

## “Automatización de aireación de granos para silos de productores y pequeños acopios”

de la Torre D. A. (M. Sc.)<sup>1</sup> & Bartosik R. E. (Ph. D.)<sup>2</sup>

IPADS Balcarce (INTA-CONICET), Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce

RN. 226 Km. 73,5, Balcarce, Arg.

1- [delatorre.diego@inta.gob.ar](mailto:delatorre.diego@inta.gob.ar) 2- [bartosik.ricardo@inta.gob.ar](mailto:bartosik.ricardo@inta.gob.ar)

**Trabajo presentado al  
Segundo Congreso Latinoamericano de Agricultura de Precisión  
(CLAP2022)  
30-31 de Marzo y 1 de Abril de 2022 Manfredi, Córdoba, Argentina**

**Resumen.** La automatización de la aireación es imprescindible para ser eficientes y eficaces en la conservación de los granos. La automatización minimiza las horas de uso del ventilador, el consumo energético el tiempo de aireación (días en llegar a la temperatura deseada) y el riesgo de sobre-secado. La oferta en el mercado local de controladores de aireación está orientada a equipos muy sofisticados y de alto costo, lo cual dificulta su incorporación en estructuras de acopios pequeñas y medianas. En el presente trabajo se desarrolló un controlador de aireación simple, de bajo costo, robusto y eficiente y se lo instaló en un silo de 500t de trigo en un campo productivo del SE Bonaerense (Arg). Se implementó una estrategia de enfriado del grano en etapas, acompañando la evolución de la temperatura ambiente a través del verano. En el primer ciclo de aireación el controlador se programó para encender el ventilador con temperaturas inferiores a 20°C, mientras que en el segundo ciclo la temperatura de encendido se bajó hasta los 10°C. Los resultados indicaron que se logró enfriar el trigo cosechado el 26 de diciembre de 2020 desde una temperatura máxima de 35°C hasta una temperatura máxima de 14°C el 1 de febrero de 2021, luego de 130 hs de ventilación, y sin sobre-secar el grano.

**Palabras clave.** Poscosecha, eficiencia, insectos plaga de granos almacenados, pérdida y desperdicio alimentos, automatización

### Introducción

Mantener los granos secos y fríos durante el almacenamiento es fundamental para conservar su calidad y evitar la pérdida de alimentos causada por el desarrollo de hongos e insectos. Los granos almacenados por debajo de 15°C tienen muy bajo riesgo de ser dañados por insectos plagas de los granos almacenados (Fields, 2006).

Aireación es la técnica usada para bajar la temperatura de los granos con aire natural forzado. Para ello debe implementarse una estrategia de uso de los ventiladores (condiciones de encendido y apagado) dependiendo de la época del año, la condición y el tipo de grano, entre otros factores. Una vez definida la estrategia se debe proceder a su implementación, lo que puede hacerse de forma manual o automatizada.

La automatización de la aireación reduce el consumo energético, el tiempo de aireación y el riesgo de sobre-secado asegurando el cumplimiento del objetivo: enfriar la mercadería a la menor temperatura

posible (compatible con la condición climática) y en el menor tiempo posible.

La oferta en el mercado local de controladores de aireación está orientada a equipos muy sofisticados y de alto costo, lo cual condiciona su incorporación en estructuras de acopios pequeñas y medianas. Un estudio realizado recientemente en Argentina (Abadía *et al.*, 2019) reveló que solo el 9% de las plantas de acopio encuestadas cuenta con controladores de aireación. Este nivel de adopción es aún menor en plantas de acopio pequeñas (7.500 t), donde la adopción de este tipo de tecnologías es prácticamente nula. Controladores robustos, fáciles de usar por personal no calificado y de bajo costo permitirían una mayor adopción por parte de pequeños acopiadores y productores.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar y evaluar un controlador de aireación simple y de bajo costo para enfriar los granos almacenados.

