to 2012.

CONCLUSIONS

The frost occurrences in the Rio Grande do Sul state began in March and ended in November, according to data analyzed between the years 2003 and 2012. The strong and moderate frosts account more cases in the winter months, while weak frosts (although they occur more frequently) are more distributed over the months.

Frosts are more frequent in the fall months compared to the spring season, which may have important consequences with regard to the necessary caution facing the growing stage of different species in Rio Grande do Sul.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the National Institute of Meteorology (INMET) by the provided data and FINEP for financial support.

REFERENCES

Grodzki, L.; Caramori, P. H.; Bootsma, A.; Oliveira, D.; Gomes, J. 1996. Risco de ocorrência de geada no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 4:93-99.

Massignam, A. M.; Dittrich, C. 1998. Estimativa do Número médio e da Probabilidade Mensal de Ocorrência de Geadas para o Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 6:213-220.

Molion, L. C. B.; Ferreira, N. J.; Meira Filho, L. G. 1981. O uso de satélites ambientais para monitoramento de geadas. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, Brasil.

Rahimi, M; Hajjam, S.; Khalili, A.; Kamali, G. A.; Stigter, C. J. 2007. Risk analysis of first and last frost occurrences in the Central Alborz Region, Iran. *International Journal of Climatology*, 27: 349–356.

Reinke, R. L.; Gan, M. A.; Ferreira, N. J. 2004. Estudo preliminar de um caso de geada no Rio Grande do Sul. Em: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza, Brasil.

MONITOREO DE SEQUIAS AGRICOLAS EN LA REGION CENTRO ORIENTAL DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA (ARGENTINA)

Vergara*, G.¹; Casagrande, G.¹; Fuentes, E.²; Belmonte, M.²; Mendez, M.¹ y Arnaiz, J.¹

¹ *Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. Ruta 35. Km 334 Santa Rosa, La pampa Argentina.*

² *EEA INTA Anguil La Pampa. Argentina..*

*Contacto: vergara@agro.unlpam.edu.ar

Palabras clave: índice de sequía, variabilidad.

INTRODUCCIÓN

La sequía está definida como un periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico (OMM, 1992). En términos generales puede ser considerada como la insuficiente disponibilidad de agua en una región, para satisfacer las necesidades de los elementos bióticos locales durante un período extenso. Sus efectos directos e indirectos están fuertemente relacionados con la producción de alimentos, la reserva de agua en el suelo, la manutención de ganado, la vida silvestre y en general con la posibilidad de cualquier forma de vida en un lugar determinado (National Drought Policy Commission, 2000). Consecuentemente la identificación e intensidad de las sequías es de importancia para la prevención de las contingencias que éstas acarrearán con respecto a la planificación de la economía general de un país o una región. Las sequías son una de las principales adversidades que afectan, en forma recurrente y con extrema severidad, a las regiones destinadas a la agricultura en Argentina. Los índices de sequía, se utilizan para monitorizar las condiciones de sequía en tiempo real (Svoboda et al, 2002), aspecto crucial para la implementación de planes de mitigación de las sequías. Considerando que en la provincia de La Pampa la producción agropecuaria se realiza en secano, el monitoreo de la sequía agrícola adquiere especial relevancia puesto que dentro del sector productivo, la agricultura es la primera actividad que resulta afectada por la escasez de precipitaciones. Para cuantificar la sequía se han desarrollado diferentes índices climáticos. Palmer (1965) desarrolló un Índice de Severidad de Sequía para medir la deficiencia en el suministro de humedad. En la Argentina Scian y Donari (1987) realizaron un análisis retrospectivo de las sequías en la región semiárida pampeana utilizando el Índice de Palmer, mientras que Vergara et al (2009) caracterizaron agroclimáticamente las sequías en tres localidades de La Pampa utilizando el mismo índice. Ravelo et al (2014) en su Atlas de Sequía de la República Argentina incluyeron el Índice de Palmer entre los índices calculados. El monitoreo de las sequías es relevante por su efecto perjudicial para la actividad

agropecuaria, riesgos de incendios, incrementos de erosión eólica y perjuicios económicos de una región. El Índice de Sequía de Palmer (ISSP) (Palmer, 1965) es aplicado en este trabajo para monitorear mensualmente las sequías en la región centro oriental de la provincia de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación de monitoreo de sequías en la región centro oriental de la provincia de La Pampa que comenzó en el año 2011 y que continúa. El Índice de Severidad de Sequía de Palmer (ISSP) fue desarrollado por Palmer (1965) para medir la pérdida de humedad basándose en el concepto de demanda-suministro de agua, teniendo en cuenta el déficit entre la precipitación real y la precipitación necesaria para mantener las condiciones de humedad climática o normal. El ISSP varía entre -4 y +4, pudiendo puntualmente sobrepasar estos valores. Para el cálculo del ISSP se utilizó el software PDIWIN (Ravelo y Herrero, 1999). El procedimiento de cálculo requiere como datos de entrada la evapotranspiración potencial, la precipitación mensual y el contenido de agua útil del suelo. Se calculó mensualmente el ISSP para veinte localidades situadas en la región centro oriental agropecuaria de la provincia de La Pampa. Los registros mensuales de precipitación se obtuvieron de la Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa (serie 1921/2016). La evapotranspiración potencial se estimó mediante el método de Penman (1948). Se consideró un suelo Haplustol Entico con una capacidad de campo (CC) de 200 milímetros, hasta 1 metro de profundidad y un punto de marchitez permanente (PMP) de 80 milímetros (Fernández, et al. 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los años monitoreados se evidenció variabilidad espacio-temporal y en las condiciones hídricas expresadas a través ISSP. Por razones de espacio y a modo de ejemplo se presentan los mapas con el ISSP para el mes de enero en tres años contrastantes en la región estudiada. Se observa en 2014 la mayor parte del área presentó condiciones anormalmente secas para la región con excepción de una pequeña porción de la región sudeste de la zona analizada. En tanto en enero de 2015 el área presentó mayor variabilidad espacial

en las condiciones hídricas. En este año se distingue el centro sur con una deficiencia leve a moderada de agua. En enero la mayor proporción de la región estudiada mostró niveles moderadamente húmedos, sin embargo en el noreste persisten áreas con una incipiente sequía (Figuras 1, 2 y 3). Los mapas muestran que tanto en años normales como secos o húmedos existen condiciones de humedad variables dentro de la región en estudio debido principalmente a la naturaleza convectiva de las precipitaciones en dicho período del año en esa región. Esta variabilidad es detectada por los mapas de ISSP que permite mostrar diversas situaciones presentes en el área. Desde que se inició el mapeo de las sequías en el año 2014 se observó una sequía extrema en la zona noroeste de la región en estudio en el mes de marzo de 2014 y esta misma zona se muestra a través del tiempo como una de las más vulnerables.

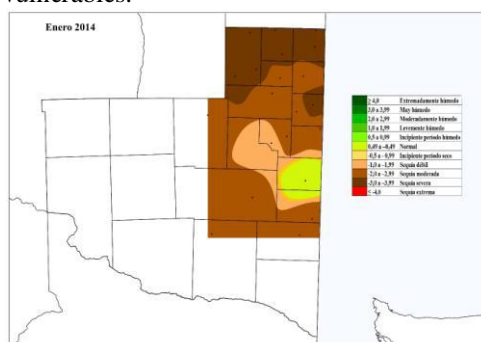


Figura 1. Índice Sequía de Palmer enero 2014.

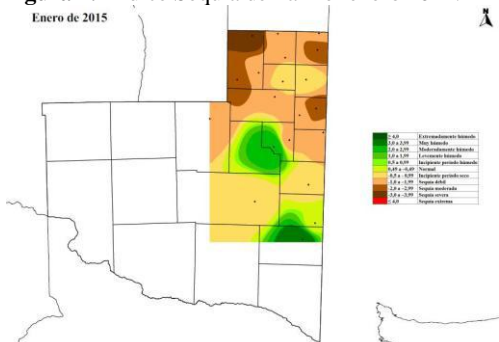


Figura 2. Índice Sequía de Palmer enero 2015.

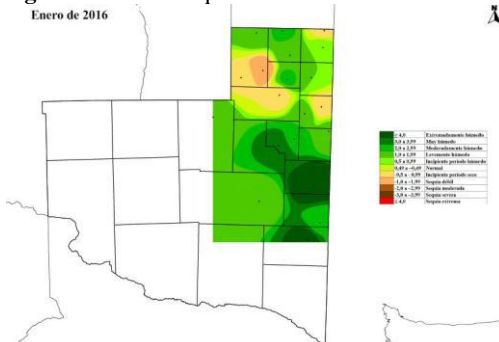


Figura 3. Índice Sequía de Palmer enero 2016.

CONCLUSIONES

Disponer de series extensas de datos de ocurrencia, intensidad y duración de las sequías en la región centro oriental agropecuaria de La Pampa permitirá realizar análisis agroeconómicos

preeminentes. Otro desafío futuro que adquiere especial relevancia es despertar el interés y lograr la comprensión de los posibles usuarios ante un proceso que merece especial atención por su efecto directo en la producción agropecuaria. Es por ello que buscando un acercamiento entre los investigadores y los destinatarios, los mapas se encuentran disponibles en las páginas Web de la Facultad de Agronomía de la UNLPam y de la EEA Anguil INTA.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la UNLPam y de la EEA Anguil INTA. A la Policía de la Provincia de La Pampa.

REFERENCIAS

- Donnari, M.; Scian, B. 1993. Sequías edáficas en Bordenave. Método de Palmer. Revista Geofísica 39:85-99.
- Fernandez, J. C.; Quiroga, A.; Casagrande, G. A. 2003. Caracterización agroedáfica y agroclimática del área triguera de la provincia de La Pampa. Publicación de divulgación técnica N°76. INTA EEA Anguil. La Pampa Argentina.
- National Drought Mitigation Center (NDMC), 2000. Conclusions and recommendations from the central and eastern European Workshop on Drought Mitigation. Drought Network News 12(2):11-12.
- Organización Meteorológica Mundial. 1992. Vocabulario Meteorológico Internacional. Publicación No. 182. Ginebra, Suiza.
- Palmer, W. C. 1965. Meteorological Drought. U.S. Dep.Commerce. Washington D.C. Weather Bureau Res. Paper 45, 58 pág.
- Penman, H. L. 1948 Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. London (A) 193:17-21.
- Ravelo, A. C.; Herrero, M. A. 1999. Software Pdiwin V1.0. CREAN. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNC.
- Ravelo, A. C.; Zanvetor, R.; Boletta, P. E. 2014. Atlas de sequía de la República Argentina. CREAN-CONICET-UNC. Cordoba. Argentina
- Scian, B.; Donnari, M. 1997. Retrospective analysis of the Palmer drought severity index in the semi-arid Pampas region. Argentina. Inter. J. Climatology 17:313-322.
- Svoboda, M; LeComte, D.; Hayes, M.; IEM, R. 2009. The drought monitor. Bulletin of the American Meteorological Society 83 (8)
- Vergara, G.; Casagrande, G.; Arnaiz, J.; García, F. 2009. Las sequías (1921/2009) en tres localidades de la provincia de La Pampa (Argentina). Rev. Fac. Agr. U.N.L.Pam 20 (1-2): 1-12
- Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa <http://www.apa.lapampa.gov.ar/>

MONITOREO, EVALUACIÓN Y PRONÓSTICO DE LOS EXTREMOS HÍDRICOS EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA

Zanvetor^{*1}, R. E.; Ravelo¹, A. C.; Planchuelo¹, A.M.; Seiler², R. A.

¹CREAN-IMBIV/CONICET, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Univ. Nac. de Córdoba, Av. Valparaíso s/n, Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba, Argentina; ²UNRC, Río Cuarto, Córdoba.

*Contacto: rzanvetor@gmail.com

Palabras clave: Sequías; Excesos Hídricos; Índice de Palmer.

INTRODUCCIÓN

Los extremos hídricos identificados como sequías o excesos de humedad son eventos meteorológicos que ocurren en casi todas las regiones del país (CREAN, 2016) y suelen causar enormes perjuicios a los sistemas productivos agrícolas, dependiendo de su intensidad, de la fase fenológica en que se encuentren los cultivos o pasturas y de la duración del fenómeno (Ravelo et al, 2014).

La intensidad y la recurrencia de ambos extremos hídricos requiere un continuo monitoreo, evaluación y pronóstico por medio de indicadores validados (Batchelor, 1988; Bishop, 2006) de manera de visualizar en forma clara su variabilidad temporal, geográfica y su posible evolución en el mediano plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos agrometeorológicos (precipitación y evapotranspiración potencial mensuales y capacidad hídrica del suelo) para 30 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio nacional y para las cuales se disponía de series históricas de datos. El análisis de impacto se realizó para la región pampeana. El período analizado fue 1985-2015.

Se utilizó el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PSDI por sus siglas en inglés) (Palmer, 1965) que permite identificar deficiencias y excesos de humedad en el suelo. Este índice se basa en el cálculo del balance hídrico de Palmer, que estima la evapotranspiración potencial a partir de la temperatura, utilizando una capacidad de retención del suelo de 250mm. y establece las anomalías con relación a valores medios de parámetros del balance hídrico. El PSDI permite evaluar los períodos secos y húmedos, la variabilidad mensual y la tendencia de los extremos hídricos ocurridos durante un período determinado. La ocurrencia de los eventos de sequía y excesos hídricos fueron verificados con

relevamientos de campo e información estadística de las pérdidas de producción de los cultivos (Bolsa Cereales, 2016; SAGPyA, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se puede apreciar la variabilidad del PSDI para Marcos Juárez, destacándose los años 1989, 1999 y 2008 por la ocurrencia de sequías extremas ($PSDI > -4$) y los años 1992, 1994 y 2014 por humedad extrema. Las diferencias entre el valor pronosticado y el valor calculado del PSDI son aceptables en la medida que ambos valores se encuentran en la misma clase del evento.

Las mayores pérdidas porcentuales en los rendimientos de cultivo de soja se registraron en los partidos de Colón y Pergamino mientras que el Departamento de Marcos Juárez registró la menor pérdida porcentual. El mayor impacto económico negativo corresponde al Departamento Gral. López debido a la extensa área cultivada. En 2015-2016 se registraron aproximadamente 6 millones de toneladas de pérdidas por inundaciones de campos y enfermedades (www.agrovoz.com.ar/clima). Las pérdidas económicas por sequía se presentan en la Tabla 1.

El pronóstico de la ocurrencia de extremos hídricos se presenta en la Figura 2.

CONCLUSIONES

La utilización del PSDI permite realizar evaluaciones de ocurrencia y pronóstico de los extremos hídricos (sequías y excesos de humedad) y los resultados obtenidos pueden ayudar a productores y decisores que administran los recursos hídricos para tomar acciones anticipadas a las situaciones de emergencias.



Figura 1. Variabilidad del índice de Palmer para la localidad de Marcos Juárez, Córdoba. 1985-2015.

Tabla 1. Pérdidas de rendimientos en soja durante los años con sequía (2008/09) y en Departamentos selectos de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Precio utilizado: \$2612/tn. Fuente: SAGPyA, 2015.

Depto. / Partido	Campañas Agrícolas	Sup. cosechada (ha)	Rend. (kg/ha)	Rend. medio sin Sequía (kg/ha)	Dif. en rendimiento (%)	Pérdidas (tn)	Pérdidas econón. (miles de \$)
Colón (Bs. As.)	2008/09	60.900	2.300	3.568	31,21	77.343	202.020
Pergamino (Bs. As.)	2008/09	188.050	2.122	3.435	38,25	247.040	645.268
Caseros (S. Fe)	2008/09	246.499	2.504	3.442	27,27	231.232	603.978
Gral. López(S. Fe)	2008/09	735.310	2.625	3.402	22,85	571.316	1.492.277
Marcos Juárez (Cba.)	2008/09	635.358	2.933	3.484	15,83	350.113	914.496
Unión (Cba)	2008/09	574.270	2.723	3.327	18,45	347.019	906.414

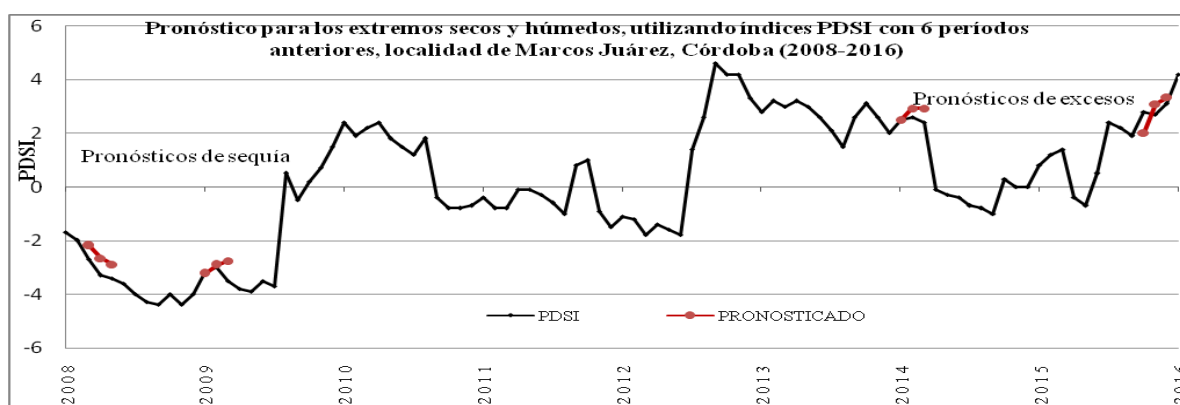


Figura 2. Pronóstico de meses con sequía (marzo, abril, mayo de 2008 y enero, febrero, marzo de 2009) y de meses con excesos hídricos (enero, febrero, marzo de 2014 y octubre, noviembre, diciembre de 2015).

