



Foto: Carlos Pérez

VANEO EN TRIGO Y CEBADA CAUSADO POR HELADAS EN ESTADOS REPRODUCTIVOS: análisis de un tema de gran impacto agronómico

Ing. Agr. MSc. PhD. Carlos A. Pérez¹,
Met. MSc. Mario Bidegain²,
Lic. Bio. Mag. Dra. Guadalupe Tiscornia³,
Ing. Agr. MSc. PhD. Silvia Pereyra⁴

¹Fitopatología, Departamento Protección Vegetal, EEMAC
- Facultad de Agronomía, Udelar

²Asesor INIA

³Sistemas de información y transformación digital - INIA

⁴Sistema Agrícola Ganadero - INIA

Focalizado en un estudio de caso, este artículo analiza el daño que pueden causar las heladas en las estructuras reproductivas de trigo y cebada, los distintos factores a tener en cuenta para evaluarlo a nivel de campo y la necesidad de mayor investigación sobre fisiología de cultivo para afrontar estos eventos.

INTRODUCCIÓN

Un evento de helada tardía ocurrido en octubre del 2018 produjo un severo daño en cereales de invierno, que generó una importante discusión entre los técnicos de campo, dado que la sintomatología observada no era la más común.

Este artículo analiza el daño que pueden causar las heladas en las estructuras reproductivas de trigo y cebada y, en particular, un estudio de caso donde se

analizan las condiciones ambientales y del cultivo, que permiten identificar los distintos factores a tener en cuenta al evaluar posible daño por heladas. Este enfoque remarca la importancia de realizar un abordaje multidisciplinario del problema y la necesidad de contar con investigación nacional específica sobre la fisiología del cultivo frente a estos eventos.

La "helada" es la formación de cristales de hielo sobre la superficie (congelación del rocío o cambio de vapor de agua a hielo).

Los productores y técnicos a menudo utilizan el término “helada” asociada a “una temperatura del aire inferior o igual a 0 °C”.

“Helada meteorológica” se define como la ocurrencia de una temperatura del aire de 0 °C o inferior, medida a una altura de entre 1,5 y 2 m por encima del nivel del suelo, dentro del abrigo meteorológico (Corsi y Genta 1992, FAO 2010). “Helada agrometeorológica” es cuando la temperatura mínima sobre césped es menor a cero grados (Castaño *et al.* 2011).

Las características agroecológicas en las que se producen los cultivos extensivos de invierno en seco, establecen el daño por heladas como una de las amenazas principales cuando se busca optimizar las condiciones de llenado de grano.

En Uruguay, la fecha de siembra de trigo y cebada es definida fundamentalmente buscando que el llenado de grano sea de larga duración, que garantice un llenado completo y una concreción del potencial generado. Esto implica obtener una floración suficientemente tardía como para no sufrir daño de helada, pero no tan tardía como para que las altas temperaturas acorten el llenado y limiten el rendimiento. En este sentido, se tiende a exponer al cultivo a mayor riesgo de heladas. Por esta razón, es común observar daños por heladas en estructuras reproductivas que no siempre son bien diagnosticadas.

ANÁLISIS DEL PROCESO DE DAÑO POR HELADAS EN ESTADOS REPRODUCTIVOS

Aun cuando la cebada y el trigo presentan tolerancia significativa al congelamiento en estados vegetativos,

pueden sufrir severos daños por bajas temperaturas en estados reproductivos. El momento de mayor sensibilidad a heladas ocurre a partir de emergencia de aristas (Z49), con ambos órganos florales igualmente dañados (Livignston and Swinbank, 1950; Frederiks *et al.* 2009, 2011).

En post emergencia de espiga puede resistir el daño (temperatura por debajo de 0 °C a nivel del césped); sin embargo, cuando la temperatura del aire dentro de la canopia cae por debajo de -3,5 °C, la temperatura real de la planta puede ser de hasta -5 °C, con la probabilidad de daños severos a las estructuras reproductivas.

Durante la ocurrencia de este tipo de heladas, la temperatura estándar del aire tiende a ser mayor que aquella del aire cercano a la canopia. Esta última, a su vez, es mayor que la propia temperatura de la planta, lo cual evidencia las limitantes en tomar referencias para identificar la temperatura real de la planta o específicamente de la espiga, que es la que en realidad ocasiona el daño.