## Materiales y métodos

### Desarrollo del controlador

Se desarrolló un controlador de aireación con las funciones requeridas: un termostato (Marca NOVUS modelo N321), un contador de horas de funcionamiento (Marca AEA modelo ACH 8-6), un seleccionador de banda horaria (GE, GLX Q 21 W 70) y un gabinete plástico impermeable. Todos los componentes se encuentran disponibles en el mercado local y son fácilmente ensamblados por un electricista generalista.



**Figura 1.** Controlador de aireación utilizado en el ensayo. El detalle de componentes incluye un termostato (arriba a la izquierda) un contador de horas de funcionamiento (abajo a la derecha) y un temporizador (arriba a la derecha).

El controlador se instaló en un silo de chapa ubicado en un establecimiento productivo en la zona de Balcarce (Sudeste de la provincia de Buenos Aires). El 13 de enero de 2021 se cosecho trigo con 10,3% de humedad promedio y se llenaron 2 silos idénticos (Fig 2) de 10m diámetro y 5,7 m de altura y piso cónico, de 500 t de capacidad. En el silo A) se instaló el controlador de aireación y el B) se implementó un manejo manual de la aireación. Ambos silos contaban con termometría (3 cables por silo) y un sistema de aireación con ventiladores axiales (Marca J&G, modelo HP10-2015) y conductos de distribución de aire (con ductos perforados de 50 cm de diámetro dispuestos en forma de “Y”). En ambos silos se midió la velocidad del aire en 23 puntos del área de la boca del ventilador (anemómetro de vena caliente, Lutron, AM-4204) y se hizo un promedio ponderado de los datos de acuerdo a su ubicación (central, medio o periferia del área). Luego se estimó el caudal total de cada

silo calculando el producto de la velocidad promedio y el área de la boca de los ventiladores (0,18 m<sup>2</sup>), para finalmente estimar el caudal específico dividiendo el caudal de cada silo por la cantidad de grano almacenado. De esta forma se estimó un caudal específico de 0,3 m<sup>3</sup>/min.t para el silo A y 0,4 m<sup>3</sup>/min.t para el silo B. Con dichos caudales se estimó, de acuerdo a lo propuesto en Abadía and Bartosik, (2013), que el ciclo de aireación demandaría 63 hs de ventilación en el silo A y 43 hs en el silo B.

Se midió la temperatura del grano con el sistema de termometría existente y se tomaron muestras con un calador de camión en la puerta de inspección ubicada en el techo y en la boca de descarga a nivel del suelo de ambos silos. Luego se determinó el contenido de humedad de las muestras en el laboratorio de Poscosecha de la EEA Balcarce (D&J GAC2100).



Figura 2. Silos A y B de 500 t utilizados en el ensayo.

### Estrategia

En el silo A se implementó una estrategia de 3 etapas con límites de temperatura descendentes, dos primeras etapas de enfriamiento progresivo y una tercera de mantenimiento.

En la primera etapa se programó el controlador para encender el ventilador con temperaturas inferiores a 20°C, con el objetivo de bajar rápidamente la alta temperatura inicial del grano. Para definir el límite de temperatura de la primera etapa se tomó como guía la recomendación del Manual de Buenas Prácticas para esta locación (Abadía and Bartosik, 2013). Dicho límite permite un funcionamiento intenso del ventilador de entre un 30% y un 40% del tiempo (aproximadamente 8 horas diarias).

Una vez que se logró bajar la temperatura promedio por debajo del primer límite prescrito (20°C) se pasó a la segunda etapa, para la cuál se estableció un límite de 10°C. Finalmente, al alcanzarse el segundo límite prescrito en la temperatura del grano, se inició la tercera etapa denominada de mantenimiento con el objetivo de mantener la temperatura del grano fría y minimizar el funcionamiento del ventilador. Para esta etapa se programó una temperatura de funcionamiento igual o inferior 5°C.