REFERENCIAS

- Batchelor W.D.1988. Fundamentals of Neural Networks in: Agricultural Systems Modeling and Simulation. Ed. Perrt, R.M. and R.B. Curry Ch.16: 597-626.
- Bishop C.M.,2006. Pattern Recognition and Machine Learning. Neural Networks.Ch.5:225-290. Ed. Springer.
- Bolsa Cereales, Córdoba, 2016.
<http://www.agrovoz.com.ar/actualidad/lasinundaciones-dejan-una-perdida-de-13000-millones-en-cordoba>.
- CREAN, 2016. Monitoreo de Sequias. Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales. http://www.crean.unc.edu.ar/secciones/monitoreo/monitoreo_intro.html.
- MAGyP, 2015, Estadísticas agrícolas. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. <http://www.sjia.gov.ar/series>
- Palmer, W.C., 1965. Meteorological Drought. US Weather Bureau Research 45, 58 p. Washington

- Ravelo, A.C.; Zanvettor, R.E.; Boletta, P.E.C. 2014. Atlas de Sequías de la República Argentina. Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología & XV RADA. Piriápolis, Uruguay. Pág. 17 [ISBN 978-950-33-1195-0](https://doi.org/10.1007/978-950-33-1195-0).

RANGOS DE TEMPERATURA DE HELADAS EN ABRIGO METEOROLOGICO EN SAN PEDRO, PROVINCIA DE Bs.As (ARGENTINA)

Martínez, S.B.¹; Zanek, C*.¹; Masi, M.A.¹

¹ Universidad Nacional del Noroeste, Junín, CP, República Argentina

* Contacto c_zanek@yahoo.com.ar

Palabras clave: adversidad, intensidad, descenso térmico

INTRODUCCIÓN

Las heladas son una de las adversidades climáticas más importantes dado que provocan grandes daños en la producción agropecuaria, dependiendo de su intensidad, el momento de ocurrencia y el estado de desarrollo de los cultivos. Cuando se realizan estudios a nivel regional se consideran las características agroclimáticas y dentro de ellas, el régimen de heladas ocupa un lugar preferencial por su incidencia directa en la manifestación productiva de los cultivos en diferentes áreas agrícolas, especialmente en las latitudes medias (Pascale & Damario, 2004). La caracterización del régimen de heladas toma relevancia en la planificación de la actividad agropecuaria, para poder disminuir los daños potenciales en los cultivos (Rodríguez Saenz, 1979). En Argentina se han destacado los estudios de Damario *et al.* (1996), quienes realizaron las cartas climáticas de fecha de primera y última helada para el periodo 1961-1990; Burgos (1963) publicó su libro "Las heladas en la Argentina", de reciente reedición. Otros autores han realizado análisis de diferentes localidades del país; García, *et al.* (2015); Casagrande *et al.* (2006).

Una helada meteorológica (HM) se produce, cuando la temperatura mínima es igual o inferior a 0,0°C en abrigo meteorológico a 1,50 m de altura independientemente de su duración e intensidad (Fernandez Long *et al.* 2005).

En función de la época de ocurrencia, las heladas se pueden clasificar en otoñales, invernales, primaverales y estivales, estas últimas son poco frecuentes en latitudes medias.

Las heladas tempranas y tardías, es decir, las que se producen en el otoño y la primavera, interesan más bien por la fecha en que ocurren que por su intensidad, dado que en estos momentos del año pueden afectar a cultivos que se encuentren en etapas sensibles a las bajas temperaturas. En cambio, las invernales focalizan su interés en los valores térmicos alcanzados, para lo cual resulta importante el conocimiento de la frecuencia por rangos de temperatura.

En el Noreste de la provincia de Buenos Aires, con eje en la ciudad de San Pedro, se concentra un núcleo de actividad frutícola que alcanza 4900 ha, de las cuales 3000 ha corresponden a frutales de carozo (99 % cultivo de duraznero) y 1600 ha a cítricos (Ángel, *et al.* 2016). A la salida del reposo

invernal, los órganos sensibles de frutales caducifolios pueden ser afectados por heladas tardías. Asimismo, las heladas invernales intensas pueden producir daños en los frutos en crecimiento de los cítricos.

Para la localidad de San Pedro se caracterizó el régimen de HM, determinando que su período queda comprendido entre 6 de junio y el 28 de agosto (Zanek, *et al.* 2015), sin embargo no existe un análisis por rangos de temperaturas.

Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue analizar la intensidad y la época de ocurrencia de las heladas meteorológicas por rangos de temperatura en la región de San Pedro, Provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron los registros diarios de temperaturas mínimas en abrigo meteorológico del período 1965-2014 de la EEA San Pedro del INTA (Latitud 33° 41' S y Longitud 59° 41' W.G.) (Zanek, *et al.* 2015). De acuerdo al análisis de las series estadísticas utilizadas se clasificaron las heladas en cuatro rangos de temperatura mínima: de 0 °C a -0.9 °C (Suaves); de -1.0 °C a -1.9 °C (Moderadas); -2.0 °C a -2.9 °C (Intensas) y de -3.0 °C o inferior (Severas). Para cada rango de temperaturas se obtuvieron las fechas medias de primera y última helada, se calcularon los desvíos estándar y se determinó el % en años de ocurrencia en relación al total de la serie considerada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área estudiada a través del régimen de heladas estas comienzan hacia fines de otoño y se extienden hasta fines del invierno. En la Tabla 1 se observa que la fecha media de primera helada calculada para rangos de temperaturas se produce el 12 de Junio para una intensidad suave, moderadas e intensas entre el 23 y 26 de Junio y el 3 de Julio con intensidades correspondientes a rangos de temperaturas de heladas severas, sin embargo la fecha extrema para las heladas más severas se ubica el 13 de Mayo con un desvío de 29 días y se produjeron en el 52% de los años del total de la serie considerada. Este grado de severidad podría afectar a los cítricos en la zona de San Pedro (Ángel, *et al.* 2016).

Tabla 1: Análisis de las fechas medias y extremas de primera HM por rangos de temperatura, desvío estándar y porcentaje de años con helada.

Rangos de temperatura de primera HM				
	0,0 a - 0,9 °C	-1,0 a - 1,9 °C	-2,0 a - 2,9 °C	-3,0 °C ó inferior
Fecha media	12-jun	23-jun	26-jun	03-jul
Desvío estándar	± 28	± 25	± 22	± 29
Fecha extrema	14-abr	04-may	15-may	13-may
% años con helada	98	90	72	52

En la Tabla 2 las fechas medias de la última helada, siempre considerando los rangos de temperaturas, se producen el 19 de agosto, 5 de agosto, 24 de Julio y 21 de Julio para las intensidades, suaves, moderadas, intensas y severas respectivamente. La última helada, muestra que las intensidades severas se presentaron para esta serie como fecha extrema el 8 de setiembre, surgiendo que el 52% de los años se manifiesta ese grado de severidad. Si se considerara solamente los rangos, observando las dos tablas se puede apreciar que las heladas severas se extienden entre el 13 de mayo y el 8 de setiembre, pero si solo consideráramos las fechas medias determinadas por Zaneck, *et al.* 2015, estas estarían entre 6 de junio y el 28 de agosto, lo que nos indica que la mera caracterización de las heladas no nos permite aseverar que podría existir daño por la intensidad, pero al realizar los rangos de temperaturas y calcular las fechas extremas tanto para la primera como última helada (Tablas 1 y 2) y los desvíos, se observa que el 52% de los años, se producen heladas de alta peligrosidad con consecuencias sobre las plantas cítricas. En cuanto a la producción de rosáceas (duraznero) la floración e inicio de fructificación, dada su sensibilidad a las bajas temperaturas, pueden ser afectadas por HM moderadas y suaves respectivamente, que se extienden hasta el 13 de octubre y ocurren al menos en el 90 % de los años. Esto pone de manifiesto la importancia de incluir en la determinación del régimen de heladas, el análisis por rangos de temperaturas

Estos resultados concuerdan con los encontrados por García, *et al.*, 2015, quienes analizando también por rango de temperaturas y el régimen de heladas para Anguil, tanto para HM como las agrometeorológicas (HA) la peligrosidad coincidía con los estados fenológicos de máxima sensibilidad.

En San Pedro analizar la HM sería suficiente porque las especies en producción son arbóreas. Hecho este análisis habría que replantearse seleccionar variedades con mayor requerimiento de horas de frío para extender la fecha de floración o que para las fechas extremas, las variedades se encuentren en estados fenológicos de menor sensibilidad o ajustar el sistema de alarma y los métodos de control. Para especies de bajo porte (hortalizas), sería necesario analizar los datos a 0,05 m del suelo (HA)

Tabla 2: Análisis de las fechas medias y extremas de última HM por rangos de temperatura y desvío estándar correspondiente.

Rango de temperatura de última HM				
	0,0 a - -0,9 °C	-1,0 a - 1,9 °C	-2,0 a - -2,9 °C	-3,0 °C o inferior
Fecha media	19-ago	05-ago	24-jul	21-jul
Desvío estándar	± 30	± 26	± 27	± 28
Fecha extrema	13-oct	20-sep	09-sep	08-sep

REFERENCIAS

- Angel, N; Paggi, Y; Lopez Serrano, F. 2016. *Relevamiento de frutales de carozo y cítricos del Noreste de la Provincia de Buenos Aires, año 2016*. San Pedro, INTA EEA San Pedro, 2016. [en línea]. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/relevamiento-de-frutales-de-carozo-y-citricos-del-noreste-de-la-provincia-de-buenos-aires-ano-2016>.
- Burgos J.J. 1963. Las heladas en Argentina. INTA Colección Científica. Buenos Aires.388 p.
- Casagrande G.A.; Vergara G.T.; Bellini, Y. 2006. Cartas agroclimáticas de temperaturas, heladas y lluvias de la provincia de La Pampa (Argentina) *Rev. Fac. Agr. UNLPam.* 17(1-2):15-22.
- Damario E.A.; Pascale, A.J.; Perez, S.; Maio, S; Rodríguez, R.O. 1996. Cartas climáticas 1961-1990 de primeras y últimas heladas en la Argentina. *Rev.Fac.Agr.UBA* 16(3): 253-263.
- Fernández Long M. E.; Barnatan, I; Spescha, L.; Hurtado R.; Murphy, G. 2005. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. CONGREMETIX. Buenos Aires. Argentina. 110p
- García, F.; Sostillo, P.; Casagrande, G.; Vergara, G. 2015. Caracterización del régimen de heladas en Anguil, Pcia de la Pampa (Argentina). *Semiárida revista de la Fac de Agro de la UNLPampa*. vol 25(1).17-23
- Pascale, A. J; Damario, E. A. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. *Editorial Facultad de Agronomía – UBA*. 550 pp.
- Rodríguez Sáenz A.J. 1979. Régimen de heladas de Castelar. Bs. As. Publ. INTA. pp. 11-1
- Zaneck, C. T; Delprino, M. R; Francescangeli, N; Uviedo, R. 2015. *50 años de estadísticas agroclimáticas en la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Pedro (1965-2014)*. San Pedro, Ediciones INTA, 2015. Ebook. ISBN: 978-987-521-604-4 [en línea]. Disponible en: <<http://inta.gob.ar/documentos/50-anios-de-estadisticas-climaticas-6/>>

ANÁLISIS DE DOS SITUACIONES METEOROLÓGICAS ASOCIADAS A INCENDIOS POR RAYOS SOBRE EL NOROESTE DE LA PATAGONIA

Marcuzzi E. A.^{*1}; Nicora M. G.^{2,5}; Bali J.L.^{3,2}; Dentoni M.C.^{1,4}

¹ Servicio Nacional de Manejo del Fuego, Ministerio de Ambiente y Desarrollo de la Nación, San Martín 458, CP: 1004, CABA.

² Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁴ Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Ruta 259, 14,5km, CP:9002. Esquel.Chubut.

⁵ CEILAP - UMI-IFAECI-CNRS 3351 UNIDEF (MINDEF - CONICET)

*Contacto: emarcuzzi@ambiente.gob.ar

Palabras clave: Situaciones sinópticas; actividad eléctrica atmosférica; focos de incendios

INTRODUCCIÓN

La caída de rayos es uno de los factores principales de inicio de incendios a nivel mundial. Como ejemplo de esto, podemos mencionar los resultados de Boles y Verbyla (2000) que encontraron que el 93% de la superficie quemada en Alaska entre 1990–1996, fue por incendios por rayo, en tanto Stocks et al. (2002) encontró que aproximadamente el 72% de los grandes en Canadá entre 1959 - 1997 estuvieron asociados a la actividad de rayos.

En nuestro país, todos los años se registran en promedio 1370 incendios entre Septiembre y Abril sobre las provincias de Neuquén, de Río Negro y de Chubut. Las causas de inicio son diversas y según las estadísticas de incendios forestales de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación entre los años 2009 y 2013 (<http://www.ambiente.gob.ar/?idarticulo=13180>) el 68,1% de incendios tienen origen intencional o negligencia y el resto es desconocido (28,8%) o natural (3,1%). En este último caso, natural incluye sequías, altas temperaturas y caída de rayos.

Aunque estadísticamente la mayoría se atribuye a factores antrópicos, los incendios por rayos en los últimos años fueron frecuentes. Cabe mencionar que entre el 2 y 3 de Febrero de 2015 se registraron 8 focos por rayos solamente dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi (Com. Pers. Marcelo Bari. Guardaparque y encargado del área técnica del I.C.E.) y para la misma fecha, pero en 2016 se registraron focos por la misma causa en cercanías de Junín de Los Andes, provincia de Neuquén.

Estos eventos están asociados a condiciones de tiempo particulares generadas por situaciones sinópticas que es importante identificar debido a que no sólo supone la probabilidad de la generación de nuevos focos si no que aumentan el riesgo del personal que puede estar realizando tareas en incendios activos. Es por esto que con el objeto de caracterizar estas situaciones, se analizaron en este trabajo, dos situaciones meteorológicas que provocaron una importante cantidad rayos o descargas eléctricas atmosféricas

cuya ubicación espacial fue determinada con el sistema Georayos (Nicora et al 2015), herramienta operativa en el CITEDEF que localiza tormentas eléctricas en tiempo real. En ambas oportunidades, las descargas dieron inicio a numerosos e importantes incendios durante los primeros días del mes de Febrero durante las temporadas 2014-2015 y 2015-2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se definió analizar dos situaciones meteorológicas ocurridas durante los días 2 y 3 de Febrero de 2015 y de 2016, fechas en las que la actividad eléctrica sobre el oeste de Neuquén, Río Negro y noroeste de Chubut fue muy importante (figuras 1 y 2). Se analizaron las características de la circulación atmosférica en altura (5000mts. aprox.), en superficie y la distribución de la humedad a una altura intermedia (1500mts. aprox.). Para ello se utilizaron campos de presión de superficie, altura geopotencial de 500hpa. Y temperatura de rocío en 850hpa. Los campos son análisis elaborados con el modelo ETA del Servicio Meteorológico Nacional (Suaya et al., 2004).

La ubicación espacial de la actividad eléctrica atmosférica fue obtenida a través del sistema Georayos cuya información proviene de la World Wide Lightning Location Network (WWLLN, <http://wwlln.net>) que es una red en tierra con observaciones globales que comenzó a operar en 2004. La red WWLLN posee más de 60 estaciones y cada una recibe y procesa las ondas de radio de muy baja frecuencia (VLF por sus siglas en inglés). Esta red utiliza la técnica de determinar el momento de llegada de la velocidad de grupo para detectar ondas esféricas para la ubicación de las descargas en un radio aproximado de 5km y menor a 10 μ s (Dowden Richard L, Brundell James B, and Rodger Craig, 2002, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los campos de geopotencial de las situaciones analizadas poseen características similares en cuanto a la distribución espacial de la humedad 850hpa.. En ambos casos, los valores máximos de temperatura de rocío se encuentran sobre el oeste

del país elongándose hacia el sur hasta alcanzar el noroeste patagónico con valores que oscilan en los dos casos entre 10 y 15°C, sin embargo, existen diferencias en cuando a la dinámica de los sistemas que condujo a dicho patrón.

