

## EVALUACIÓN TERMOMÉTRICA Y TERMOGRÁFICA DE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE EN PARCELAS DE SOJA

Ovando\*, G.<sup>1</sup>; de la Casa, A.<sup>1</sup>; Díaz, G.<sup>1</sup>; Díaz, P.<sup>1</sup>; Soler, F.<sup>2</sup>; Miranda, C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Agrometeorología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina

<sup>2</sup> Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina

<sup>3</sup> Establecimiento Las Delicias, Córdoba, Argentina

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

**Palabras clave:** temperatura del dosel; sensores proximales; imágenes térmicas

### INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración es un determinante crítico del equilibrio hídrico/energético de los cultivos. Debido a que la evaporación del agua requiere energía, los aumentos en la tasa de evaporación tienden a disminuir la temperatura del dosel (Td), cuya detección a partir de la termometría infrarroja constituye una herramienta indirecta para estimar la evapotranspiración. Las primeras mediciones de la Td utilizaron radiómetros simples con un solo campo de visión. El desarrollo de cámaras térmicas ha estimulado el uso de imágenes para estudiar las relaciones hídricas de las plantas y ha reemplazado uso de radiómetros térmicos simples (Deery *et al.*, 2014).

Un problema importante de la detección térmica es la interferencia del fondo, ya que la Td es menor (debido a la transpiración activa) que la temperatura del suelo, siendo necesario aplicar técnicas para obtener una señal pura del dosel (Bai *et al.*, 2016). La energía infrarroja emitida por el dosel, expresada como Temperatura de la Superficie Terrestre (LST) es un proxy bien explorado de las condiciones de estrés hídrico, que se anticipa a la información convencional de superficie. Las plataformas usuales de teledetección, como satélites o aeronaves, por lo general no proporcionan la alta resolución espacial de las bandas térmicas necesaria para resolver el efecto del suelo en canopeos con cobertura incompleta (Di Gennaro *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue comparar el desempeño de una cámara térmica con el de un radiómetro simple y económico con un campo de visión único para determinar la temperatura de superficie de un cultivo de soja. Además, se analiza la influencia de la cobertura del cultivo sobre la información de la cámara térmica.