En el silo B se realizó un control manual de la aireación por parte de un operario del establecimiento. En líneas generales el criterio seguido por el operario consistió en encender el ventilador al anochecer y apagarlo a la mañana, variando el horario de encendido y apagado de acuerdo a su propia valoración de las condiciones climáticas y su disponibilidad.

### Monitoreo

Semanalmente se inspeccionaron ambos silos, se tomaron lecturas de termometría y muestras de grano. También se registraron las horas acumuladas de funcionamiento del ventilador del silo A.

Las muestras de grano se llevaron al laboratorio de Poscosecha de Granos de INTA Balcarce donde se observó presencia de insectos y se midió el contenido de humedad.

## Resultados y discusión

La primera etapa de aireación se extendió desde el 13 de enero hasta el 22 de febrero (Figura 4). Durante este periodo el ventilador funcionó cada vez que la temperatura ambiente bajó de los 20°C lo que se puede observar en la Figura 4 cada vez que la línea azul (temperatura ambiente) se posiciona por debajo la línea punteada roja (límite de 20°C), graficado como barras verticales de azul translúcido, mientras que las horas acumuladas de ventilación se observan en la línea gris. Durante el monitoreo se detectó que entre el 15 y el 18 de enero el ventilador fue apagado manualmente por error. En este periodo se acumularon un total de 410 hs de ventilación con un funcionamiento del ventilador promedio del 43% del tiempo. A los 19 días de esta etapa, al sumar 130 hs de aireación, la temperatura del trigo bajó de los 31°C promedio y 35°C máximo iniciales a 12°C promedio y 14°C máxima. A partir de ese momento la temperatura del grano se mantuvo estable por debajo de los 15°C, manteniendo el grano en condiciones de temperatura favorables para una adecuada conservación (por debajo del límite para el desarrollo de insectos plagas). En el silo manejado de forma manual (B) recién se logró bajar la temperatura máxima del trigo por debajo de los 15°C el 19 de marzo (Figura 3.), esto es a 65 días del inicio de la aireación, implicando que parte de la masa de granos estuvo expuesta al potencial ataque de insectos durante todo el verano.