En el primer caso, correspondiente al año 2015, la presencia de un centro de baja presión sobre el noroeste del país propició la llegada de humedad desde el norte, lo que se incrementó debido al posicionamiento de un sistema de alta presión sobre el noreste patagónico.

En cambio, en el caso de 2016, la llegada de humedad a la región se debió a la presencia de un importante centro de alta presión sobre el este del país.

También se encontraron diferencias en los campos de 500hpa. En el primer caso, el ingreso de una baja segregada fue la que aportó la inestabilidad necesaria para la generación de las tormentas, mientras que en el segundo caso, se trató de una vaguada de onda larga con el ingreso de un frente frío. Ambas situaciones pueden apreciarse en la figura 1.

El estudio en la caja [-36 -46] latitud y [-67 -74] longitud dio por resultado 17.969 descargas en el año 2015 y 6.680 descargas en 2016 durante los días estudiados. Las distribuciones espaciales de las descargas registradas en ambas situaciones también muestran diferencias relacionadas con el patrón de desplazamiento de los sistemas en altura, lo que puede apreciarse en la figura 2.

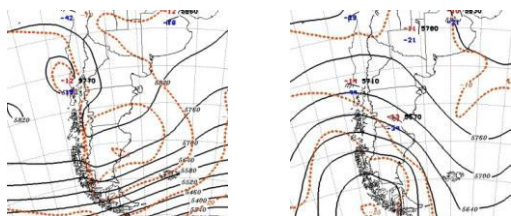


Figura 1: análisis de campos de 500hpa. elaborados con el modelo ETA SMN correspondientes al 02/02/2015 (izquierda) y al 03/02/2016 (derecha). En líneas punteadas se indican valores de temperatura y en línea continua, valores de geopotencial.

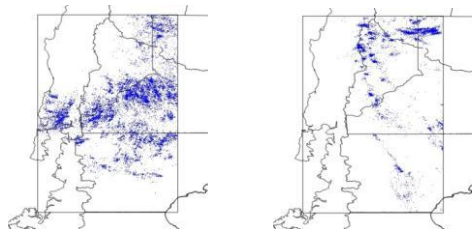


Figura 2: distribución espacial de las descargas eléctricas registradas con Georayos, los días 2 y 3 de Febrero de 2015 (izquierda) y de 2016 (derecha).

CONCLUSIONES

Durante las temporadas de incendio en Patagonia, 2014-2015 y 2015-2016, se registraron importantes eventos de tormentas eléctricas que provocaron la ocurrencia de numerosos focos de incendio por rayos. El estudio de la circulación atmosférica previa y durante los eventos, mostró diferencias significativas. Si bien la distribución espacial de la

humedad fue similar en ambos casos, la evolución de los sistemas que propiciaron su llegada a la región analizada y la que desencadenó el desarrollo de las tormentas tuvo características diferentes lo que resultó en disímiles distribuciones espaciales y cantidad de descargas.

Este trabajo puede constituir un aporte a la identificación de patrones sinópticos que puedan derivar en la ocurrencia de tormentas en la región, lo que sumado a la detección en tiempo real de la caída de rayos es sumamente importante ya sea para la seguridad en los operativos de incendios activos como para detectar regiones donde puedan producirse nuevos focos de incendio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Servicio Meteorológico Nacional por los datos analizados de los diferentes campos generados con el modelo ETA-SMN, a la red World Wide Lightning Location network y la red de institutos que conforman la red; al Proyecto 03NAC 022/15 de CITEDEF y al Proyecto SAPTRES. También agradecemos a JICA (Japan International Cooperation Agency) por el financiamiento del SAVER-Net Project (<http://www.savernet-satreps.com/>).

REFERENCIAS

- Boles, S. H.; Verbyla, D. L. 2000: Comparison of three AVHRR based fire detection algorithms for interior Alaska, Remote Sens. Environ., 72, 1-16.
- Dowden, R.L.; Brundell, J.B.; Rodger, C. J., 2002. VLF lightning location by time of group arrival (TOGA) at multiple sites Source. J. Atmos. Sol-Terr. Phys., 817-30.
- Suaya, M. 2004. Primera evaluación objetiva de los pronósticos operativos de los modelos ETA-SMN y GFS-NCEP durante el año 2003. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
- Dowden, R. L.; Holzworth, R. H.; Rodger, C. J.; Lichtenberger, J.; Thomson, N. R.; Jacobson, A. R.; Lay, E. H.; Brundell, J. B.; Lyons, T. J.; O'Keefe, S.; Kawasaki, Z.; Price, C.; Prior, V.; Ortega, P.; Weinman, J.; Mikhailov, Y.; Woodman, R.; Qie, X.; Burns, G.; Collier, A. B.; Pinto Jr, O.; Diaz, R.; Adamo, C.; Williams, E. R.; Kumar, S.; Raga, G. B.; Rosado, J. M.; Ávila, E. E.; Clilverd, M. A.; Ulich, T.; Gorham, P.; Shanahan, T. J. G.; Osipowicz, T.; Cook, G.; Zhao, Y. 2008. World-Wide Lightning Location Using VLF Propagation in the Earth-Ionosphere Waveguide. IEEE Antennas and Propagation Magazine, 50 (5), 40-60.
- Nicora, M. G.; Quel, E. J.; Bali, J. L.; Acquesta, A.; Vidal, L.; Burgesser, R.; Avila, E.; Altinger de Schwarzkopf, M. L. 2015. GeoRayos a new application for severe weather warning. In Lightning Protection (XIII SIPDA), International Symposium on (pp. 165-168). IEEE.
- Stocks, B. J.; Mason, J. A.; Todd, J. B.; Bosch, E. M.; Wotton, B. M.; Amiro, B. D.; Flannigan, M. D.; Hirsch, K. G.; Logan, K. A.; Martell, D. L.; Skinner, W. R. 2002. Large forest fires in Canada, 1959-1997, J. Geophys. Res., 108, 8149, doi:10.1029/2001jd000484.

IMPACTO DE LOS EXTREMOS FRÍOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE TRIGO EN LA REGION PAMPEANA PARA EL PERIODO 1980 Y 2009.

Barberis, G. ¹; Barrucand, M. ²

¹Departamento de Educación Agropecuaria Facultad de Agronomía (UBA) Av. San Martín 4453 C1417DSE - Buenos Aires - Argentina

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)- CONICET Ciudad Universitaria Pab 2 Buenos Aires Argentina

*Contacto: barberis@agro.uba.ar

Palabras clave: temperaturas extremas; cultivos

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se busca profundizar el estudio de la influencia de los extremos "fríos" de la temperatura (conocidas como días y noches frías), y las heladas (meteorológicas y agronómicas) sobre el cultivo de trigo en región Pampeana argentina. El estudio considera un análisis a escala decadal durante el ciclo del cultivo (junio-diciembre) en el período 1980-2009. El análisis permite discriminar subregiones en las que se observa el mayor impacto de las bajas temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio, se trabajó con datos diarios de temperatura máxima (tmax) y mínima (tmin) de 28 estaciones meteorológicas distribuidas en la región centro-oriental de Argentina en el período 1980-2009 (Figura 1)



Figura 1: Región de estudio

Los datos meteorológicos utilizados corresponden a las bases de datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Red Europea Americana para la Evaluación del Cambio Climático y Estudios de Impacto en la Cuenca del Plata (Penalba et al 2014). Los mismos fueron sometidos a un control de calidad, asegurando que el porcentaje de faltantes fuese inferior al 15%.

Se utilizaron datos fenoméricos obtenidos del Sistema Integrado de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Se consideraron series de rendimiento anual de trigo, que fueron previamente filtradas a fin de

remover la tendencia lineal presente y que puede ser atribuida a mejoras tecnológicas.

A partir de los datos de tmax y tmin diarias de cada estación meteorológica, se calcularon a escala decádica (diez días) distintos índices de extremos de temperatura (IET) La Tabla 1 presenta los índices analizados:

TX10	Frecuencia porcentual de días con tmax inferiores al percentil 10
TN 10	Frecuencia porcentual de días con tmin inferiores al percentil 10
FD0	Número de días con temperatura inferior a 0 °C
FD3	Número de días con temperatura inferior a 3°C

Tabla 1: Índices utilizados en el presente estudio

En todos los casos se consideraron los meses del ciclo del cultivo (junio a diciembre). A partir de los índices decadales, se consideraron medias móviles de 3 décadas consecutivas, generándose índices mensuales que no necesariamente coinciden con el mes calendario. Cada índice es identificado con el mes y década de inicio. Ej: el índice Julio_2 involucra datos de la segunda y tercera década de julio y la primera década de Agosto.

A partir de estos índices, para cada localidad estudiada, se realizó una correlación lineal simple entre éstos y los residuos de los rendimientos anuales de trigo de cada departamento. A fin de evitar correlaciones con series que tuvieran una excesiva cantidad de valores nulos, solo se consideraron los casos en los que hubiese al menos un 25% de años con heladas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las correlaciones obtenidas para el índice FD3

Localidad	Jun_1	Jun_2	Jun_3	Jul_1	Jul_2	Jul_3	Agg_1	Agg_2	Agg_3	Set_1	Set_2	Set_3	Oct_1
Ceres	-0.24	-0.25	0.19	0.41	0.39	0.29	0.08	0.07	-0.07	-0.05	0.15	S.C.E.S	S.C.E.S
Rafaela	-0.30	-0.39	-0.13	0.22	0.56	0.41	0.28	0.16	-0.17	-0.20	0.02	0.22	S.C.E.S
Concordia	0.38	0.22	-0.05	0.20	0.17	0.22	-0.03	0.00	0.23	0.14	0.18	-0.15	S.C.E.S
Parana	-0.16	0.01	0.11	0.28	0.24	0.19	0.15	0.14	0.12	-0.01	-0.03	S.C.E.S	S.C.E.S
Mar del Plata	-0.03	-0.27	-0.07	0.14	0.33	0.33	0.20	0.08	-0.16	-0.26	-0.13	0.01	-0.01
C. Uruguay	0.21	0.15	0.12	-0.12	-0.17	-0.18	0.05	0.14	0.19	0.21	0.06	-0.10	S.C.E.S
Divisores	-0.08	-0.10	0.05	0.22	0.20	0.20	0.04	-0.10	-0.22	-0.26	-0.08	0.20	S.C.E.S
Marcos Juárez	0.11	0.01	0.30	0.46	0.55	0.45	0.35	0.07	-0.21	-0.39	-0.37	-0.15	-0.13
Sudamérica	-0.10	-0.07	0.08	-0.08	-0.15	-0.23	0.02	0.14	0.18	0.18	0.16	0.10	S.C.E.S
Río Cuarto	-0.13	0.13	0.13	0.22	0.32	0.36	0.37	0.10	-0.26	-0.39	-0.27	0.02	S.C.E.S
San Pedro	-0.18	-0.10	0.07	0.05	0.02	0.05	0.24	0.02	-0.09	-0.09	0.21	S.C.E.S	S.C.E.S
Rosario	0.08	0.23	0.31	0.22	0.11	0.09	0.24	0.14	0.00	0.01	0.21	S.C.E.S	S.C.E.S
Laborde	-0.04	-0.13	-0.04	0.14	0.29	0.25	-0.12	-0.29	-0.39	-0.44	-0.39	-0.34	-0.29
Junín	0.07	0.09	0.22	0.29	0.42	0.42	0.48	0.35	0.31	0.23	0.25	0.24	0.13
Chivilcoy	-0.01	0.03	0.09	0.01	0.05	-0.04	0.13	0.09	0.17	0.29	0.21	0.21	S.C.E.S
San Vicente	-0.02	-0.22	-0.31	0.03	0.25	0.43	0.42	-0.13	-0.44	-0.70	-0.35	-0.18	-0.03
P de Julio	-0.08	0.09	0.34	0.37	0.34	0.19	0.13	0.07	0.20	0.19	0.24	0.02	S.C.E.S
Rebunco	0.11	0.10	0.29	0.44	0.54	0.45	0.44	0.29	0.35	0.16	0.20	0.14	0.18
Bolívar	-0.29	-0.27	-0.08	-0.17	-0.09	-0.12	-0.03	0.01	0.27	0.32	0.32	-0.01	-0.03
Santa Rosa	0.26	-0.37	0.28	0.05	-0.05	-0.01	-0.01	-0.13	-0.22	-0.31	-0.24	-0.13	-0.14
Azul	-0.35	-0.37	-0.09	-0.09	0.00	-0.19	-0.14	-0.27	0.03	0.11	0.25	0.17	0.16
Tandil	-0.22	-0.26	-0.03	-0.07	0.09	-0.03	0.08	-0.07	0.20	0.25	0.27	0.03	0.17
Pigüé	0.03	0.05	0.08	0.12	0.13	0.10	-0.09	-0.14	-0.09	0.02	-0.07	-0.16	-0.24
Balcarce	-0.21	-0.23	-0.01	0.00	0.06	-0.03	0.11	0.09	0.25	0.25	0.18	0.13	0.12
Rosario	-0.28	-0.02	0.03	0.12	-0.03	0.03	-0.18	-0.21	-0.37	-0.32	-0.48	-0.39	-0.46
Mar De Plata	-0.02	-0.09	0.08	0.07	0.31	0.05	0.11	-0.20	0.12	-0.02	0.11	-0.09	0.08
Tres Arroyos	-0.54	-0.27	0.05	0.00	-0.09	-0.17	-0.29	-0.43	-0.39	-0.26	-0.17	-0.13	-0.25
Bahía Blanca	-0.16	0.01	0.04	0.14	0.13	0.18	0.15	-0.18	-0.37	-0.41	-0.28	-0.14	-0.34

Tabla 2: Correlaciones entre FD3 y rendimientos de cada partido/departamento de la estación analizada. S.C.E.S (sin cómputos estadísticamente significativos). Valores

positivos (negativos) significativos al 1% están resaltados en verde (rojo)

Puede observarse en la Tabla 2 que durante el mes de Junio prevalecen las correlaciones negativas, aunque en pocos casos significativas. Lo contrario ocurre durante el mes de Julio, cuando las únicas relaciones significativas encontradas son positivas. Esto se revierte en los meses subsiguientes. Este resultado es esperable dado que el trigo es susceptible a la ocurrencia de bajas temperaturas en sus primeros estadios (Germinación – emergencia), la ocurrencia de temperaturas inferiores a la óptima alargarían el periodo de emergencia con lo que se obtendría un menor porcentaje de germinación y emergencia de plantas. En etapas fenológicas posteriores (etapas vegetativas), la ocurrencia de bajas temperaturas tiene un efecto en el alargamiento de dichas etapas, con la mayor captura de recursos que ello implica. Transcurrido dicho periodo, el trigo vuelve a ser susceptible a la ocurrencia de este tipo de temperaturas (etapas reproductivas) por un menor cuaje (lo que afectaría

el número de granos) o un merma en el llenado de granos (Porter y Gawith, 1998).

Este análisis permite identificar las décadas en las que las bajas temperaturas tienen efectos favorables en el rendimiento final del trigo desde una perspectiva climática regional. Similares resultados se encontraron al analizar el índice FDO.

La tabla 3 presenta las correlaciones entre los residuos de rendimientos y uno de los IET basados en percentiles (TN10). Esto tiene como objetivo dar pautas de potenciales efectos en un escenario de cambio de clima. Este tipo de índices representan los cambios respecto a su propia climatología, con sus características locales, en lugar de considerar un umbral fijo. Aportan información complementaria a los índices antes presentados. A través del índice TN10, por ejemplo, se pueden evaluar los impactos que generaría un mayor o menor número de noches frías (siempre en referencia a la climatología propia de la estación), sin necesidad de que esto signifique una helada meteorológica o agrometeorológica.