El escaso movimiento del aire durante la ocurrencia de heladas por radiación (se producen en noches despejadas, con alta radiación del suelo a la atmósfera por poca cantidad de vapor de agua) permite que se establezcan gradientes de temperatura. La temperatura del aire y de la planta dentro de la canopia puede diferir en varios grados durante la ocurrencia de una helada por radiación (Figura 1).

La temperatura más baja es típicamente observada próximo a la superficie superior de la canopia, mientras que, en general, las temperaturas medidas en el estrato bajo de la canopia son menos extremas.

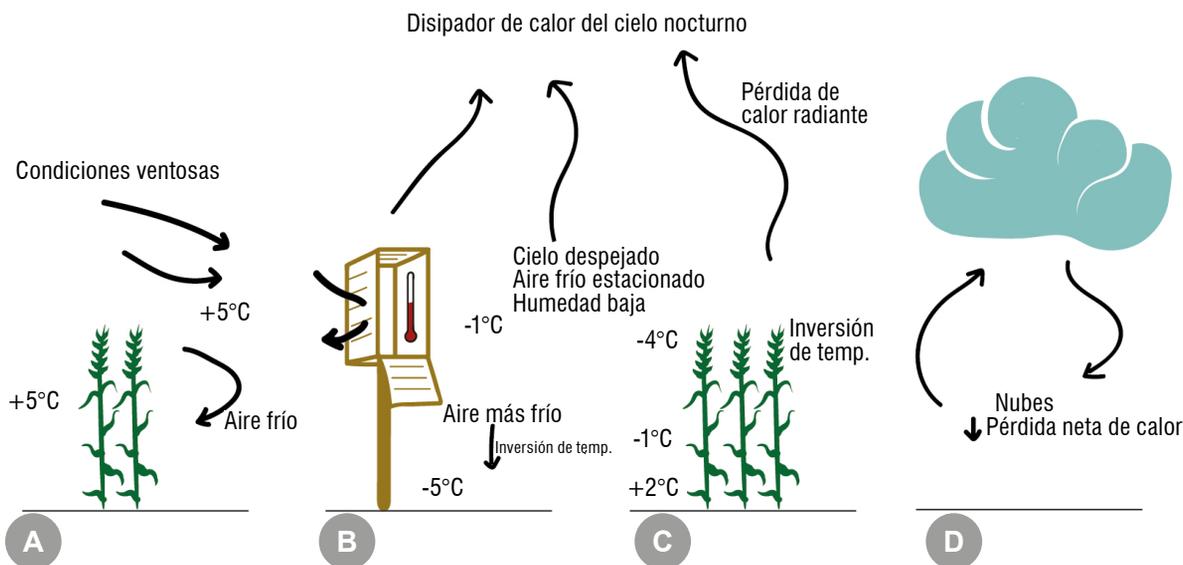


Figura 1 - Esquema de temperaturas relativas durante condiciones como: a) despejado y ventoso, b) despejado y sin viento en un área abierta, c) despejado y sin viento en un área cultivada, d) nublado. Diagrama tomado de Frederiks *et al.* (2015), adaptado y traducido por Santiago Pérez.

La temperatura en la superficie del suelo dentro del cultivo puede ser varios grados mayor que la del aire o la de la planta. En un cultivo denso (Figura 2B), las espigas quedan en general expuestas a temperaturas menores a las de la canopia, debido a la barrera que esta ejerce en el flujo de calor. Por el contrario, cultivos con menor biomasa, ralos, con canopia más abierta permiten un mayor drenaje del aire frío desde la superficie de la canopia próximo a las espigas, reduciendo la acumulación de frío y el riesgo de daño. De igual forma, un cultivo con follaje abierto, o filas separadas que permitan una mayor exposición del suelo en la entrefila, puede aumentar la temperatura del suelo durante el día, y su consecuente aumento de re-radiación de calor desde el suelo hacia la canopia durante la noche (Figura 2A).