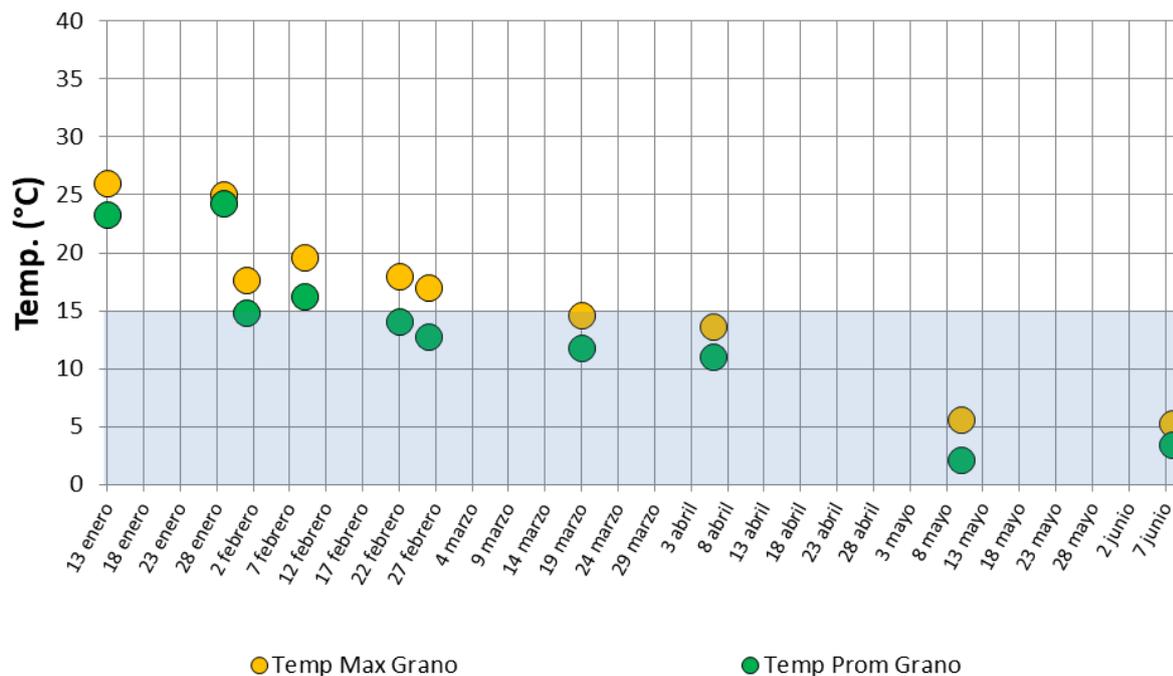


Figura 3. Evolución de la temperatura media y máxima del grano, durante todo el ensayo en el silo B (el sombreado azul destaca las temperaturas seguras para el almacenamiento).

