

Imágenes multiespectrales: una herramienta efectiva para estimar eficazmente aspectos productivos y sanitarios en el cultivo del ajo

Pablo F. Caligiore Gei¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación, Estación Experimental Agropecuaria (EEA) La Consulta INTA Ex Ruta 40 km 96.5 5567 La Consulta, Mendoza Argentina.

caligioregei.pablo@inta.gob.ar

RESUMEN

El ajo es un cultivo hortícola muy importante a nivel mundial, con una producción estimada de 30 millones de toneladas y una superficie implantada de más de 1,6 millones de hectáreas. En Argentina, el cultivo se realiza en la región oeste del país, principalmente en las provincias de Mendoza y San Juan.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de la producción se exporta, generando un ingreso medio de 150 millones de dólares por año (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021). La cadena, que comprende productores, empacadores y exportadores, constituye un sector dinámico que demanda constantemente nuevas herramientas para mejorar su eficiencia, que permitan un desarrollo ecológico y económicamente sostenible. En este contexto, algunos experimentos previos han evaluado el empleo de sensores remotos para estimar variables de crecimiento en plantas de ajo, puntualmente aquellas asociadas a

ciertas prácticas de riego o fertilización (Campoy *et al.*, 2019; Jeong *et al.*, 2014) y condiciones ambientales (Na *et al.*, 2017). Sin embargo, son escasos los estudios de correlación con problemas sanitarios, como por ejemplo ataques de plagas o enfermedades; además, estos ensayos son habitualmente desarrollados en condiciones controladas (Jeong, *et al.*, 2019) y no productivas. La podredumbre blanca, causada por el hongo habitante del suelo *Stromatinia cepivora*, es una amenaza creciente del cultivo del ajo en Argentina y también a nivel mundial. Algunos reportes mencionan que la enfermedad causa hasta 50 % de pérdida de producción, aunque a veces ese porcentaje puede ser aún mayor y

conducir a pérdidas totales (Lourenço JR *et al.*, 2018). Una vez que se instala en el terreno, el patógeno produce estructuras de resistencia, llamadas esclerocios, que permanecen en el suelo e impiden el cultivo de ajo y especies relacionadas por muchos años. Por ello, la detección temprana de la presencia de podredumbre blanca en los cultivos resulta esencial para la sustentabilidad de la producción de ajo en la región (Burba, 2003; Caligiore-Gei *et al.*, 2019).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la utilidad del empleo de imágenes multiespectrales para la estimación de variables productivas y sanitarias en condiciones de cultivo comercial de ajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante la temporada 2020 en una parcela de 1 ha, localizada en Tupungato, Mendoza, con presencia de inóculo de *S. cepivora*. Se seleccionaron aleatoriamente 12 parcelas de 14,4 m², distribuidas en distintos sectores del predio, que fueron tomadas como unidades de análisis (UA). Cada UA contaba con alrededor de 450 plantas. El estado sanitario del cultivo se evaluó en cada una de las UA, cuantificando incidencia y severidad de podredumbre blanca. La incidencia fue calculada como la proporción de plantas enfermas o muertas sobre el total de plantas iniciales, en el centro de cada UA (unas 100 plantas). La severidad, correspondiente al estado sanitario de las plantas, fue estimada visualmente en cada UA, utilizando una escala de 1 a 10, donde 1 correspondía a parcelas con plantas altamente afectadas o muertas y 10 a parcelas en estado óptimo (fig. 1). Cada UA fue cosechada el 2 de noviembre de 2020, de manera separada, y se tomó la variable rendimiento en peso fresco a cosecha. El rendimiento en peso seco, así como el peso seco de bulbos comerciales, fue registrado después de dos meses de deshidratado. También se contabilizó el número de bulbos producidos en cada UA.