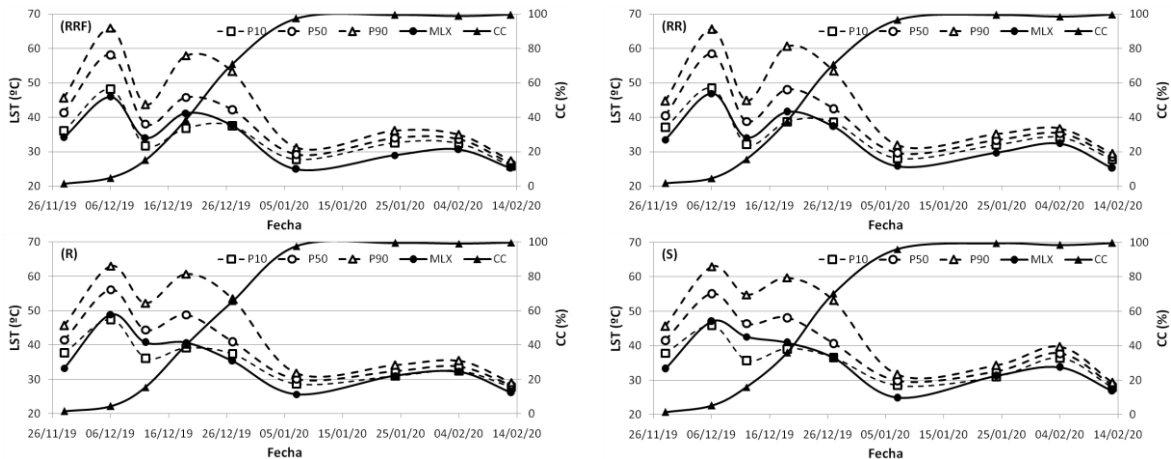
### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merril) ubicado al sur de la ciudad de Córdoba (31°33' lat. Sur, 64°05' long. Oeste, 400 msnm). La siembra de la variedad Don Mario 40R16 se efectuó el 19/11/2019, con 27 pl m<sup>-2</sup> y surcos a 0,35 m. En el lote se establecieron 4 parcelas de ensayo de 4 m<sup>2</sup>, que recibieron los siguientes tratamientos: con 100 mm de agua y 100 kg de urea adicionales (RRF); con 100 mm de agua (RR); con 50 mm de agua (R) y un testigo sin intervención (S). Los valores de LST se obtuvieron a partir de dos dispositivos: i. Sensor MLX9061: es un termómetro infrarrojo para medir la temperatura sin tener contacto con el objeto. Posee una termopila y un filtro que deja pasar la radiación infrarroja (entre 5,5 y 14 μm) emitida. Está calibrado de fábrica para un rango de -70 a +380 °C para la temperatura del objeto a medir con una resolución de la medición de 0,02 °C y una precisión de 0,5 °C en el rango de 0 a 50 °C (Cerminato *et al.*, 2018). Las lecturas se efectuaron de manera perpendicular a 1,5 m de altura. ii. Cámara FLIR ONE PRO (FLIR Systems ©, 2018): diseñada para teléfonos celulares, utiliza un sensor térmico que produce imágenes termográficas de alta resolución (160 x 120 píxeles) y mide en un rango térmico entre -20 y 400 °C. Se tomaron fotografías verticales a 2 m de altura. Con el fin de analizar el efecto de la cobertura del dosel sobre la determinación de la temperatura de superficie del cultivo, en cada imagen térmica se procedió a contabilizar la frecuencia acumulada de las temperaturas ordenadas de menor a mayor y se consideraron los percentiles 10, 50 y 90. De acuerdo a Deery *et al.* (2014), los termogramas de la cámara FLIR ONE PRO permiten fijar umbrales para separar el suelo de la parte vegetal y superar la influencia del entorno sobre las mediciones de temperatura del cultivo, particularmente con canopeos con cobertura incompleta. La cobertura del cultivo (CC) se obtuvo a partir de fotografías adquiridas 3 m sobre el cultivo con una cámara Canon PowerShot SD780 IS, modificada para producir imágenes de NDVI (de la Casa *et al.*, 2016).

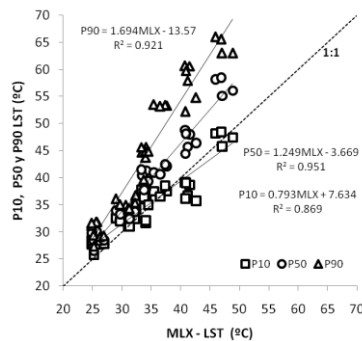
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra a lo largo del ciclo de cultivo la variación de las temperaturas de superficie (LST) correspondientes a los percentiles 10, 50 y 90 obtenidos a partir de las fotografías tomadas con la cámara FLIR ONE PRO y con el sensor MLX9061, como así también la evolución de CC para las cuatro parcelas consideradas. Las mayores diferencias entre P10, P50 y P90 se observan con CC menores a 80% para todos los tratamientos, en tanto los registros de LST del sensor MLX9061 resultan más próximos a los de P10. La variabilidad de LST que se observa en todos los tratamientos y fechas de muestreo puede explicarse por otros factores (además del contenido de humedad del suelo) que afectan el proceso de evapotranspiración (Deery *et al.*, 2014). Las mayores diferencias en LST entre los tratamientos se observó en la fecha 12/12/2019, siendo P50