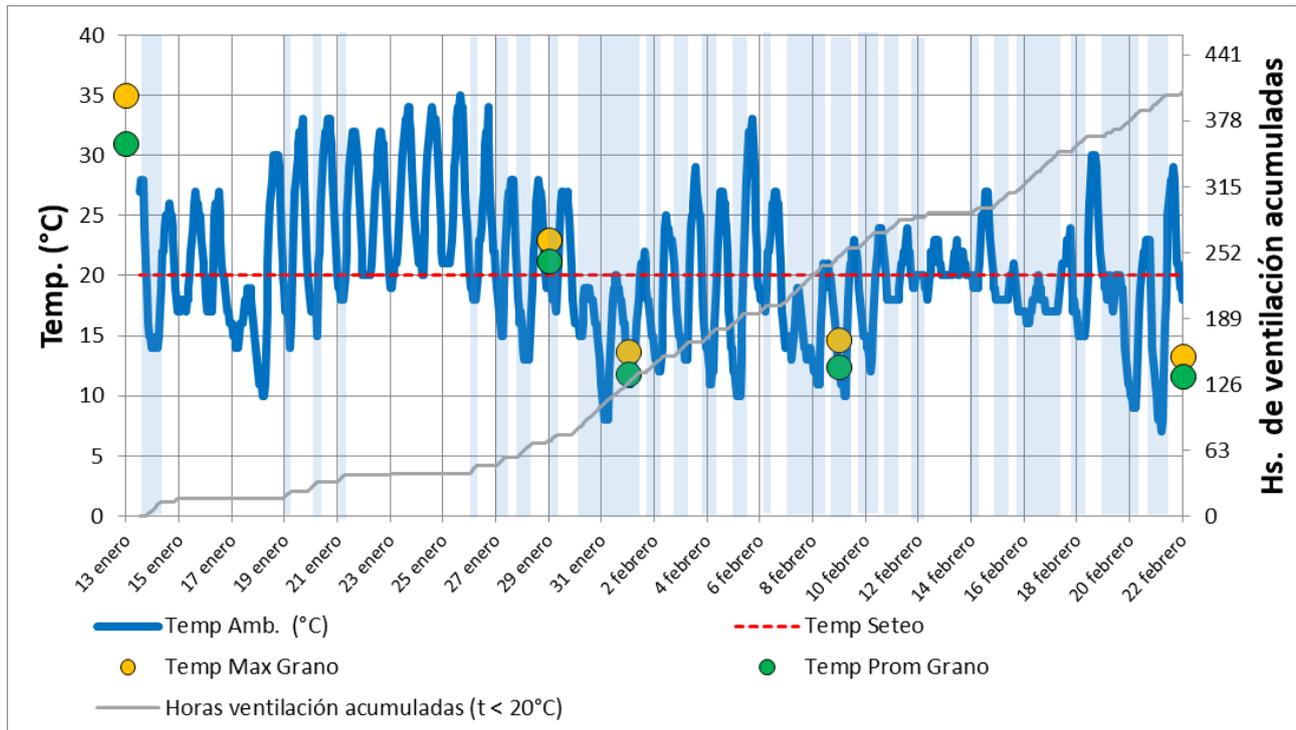
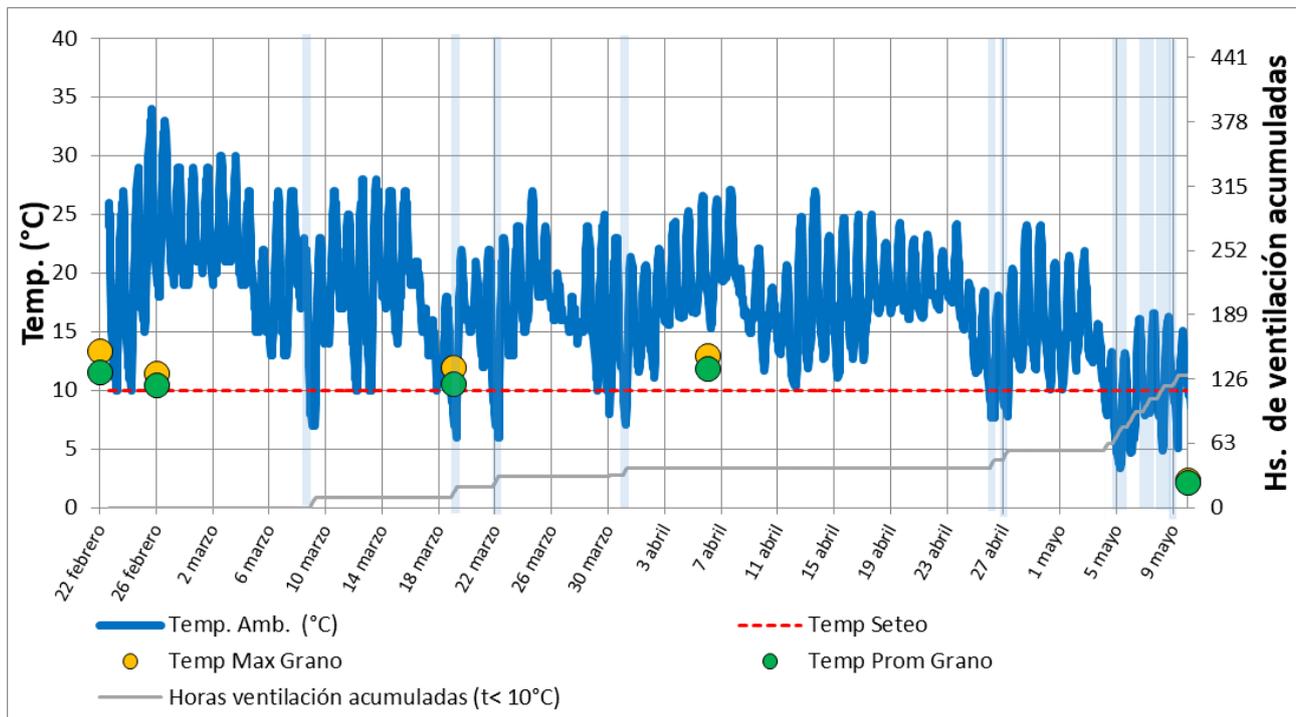


Figura 4. Evolución de la temperatura media y máxima del grano, la temperatura ambiente, las horas acumuladas de ventilación y el límite de temperatura programado en el controlador en la primera etapa de aireación (el sombreado azul destaca las horas en las que funciono el ventilador).

El 22 de febrero se decidió bajar el límite de temperatura en el controlador a 10°C, dando inicio a una segunda etapa de aireación que se extendió hasta el 10 de mayo (Figura 5). En esta etapa el ventilador funcionó mucho menos, acumulando alrededor de 126 hs de ventilación con una intensidad de uso del ventilador de 7% del tiempo. Este escaso funcionamiento del ventilador se debió a que la temperatura ambiente en pocas ocasiones estuvo por debajo del límite de 10°C. Recién en el mes de Mayo, al finalizar la segunda etapa, la temperatura ambiente bajó sustancialmente permitiendo acumular horas de ventilación y bajar la temperatura del trigo por debajo de 5°C.