Previo a cosecha, con el cultivo en fase final, se tomaron imágenes multispectrales, el día 8 de octubre de 2020. La adquisición de estas imágenes se llevó a cabo con una cámara Sequoia+ multispectral camera (Parrot Drone SAS), compuesta por 4 cámaras monocromáticas con distintos filtros de banda restringida, en la región visible e infrarrojo cercano (NIR) del espectro, según las siguientes especificaciones: verde 530-570 nm, rojo 640-680 nm, borde rojo 730-740 nm y NIR 770-810 nm. Se usaron objetivos reflectantes para evaluar la cámara. Su valor de reflectancia

fue medido con un espectro-radiómetro (Flame-S-VIS-NIR, Ocean Optics, EUA), usando Spectralon™ (LabSphere, EUA) como referencia. Las imágenes aéreas se tomaron en un solo vuelo, instalando la cámara en un vehículo aéreo no tripulado (VANT), modelo Sensefly Ebee SQ, con una sobreposición de 85 % para asegurar redundancia. Las imágenes obtenidas fueron alineadas y georreferenciadas usando el software QGIS (QGIS.org, 2021) y utilizadas para calcular el índice diferencial normalizado de vegetación (NDVI) medio para cada UA. La información tomada en el campo, como el índice de severidad y la incidencia, también se ingresaron en el análisis como datos georreferenciados. Los datos se analizaron por regresión lineal, empleando el paquete estadístico incluido en el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020). Se evaluó el ajuste de los modelos generados a los datos empíricos, considerando indicadores como los coeficientes de determinación (R²), gráficos de distribución de residuos (QQ plots) y valores de probabilidad (p).

RESULTADOS

Los resultados de los análisis estadísticos mostraron alta significancia de los coeficientes obtenidos por regresión lineal ($p < 0,0001$). Por una parte, los modelos mostraron altos valores de R² y mínimos residuos para las variables "número de bulbos cosechados" (R²=0,939, fig. 2A), "estado sanitario" (R²=0,804, fig. 2B), "rendimiento (peso fresco)" (R²=0,965, fig. 2C) y "rendimiento (peso seco)" (R²=0,938, fig. 2D). Por otra parte, las variables "incidencia de podredumbre blanca" (R²=0,607) así como "rendimiento (peso seco promedio de bulbo)" (R²=0,669), si bien mostraron menor ajuste a los valores de NDVI, aun así, fueron aceptables.

CONCLUSIÓN

El uso de plataformas aéreas para la toma de imágenes, en este caso VANT, presenta varias ventajas, entre las que se mencionan su versatilidad, su peso liviano y bajos costos operativos (Jeong *et al.*, 2014). Algunos estudios previos han demostrado el potencial del índice NDVI para predecir rendimiento del cultivo de ajo a nivel de grandes regiones productivas (Na *et al.*, 2017). En el presente trabajo, el rendimiento en peso fresco fue predicho de manera precisa por el NDVI, mostrando un modelo de ajuste aún mejor, comparado con registros previos de estudios similares (Jeong *et al.*, 2014). Los aspectos sanitarios fueron igualmente estimados de manera acertada. Sin embargo, son necesarias nuevas evaluaciones que permitan confirmar y validar los resultados aquí expuestos, así como ampliar la zona de estudio. El empleo de índices normalizados de vegetación, como NDVI, constituye un predictor útil para estimar aspectos productivos y sanitarios en el cultivo del ajo. El desarrollo de herramientas validadas localmente, basadas en este tipo de tecnologías, podría ayudar a los productores de ajo en la estimación de rendimientos y la detección temprana de plagas y enfermedades destructivas, tales como la podredumbre blanca (Jeong *et al.*, 2019). Los resultados expuestos aquí presentan uno de los primeros registros de aplicación de técnicas de sensado remoto en cultivos hortícolas de Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al convenio STE 2351 de Bayer S.A. con INTA EEA La Consulta. El autor expresa su agradecimiento a la Ing. Agr. Nora Liza Videla y al productor Daniel Tomasetti,

Figura 1. Escala visual empleada para evaluar el estado sanitario de las parcelas bajo estudio, como indicador de severidad de podredumbre blanca del ajo.