Localidad	Jun_1	Jun_2	Jun_3	Jul_1	Jul_2	Jul_3	Ago_1	Ago_2	Ago_3	Set_1	Set_2	Set_3	Oct_1	Oct_2	Oct_3	Nov_1	Nov_2	Nov_3	Dic_1
Ceres	-0.15	-0.13	0.05	0.21	0.28	0.16	0.08	-0.01	0.08	0.10	0.36	0.25	0.14	0.01	0.09	0.24	0.10	0.25	0.16
Rafaela	-0.34	-0.40	-0.30	0.07	0.27	0.27	0.21	0.06	-0.15	-0.16	0.12	0.02	-0.02	0.06	0.32	0.45	0.23	0.37	0.05
Concordia	0.32	0.27	0.00	-0.10	-0.13	-0.11	0.02	0.08	0.29	0.19	0.24	0.11	-0.01	-0.16	-0.16	-0.02	0.19	0.17	0.57
Parana	-0.28	-0.06	0.03	0.23	0.08	0.05	0.14	0.22	0.15	0.20	0.09	0.16	0.09	0.35	0.29	0.23	-0.22	0.02	-0.27
Manfredi	-0.09	-0.26	-0.33	-0.21	0.00	0.22	0.09	0.05	-0.11	-0.09	0.00	-0.03	0.00	0.03	0.29	0.48	0.40	0.47	0.02
C. Uruguay	0.23	0.22	0.23	0.11	-0.07	-0.12	-0.08	0.06	0.16	0.23	0.16	0.14	0.09	0.25	0.15	0.07	-0.17	-0.07	0.31
Oliveros	-0.09	-0.08	-0.02	0.15	0.23	0.16	0.09	0.00	-0.09	-0.11	0.08	0.13	0.24	0.27	0.22	0.21	-0.08	0.19	0.01
Marcos Juárez	0.19	-0.05	0.17	0.39	0.47	0.35	0.30	0.20	-0.02	-0.20	-0.15	-0.09	-0.05	0.16	0.22	0.38	0.18	0.45	-0.03
Gualeguaychú	0.10	0.11	0.14	-0.01	-0.29	-0.25	-0.05	0.19	0.22	0.20	0.17	0.12	0.02	-0.03	-0.18	-0.21	-0.19	0.09	0.30
Río Cuarto	0.03	-0.03	-0.01	0.12	0.30	0.48	0.43	0.16	-0.27	-0.32	-0.11	-0.01	-0.01	0.11	0.36	0.50	0.28	0.18	-0.14
San Pedro	-0.35	-0.20	0.02	0.15	0.00	0.01	0.03	-0.01	-0.09	0.11	0.36	0.44	0.22	0.19	0.27	0.26	0.21	0.16	0.18
Fergamino	-0.16	0.03	0.18	0.23	0.14	0.15	0.26	0.23	0.04	0.08	0.22	0.47	0.29	0.24	0.19	0.07	-0.07	-0.07	0.00
Laboulaye	-0.09	-0.19	-0.23	-0.12	0.01	0.08	0.17	0.00	-0.09	-0.44	-0.27	-0.22	-0.08	0.07	0.17	0.30	0.28	0.40	-0.16
Junín	0.05	0.09	0.24	0.33	0.30	0.21	0.22	0.23	0.11	0.05	0.09	0.13	0.10	0.29	0.42	0.47	0.25	0.35	0.13
Charilay	-0.13	-0.03	-0.03	0.06	0.04	0.15	0.03	0.17	0.22	0.23	0.16	0.01	0.15	0.05	0.36	0.19	0.15	0.18	-0.23
Gral. Villé	-0.45	-0.29	-0.30	0.07	-0.03	0.03	0.04	-0.21	-0.49	-0.50	-0.18	-0.11	-0.06	0.06	0.40	0.45	0.48	0.25	0.26
9 de Julio	-0.09	0.02	0.05	0.12	0.13	0.11	0.02	0.06	0.19	0.17	0.10	-0.06	0.19	0.38	0.41	0.27	0.18	0.26	-0.05
Fehuajo	0.01	0.10	0.16	0.35	0.38	0.32	0.49	0.23	0.30	-0.06	0.01	0.11	0.20	0.31	0.42	0.39	0.43	0.36	0.08
Bolivar	-0.24	-0.23	-0.25	-0.25	-0.22	-0.15	-0.07	0.03	0.14	0.09	0.02	-0.07	0.06	0.16	0.20	0.01	-0.12	-0.11	0.03
Santa Rosa	0.09	0.01	-0.13	-0.22	-0.07	0.07	0.04	-0.19	-0.36	-0.35	-0.25	-0.24	-0.36	-0.40	-0.13	0.05	0.29	0.35	0.45
Azul	-0.21	-0.39	-0.31	-0.27	-0.13	-0.22	-0.33	-0.40	-0.13	0.09	0.08	0.05	0.03	-0.03	-0.16	-0.21	-0.05	0.03	0.17
Tandil	0.06	0.01	0.09	0.00	0.02	-0.14	-0.13	-0.17	0.10	0.18	0.19	0.17	0.03	0.08	-0.06	0.11	0.18	0.23	0.03
Pique	-0.15	-0.24	-0.33	-0.36	-0.21	-0.18	-0.17	-0.29	-0.27	-0.28	-0.22	-0.27	-0.24	-0.21	0.09	0.09	0.37	0.37	0.15
Balcarce	0.24	-0.13	-0.05	-0.15	0.03	-0.01	0.13	0.11	0.28	0.29	0.21	0.13	0.16	0.31	0.39	0.41	0.32	0.24	0.38
Bordenave	-0.01	-0.03	-0.12	-0.11	-0.03	0.05	-0.07	-0.17	-0.29	-0.28	-0.45	-0.50	-0.45	-0.34	-0.02	0.15	0.08	-0.02	-0.32
Mar De Plata	0.14	0.14	0.13	0.07	0.10	0.12	0.18	-0.04	0.05	-0.05	-0.09	-0.13	-0.05	0.23	0.25	0.35	0.22	0.22	0.26
Tres Arroyos	-0.40	-0.49	-0.39	-0.34	-0.11	-0.09	-0.22	-0.44	-0.47	-0.43	-0.35	-0.16	-0.20	-0.17	0.01	0.17	0.14	0.01	-0.10
Bahía Blanca	0.03	-0.09	-0.28	-0.12	0.01	0.30	0.06	-0.21	-0.51	-0.54	-0.27	-0.18	-0.36	-0.35	0.05	0.27	0.11	0.05	-0.21

Tabla 3: Idem tabla 2, pero para el índice TN10

El índice TN10 presenta hasta septiembre cierta similitud con lo encontrado para los índices de heladas (relaciones significativas negativas en junio, luego positivas durante julio y agosto y posteriormente negativas nuevamente). Aquí, al igual en el caso anterior, el trigo se ve afectado en su germinación si se alarga dicha etapa por falta de temperaturas óptimas, y luego el alargamiento de dicho periodo tendría un efecto beneficioso en la mayor captura de recursos. Para los períodos con inicio en la segunda década de septiembre, se observa una diferenciación de las relaciones en función de la ubicación de las estaciones consideradas. Las estaciones ubicadas hacia el sur de la región, continúan evidenciando una relación negativa con los rendimientos ya que las mismas se verían afectadas por temperaturas que producen daño en esta época crítica, mientras que en las ubicadas más al norte, se observa lo contrario, ya que no se alcanzaría dicho umbral de temperatura crítica y seguiría al igual que en el periodo anterior con temperaturas que alargarían el periodo con la consecuente mayor captura de recursos

CONCLUSIONES

Se analizó el impacto de las bajas temperaturas sobre el rendimiento del trigo de la Pampa

Húmeda, considerando índices de heladas e índices de temperaturas máximas y mínimas inferiores al percentil 10 en 28 estaciones meteorológicas de la región. Los cálculos permitieron identificar los períodos de mayor impacto sobre el rendimiento del trigo. En términos generales, una alta frecuencia de temperaturas máximas bajas está correlacionada positivamente con el rendimiento durante todo el período. Las temperaturas mínimas bajas, tienen una influencia diferenciada a lo largo del ciclo del cultivo y la localidad considerada. Con el índice TX10 se observan relaciones positivas en todo el período analizado

AGRADECIMIENTOS

proyectos UBACyT 20020130200142BA y 20020130100263BA

REFERENCIAS

- Penalba, O. C.; Rivera, J. A.; Pántano, V. C. 2014. The CLARIS LPB database: constructing a long-term daily hydro-meteorological dataset for La Plata Basin, Southern South America. *Geoscience Data Journal*.doi: 10.1002/gdj3.7
- Porter, J. R.; Gawith, M. 1998. Temperatures and the growth and development of wheat a review. *European Journal of Agronomy* 10 (199) 23-36

VERIFICACIÓN DE ALERTAS DE ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS LECHERAS EN NOGOYÁ, ENTRE RÍOS

Brizuela, A.^{1,2}; Rondán, G.^{2*}; Kemerer, A.²; López, G.²

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). ²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos.

*Contacto: grondan035.gr@gmail.com

Palabras clave: ITH pronosticado; olas de calor, verano.

INTRODUCCIÓN

El departamento Nogoyá se caracteriza por concentrar buena parte de la producción lechera de la provincia de Entre Ríos.

El estrés calórico afecta el confort animal y esto repercute en la producción del rodeo lechero (Valtorta y Gallardo, 1996). El índice de temperatura y humedad (ITH) permite conocer bajo qué condiciones comienza a ser afectada la performance animal, pudiendo caracterizar de esta manera la productividad de distintas zonas geográficas (Cony et al., 2004; Gallardo y Valtorta, 2011). En el área de estudio, los meses con mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de estrés (ITH > 72) son diciembre, enero y febrero; mientras que en septiembre y marzo son menos frecuentes y de menor duración (López et al., 2015).

Existen diferentes estrategias que el productor lechero puede adoptar para atenuar los efectos del estrés calórico en los animales. Entre ellas se encuentran el manejo nutricional, del agua, de la sombra y ventilación (Armstrong, 1994; Gallardo y Valtorta, 2011; Ghiano et al., 2011). Para aplicar estas estrategias de forma eficiente es importante que los productores puedan conocer con antelación si se presentarán condiciones de estrés calórico. En este sentido, INTA elabora un informe de monitoreo semanal de estrés calórico, a nivel de cuencas lecheras (Monitoreo semanal del estrés calórico. INTA Lechero).

Se ha realizado un proyecto de extensión que permite contar con un "Sistema de alerta por estrés calórico para vacas lecheras" desarrollado y puesto en marcha para productores de leche de Nogoyá, sobre la base de los trabajos de Kemerer et al. (2015) y Brizuela et al. (2016). En el primero se proponen dos métodos para estimar el ITH con datos pronosticados de temperatura del aire máxima y mínima; mientras que en el segundo se compararon las temperaturas extremas pronosticadas, con los valores observados en estaciones meteorológicas de Nogoyá, en el período septiembre 2014 a marzo de 2015.

El objetivo del presente trabajo es verificar el pronóstico del sistema de alerta de ITH, para el departamento Nogoyá, durante el período diciembre 2015-marzo 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de trabajo corresponde al Dpto. Nogoyá, Entre Ríos. La temperatura media anual es de 18,1°C, la humedad relativa media anual es de 73,5% y la precipitación anual es de 1200 mm (<http://siga2.inta.gov.ar>).

Para el cálculo del ITH se utilizaron los datos pronosticados de temperatura máxima y mínima, tomados del sitio 'Meteored' (<http://metered.com.ar>), el método senoidal propuesto por Kemerer et al. (2015) y la ecuación propuesta por Valtorta y Gallardo (1996), obteniéndose el ITH pronosticado.

La verificación fue realizada, posteriormente, con datos provenientes de la estación automática Nogoyá (32°24,8'S 59°48,8'O) -de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos-.

Para conocer la variación diaria de la temperatura se utilizó la ecuación 1.

$$T_a = (T_{\max} - T_{\min}) \times \text{sen}(\omega \times (t - \alpha)) + T \quad (1)$$

donde:

T_a: Temperatura del aire (°C)

T_{max}: Temperatura máxima diaria (°C)

T_{min}: Temperatura mínima diaria (°C)

$\omega = 0,2618 \text{ h}$ y $\alpha = 9,5 \text{ h}$

T = Temperatura media diaria.

Para calcular la tensión de vapor de saturación se utilizó la ecuación 2.

$$e_s = 0,6108 \times e^{\left(\frac{17,27 \times T_a}{T_a + 237,3}\right)} \quad (2)$$

donde:

e_s: Tensión de vapor de saturación (kPa)

T_a: Temperatura del aire (°C)

La tensión de vapor real se estimó utilizando la ecuación 3.

$$e_a = 0,6108 \times e^{\left(\frac{17,27 \times T_{\min}}{T_{\min} + 237,3}\right)} \quad (3)$$

donde:

e_a: Tensión de vapor real (kPa)

T_{min}: Temperatura mínima diaria (°C)

La evolución de la HR diaria se calculó con los datos estimados de tensión de vapor real y de saturación mediante la ecuación 4.

$$HR = \frac{ea}{es} \times 100 \quad (4)$$

Con los datos horarios estimados de temperatura del aire y HR se calculó el ITH utilizando la ecuación 5, propuesta por Valtorta y Gallardo 1996.

$$ITH = (1,8 \times Ta + 32) - \left(0,55 - 0,55 \times \frac{HR}{100} \right) \times (1,8 \times Ta - 26) \quad (5)$$

A partir de estos resultados se evaluó la ocurrencia de eventos de estrés y su duración.

Se emitieron dos informes semanales, lunes y jueves, con el pronóstico para 4 días (lunes a jueves) y 5 días (jueves a lunes) respectivamente, para ser difundido a productores lecheros. En el mismo se informó el ITH máximo, grado de estrés probable y tiempo en horas con ITH superior a 72.

Durante el período de emisión de alertas se recopilaron los datos y posteriormente se realizó un análisis de regresión, entre ITH pronosticado vs. observado. Se utilizó el coeficiente de determinación (r^2) como indicador estadístico de la variabilidad explicada por el estimador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis surge que existe una fuerte relación entre los valores estimados y observados, especialmente para los primeros tres días de pronóstico (Tabla 1). En la figura 1 se muestra la regresión para el día+2.

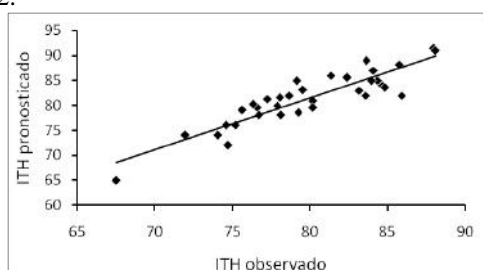


Figura 1. Regresión lineal entre ITH pronosticado y calculado para el día+2. $ITH_{pron} = -2,33 + 1,05 * ITH_{EMA}$. $r^2 = 0,80$

Para el día+3, el ajuste es aceptable pero el error de estimación es elevado ($EE > 3$) con un valor medio de ITH pronosticado de 81.

Se observa que para el quinto día (día+4) el ajuste entre los datos analizados es débil. Esto sugiere la conveniencia de aumentar la frecuencia con que se pronostica, a tres o más veces por semana. En caso de

Tabla 1. Resultado de análisis de regresión. Para todos los casos, el valor $p < 0,01$. r^2 : coeficiente de determinación; MP-ITH: valor medio del ITH pronosticado; E.E: error de estimación, ITH_{pron} : ITH pronosticado, ITH_{EMA} : ITH calculado a partir de datos de la estación meteorológica automática Nogoyá

	Hoy	día+1	día+2	día+3	día+4
Ecuación	$ITH_{pron} = 8,79 + 0,89 * ITH_{EMA}$	$ITH_{pron} = 8,53 + 0,91 * ITH_{EMA}$	$ITH_{pron} = -2,33 + 1,05 * ITH_{EMA}$	$ITH_{pron} = -0,35 + 1,02 * ITH_{EMA}$	$ITH_{pron} = 8,56 + 0,88 * ITH_{EMA}$
r^2	0,77	0,67	0,80	0,65	0,50
MP-ITH	81	82	81	81	80
E.E.	2,29	2,73	2,48	3,90	4,56
n	34	34	34	34	17

instrumentar un sistema diario de alerta, sería recomendable que el pronóstico cubra hasta tres días.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el pronóstico del sistema de alerta funciona con un grado de acierto aceptable hasta el tercer día.

De esta manera se presenta como una herramienta más que los productores disponen para el manejo de su rodeo lechero cumpliendo con el objetivo para el cual fue planteado.

A partir de estos resultados se abren nuevas perspectivas de investigación que tiendan a relacionar situaciones de estrés con pérdidas de producción en rodeos lecheros de Entre Ríos.

REFERENCIAS

- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction whit shade and cooling. *J. DairySci.* 77: 2044.
- Brizuela, A.; Rondán, G. Comparación de dos sitios web de pronóstico del tiempo para temperatura máxima y mínima en Nogoyá, Entre Ríos. Inédito.
- Cony, P.; Casagrande, G.A.; Vergara, G.P. 2004. Cuantificación de un índice de estrés calórico para vacas lecheras en Anguil, provincia de La Pampa (Argentina). *Rev.Fac. Agronomía - UNLPam Vol. 15 N°1/2.* ISSN: 0326-6184.
- Gallardo, M.; Valtorta S. 2011. Producción y bienestar animal: estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. *HemisferioSur.* Buenos Aires, Argentina. 128 p.
- Ghiano, J.; García, K.; Gastaldi, L.; Dominguez, J., Sosa, N.; Massoni, F.; Ferreira M.; Walter E, Taverna, M. 2011. Manejo del estrés calórico en el tambo. INTA. Ficha técnica N° 17 y 18.
- Kemerer, A.; Maltese, N.; Aguirre, C.; Lissaso, C.; López, G.; Brizuela, A. 2015. Comparación de métodos para pronosticar el índice de temperatura y humedad (ITH) diario en el departamento Nogoyá, Entre Ríos. En: IX Reunión de Comunicaciones Científicas y VII Reunión de Extensión de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER, 11 de junio de 2015, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.
- López, G.; Brizuela, A.; Rondán, G.; Lissaso, C.; Kemerer, K.; de los Santos, M. 2015. Determinación del índice de temperatura y humedad (ITH) como indicador de estrés calórico, para vacas lecheras del departamento Nogoyá, Entre Ríos. En: IX Reunión de Comunicaciones Científicas y VII Reunión de Extensión de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER, 11 de junio de 2015, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.
- Valtorta, S.; Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. En INTA. *Misceláneas.* 81:173-185.