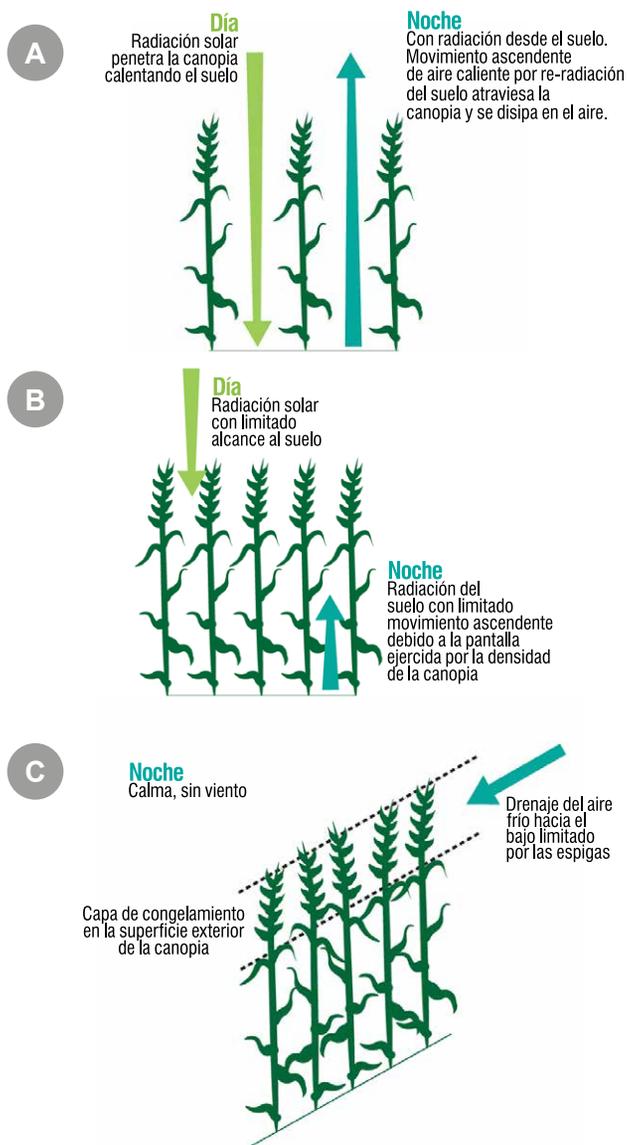


Figura 2 - Representación del movimiento de aire a través de la canopia en una noche calma con ocurrencia de helada por radiación en un cultivo ralo (A), y un cultivo denso (B), y formación de capa de congelamiento sobre la superficie externa de la canopia (C). Diseño Santiago Pérez.

Por lo tanto, cultivos “abiertos” permiten un flujo de aire caliente de abajo hacia arriba durante la noche, que disminuye el enfriamiento alrededor de la espiga. La ocurrencia natural de las heladas por radiación es impredecible en tiempo, frecuencia e intensidad, lo que hace imposible su manejo por el momento. En general, los cereales alcanzan su máxima susceptibilidad a heladas por radiación durante o luego de aparición de aristas y emergencia de espigas. Pevio a este estadio, la vaina de la hoja bandera protege a los órganos florales.

Cuando el pedúnculo no es afectado o no pierde funcionalidad, el daño en las flores se puede observar en flores individuales distribuidas aleatoriamente en la espiga. La causa de este daño es la formación de hielo en la espiguilla, pero sin afectar el tejido vascular de la espiga, lo que explica su localización puntual en espiguillas y distribuido aleatoriamente en la espiga. Este daño en flores completamente formadas se diferencia claramente del daño por helada más comúnmente conocido, que ocurre previo a la emergencia de la espiga y que resulta en atrofia de órganos florales (Figura 3). En el caso de heladas por radiación al momento de espigazón, los órganos están completamente desarrollados, no hay fecundación, los estigmas pierden su aspecto plumoso y se vuelven agrupados-compactos, y las anteras pueden resultar deformadas y eventualmente descoloridas (Figura 3).



Figura 3 - A la izquierda daño de helada en espiga de trigo previo a su emergencia, con fallas en la formación de espiguillas. A la derecha, daño en espiga de cebada en espiguillas individuales completamente formadas. Nótese que las espiguillas están completamente formadas a diferencia del daño previo a la formación de las espiguillas (Imagen tomada de Frederiks *et al.*, 2015).

Los cereales de invierno alcanzan su máxima susceptibilidad a heladas por radiación entorno a la aparición de aristas y emergencia de espigas.

Por esta razón, el síntoma de daño por helada puede en muchos casos no coincidir con el daño más común, y más conocido por los técnicos, principalmente cuando coincide la ocurrencia de heladas por radiación y cultivos de muy alto potencial. Las diferencias más claras son:

1 - No hay diferencias claras entre zonas topográficas. La distribución topográfica del síntoma (con mayor daño en los bajos) es una de las variables más frecuentemente analizada por los técnicos de campo; sin embargo, la helada por radiación en estos cultivos ocurre en el microclima que se genera por encima de la pantalla de la canopia y entorno a las espigas. Pero a su vez, las espigas frenan el movimiento horizontal de aire frío que se asienta sobre la canopia, limitando su drenaje hacia los bajos.