para RRF, RR, R y S de 38,0; 38,8; 44,5 y 46,4 °C, respectivamente, en tanto que para el sensor MLX9061, los valores observados fueron de 34,0; 34,0; 40,8 y 42,6 °C, respectivamente. Para ambos instrumentos, los tratamientos con mayor provisión de agua (RRF y RR) presentaron los menores valores de LST seguidos por el tratamiento de provisión intermedia (R) y los valores más elevados de LST para el tratamiento de secano (S), corroborando la influencia del proceso evaporativo en la disminución de la LST. La Figura 2 presenta la relación entre los registros de LST de la cámara FLIR y los del sensor MLX9061, mostrando coeficientes de determinación superiores a 0,86. Mientras P90 y P50 sobreestiman las lecturas del sensor MLX9061, los valores de P10 permanecen próximos a la línea 1:1. Esta sobreestimación de la LST obtenida de cámaras, respecto de sensores puntuales, también fue reportada por Jones *et al.* (2018).



**Figura 1.** Evolución de la temperatura de superficie (LST) correspondientes a los percentiles 10 (P10), 50 (P50) y 90 (P90) obtenidos a partir de las imágenes de la cámara FLIR ONE PRO, del sensor MLX9061 (MLX), y el porcentaje de cobertura del cultivo (CC) para los cuatro tratamientos.



**Figura 2.** Relación entre los percentiles 10 (P10), 50 (P50) y 90 (P90) de LST de las imágenes térmicas con la cámara FLIR ONE PRO y los valores puntuales de LST del sensor MLX9061 (MLX) para todos los tratamientos de soja.

## CONCLUSIONES

La variabilidad de los registros termográficos de la imagen disminuye a medida que aumenta la cobertura del cultivo. La relación entre los lecturas del sensor MLX9061 y los percentiles de temperatura de las imágenes termográficas se describe de manera adecuada por regresiones lineales. El empleo del sensor MLX9061 es promisorio por la posibilidad de integrarlo a un datalogger y aumentar la resolución temporal de los registros.

## REFERENCIAS

- Bai, G.; Ge, Y.; Hussain, W.; Baenziger, P.S.; Graef, G. 2016. A multi-sensor system for high throughput field phenotyping in soybean and wheat breeding. *Computers and Electronics in Agriculture* 128:181-192.
- Cerminato J.A.A.; Clemente J.P.; Díaz G.; Llop A.; Ovando G.G.; Rigalt S.; Rodríguez Pesce E.J.P.; Tortorolo M.K. (*ex aequo*) 2018. Prototipo de instrumental automático de bajo costo para medir variables agrometeorológicas vinculadas al estrés hídrico en cultivos. *Revista NEXO agropecuario* Vol. 6 N° 1-2 enero-diciembre de 2018.
- Deery, D.; Jimenez-Berni, J.; Jones, H.; Sirault, X.; Furbank, R. 2014. Proximal remote sensing buggies and potential applications for field-based phenotyping. *Agronomy* 4(3):349-379.
- de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Martínez, J.; Miranda, C.; Díaz, G. 2016. Evaluación de un lote de maíz bajo riego y siembra variable con el modelo AquaCrop en Córdoba, Argentina. *RADA* VII:1-13.
- Di Gennaro, S.F.; Matese, A.; Gioli, B.; Toscano, P.; Zaldei, A.; Palliotti, A.; Genesio, L. 2017. Multisensor approach to assess vineyard thermal dynamics combining high-resolution unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing and wireless sensor network (WSN) proximal sensing. *Scientia Horticulturae* 221:83-87.
- FLIR Systems ®, 2018. Presentación de la nueva generación FLIR ONE ® PRO. <http://www.flir.com.mx/flirone/> último acceso(12/jun/2020).
- Jones, H.G.; Hutchinson, P.A.; May, T.; Jamali, H.; Deery, D.M. 2018. A practical method using a network of fixed infrared sensors for estimating crop canopy conductance and evaporation rate. *Biosystems Engineering* 65:59-69.