EVALUACIÓN DEL MODELO BHOA UTILIZANDO PRECIPITACIÓN DERIVADA DE DATOS SATELITALES

Fernández Long M. E.^{1*}, Viano S.¹, Carnelos D.¹

¹ Facultad de Agronomía (UBA), Cátedra de Climatología. Av. San Martín 4453 CABA

*Contacto: flong@agro.uba.ar

Palabras clave: Balance hidrológico; TRMM, Índice de Satisfacción Hídrica.

INTRODUCCIÓN

La precipitación es la variable meteorológica de mayor influencia sobre la determinación de los rendimientos de maíz en la región oriental de secano. Las deficiencias hídricas durante el período crítico pueden provocar pérdidas en el rendimiento debido a una disminución en el número final de granos. Una alternativa para mitigar estos efectos negativos es la utilización del conocimiento de la variabilidad de las condiciones hídricas del suelo a través de un balance hidrológico. Esta información es útil para ajustar prácticas de manejo en el cual se combinan fechas de siembra (tardía o temprana) junto a diferente duración de ciclos a floración (corto o largo), de manera de adelantar o retrasar el período crítico y así evitar las deficiencias hídricas durante este período (Maddonni, 2011).

Fernández Long y otros (2012) desarrollaron un modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) utilizando datos de superficie obtenidos de la red de estaciones meteorológicas del país. Lamentablemente quedan amplias regiones productivas sin registros pluviométricos. Por este motivo, la utilización de la precipitación obtenida a través de datos satelitales resulta ser una alternativa a este problema. Carnelos y otros (2014) utilizaron datos estimados por CMORPH (Climate Prediction Center Morphing Technique) como variable de entrada para el cálculo de BHOA. Sin embargo, más adelante, Houbouchian y otros (2015) encontraron que la estimación de la precipitación conocida como 3B42 presenta un mayor ajuste durante los meses de verano en la región pampeana. El objetivo del trabajo es analizar el grado de asociación entre los datos generados por el BHOA, obtenidos a partir de precipitación estimada por el algoritmo 3B42 RT de la TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), con los datos de rendimiento de los 54 departamentos en una serie de campañas (2000/2001 – 2013/2014). De esta forma se busca que la información generada permita mejorar la toma de decisiones en el sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 54 departamentos y/o partidos de la región oriental de secano en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba, La Pampa, Chaco y Santiago del Estero. Se generó una base de datos con los rendimientos de maíz de estos departamentos y/o partidos para 14 campañas

agrícolas comprendidas entre los años 2000 al 2014 (SIIA, 2016).

Se aplicó el modelo BHOA utilizando la precipitación estimada por el algoritmo 3B42 RT de la TRMM. La resolución espacial de los datos fue de 0,25°. Se utilizaron datos tri-horarios, que luego fueron acumulados en 24 horas equivalentes al día pluviométrico.

A partir de los datos obtenidos se calculó el índice de satisfacción hídrica (ISHi) según la siguiente expresión:

$$ISHi = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{ETR}{ETP}}{n}$$

donde n es el número de días de la década considerada (8, 9, 10 u 11), ETR es la evapotranspiración real diaria y ETP es evapotranspiración potencial diaria.

Se calculó el ISHi para cada departamento y cada década desde el 21 de noviembre hasta el 10 de febrero de cada año de la serie en estudio. Una década se define como el período de diez días entre el 1 y el 10, el 11 y el 20 y el 21° y el último día de cada mes. La última década del mes puede tener 8, 9, 10 u 11 días. De esta forma se obtuvo para cada campaña ocho valores del índice.

Finalmente se hicieron correlaciones entre los valores del ISHi en cada una de las décadas de noviembre, diciembre, enero y febrero con los rendimientos de maíz de los 54 departamentos seleccionados anteriormente. La prueba estadística usada para determinar la significancia de la correlación fue la “t” de Student a tres niveles, 90%, 95% y 99%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de realizar las correlaciones entre los rendimientos promedios de maíz por departamento y el ISHi para cada década en las catorce campañas se determinó que de los 53 departamentos analizados hubo 38 con valores de correlaciones significativos y 16 no significativos. Dentro de los significativos, en 13 se obtuvieron correlaciones positivas con un nivel de significancia estadística del 99%. Se encuentran ubicados, en cierta medida, dentro de la zona núcleo de producción y los valores más altos de correlación se lograron entre la segunda década de diciembre (departamentos número 3) y la primera de enero (departamentos número 5) (figura 1). En otros 17 departamentos, los valores fueron significativos al 95%. En su mayoría también estuvieron ubicados dentro de la zona núcleo y los valores más altos de correlación se lograron entre la segunda década de diciembre (departamentos número 3) y la primera de enero

(departamentos número 5). Existieron algunos pocos con valores significativos en el sur de Buenos Aires en la primer década de diciembre (departamentos número 2) y en el sur de Santiago del Estero en la última década de enero y primera de febrero (departamentos número 7 y 8). Los últimos 8 departamentos fueron significativos al 90%, 6 de ellos con valores de correlaciones positivos y solo 2 con valores negativos (sin sentido biofísico). Se distribuyeron a lo largo de la zona de estudio sin mostrar ningún patrón definido.

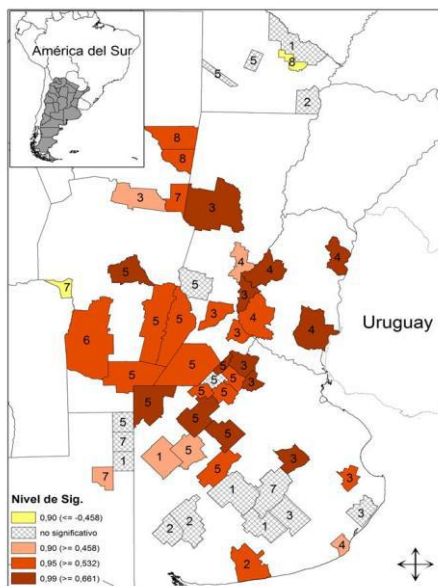


Figura 1. Departamentos con r significativos. Los números corresponden a la década en la cual se obtuvo el mayor valor de r (1: 3raNov, 2: 1raDi, 3: 2daDic, 4:3raDic, 5: 1raEne, 6= 2daEne, 7: 3raEne, 8:1raFeb).

En la mayoría de los departamentos los valores de correlación aumentan a partir de una década hasta llegar a un valor máximo y luego vuelve a disminuir. A modo de ejemplo, la Tabla 1 presenta a los departamentos analizados de la provincia de Entre Ríos. Este patrón está ligado a la exigencia hídrica del cultivo de maíz alrededor de floración. El requerimiento de agua aumenta hasta floración, se mantiene constante durante aproximadamente 30 días y luego disminuye. Además, el momento en el que se logra ese valor máximo de correlación posiblemente esté asociado a la fecha media en la cual se siembra el cultivo. En la zona núcleo la fecha media de siembra se encuentra alrededor de octubre y se atrasa considerablemente hacia el norte de la región donde la fecha media es en

diciembre. El momento donde se alcanzó la máxima correlación estuvo entre la segunda década de diciembre y la primera de enero en los sitios ubicados dentro de la zona núcleo (Figura 1) mientras que en algunos departamentos al norte de la región hubo un atraso y los máximos valores se lograron en la última décadas de enero y la primera de febrero. Por lo tanto, departamentos que tuvieron fechas medias similares de siembra también tuvieron el valor máximo de correlación alrededor de la misma década.

CONCLUSIONES

El ISHi calculado utilizando datos satelitales, se encuentra asociado de forma positiva con los rendimientos promedio para la mayoría de los departamentos analizados. El valor de correlación entre el ISHi y los rendimientos departamentales adopta el máximo valor durante los treinta días alrededor de floración.

Para los departamentos ubicados en el sur de Santiago del Estero, centro-sur de Santa fe, Córdoba, Entre Ríos y centro-norte de Buenos Aires se puede utilizar el ISHi como estimadores del rendimiento, calculado durante el periodo de floración, lo cual determina que el uso del BHOA con datos TRMM es una buena alternativa cuando no se tienen datos de superficie.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CRN-3035 del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI). Fundación Nacional de Ciencias (NSF) de los EEUU (Grant GEO-1128040).

REFERENCIAS

- Carnelos, D.A.; Fernandez 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.
- 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: 31-47.
- Hobouchian, M.P. 2015. Estimaciones de precipitación por satélite en el área Subtropical de Sudamérica: análisis y validación. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera. UBA. 75 pag.
- Maddonni, G.A. 2010. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina. *Theoretical and Applied Climatology*. Vol 19 No.1-4.
- SIIA, 2016 Sistema Integrado de Información Agropecuaria, (<http://www.sija.gov.ar/>).

Tabla 1. Valor de las correlaciones para las ocho décadas de estudio desde la tercera de noviembre a la primera de febrero, para los departamentos de la provincia de Entre Ríos. Los asteriscos indican el nivel de significancia estadística obtenido en cada década (*: significancia estadística del 90%; **: del 95% y ***: 99%).

	3ra Nov	1ra Dic	2da Dic	3ra Dic	1ra Ene	2da Ene	3ra Ene	1ra Feb
Concordia	0.63**	0.66**	0.60**	0.87***	0.63**	0.58**	0.30	-0.04
Diamante	0.45	0.58**	0.75***	0.73***	0.71***	0.52*	0.37	-0.28
Gualeguaychú	0.53*	0.60**	0.67***	0.79***	0.77***	0.51*	0.40	0.11
Parana	0.57**	0.72***	0.79***	0.81***	0.73***	0.69***	0.69***	0.02
Victoria	0.37	0.42	0.57**	0.66**	0.66**	0.63**	0.48**	-0.04

HACIA UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA HIDROMETEOROLÓGICO EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN

Denegri*, M.J.¹; Jara, S.I.¹; Rivero, L.M.²

¹ Meteorología Agrícola, Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján, Ruta 5 y Av. Constitución, Luján, 6700, Argentina.

² Estudiante de la Lic. en Información Ambiental, UNLu, Ruta 5 y Av. Constitución, Luján, 6700, Argentina

*Contacto: mariajose_denegri@yahoo.com

Palabras clave: inundaciones, alerta temprana

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Luján tiene una superficie de alrededor de 3.000 km² y se orienta hacia la vertiente del sistema Gran Cuenca del Plata. Presenta un régimen pluvial, en general, con crecidas rápidas durante las tormentas y posteriores desbordes e inundaciones. La mayor parte de la superficie de la cuenca ha sido utilizada para la explotación agrícola-ganadera extensiva, con zonas urbanas en donde se han establecido también industrias. En la actualidad la cuenca tiene una población de más de un millón de personas. Se trata de una cuenca altamente antropizada, donde la acelerada modificación de los usos del suelo y del agua, no siempre debidamente planificada, determina un complejo mapa del riesgo de inundaciones y deterioro del recurso hídrico.

Los daños producidos por crecidas e inundaciones periódicas a través de los años, llevó a que se trate esta problemática desde distintos enfoques. Cualquiera sea el punto de vista, la problemática requiere del conocimiento de la dinámica del río, del monitoreo de variables hidrometeorológicas y del desarrollo de herramientas de apoyo a los sistemas de alerta temprana. El monitoreo y la evaluación son componentes clave de las actividades de gestión de cuencas y tiene como objetivo ayudar a los responsables de la gestión y a las partes interesadas a aprender juntos, con miras a mejorar la planificación y la implementación de programas (Buccheri y Comellas, 2012).

La participación de la Universidad Nacional de Luján (UNLu) en el abordaje de la problemática se inicia en el año 2003 por demanda del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Luján y se formaliza en el tiempo a través de sucesivos proyectos de Extensión Universitaria.

En la actualidad el principal desafío en materia de alerta temprana es establecer un sistema de alerta de inundaciones en la cuenca del Río Luján, a su vez es necesario incrementar la información hidrometeorológica en tiempo real, siendo que la cuenca se encuentra dentro de una de las zonas productivas más importantes del país. El objetivo general de este proyecto es desarrollar un sistema de monitoreo de variables meteorológicas e hidrológicas en el área de la Cuenca del Río Luján, de manera de conformar un banco de datos hidro-

meteorológicos, que sirvan para la gestión y el manejo de la cuenca, y la planificación de soluciones a problemas locales y regionales. El propósito final es que los usuarios puedan conocer mejor y con mayor antelación la amenaza de inundación y así mitigar el riesgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se adopta para este trabajo la arquitectura de sistema de monitoreo y pronóstico propuesta por la Dirección de Sistemas de Información y Alerta Hidrológico (DSIyAH) del Instituto Nacional del Agua (INA) adaptada a partir de la metodología publicada por Nemeç (1986).

El sistema de alerta hidrológico consta de 4 tipos básicos de componentes: la captura y transmisión de los datos en tiempo real, su almacenamiento y procesamiento (información), la generación de los informes de altura hidrométrica y caudales líquidos del río Luján (pronóstico operativo) y finalmente la comunicación coordinada con las instituciones de gestión de las emergencias (difusión de pronóstico). La resultante de esas componentes tendrá una expresión territorial que en este caso estará centrada en las zonas urbanizadas vulnerables a las crecidas ribereñas y en las zonas rurales vulnerables por anegamientos.

Dado que la UNLu no tiene competencia para llevar adelante cada una de las componentes del sistema de alerta, desde la concepción del proyecto se trabajó de manera conjunta y coordinada con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el INA, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Bomberos Voluntarios de Luján.

El trabajo de la Universidad en primera instancia se centró en el diseño de la red de estaciones meteorológicas (EMA), pluviométricas (EPA) e hidrológicas (EHA) teniendo en cuenta los siguientes criterios: ubicación de las EMA y EPA en zonas cercanas a las nacientes del curso principal y de los arroyos y riachos afluentes del río Luján; distribución homogénea de las estaciones para que sus mediciones resulten representativas del área que cubren en la cuenca; buenas condiciones de acceso al lugar de observación, y buena señal GPRS para poder tener acceso remoto a las estaciones; ubicación de las estaciones meteorológicas ya instaladas y de las que se instalarán a futuro dentro de la cuenca; ubicación de las EHA en puntos de aporte de las subcuencas de mayor superficie; consistencia con

puntos de medición hidrométricos preexistentes; puntos clave para el pronóstico de crecidas en sitios de alta vulnerabilidad; amplia cobertura de la extensión del curso de agua.

Los procesos de compra de las estaciones meteorológicas e hidrométricas están iniciados y los equipos están siendo importados. Las EMA estarán equipadas con sensores para medir temperatura y humedad relativa del aire en dos niveles, precipitación, presión atmosférica, radiación solar global e intensidad y dirección del viento. Las EPA contarán con un sensor de precipitación. Las estaciones ubicadas en la cuenca superior tendrán también un sensor para medir temperatura y contenido volumétrico de agua en el suelo a dos profundidades.

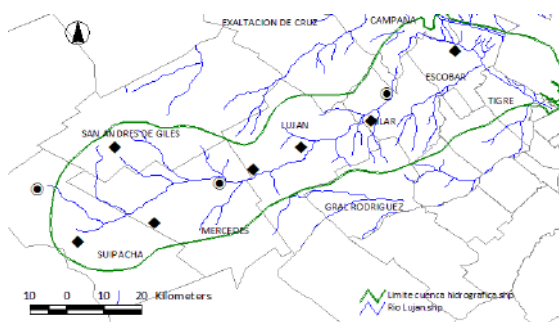


Figura 1. Distribución de las estaciones de monitoreo de parámetros meteorológicos: . meteorológicas y \blacktriangle pluviométricas.

Una vez que hayan concluido los procesos de compra del equipamiento, previo a su instalación, las EMA y EPA serán enviadas al SMN, para obtener los certificados de homologación, para asegurar confiabilidad en las mediciones, los sensores de radiación solar global asociados a ellas serán calibrados por el Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar, INEDES, UNLU-CONICET) y los sensores de humedad de suelo serán calibrados por el grupo de Edafología de la Universidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien aún no hay resultados de un producto hidrometeorológico concreto para presentar, ya que el proyecto está en inicio de ejecución, nos pareció interesante mostrar la propuesta y recalcar la buena predisposición y el apoyo de las demás instituciones participantes para colaborar en el armado del proyecto, en el diseño de la red de monitoreo y asistiendo a reuniones para dar respuesta a organismos municipales, provinciales y nacionales interesados en el proyecto.

Ante el escenario resulta imperativo el desarrollo y la aplicación de tecnologías destinadas a la mitigación del riesgo que tengan en cuenta las características particulares de la geografía local. Existan o no medidas estructurales, que de todos modos no pueden anular la amenaza, las medidas no estructurales resultan indispensables para una adecuada gestión del riesgo. Entre ellas, los sistemas de información y pronóstico hidrológico

son útiles tanto para evaluar el riesgo como para estar más preparados para la respuesta ante eventos adversos.