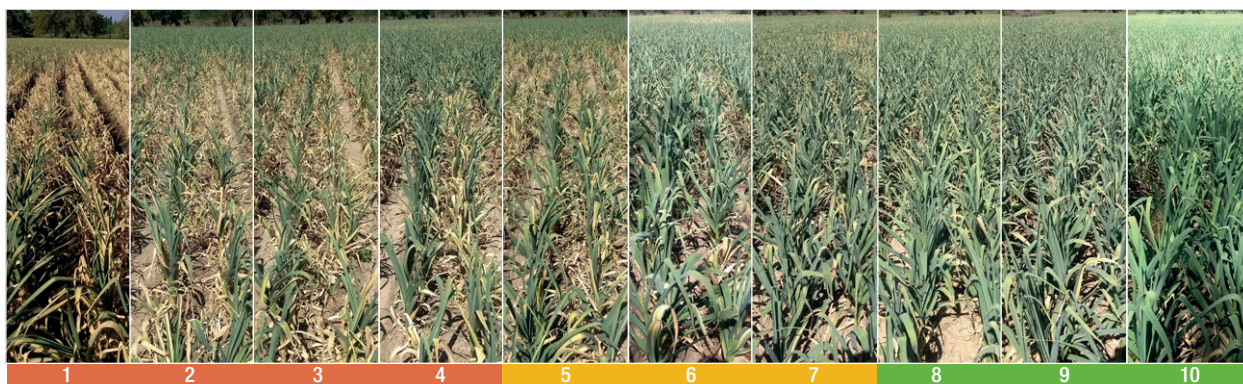
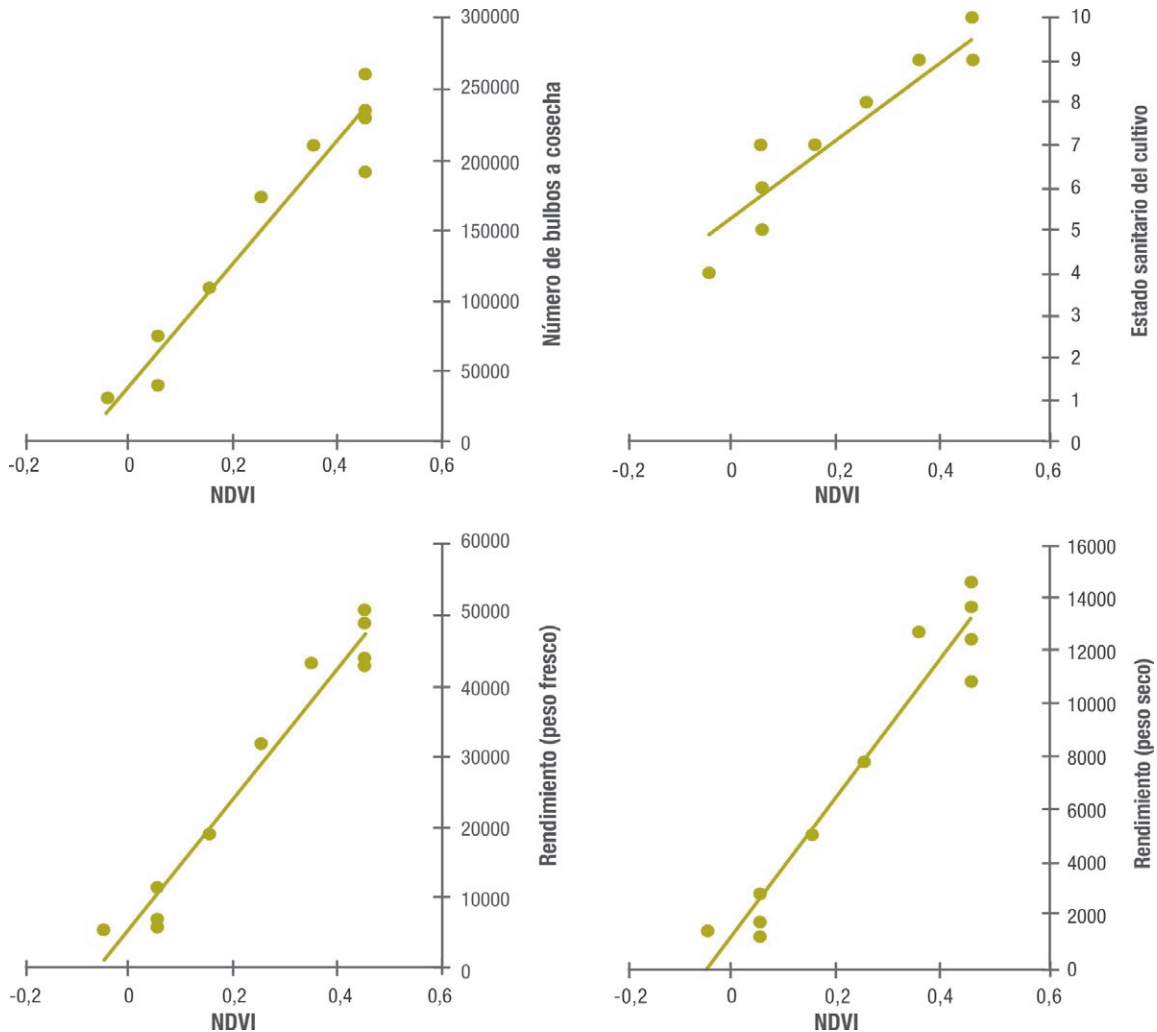


