

El uso de drones en el manejo agroecológico de las malas hierbas

Using drones for agroecological weed management

César Fernández-Quintanilla*, José Dorado & José Manuel Peña

Grupo *tec4AGRO*, Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC, Madrid, España
(*E-mail: cesar@ica.csic.es)
<https://doi.org/10.19084/rca.34970>

Recibido/received: 2024.01.15
Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

Los drones constituyen una herramienta muy valiosa para explorar la variabilidad espacial presente en las parcelas de cultivo. Sin embargo, su uso, cada vez más frecuente en sistemas con una orientación tecnológica, es prácticamente desconocido dentro de sistemas para una aproximación agro-ecológica. El objetivo de este trabajo es explorar algunas de las potencialidades de los drones para contribuir a un mejor manejo agroecológico de las malas hierbas. La información extraída con vuelos tempranos nos permite minimizar el uso de insumos (labores, herbicidas) y mejorar su eficiencia. Por otra parte, la información obtenida en vuelos realizados al final del ciclo nos permite evaluar la eficacia de las medidas tomadas, detectando la aparición de escapes o de poblaciones resistentes. El fenotipado digital a partir de imágenes de dron puede ser de gran utilidad en los programas de mejora de variedades de cultivos supresoras de malas hierbas. La evaluación de prácticas agronómicas en condiciones reales puede llevarse a cabo mediante la monitorización continuada de parcelas de agricultores en las que exista una diversidad de condiciones. La abundante información suministrada por los drones sobre el estado del suelo, cultivo y poblaciones de plagas y malas hierbas facilitaría el diseño y la implementación de sistemas de gestión integrada. El empleo de drones a escala paisaje nos permite el seguimiento de los espacios de biodiversidad y evaluar los servicios ecosistémicos obtenidos.

Palabras clave: drones, agroecología, información espacial, malas hierbas, gestión integrada.

ABSTRACT

Drones are a valuable tool to explore the spatial variability present in crop fields. Although its use is becoming relatively common in technological oriented systems it is very rare in ecological oriented systems. The goal of this presentation is to explore some of the potentialities of this tool to contribute to an improved agroecological weed management. The information obtained in early flights can be used to minimize input use (tillage operations or herbicides). The information obtained at the end of the crop life cycle can be used to assess the efficacy of the control measures, monitoring weed escapes and/or resistant populations. Digital phenotyping from aerial images could be used in breeding weed suppressing varieties. The assessment of agronomic practices under real conditions can be conducted through aerial monitoring farmer's plots with variable conditions. The large volume of information (big data) provided on soil, crop and weed conditions will facilitate the design and implementation of integrated weed management systems. The large volume of information (big data) provided on soil, crop and weed conditions will facilitate the design and implementation of integrated weed management systems. The use of drones at the landscape scale allow to monitor biodiversity spaces and to assess the ecosystem services provided by these areas.

Keywords: drones, agroecology, spatial information, weeds, integrated management.

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del 2,4-D y el MCPA en el año 1944 el manejo de las malas hierbas ha estado centrado en las aplicaciones de herbicidas. El elevado consumo de estos productos y la gran dependencia en los mismos ha creado una creciente preocupación social. Como respuesta a dicha inquietud se ha propuesto el uso de sistemas agrarios basados en los conocimientos que nos aporta la agroecología. Paralelamente, los desarrollos tecnológicos aparecidos en estos últimos años han posibilitado un manejo de malas hierbas más eficiente y con un menor impacto ambiental mediante estrategias de gestión localizada. En la actualidad nos encontramos con dos paradigmas divergentes para el control de malas hierbas: los sistemas basados en la agroecología y los basados en las tecnologías derivadas de la agricultura de precisión. Parece oportuno explorar las posibilidades de unir estos dos paradigmas (Duff *et al.*, 2022).

Los drones constituyen una herramienta muy valiosa para explorar la variabilidad espacial presente en las parcelas de cultivo, obteniendo informaciones de gran utilidad en la gestión de dichas parcelas (de Castro *et al.*, 2021; Fernández-Quintanilla *et al.*, 2022). Sin embargo, su uso se ha limitado exclusivamente a los sistemas con una orientación tecnológica. No existen antecedentes enfocados a

su uso dentro de los sistemas de orientación ecológica. El objetivo de este trabajo es explorar algunas de las potencialidades de los drones para contribuir a un mejor manejo agroecológico de las malas hierbas.

TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA

El esquema conceptual para la transición de una agricultura convencional a una basada en principios agroecológicos, consta de tres pasos: 1) una mejora de la eficiencia de los insumos; 2) la sustitución de los insumos; 3) el rediseño de los sistemas (Hill & McRae, 1996). A continuación, mostraremos algunos ejemplos concretos del posible uso de drones en este proceso (Figura 1).

1. Mejora de la eficiencia de los insumos.

Con objeto de mejorar la eficiencia de los insumos, la información derivada de vuelos en momentos tempranos del desarrollo del cultivo nos puede permitir minimizar en uso de estos insumos. Estudios llevados a cabo con drones volando a 30 m de altura sobre parcelas comerciales de maíz en Huesca y Lérida permitieron confeccionar mapas de tratamiento de dos especies de malas hierbas, reduciendo substancialmente el uso de herbicidas (Peña *et al.*, 2020). Por otra parte, la información obtenida en vuelos con drones



Figura 1 - Ejemplos de la utilización de drones en diferentes etapas del proceso de transición hacia una agricultura basada en principios agroecológicos.

realizados poco antes de la cosecha de parcelas de trigo permitió localizar las infestaciones residuales de *Cirsium arvense* (Rasmussen *et al.*, 2019). Este tipo de información nos puede facilitar la evaluación de la eficacia de las medidas tomadas y detectar la aparición de escapes o de poblaciones resistentes (Kutugata *et al.*, 2021).