2 - No hay daño estructural en las espigas. Cuando el daño ocurre sobre órganos completamente desarrollados, no se observan aristas retorcidas.

3 - No hay una locación particular del vaneo en la espiga. Las flores individuales afectadas se observan aleatoriamente distribuidas en la espiga. Esto se debe a que, al momento de ocurrencia, todos los órganos están formados e igualmente expuestos.

ESTUDIO DE CASO DE DAÑO ATÍPICO EN CULTIVO DE CEBADA

El predio en el que se realizó el estudio corresponde a un cultivo de cebada cervecera cv. Arrayán, ubicado en Paysandú (ruta 90) entre las localidades de Estación Porvenir y Piedras Coloradas. Este predio está situado en un declive del terreno en dirección NE hacia el SW, donde nacen dos cursos de agua afluentes del arroyo Rabón. Situado a casi 40 km al este del río Uruguay, está menos atemperado por la cercanía de espejos de agua, que inducen menores amplitudes térmicas diarias.

El cultivo fue sembrado en una chacra con suelo 10.15 y 11.4 el 15 de junio, fertilizado con 110 kg de urea azufrada en Z22 y refertilizado con 100 kg de urea azufrada en Z30. Presentó excelente crecimiento, con muy alta producción de biomasa, y con 134 espigas/m lineal, o sea, más de 700 espigas/m² (Cuadro 1).

Cuadro 1 - Principales características del cultivo de cebada en estudio, que evidencian el muy alto potencial de rendimiento generado.

Variable	Promedio
Espigas/m lineal	134
Espigas/m ²	705
% Incidencia*	100
Espiguillas/espiga	27,2
Espiguillas vanas/espiga	11,8
% severidad**	43

*Incidencia: estimada como porcentaje de espigas que presentaron al menos una espiguilla vana.

**Severidad: estimada como porcentaje de espiguillas vanas.

Las espigas presentaron un tamaño muy bueno, con más de 27 granos/espiga. Este gran desarrollo de biomasa evidencia el efecto pantalla que realiza la canopia para el flujo de corrientes de aire desde el suelo hacia el cielo y viceversa. Este factor muchas veces no es considerado al momento de evaluar daño por helada.

Al 2 de octubre, el cultivo se encontraba en espigazón, con todos los órganos florales desarrollados y comenzando su exposición al emerger de la vaina de la hoja bandera. Este cultivo se vió severamente afectado por la helada, principalmente la ocurrida ese día, con una incidencia del 100 % y una severidad del 43 % (Cuadro 1). Esto resultó en pérdidas que se estiman fueron superiores a los 2000 kg/ha. El cultivo rindió en promedio 4100 kg/ha.

Debido a la falta de observaciones en la zona de estudio se recurrió a información meteorológica modelada con una resolución espacial de 5 x 5 km (modelo corrido operativamente por el Centro de Pesquisas y Estudos Climáticos dependiente del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais del Brasil, http://ftp.cptec.inpe.br/modelos/tempo/WRF/ams_05km/).

En base a esta información, se realizó un mapeo de las temperaturas del aire a 2 m de altura, y sobre suelo (Figura 4), para las horas que van desde las 4:00 a 7:00 (hora local) del 2 de octubre de 2018.

Resulta de especial importancia monitorear las temperaturas en torno al período crítico en base a las herramientas disponibles.