Así, la articulación entre instituciones de distinta índole es clave para llegar al objetivo propuesto. En este camino, el SMN, entre otras tareas, proveerá pronósticos de precipitación en tiempo real para alimentar el modelo hidrológico, proveerá avisos a corto plazo y la generación de los alertas meteorológicos de precipitación, vientos intensos y granizo (alerta de tormentas). El INA a través de su DSIAH se encargará de ajustar los modelos hidrológicos (precipitación – escorrentía) en base a la información obtenida a través de las redes y de los datos provistos por los demás grupos encargados de las mediciones, generando pronósticos de altura y duración de las crecidas del río en las secciones de interés. El INTA será la institución que retransmita los avisos a corto plazo y alertas a las zonas rurales a través de los equipos técnicos de las agencias de Extensión ubicadas dentro del área de influencia de la Cuenca alta y media del Río Luján. Los cuerpos de Bomberos Voluntarios intervinientes controlarán las estaciones meteorológicas ó pluviométricas automáticas que se emplacen en sus destacamentos, además de ser el actor clave que actúa ante la emergencia y que cuentan con información muy valiosa referida a eventos pasados de inundación.

CONCLUSIONES

El proyecto apunta a una visión integral de la cuenca, que exceda los límites de los municipios, cubriendo un territorio de casi 3.000 km² y con una población de más de un millón de personas.

Una vez concluida la etapa de instalación del equipamiento para monitoreo se habrán sumado a la cuenca 10 puntos de registro de las precipitaciones, 9 de humedad del suelo, 6 puntos de muestreo del nivel del río y 10 sitios de muestreo del nivel freático; información básica de entrada para alimentar los modelos hidrológicos.

La integración de actores con diferentes roles y capacidades es clave para el buen funcionamiento del sistema y así lograr reducir la incertidumbre de los pronósticos hidrometeorológicos, permitiendo una mayor mitigación de los efectos de las crecidas ribereñas y por lo tanto una disminución del riesgo.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas de la UNLU, SMN, CIMA-DCAO, INA, INTA y Bomberos Voluntarios involucrados con este proyecto.

REFERENCIAS

- Buccheri M.J. y Comellas E.A. 2012. Indicadores para el monitoreo y evaluación hacia la GIRH. 1^{er} Encuentro de Investigadores en Formación de Recursos Hídricos. Ezeiza, Buenos Aires.
- Nemec, J. 1986. Hydrological Forecasting. Kluwer Academic Publishers Group. Holanda.

ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA DO MILHO PARA DOIS LOCAIS NO RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL– SAFRA 2015/2016

Melo*, R.W.¹; Radin, B.²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, Rua Bento Gonçalves 7712, Agronomia, Porto Alegre, RS, Brasil, CEP 91540-000

²Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, Bairro Menino Deus, Porto Alegre, RS, Brasil, CEP 90130-060

*Contato: ricardo.wanke@ufrgs.br

Palavras-chave: ISNA, ENOS, Precipitação.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul há grande variabilidade interanual da precipitação pluvial atribuída, principalmente, a ocorrência do fenômeno ENOS (Berlato e Fontana, 2003). O ENOS (El Niño Oscilação Sul), em sua fase quente, é chamado de El Niño e, de uma maneira geral, traz volumes de precipitação pluvial acima da média climática para a região. A precipitação pluvial, por sua vez, é a principal determinante da produtividade das culturas de primavera/verão. Desta forma, podem ser empregados índices agroclimáticos para auxiliar na escolha de datas preferenciais de semeadura para culturas que não utilizam irrigação (Battisti *et al.*, 2013).

Dentre esses índices, o de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA), que expressa a relação entre a evapotranspiração real e a máxima da cultura, durante as fases críticas das culturas, vem sendo utilizado na elaboração do zoneamento de risco climático, o qual delimita áreas e períodos de semeadura favoráveis ao cultivo de culturas agrícolas no Brasil.

Mesmo que com a presença do evento El Niño as precipitações fiquem acima da normal na maioria dos meses, isto não ocorreu no mês de janeiro de 2016. O objetivo deste trabalho foi verificar se neste mês foram atendidas as necessidades hídricas da cultura do milho para os municípios de Passo Fundo e de São Luiz Gonzaga, localizados no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados no presente estudo foram correspondentes ao período entre setembro de 2015 a março de 2016, organizados na escala decendial, contemplando a precipitação pluvial, temperatura média compensada do ar, insolação diária, umidade relativa do ar e velocidade do vento, os quais foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), das estações meteorológicas de Passo Fundo (28°15'S, 52°24'W, 690m) e São Luiz Gonzaga (28°24'S, 54°58'W, 113m). Foram definidas nove (09) diferentes datas de semeadura, correspondentes sempre ao primeiro dias de cada decêndio considerado.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida pelo produto entre a evapotranspiração de

referência (ET_o), estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme descrito por Pereira *et al.*, 2002, e o coeficiente de cultura (k_c) para cada fase da cultura do milho. Os valores de k_c adotados foram iguais a 0,5; 0,8; 0,9; 1,1; 1,2; 1,3; 1,3; 1,3; 1,4; 1,3; 1,2 e 1,1 para cada decêndio após a semeadura das plântulas (Radin *et al.*, 2003). Quanto à evapotranspiração real (ET_r), seguiram-se os critérios do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para sua determinação, adotando-se uma capacidade de água disponível variável do solo, crescente de acordo com o crescimento radicular da cultura. Admitiu-se o crescimento de 1 cm por dia até um máximo de 100 cm, em um solo com uma umidade volumétrica de 0,850 mm cm⁻¹, sendo considerado o valor da CAD a multiplicação da Umidade volumétrica pela profundidade radicular de cada dia. Os valores de ISNA foram definidos em três categorias: favorável (ISNA>0,55), intermediária (ISNA entre 0,45 a 0,55), e desfavorável (ISNA<0,45), seguindo metodologia de MALUF *et al.* (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados observa-se que os valores do ISNA foram considerados favoráveis, ou seja, maiores do que 0,55 para a maioria dos decêndios (Figura 1).

O subperíodo mais afetado pela deficiência hídrica compreende dez dias antes do pendoamento até dez dias após o final do espigamento, essa fase encontra-se entre o 6° e o 9° decêndios (Radin *et al.*, 2003), então, para a cidade de São Luiz Gonzaga das semeaduras ocorridas a partir de 3° decêndio de outubro até o 3° decêndio de novembro tiveram ISNA com valores abaixo do favorável em um período considerado crítico ou sensível ao déficit hídrico.

Em Passo Fundo somente a semeadura do 3° decêndio de novembro é que apresentou o período com valor de ISNA abaixo de 0,55.

Pelos resultados deste trabalho, constatamos que, mesmo em um ano sob a influência da fase quente do fenômeno ENOS, a cultura do milho foi submetida a um período de valores de ISNA abaixo dos favoráveis, justamente na fase considerada crítica à cultura. Também é possível observar que, quando a semeadura foi realizada mais cedo, todos os decêndios apresentaram condições hídricas favoráveis para o desenvolvimento da cultura.

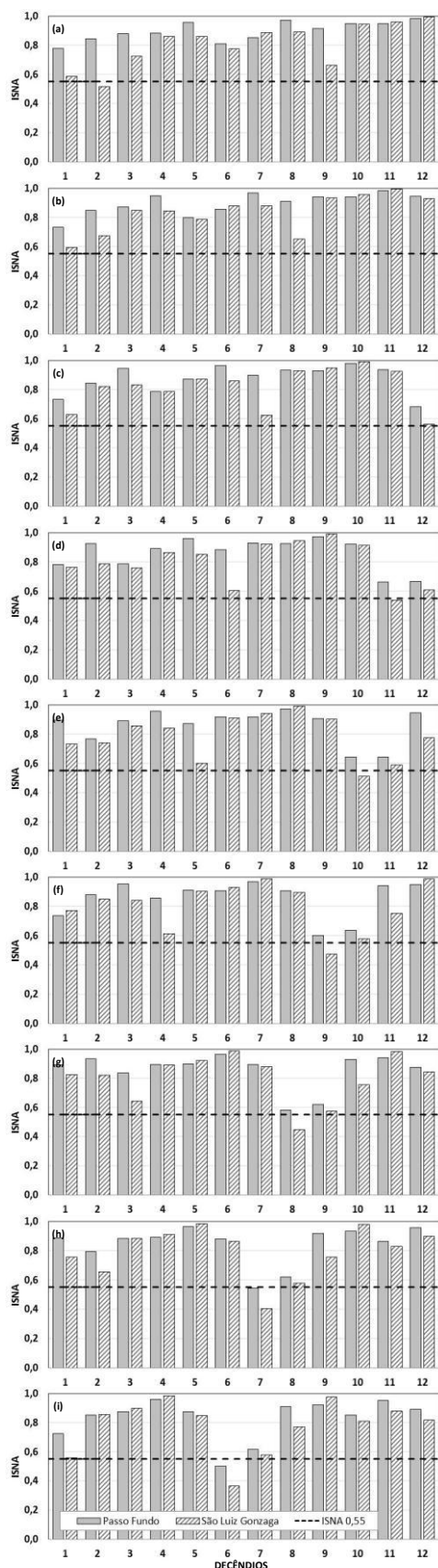


Figura 1. Valores do ISNA das semeaduras de milho do 1º decênio de setembro (a), 2º (b), 3º (c), 1º outubro (d), 2º (e), 3º (f), 1º novembro (g), 2º (h) e 3º (i) para as cidades de Passo Fundo e São Luiz Gonzaga, no Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2015/2016.

CONCLUSÕES

Mesmo sob condições de El Niño forte ocorreram períodos em que o índice de satisfação da cultura do milho não foi favorável, e esse período ocorreu no mês de janeiro;

Recomenda-se semeadura escalonada para diminuir riscos de perdas de produção da cultura do milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados fornecidos e à FINEP pelo auxílio financeiro (conv. 0112.0113).

REFERÊNCIAS

- Battisti, R.; Sentelhas, P. C.; Pilau, F. G.; Wollmann, C. A. 2013 Eficiência climática para as culturas da soja e do trigo no estado do Rio Grande do Sul em diferentes datas de semeadura. *Ciência Rural*, v. 43, n.3, p.390-396.
- Berlato, M.A.; Fontana, D.C. 2003. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura.: Ed. da UFRGS Porto Alegre, Brasil. 110p.
- Maluf, J. R. T.; Cunha, G. R.; Matzenauer, R; Pasinato A.; Pimentel, M. B. M.; Caiaffo, M. R.; Pires, J. L. F. 2001. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 9, n.3.
- Radin, B.; Bergamaschi, H; Santos, A. O.; Bergonci, J. I.; França, S. 2003. Evapotranspiração da cultura do milho em função da demanda evaporativa atmosférica e do crescimento das plantas. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.9, n1-2.
- Pereira, R.A.; Angelocci, L.E.R.; Sentelhas, P.C. 2002. *Agrometeorologia. Fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária. 478p.

PRONÓSTICO NUMÉRICO DE PRECIPITACIÓN EXTREMA EN PATAGONIA: EL CASO DE PUERTO MADRYN 2016

Pessacg N.L.^{1*}, López M.²

¹IPEEC-CENPAT/CONICET, Bvd. Brown 2915, Puerto Madryn, Chubut, Argentina, CP:9120

²CENPAT/CONICET, Bvd. Brown 2915, Puerto Madryn, Chubut, Argentina, CP:9120

*Contacto: pessacg@cenpat-conicet.gob.ar

Palabras clave: Modelo numérico; Precipitación; Eventos extremos; Patagonia

configuración más óptima del modelo que permita pronosticar numéricamente este tipo de evento extremo con mayor precisión.

INTRODUCCIÓN

El pasado 21/01/2016 se desarrolló un fuerte sistema convectivo en el noreste de la Patagonia que produjo intensas precipitaciones locales en la región. Asociado a este sistema se registraron en la ciudad de Puerto Madryn valores de precipitación muy superiores a los normales que generaron inundaciones en muchos barrios de la ciudad con los consecuentes daños sociales y económicos. Es importante destacar que todos los eventos diarios mayores a 50 mm/día registrados para el periodo 1980-2016 generaron en la ciudad inundación de viviendas y anegamiento de calles por diferentes causas (intensidad de la precipitación, mantenimiento de desagües, falta de remoción de sedimentos, falta de ordenamiento territorial, construcción urbana sobre paleo-cauces).

Los servicios de pronóstico numéricos fallaron en general en reproducir este evento y en particular la magnitud del mismo. En este contexto se analiza en este trabajo cómo el modelo numérico WRF que se utiliza para elaborar el "Pronóstico Patagónico" del CENPAT-CONICET, simuló la precipitación de este día. Además se realizan diferentes pruebas de sensibilidad con el objetivo de encontrar la

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del pronóstico numérico se utiliza el modelo WRF v3.7 (Weather Research & Forecasting Model, Skamarock *et.al*, 2005) con 43 niveles verticales, el modelo de suelo Noah land surface, y el esquema de capa límite Mellor-Yamada-Janjic. En este trabajo se hicieron diferentes experimentos de sensibilidad al dominio y resolución, al esquema convectivo y al esquema de microfísica. Los experimentos se detallan en la Tabla 1.

Las condiciones iniciales y de borde para el WRF se obtienen diariamente a partir de Global Forecast System (GFS, www.ncdc.noaa.gov). Se utilizan las salidas globales con 0,5 ° de resolución espacial y con una resolución temporal de 3hs. El pronóstico operativo se realiza con cuatro actualizaciones diarias para 96 hs, pero en este trabajo se analiza únicamente el pronóstico a 24hs inicializado a las 00 UTC.

Los resultados fueron validados con datos de estaciones meteorológicas provistas por el Servicio Meteorológico Nacional, el Centro Nacional Patagónico, INTA y Aluar Aluminio Argentino.

Dominio	Resolución	Esquema Convectivo	Esquema Microfísica
a Patagonia	7 km	Betts-Miller	WSM 3-class
b Patagonia	7 km	Explícito	WSM 3-class
c Patagonia	7 km	Kain-Fritsch	WSM 3-class
d Patagonia	7 km	Kain-Fritsch	WSM6-class
e Patagonia + Atlántico	7 km	Kain-Fritsch	WSM 6-class
f Patagonia	4 km	Kain-Fritsch	WSM 6-class
g Patagonia	4 km	Explícito	WSM 3-class
h Patagonia	4 km	Explícito	WSM 6-class
i Anidado: Patagonia/Pto. Madryn	10km / 3 km	Kain-Fritsch / Explícito	WSM 3-class
j Anidado: Patagonia/Pto. Madryn	10km / 3 km	Kain-Fritsch / Kain-Fritsch	WSM 3-class
k Anidado: Patagonia/Pto. Madryn	10km / 3 km	Kain-Fritsch / Kain-Fritsch	WSM 6-class
l Pto. Madryn y alrededores	4 km	Explícito	WSM 3-class

Tabla 1: Experimentos realizados con el modelo WRF para el pronóstico del día 21/01/2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema convectivo reflejado en las imágenes GOES-12 (no mostrado) se desarrolló en toda la región este de la Patagonia norte abarcando también parte de La Pampa y sur de Buenos Aires. Sin embargo, en la región patagónica solo se registró precipitación por encima de lo normal en la ciudad de Puerto Madryn (67mm en el lapso de 2 horas). En localidades cercanas como Trelew (a

70 km de distancia) o Puerto Pirámides (a 100 km de distancia) la precipitación registrada durante este evento fue mucho menor (4.8 mm y 27 mm, respectivamente). En el período 1980-2016 la ciudad de Puerto Madryn solo registra 5 eventos de precipitación diaria mayor a 60mm.

Los experimentos de sensibilidad para el pronóstico a 24hs para el día 21/01/2016 evidencian una fuerte sensibilidad de la estructura espacial y magnitud de la precipitación simulada a

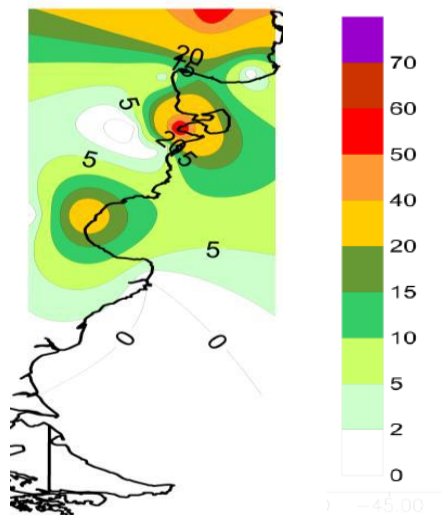


Figura 1: a) Precipitación observada interpolada a partir de los datos de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional y del INTA.

cambios en los esquemas convectivos, esquemas de microfísica, y dominio y resolución considerados.