Figura 2. Ajuste del índice NDVI como predictor de diferentes variables productivas y sanitarias en un cultivo comercial de ajo. A: número de bulbos cosechados. B: estado sanitario del cultivo. C: rendimiento (peso fresco, kg/ha). D: rendimiento (peso seco, kg/ha). Fecha de toma de los datos: 8 de octubre de 2020.



por su inestimable colaboración para la realización del ensayo, y al Ing. Gonzalo Muñiz y Lic. Federico Framarini, de la empresa AgroPraxes, por el relevamiento de imágenes y soporte técnico para el análisis posterior.

BIBLIOGRAFÍA

- BURBA, J.L. (2003). Producción de Ajo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 43.
- CALIGIORE-GEI, P.F.; MONTOYA, M.; OLMEDO, F. (2019). Empleo de imágenes térmicas para la detección temprana de la podredumbre blanca en ajo. 16.º Curso Taller Sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo, 103.
- CAMPOY, J.; CAMPOS, I.; PLAZA, C.; CALERA, M.; JIMÉNEZ, N.; BODAS, V.; CALERA, A. (2019). Water use efficiency and light use efficiency in garlic using a remote sensing-based approach. *Agricultural Water Management*, 219, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.032>
- AGWAT.2019.03.032
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLADO, C.W. (2020). InfoStat (F. C. A. Centro de Transferencia InfoStat Universidad Nacional de Córdoba, Argentina (ed.)). Universidad Nacional de Córdoba. (Disponible: <http://www.infostat.com.ar/> verificado: 2020).
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2021). FAOSTAT Statistical Database. (Disponible: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> Fecha de consulta: 03/06/2021).
- JEONG, H.; JEONG, R.-D.; RYU, J.-H.; OH, D.; CHOI, S.; CHO, J. (2019). Preliminary growth chamber experiments using thermal infrared image to detect crop disease. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 21(2), 111-116. <https://doi.org/10.5532/KJAFM.2019.21.2.111>
- JEONG, S.; KIM, D.; YUN, H.; CHO, W.; KWON, Y.; KIM, H. (2014). Monitoring the growth status variability in Onion (*Allium cepa*) and Garlic (*Allium sativum*) with RGB and multi-spectral UAV remote sensing imagery. 7th Asian-Australasian Conference on Precision Agriculture, 1-6.
- LOURENÇO JR, V.; VIEIRA, B.S.; LOPES, E.A.; VILLALTA, O.N. (2018). Etiology, epidemiology, and management of white rot on onion and garlic: current knowledge and future directions for Brazil. *Etiologia, epidemiologia e manejo da podridão-branca em alho e cebola: conhecimento atual e perspectivas futuras para o Brasil*. *Científica*, 46(3), 241-256.
- NA, S.; PARK, C.; SO, K.; PARK, J.; LEE, K. (2017). Development of Garlic & Onion Yield Prediction Model on Major Cultivation Regions Considering MODIS NDVI and Meteorological Elements. *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(5), 647-659. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2017.33.5.2.5>
- QGIS.ORG. (2021). QGIS Geographic Information System. QGIS Association.