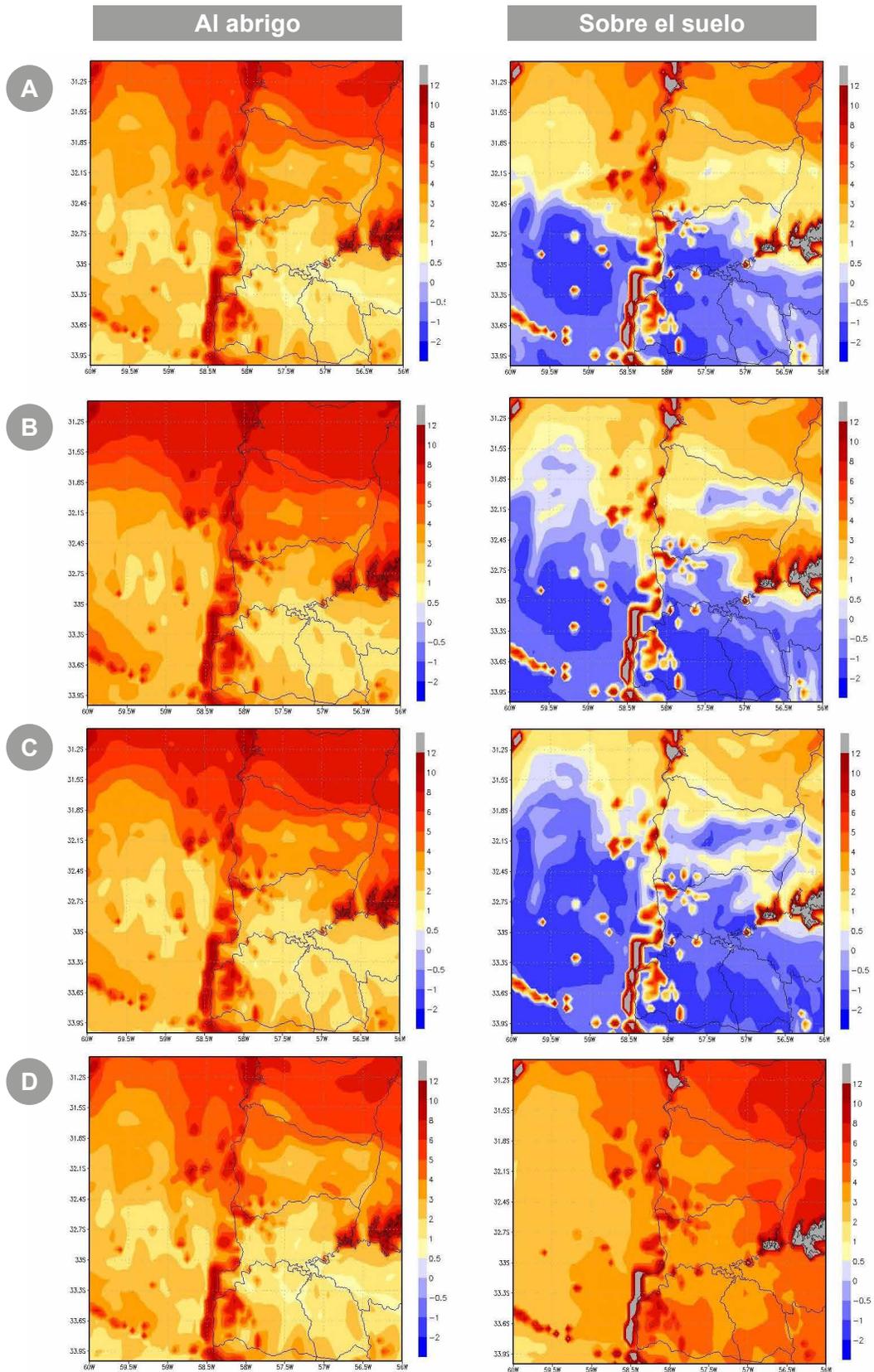


Figura 4 - Comparación del mapa de temperaturas del aire (izquierda) y sobre el suelo (derecha) del 2 de octubre 2018 a la hora 4:00 (a), 5:00 (b), 6:00 (c) y 7:00 (d).

Las salidas del modelo evidenciaron que entre las 5:00 y las 7:00 horas las temperaturas del aire sobre el suelo fueron negativas, con valores que estuvieron entre 0,5 y 1 °C (Figura 5).

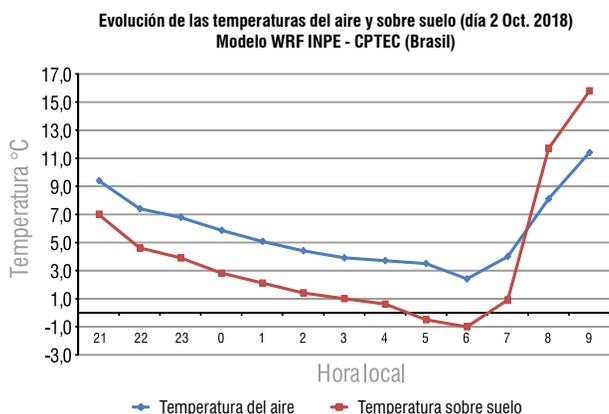


Figura 5 - Evolución de la temperatura del aire (línea azul) y sobre el suelo (línea roja) (intemperie) desde la hora 21:00 del 1º de octubre hasta la hora 9:00 del 2 de octubre de 2018, para el sitio en estudio.