**Figura 5.** Evolución de la temperatura media y máxima del grano, la temperatura ambiente, las horas acumuladas de ventilación y el límite de temperatura seteado en el controlador en la segunda etapa de aireación (el sombreado azul destaca las horas en las que funciono el ventilador).

A partir del 10 de mayo y con el trigo con una temperatura inferior a 5°C se ingresó en la tercera etapa, denominada de mantenimiento (Figura 6). El objetivo de esta etapa fue mantener la temperatura cercana a 5°C y minimizar el uso el ventilador. Para ello se bajó la temperatura límite del controlador a 5°C logrando un funcionamiento muy esporádico del ventilador (33 hs en 29 días, 4,7% del tiempo), evitado incurrir en un consumo de energía innecesario y minimizando el riesgo de sobre-secado. En la Figura 6 se grafica la evolución de los parámetros medidos hasta principios de Junio, sin embargo esta etapa se extendió en el tiempo, logrando mantener baja la temperatura del trigo hasta diciembre.

El contenido de humeado del trigo en el último muestreo (mayo) fue de 13% en el silo A y 12% en el silo B, ambos superiores a la humedad inicial (10,3%) y por debajo de la humeado de comercialización del trigo (14%), considerada también la humedad segura de almacenamiento para evitar el desarrollo de hongos. Este dato confirma que la estrategia implementada fue adecuada y logro evitar el sobre-secado del trigo (mercadería por debajo de la humedad de recibo comercial) que tendría como consecuencia la pérdida de kilos comercializable.

La intensidad de uso del ventilador en la primer etapa del 43% del tiempo también indica que el límite de temperatura programado en el controlador fue el adecuado para esa locación y época del año, ya que permitió en pocos días bajar la temperatura de la masa de granos por debajo del umbral de actividad de los insectos. Un límite de temperatura superior seguramente hubiese aumentado la frecuencia de uso del ventilador logrando pasar el frente de enfriado en menor cantidad de días, pero la temperatura del grano al final de la etapa hubiese sido mayor (con posible riesgo de actividad de insectos), mayor consumo de energía eléctrica y riesgo de sobre-secar el trigo. La menor frecuencia de funcionamiento del ventilador en la segunda etapa (7%) no represento un inconveniente, dado que la temperatura máxima y promedio del trigo siempre estuvo por debajo de 15°C. Al igual que en la tercera etapa, donde el ventilador solo funcionó 4% del tiempo, el principal objetivo de la aireación fue mantener uniforme la temperatura dentro del granel.