La combinación del esquema convectivo Kain-Fritsh con el esquema de microfísica WSM 6-class es la que permite una mejor representación de la

precipitación simulada para el dominio de Patagonia con resolución de 7km (Fig.2a,b,c,d,e). La extensión del borde este del dominio con el objetivo de que capture el flujo del Atlántico con mejor precisión no representó un cambio significativo en la precipitación simulada. El aumento en la resolución de 7km a 4km permitió simular con mayor precisión la estructura espacial de la convección. La resolución de la convección en forma explícita mejoró el pronóstico en el caso de utilizar la resolución espacial de 4 km, mientras que para las simulaciones realizadas con una resolución espacial de 7 km es mejor considerar el esquema convectivo Kain-Fritsh (Fig. 2g, h y Fig2b,c, respectivamente).

Finalmente, los experimentos realizados con dos dominios anidados con el fin de tener mayor resolución espacial en la región de interés simularon precipitación más dispersa en la región y con valores de precipitación pronosticados muy subestimados en la región de Puerto Madryn (Fig2.i,j,k). Reducir el dominio, con el objeto de aumentar la resolución espacial, no permite simular la estructura de la convección adecuadamente (Fig2l).

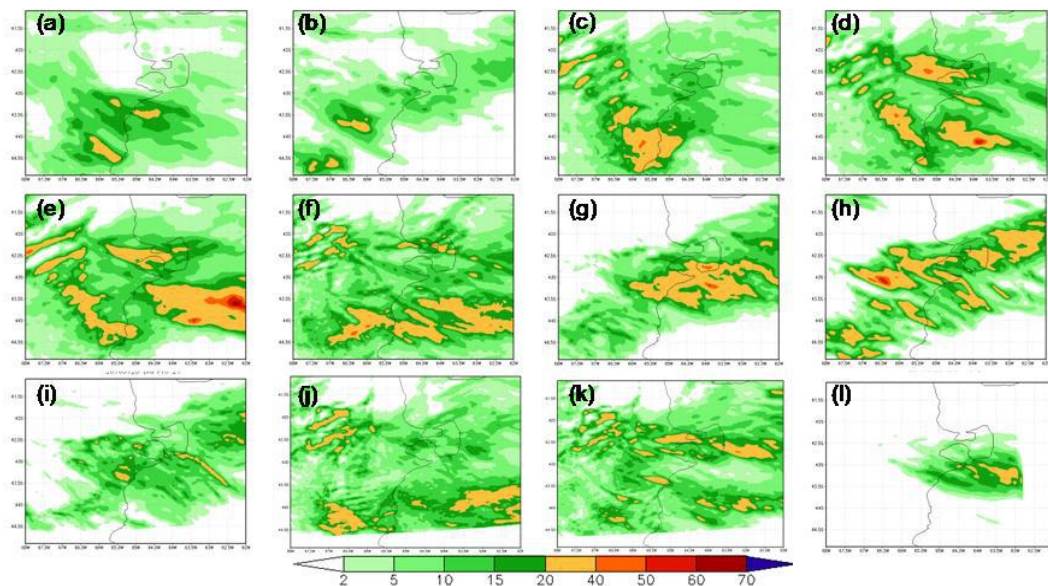


Figura 2: Precipitación pronosticada (mm/día) para el día 21/01/2016 para los experimentos realizados con el modelos WRF en el área de interés. Los experimentos se encuentran detallados en la Tabla 1.

CONCLUSIONES

En este trabajo se realizaron una serie de experimentos de sensibilidad con el modelo numérico WRF para encontrar la configuración más adecuada que permita pronosticar los eventos de precipitación extrema con el menor error posible. Los experimentos mostraron que el aumento de la resolución espacial en todo el dominio, de 7km a 4km, y la resolución explícita de la convección, permitiría una mejora significativa en el pronóstico de la estructura espacial de este tipo de eventos. El anidado de dos dominios, si bien es una herramienta muy utilizada,

no mejora en este caso el pronóstico del evento. En trabajos futuros se analizarán estas configuraciones para otros eventos extremos y para otras regiones de la Patagonia.

REFERENCIAS

Skamarock, W.; Klemp, J.; Dudhia, J.; Gill, D.; Barker, D.; Wang, W.; Huang, X-Y.; Duda, M.; Powers, J. 2008. A description of the advanced research WRF version 3. NCAR Technical note NCAR/TN-475+STR, 113 pp.

APLICACIÓN DE UNA PERSPECTIVA SEMANAL METEOROLÓGICA DE EVENTOS DE ALTO IMPACTO PARA EL SECTOR AGROPECUARIO EN LA REGIÓN CENTRO-ESTE DE ARGENTINA

Marcora, M.G.¹; Godoy, A.A.¹

¹ Servicio Meteorológico Nacional, Av. Dorrego 4019, CABA, C1425GBE, Argentina.

*Contacto: mmarcora@smn.gov.ar, agodoy@smn.gov.ar

Palabras clave: Precipitación, regiones agrícolas.

INTRODUCCIÓN

En muchas ocasiones los eventos meteorológicos toman por sorpresa al sector agropecuario generando importantes pérdidas económicas. Por ejemplo, en el período de siembra se necesita de abundante agua para lograr la germinación de las semillas, mientras que durante la cosecha el suelo no debe encontrarse con excesos hídricos para permitir el paso de las maquinarias agrícolas.

En el siguiente trabajo se analiza un pronóstico de precipitación a una semana realizado el día 7 de abril de 2016 para el centro-este de Argentina. Este período se caracterizó por una situación hídrica del suelo comprometida por el exceso de lluvias que generó anegamientos e inundaciones en la zona de análisis.

MATERIALES Y MÉTODOS

El pronóstico fue elaborado para el área que se muestra en la figura 2. Se contó con un mapa de regiones agrícolas, donde los límites se trazaron en base a diez áreas cuyos departamentos comparten las mismas actividades agrícolas. Para conocer el estado en que se hallaban los cultivos de girasol, maíz, soja y trigo se contó con información provista por la Dirección de Estimaciones Agrícolas y Delegaciones y la Oficina de Riesgo Agropecuario quienes dependen del Ministerio de Agroindustria. Para determinar el estado hídrico del suelo se consultaron los mapas del modelo BHOA (Fernández Long *et al.*, 2012) de porcentaje de agua útil en la capa arable y en todo el perfil del suelo donde se pudieron observar los excesos y los déficits hídricos para la zona de pronóstico.

El pronóstico meteorológico en la escala semanal mayor a 5 días muestra mayores diferencias respecto a lo observado, debido a ello para el mismo se utilizaron los pronósticos por ensambles ya que éstos presentan una mayor confiabilidad (Zhu, 2005). Se utilizó la información diaria de los modelos de pronóstico como así también las tendencias semanales y las predicciones de la circulación de gran escala y forzantes en la escala intraestacional que estuvieron actuando durante el período pronosticado. El pronóstico se realizó en base a las salidas del ensamble del Global Forecast System

(GFS, 21 miembros), el ensamble del Japan Meteorological Agency (JMA, 16 miembros), el ensamble del Climate Forecast System (CFS, 16 miembros) y productos de pronóstico del SMN.

Teniendo en cuenta el estado hídrico en que se hallaba el suelo y el pronóstico meteorológico para la semana del 7 al 13 de abril de 2016 se marcaron en la figura 2 las zonas que sufrirían algún tipo de impacto debido a los eventos pronosticados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los campos de porcentaje de agua útil en la capa arable y en todo el perfil del suelo (figura 1) para el día 7 de abril de 2016 mostraron que en la región mesopotámica, en el norte de la provincia de Buenos Aires y en el norte y sur de Córdoba el agua útil era mayor al 90% con algunas zonas en donde se superó el 100%. Es decir que el suelo se encontraba con exceso hídrico o directamente anegado. Asimismo en dichas regiones la cosecha de maíz y soja se encontraba detenida debido a que los suelos de los lotes y caminos rurales se hallaban muy deteriorados por las precipitaciones registradas la semana previa.

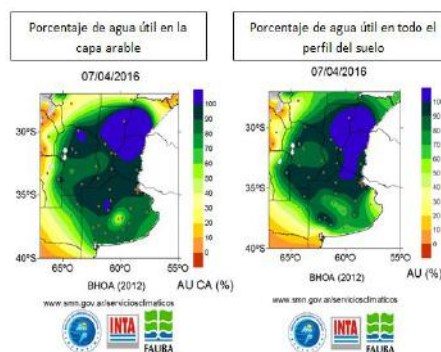


Figura 1: Porcentaje de agua útil según el modelo BHOA en la capa arable (izquierda) y en todo el perfil del suelo (derecha) para el día 07/04/2016

El pronóstico para la semana del 7 al 13 de abril de 2016 (figura 2) indicaba que sobre el centro y norte del país se encontraba una masa de aire húmeda e inestable, combinado con la presencia de un frente estacionario sobre el sur del Litoral, la persistencia de vientos del este y sudeste y un sucesivo pasaje de perturbaciones de presión en altura. Estas características predominaron en dicha región por lo menos hasta el día martes 12. Entre los días martes 12 y miércoles 13 el pronóstico mostró el ingreso de un sistema de alta presión en

altura que comenzaría a provocar el mejoramiento de las condiciones del tiempo. Respecto a los fenómenos meteorológicos el pronóstico mostraba que se iban a registrar lluvias y tormentas sobre el centro y este del país durante todo el periodo de pronóstico, con mejoras temporarias. Los mayores valores de precipitación acumulada se esperaban en la región litoraleña. Algunas estimaciones de lluvias acumuladas para esa semana indicaron valores mayores a 100 milímetros para las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes. Éstas continuarían afectando a la cosecha tanto de maíz como de soja ya que las lluvias reforzarían los excesos hídricos registrados en esas áreas. La zona de lluvias se identifica en la figura 2 con color verde. En cuanto a las temperaturas no se esperaban valores altos o bajos significativos de dicha variable, razón por la cual no se marcó ningún área de color rojo o azul en la figura 2.

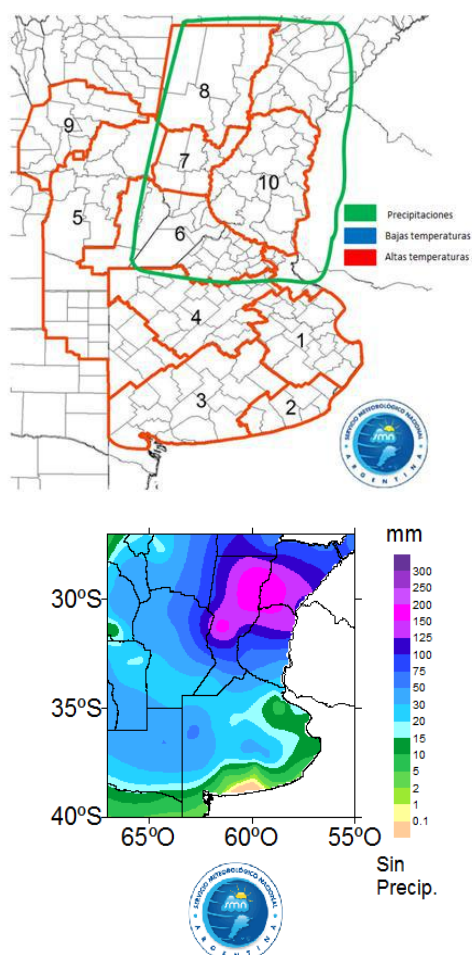


Figura 2: Pronóstico meteorológico de alto impacto en el sector agropecuario en la región centro-este de Argentina para la semana del 07/04/2016 al 13/04/2016

Figura 3: Verificación del pronóstico de precipitación en la región centro-este de Argentina para la semana del 07/04/2016 al 13/04/2016

En la figura 3 se muestra la verificación del pronóstico con datos de precipitación acumulada en todo el período pronosticado obtenido de la red de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional. Como resultado se obtuvo que el área

donde se pronosticó el mayor impacto de la precipitación coincidió con la región donde se registraron valores de lluvia acumulada mayores a 50 mm y se superaron los 150 mm en el sur de Corrientes. Sin embargo se registraron otras zonas de lluvia con valores entre 30 y 50 mm las cuales no sufrieron ningún impacto en el agro dado que los cultivos no se hallaban comprometidos.

CONCLUSIONES

El pronóstico de impacto en el sector agropecuario realizado para la semana del 7 al 13 de abril de 2016, utilizando distintas herramientas de pronóstico y en base a información agrometeorológica, logró identificar el área en donde se produjeron las lluvias más significativas que continuaron generando consecuencias en la evolución de los cultivos.

La verificación de esta perspectiva semanal cobra gran importancia ya que es posible evaluar el desempeño de cada modelo de pronóstico en las regiones agrícolas analizadas y así mejorar la calidad del producto final.

Como objetivo a futuro queda analizar el resultado de una perspectiva quincenal meteorológica de alto impacto para el sector agropecuario ya que en tal caso aumenta la incertidumbre del pronóstico. Para ello se incorporarán umbrales de probabilidad (alta, media o baja) en función de las necesidades agropecuarias.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Departamento de Pronóstico del SMN, al Departamento de Hidrometeorología del SMN, a María Eugenia Bontempi y a Juan Pedro Montanaro del Departamento de Agrometeorología del SMN.

REFERENCIAS

- Baigorri, H. 2009. Manejo del cultivo de soja. En Manual de manejo del cultivo de soja. F. García, I. Ciampitti y H. Baigorri (Eds.). 1ra Edición. Buenos Aires. Ipni. 2009.
- Castillo, F.;Castellví Sentis, F. 2001. Nota técnica WMO N° 134. Capítulo 10 Agrometeorología. 2da. Edición. Ediciones Mundin Prensa.
- Zhu, Y. 2005. Ensemble Forecast: A new Approach to Uncertainty and Predictability. Advance in Atmospheric Sciences, Vol. 22, No 6, 781-788.

ESTUDIO DE CASO DE UN EVENTO DE HELADA EN EL SUR DE BRASIL

Machado, J. P.^{1*}, Da Silva Xavier, F.¹

¹ Unesp Universidade Estadual Paulista, Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube, 1000 - Nucleo Res. Pres. Geisel, Bauru - SP, 17033-360, Brasil

*Contato: jeferson@fc.unesp.br

Palabras claves: Heladas, reanálisis, WRF.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Pereira et al. (2001), la ocurrencia de heladas en Brasil es un fenómeno frecuente en las latitudes superiores a 19°S llegando a los estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina y Rio Grande do Sul. Las heladas ocurren con relativa frecuencia en el sur de Brasil, debido a la combinación de dos factores principales: la incidencia de los sistemas frontales fríos y anticiclones migratorios; presencia de una topografía compleja que incluye elevaciones superiores a los 1000 m (Seluchi, 2009).

Debido al rápido desarrollo de los sistemas computacionales, pronosticar con cinco o más días de anticipación la ocurrencia de heladas parece un desafío posible (Seluchi, 2009). Por lo tanto, se hace posible ejecutar modelos con muy alta resolución y sistemas de predicción por ensambles, tanto regionales como globales. Además, este desarrollo de modelos es constante y por lo tanto ellos son cada vez mejores, ya que nuevas parametrizaciones para los procesos físicos de subgrid, incluyendo la representación explícita de microfísica de las nubes, la posibilidad de realizar predicciones no hidrostáticas en la escala convectiva, etc. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo es la realización de un estudio de caso de un evento de helada a partir de simulación numérica con el modelo WRF y datos de reanálisis del ERA-Interim. El evento de helada ocurrió en julio de 2013 en el sur de Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó la versión 3.6.1 del modelo regional WRF. Según lo descrito por Zepka (2011) y también disponible en el (Skamarock et al., 2008), el modelo WRF es parte de un sistema de modelización numérica del ambiente no hidrostático totalmente compresible, destinado tanto para fines de investigación como operación en diferentes escalas espaciales, desde pocos metros a miles de kilómetros. Debido a la importancia de la calidad de los datos de entrada para el modelo WRF se utilizó en este trabajo, la reanálisis del ERA-Interim como condiciones iniciales y de contorno para las simulaciones numéricas de alta resolución que se realizará. Estos datos son producidos por el European Center for Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF), disponible en una malla con una resolución de 0.75

° x 0.75° de latitud por longitud y 37 niveles de resolución vertical en los horarios de 00, 06, 12 y 18 UTC (Simmons et al., 2007).

Para un análisis de los resultados, se utilizaron las siguientes variables de salida del modelo: temperatura del aire a 2 metros (T2m), humedad relativa a 2 metros y velocidad del viento a 10 metros, para el dominio 3 (de 3 km) del WRF. Esta información fue extraída para cada punto del modelo coincidente con las latitudes y longitudes de las estaciones meteorológicas del INMET elegidas (Bom Jesus, Lagoa Vermelha y Passo Fundo en RS; Campos Novos, Chapecó, Lages y São Joaquim en SC), que se muestran en la tabla 1 y en la figura 1, junto con la topografía de la región generada por el modelo WRF.

Tabla 1. Relación de las estaciones meteorológicas, con sus coordenadas geográficas.