Este mismo análisis se realizó para el siguiente día en el que se observa un comportamiento similar. Entre la hora 5:00 y 6:00 de la madrugada la temperatura del aire sobre el suelo fue negativa (datos no presentados), con valores que estuvieron entre 0 y 0,5 °C.

Análisis del caso

El análisis evidencia la ocurrencia de heladas en la zona de estudio, durante los días 2 y 3 de octubre del 2018. A su vez, el gran desarrollo del cultivo, con la biomasa producida, coincidiendo en un estado fenológico de alta sensibilidad del daño por frío, permiten concluir que el vaneo observado en las espigas se debió a la formación de una capa de congelamiento entorno a las espigas, que no siguió los patrones comunes de daño por heladas más conocidos por los técnicos.

La gran biomasa del cultivo no solo no permitió que el suelo se calentara durante el día, sino que limitó el enfriamiento durante la noche, reduciendo el efecto de radiación de calor que genera el suelo en la noche. A su vez se genera una pantalla que frena la bajada de aire frío, formándose una capa de congelamiento sobre la superficie superior de la canopia. Además esta capa de congelamiento es estática, ya que está limitado su drenaje hacia las zonas bajas de la chacra debido a la falta de corrientes de aire y al obstáculo que ejercen las espigas por encima de la canopia (Figura 2C). Este fenómeno resulta en una sintomatología de vaneos que no es tan común ni reconocido por los técnicos como daño por helada.

CONCLUSIONES

Este análisis y la información aquí utilizada otorgan una herramienta adicional para los equipos técnicos al momento de analizar la posible ocurrencia de heladas en el cultivo, e incluye a su vez una sintomatología del daño que hasta el momento no estaba siendo considerada como daño por helada. Es importante destacar que, desde el portal de INIA, se puede acceder a mapas a nivel nacional mostrando una estimación a cinco días de la temperatura mínima a nivel de superficie, así como temperatura mínima del aire (a 2 m de altura).

Portal INIA Previsión
de Temperatura Mínima

Acceda **AQUÍ**



Sin dudas que, dada la importancia de los cultivos agrícolas y el riesgo de daño por una enfermedad no infecciosa, como lo es la helada (Agrios, 2005), requiere de un grupo de trabajo multidisciplinario no establecido hasta el momento en Uruguay. Agrometeorología, fisiología de cultivos, fitopatología, son algunas de las disciplinas que deberían estar integradas en este grupo, para lograr una mayor comprensión de este problema. El desconocer la causa de un problema atenta contra la seguridad del negocio, de allí la importancia de generar información nacional robusta que respalde a los equipos técnicos y productores en su actividad.

REFERENCIAS

- Agrios, G. 2005. Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam, 26-27,398-401.
- Castañó, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay; 1980-2009. Montevideo, INIA. 40 p. (Serie Técnica no. 193). st 193 preliminares.pmd (inia.uy).
- Corsi, W.; Genta, H. 1992. Heladas en el área hortifrutícola de Salto. Montevideo, INIA. 30 p. (Serie Técnica no. 22). 2010. Protección contra las heladas; fundamentos, práctica y economía. St 22. Heladas en el área hortifrutícola de Salto (inia.uy).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). Roma. v. 1, 241 p. Consultado abr. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s.pdf>.
- Frederiks, T.M., Christopher, J.T., Fletcher, S.E.H., Borrell, A.K. 2011. Post-head-emergence frost resistance of barley genotypes in the northern grain region of Australia. *Crop and Pasture Science* 62:736-745.
- Frederiks, T.M., Christopher, J.T., Fuller, M.P., Borrell, A.K. 2009. Spring radiante frost damage of winter cereals in Australia. *Plant and Microbe adaptation to the cold (PMAC2009)*, AS, Norway, 4-8 December 2009.
- Frederiks, T.M., Christopher, J.T., Sutherland, M.W., Borrell, A.K. 2015. Post-head-emergence frost in wheat and barley: defining the problem, assessing the damage, and identifying resistance. *J. of Experimental Botany* 66:3487-3498.
- Livingston, J.E, Swinbank, J.C. 1950. Some factors influencing the injury to winter wheat heads by low temperatures. *Agronomy Journal* 42:153-157.