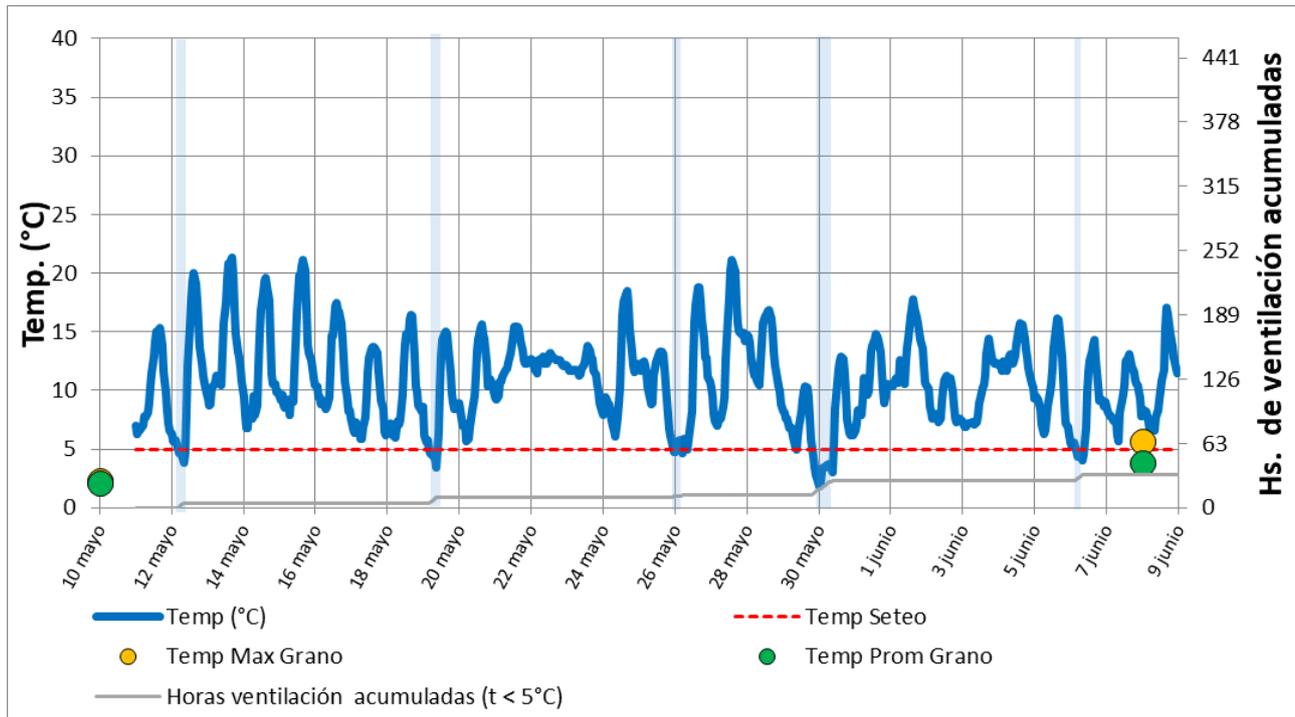


Figura 6. Evolución de la temperatura media y máxima del grano, la temperatura ambiente, las horas acumuladas de ventilación y el límite de temperatura seteado en el controlador en la tercera etapa de aireación (el sombreado azul destaca las horas en las que funciono el ventilador).

## Conclusiones

El controlador de aireación desarrollado por INTA logró implementar una estrategia de aireación exitosa, reduciendo la temperatura máxima del trigo desde 35°C iniciales a 14°C en solo 19 días de verano.

El controlador automático logró eliminar el riesgo de infestación de insectos de la mercadería almacenada durante la época más cálida del año (verano).

El silo testigo con aireación manejada de forma manual recién logro bajar la temperatura en el mes de marzo luego de 65 días desde el llenado del silo, dejando el grano expuesto al ataque de insectos durante todo el verano.

El silo automatizado no requirió un seguimiento diario del operario quien quedaría liberado para realizar otras tareas.

Con la elección de una estrategia adecuada y su implementación automatizada, se minimizo el uso del ventilador, evitando el consumo excesivo de energía eléctrica y minimizando el riesgo de sobre-secar el trigo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a El Mocerío S.A. por permitir realizar este ensayo en sus instalaciones. En particular agradecemos la buena predisposición del administrador, Lucas Kelly y al personal de campo. Se agradece además la colaboración del Sr. Leandro Cambareri en la conducción del ensayo.

## Referencias

- Abadía, M. B. *et al.* (2019) 'Is the argentine postharvest system ready to handle more and better grains?', *Journal of Stored Products Research*. Elsevier Ltd, 83, pp. 218–226. doi: 10.1016/j.jspr.2019.07.012.
- Abadía, M. B. and Bartosik, R. E. (2013) *Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos*. Ediciones. Edited by M. B. Abadía and R. E. Bartosik. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Fields, P. (2006) 'Alternatives to chemical control of stored-product insects on small farms in the tropics', *9th International Working Conference on Stored Product Protection*, pp. 663–673.