Estación	Latitud	Longitud	Altitud
Bom Jesus-RS	-28,67°	-50,43°	1047,5m
Campos Novos-SC	-27,38°	-51,22°	964,23m
Chapecó-SC	-27,09°	-52,64°	679,01m
Lages-SC	-27,80°	-50,34°	936,83m
Lagoa Vermelha-RS	-28,22°	-51,5°	840m
São Joaquim-SC	-28,28°	-49,94°	1415m
Passo Fundo-RS	-28,25°	-52,40°	684,05m

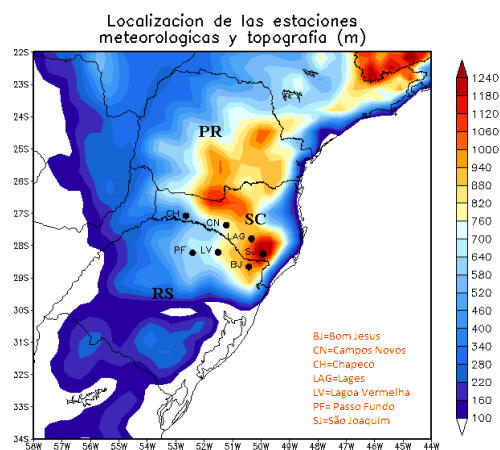


Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas y topografía (m) en el Sur de Brasil.

La evaluación estadística de la simulación se realizó mediante el cálculo del error medio (ME en Inglés) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE en Inglés) (Ecuaciones 1 y 2). Es de destacar que, estadísticamente, la media de los errores individuales es el primer momento de la

distribución de las diferencias y no proporciona información acerca de los errores individuales. Pero el RMSE se utiliza comúnmente para expresar la exactitud de los resultados numéricos con la ventaja de que muestra los valores del error en las mismas dimensiones de la variable analizada.

$$ME = \frac{\sum(f_i - o_i)}{N} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(f_i - o_i)^2}{N}} \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó primeramente, una descripción sinóptica del evento de helada ocurrido en sur de Brasil, a partir de los datos de reanálisis del ERA-Interim para el horario de 12Z durante el período del 23 al 25 de julio de 2013. De acuerdo con el informe de Climanálise de CPTEC, durante estos días, había registro de fuertes heladas en varias ciudades en el sur de Brasil, especialmente Bom Jesus-RS, Lages-SC y São Joaquim, SC (Climanalise, 2013).

El campo de presión al nivel medio del mar (no se muestra) indica la presencia de este intenso sistema de alta presión, con cerca de 1030 hPa durante los tres días, con su centro en el sur de Brasil en el día 24. Las líneas de corriente a 200 hPa (Figura 2) muestran la actuación de los chorros subtropicales y polares. Se puede ver que el chorro polar norte se encuentra entre norte del RS y el norte del Paraná (PR), sobre todo los días 23 y 24/07.

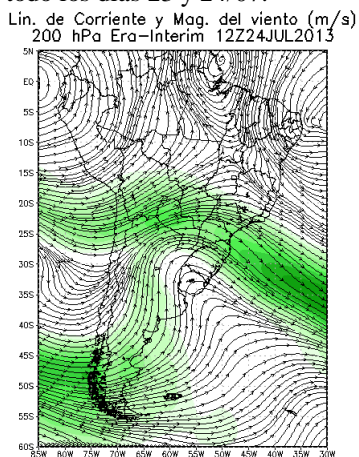


Figura 2. Líneas de corriente en 200 hPa (m/s) da reanálisis del Era-Interim para as 12Z en el día 24/07/2013.

También se puede ver en la Figura 2, que una vaguada de gran amplitud contribuye para la entrada de aire frío hacia menores latitudes, y que la intensa corriente en chorro al norte del RS es una consecuencia del aumento del gradiente de temperatura en superficie debido a la advección fría.

Es de destacar que el patrón de circulación atmosférica de la figura 2 es típico de un evento frío

severo y con características descritas por Seluchi (2009). En estas situaciones vinculadas con el frío intenso, el patrón sinóptico se caracteriza por una profunda vaguada sobre el océano Atlántico y un eje de cuña sobre el océano Pacífico en niveles altos de la atmósfera, que determinan la presencia de un anticiclón migratorio frío sobre el centro-sur de América del Sur.

A continuación se muestra un análisis estadístico para una mejor interpretación de los resultados obtenidos con las simulaciones en comparación con los valores observados. El ME indica que la simulación del WRF sobreestima los valores de T2m y de la velocidad del viento a 10 metros en relación a las observaciones. Por otro lado, el WRF subestima la humedad relativa del aire. Al analizar los valores de RMSE para las tres variables, fue posible observar que los mayores valores fueron encontrados para la humedad relativa.

CONCLUSIONES

En general, el modelo WRF sobreestima la velocidad del viento a 10 metros, lo que resulta en una mayor mezcla turbulenta y en consecuencia una temperatura simulada mayor en comparación con los datos observados. Los resultados son todavía preliminares, es necesario llevar a cabo simulaciones con más estudios de casos con heladas y comparar datos con estaciones automáticas para un análisis estadístico más robusto. Diferentes simulaciones se deben realizar para analizar la influencia de la parametrización de la microfísica y de la capa límite planetaria en el modelo WRF para eventos de heladas.

REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2013. Boletim Climanálise. Disponible en <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf13/jul13.pdf>. Consultado 01/02/2016.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. 2001. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. ed. Agropecuária. Guaíba. Brasil. 478p.
- Seluchi, M.E. 2009. Geadas e friagens. En: Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Dias, M.A.F., Justi, M.G.A. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. ed. São Paulo: Oficina de textos. Brasil. P. 375-384.
- Simmons, A.; Uppala, C.; Dee, D.; Kobayashi, S. 2007. ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. ECMWF Newsletter, 110, 25-35.
- Skamarock, W. C.; Klemp, J. B.; Dudhia, J.; Gill, D. O.; Barker, D. M.; Duda, M. G.; Huang, X. Y.; Wang, W.; Powers, J. G. A. 2008. Description of the Advanced Research WRF Version 3. National Center for Atmospheric Research (NCAR). Boulder, Colorado (EUA).
- Zepka, G. S. 2011. Previsão de descargas atmosféricas usando o modelo de mesoescala WRF. Tesis doctoral, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DEL SUELO ALCANZADA EN UN INCENDIO SOBRE PARÁMETROS EDÁFICOS

Rubenacker*, A.¹; Dionisi, C.¹; Vettorello, C.¹; Ceppi, S.¹.

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC), Av. Valparaíso S/N, Córdoba, 5000, Argentina.

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

Palabras claves: fuegos naturales; variables del suelo

INTRODUCCIÓN

La temperatura del suelo alcanzada en los incendios forestales afecta directamente las propiedades edáficas, dependiendo de la intensidad, severidad y la duración del evento (Certini, 2005). Los fuegos severos (temperatura del suelo entre 300 a 500 °C en la capa superficial) causan algunos efectos negativos, tales como cambios cuantitativos y cualitativos de la materia orgánica (MO), deterioro de la estructura y porosidad del suelo (Jordán *et al.*, 2011), pérdida de nutrientes por volatilización y cenizas, entre otros (Certini, 2005; Shakesby, 2011). Las distintas propiedades del suelo como contenido de fósforo (P), pH, nitrógeno total (Nt), carbono orgánico total (COT) pueden experimentar cambios a corto, medio o largo plazo. Otra variable edáfica afectada es la repelencia del suelo al agua (hidrofobicidad) asociada a la formación de sustancias orgánicas de combustión incompleta que junto con el cúmulo de cenizas alrededor de los agregados del suelo, pueden inducir la hidrofobicidad. El efecto de cada evento está relacionado con la calidad y cantidad del combustible, proveniente de los distintos estratos y especies vegetales (bosques, arbustivos, pastizales), humedad del suelo, condiciones meteorológicas pre-incendio y la temperatura alcanzada (Caon, 2014). Existen índices para indicar la severidad de un incendio, unos basados en estimaciones visuales como cambios en la cubierta vegetal, color de las cenizas y restos vegetales y otros cuantitativos relacionados con variaciones en las propiedades edáficas (van Wageningen *et al.*, 2004). Es de máximo interés el desarrollo de herramientas para estimar la temperatura alcanzada en suelos afectados por incendios principalmente en regiones semiáridas, donde se desencadenan procesos de degradación que están asociadas con la severidad del evento (Lewis, 2006). El objetivo fue evaluar el efecto de la temperatura alcanzada en el suelo a través de los cambios en los parámetros edáficos, en suelos con distintos restos vegetales superficiales afectados por incendios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los sitios de muestreo fueron: a) San Agustín (Departamento Calamuchita) (**pinar**): pinar implantado (*Pinus halepensis* Mill.; *Pinus elliottii*) y pastizal natural, el suelo corresponde según la Soil Taxonomy a un Ustorthent y b) un monte

natural (**monte**) con vegetación dominada por *Acacia caven* M. y pastizal natural, la clasificación taxonómica corresponde a un Ustorthent parafítico. Las fechas de incendio de **pinar** y **monte** fueron el 3 y 4 de Agosto de 2009; mientras que de muestreo del primer y segundo sitio fueron 15 y 16 de Agosto, respectivamente. Se tomaron muestras compuestas de la capa superficial (0-0,05 m) de cada zona seleccionada, del suelo quemado (Q) y sin quemar tomado como testigo (T). En cada zona las muestras fueron extraídas 15 días después de ocurrir el incendio. En ningún caso ocurrieron eventos de precipitación previos a la toma de muestras. En dichas muestras se realizaron por triplicado las siguientes determinaciones químicas: pH 1:2,5(suelo:agua), conductividad eléctrica(CE) en pasta saturada; fósforo disponible (P) (Bray-Kurtz), nitrógeno total (Nt) por digestión ácida (Kjedahl) y carbono orgánico total (COT) por calcinación a 550°C según Page *et al.*,(1982). La repelencia del suelo al agua (WR) fue medida mediante el Tiempo de Penetración de la Gota de Agua (WDPT) y su posterior clasificación fue proporcionada por Wessel, 1988; Doerr *et al.*, 2005a. Posteriormente se sometió a un análisis de la varianza y un test de comparación de medias DGC ($\alpha=0.05$) (INFOSTAT 2013p)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1: Parámetros edáficos analizados

Suelos	pH	CE	NT	P	COT
pinar T	6.20a	0.60a	6.6a	25.4a	105.3a
pinar Q	6.53b	1.19 b	7.1a	53.3b	127.7a
monte T	5.80a	2.64a	6.7b	102.6b	116.5a
monte Q	7.64b	2.42a	6.1a	50.9a	77.0b

Unidades: CE: dS m⁻¹; Nt: g.kg⁻¹; P: mg.kg⁻¹; COT:g.kg⁻¹

Los valores de pH (Tabla 1) de ambos suelos Q fueron mayores que sus correspondientes T coincidiendo con Carballas *et al.*, (2009b). En **monte-Q** el aumento fue de más de dos unidades, en cambio **pinar-Q** fue menor. Se observa que la temperatura del suelo alcanzada en **monte-Q** fue entre 300 y 500° C coincidiendo con Guerrero *et al.*, (2007) quienes proponen que los cambios son ocasionados por las cenizas que aportan carbonatos, óxidos y cationes básicos. Las mismas al solubilizarse producen reacciones químicas que

pueden alcalinizar el medio, además de la pérdida de los ácidos orgánicos de cadena corta (Mataix-Solera *et al.*, 2007). La CE (Tabla 1) en **pinar-Q** aumentó, este efecto se produce por la incorporación y solubilización de las cenizas producidas en el incendio (Badía y Martí, 2003), por la liberación de iones inorgánicos debido a la combustión de la materia orgánica (Certini 2005). El contenido de Nt (Tabla 1) fue similar en **pinar-T** y **monte-T** mientras que luego del incendio, **monte-Q** disminuyó significativamente, coincidiendo con Mataix-Solera *et al.*, (2007), quienes afirman que la volatilización es la principal causa de pérdida de Nt en los horizontes superficiales por encima de los 200°C. **Pinar-Q** presentó un aumento en Nt del 8,0% respecto a sus T, ocurriendo por la hidrólisis ácida (Caon *et al.*, 2014). En general, después de un evento, en el suelo incrementa el contenido de las distintas especies asimilables de P en cantidades equivalentes a la cantidad de cenizas procedentes de la combustión, dependiendo, del tipo de vegetación, entre otras variables (Mataix-Solera *et al.*, 2007). El mayor contenido de P (Tabla 1) se observó en **monte-T**. Luego del evento en **monte-Q**, disminuyó un 50%, probablemente debido a la pérdida de cenizas por viento superficial (Caon *et al.*, 2014). La velocidad del viento durante el incendio en **pinar** fue entre 12-18 Km/h mientras que en **monte** fue entre 20-26 Km/h. En ambos casos la velocidad del viento entre el evento y la fecha de muestreo fue 12-16 Km/h. Se estima que la temperatura del suelo alcanzada fue entre 200-500°C ya que dicho parámetro en **pinar-Q** aumentó más del 100% con respecto a sus T. Coincidiendo con Dionisi *et al.*, (2015) quienes sugieren que dicho rango de temperatura del suelo produce un incremento del P debido al pasaje de fósforo orgánico a ortofosfato. El carbono orgánico total (COT) (Tabla 1) aumentó en **pinar-Q** coincidiendo con Mataix-Solera *et al.*, (2007) quienes afirman que el incremento procede de la vegetación parcialmente pirolizada. El contenido de ésta variable disminuyó en **monte-Q** debido a volatilización y remoción de las cenizas por efecto del viento (Guenón *et al.*, 2013). El grado de hidrofobicidad posterior a los incendios depende de la severidad del fuego, del tipo y cantidad de vegetación consumida, del nivel de humedad previo y del tipo de suelo. Así las temperaturas inferiores a 175°C apenas cambia la repelencia del agua al suelo, mientras entre 175°C a 200°C se intensifica, alrededor de 250°C las moléculas hidrofóbicas se fijan a las partículas del suelo y por encima de los 270°C dichas moléculas se destruyen gradualmente de modo que sobre el umbral térmico tienden a desaparecer por lo que el suelo es de nuevo humectable (Hernández, 2013). En **pinar-T** y **monte-T** no presentaron hidrofobicidad. En **pinar-Q** se desarrolló fuerte repelencia al agua (2.00) mientras que el incendio en el monte (**monte-Q**) ocasionó una leve hidrofobicidad (1.23) (Wessel,

1988), debido a las temperaturas superiores a 270°C.

CONCLUSIONES

En este ensayo con los parámetros edáficos analizados se estima que la temperatura del suelo alcanzada en los incendios fue menor en **pinar-Q** (menor a 250°C) que en **monte-Q** (mayor a 300°C)

REFERENCIAS

- Almendros, G.; González-Vila, F. 1990. Fire induced transformation of soil organic matter. *Soil Sci.*149:58-68
- Carballas, T.; Díaz-Raviña, M. 2009b. Efectos de los incendios forestales sobre los suelos de Galicia. *Ef. inc. Forest en España. Cátedra, Valencia*, 269-301.
- Cellier, A.; Baldy, V. 2010. *J. Env. Mang.*1-7.
- Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143, 1-10.
- Caon, L.; Coen, J.; Geissen, V.. 2014. Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosys. *Earth-Sc.Rew.*47-58.
- Doerr, S.H.; Douglas, P.; Evans, R.C.; Morley, C.P.; Mullinger, N.J. 2005a. Effects of heating and post-heating equilibration times on soil water repellency. *Australian Journal of Soil Research* 43(3) p 261-267.
- Guenón, R.; Gross, F. 2013. Trends in recovery of Mediterranean soil chemical properties after frequent wildfires. *Land Degrad. Dev.* 24, 115-128.
- Guerrero, C.; Mataix-Solera, J.; Hernández, T. 2007. Reclamation of burned forest. *Biores. Tech* 76, 221-227.
- InfoStat 2013 p. InfoStat version 20013 profesional. Grupo InfoStat, F.C.A.(U.N.C.) Argentina.
- Lewis, S. A.; Robichaud, P. R.. 2006. Assessing burn severity and comparing soil water repellency. *Hydrology processes* 20:1-16
- Nave, L.E.; Curtis, P.S.. 2011. Fire effects on temperature forest soils C and N storage. *Ecol. Appl.* 21 (4),1189-1201.
- Page, A. L.; Millar, R. 1982. Methods of soil analysis. Part 2 *Agronomy Monog.*9 A.S.A., Wisconsin.
- Shakesby, R. 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean *Earth Sci. Rev.* 105, 71-100.
- Sjöström, E. 1993. *Fundamentals and applications*, second ed. Academic Press, San Diego, Chapter 10: 234 p.
- Van Wagtenonk, J. W.; Key, C. H.. 2004. Comparison of AVIRIS and Landsat detection for burn severity. *Remote Sensing Environment* 92:397-408.
- Wessel, A.T.1988. On using the effective contact angle and the water drop penetration time for classification of water repellency in dune soils. *Earth Surface Processes and Landforms* 13, 555-562.