2. Substitución de insumos.

La substitución de los herbicidas por otros tipos de medidas de control puede verse facilitada de varias formas. Una de ellas podría ser el fenotipado digital en la mejora de variedades de cultivos supresoras de malas hierbas. Estudios previos han mostrado la posibilidad de mejorar la tolerancia de los cultivos frente a las malas hierbas incorporándoles caracteres tales como vigor temprano, mayor altura, componentes alelopáticos (Worthington & Reberg-Horton, 2013). Aunque todavía no se ha llevado a cabo ningún estudio enfocado específicamente al empleo de imágenes de dron con este fin, el fenotipado aéreo de variedades de cereal ha dado resultados muy prometedores (Peña *et al.*, 2019). Dado que las cubiertas vegetales constituyen una valiosa herramienta para el control de malas hierbas (Osipitan *et al.*, 2019) es necesario desarrollar tipos de cubiertas para diferentes situaciones y estudiar su manejo. El empleo de imágenes de dron puede simplificar la realización de este tipo de estudios (Yuan *et al.*, 2019). La evaluación de todas estas prácticas debería realizarse en condiciones reales, en parcelas comerciales de agricultores involucrados en proyectos de investigación. La facilidad del uso de drones permitiría a los mismos agricultores implicarse activamente en la búsqueda de soluciones (investigación

participativa) obteniendo gran parte de la información necesaria (Luschei *et al.*, 2001).

3. Rediseño de sistemas.

Para ello sería necesario integrar los conocimientos ecológicos con el uso de una diversidad de herramientas de control (MacLaren *et al.*, 2020). En los sistemas con una gestión agroecológica no se pretende la eliminación completa de las malas hierbas, se busca regular sus poblaciones con objeto de mitigar sus efectos adversos. Se trata en definitiva de fomentar la conservación de la biodiversidad y la preservación de los servicios ecosistémicos vinculados a estas especies arvenses (MacLaren *et al.*, 2020). El uso de drones facilitaría comprender el impacto de diversas prácticas de manejo en la composición y diversidad de las comunidades arvenses, y cómo éstas pueden proporcionar servicios (o diservicios) ecosistémicos basados en esta composición y diversidad. El empleo de drones a escala paisaje nos podría permitir monitorizar y realizar un seguimiento espacial y temporal de dichos aspectos (Gonzales *et al.*, 2022). Estas ventajas ofrecen la oportunidad de obtener información detallada sobre los recursos florales que sustentan a los polinizadores. Esto permite ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de estos insectos beneficiosos en agrosistemas y su capacidad de adaptación al cambio climático (Barnsley *et al.*, 2022; Gallman *et al.*, 2022).

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto PID2020-113229RBC41/AEI/10.13039/501100011033.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barnsley, S.L.; Lovett, A.A. & Dicks, L.V. (2022) - Mapping nectar-rich pollinator floral resources using airborne multispectral imagery, *Journal of Environmental Management*, vol. 313, art. 114942. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114942>
- de Castro, A.I.; Shi, Y.; Maja, J.M. & Peña, J.M. (2021) - UAVs for vegetation monitoring: Overview and recent scientific contributions. *Remote Sensing*, vol. 13, n. 11, art. 2139. <https://doi.org/10.3390/rs13112139>
- Duff, H.; Hegedus, P.B.; Loewen, S.; Bass, T. & Maxwell, B.D. (2022) - Precision Agroecology. *Sustainability*, vol. 14, n. 1, art. 106. <https://doi.org/10.3390/su14010106>
- Fernández-Quintanilla, C.; Dorado, J.; Andújar, D. & Peña, J.M. (2022) - Advanced detection technologies for weed scouting. In: Kudsk, P. (Ed.) - *Advances in integrated weed management*, chapter 8, Burleigh Dodds Science Publishing Limited; ISBN-13: 9781786767455_24 p.
- Gallmann, J.; Schüpbach, B.; Jacot, K.; Albrecht, M.; Winizki, J.; Kirchgessner, N. & Aasen, H. (2022) - Flower mapping in grasslands with drones and deep learning. *Frontiers in Plant Science*, vol. 12, art. 774965. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.774965>
- Gonzales, D.; Hempel de Ibarra, N. & Anderson, K. (2022) - Remote sensing of floral resources for pollinators – new horizons from satellites to drones. *Frontiers in Ecology and Evolution*, vol. 10, art. 869751. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.869751>
- Hill, S.B. & MacRae, R.J. (1996) - Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 7, n. 1, p. 81-87. https://doi.org/10.1300/J064v07n01_07
- Kutugata, M.; Hu, C.; Sapkota, B. & Bagavathiannan, M. (2021) - Seed rain potential in late-season weed escapes can be estimated using remote sensing. *Weed Science*, vol. 69, n. 6, p. 653-659. <https://doi.org/10.1017/wsc.2021.39>
- Luschei, E.C.; Van Wychen, L.R.; Maxwell, B.D.; Bussan, A.J.; Buschena, D. & Goodman, D. (2001) - Implementing and conducting on-farm weed research with the use of GPS. *Weed Science*, vol. 49, n. 4, p. 536-542. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0536:IACOFW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0536:IACOFW]2.0.CO;2)
- MacLaren, C.; Storkey, J.; Menegat, A.; Metcalfe, H. & Dehnen-Schmutz, K. (2020) - An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 40, art. 24. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00631-6>
- Osipitan, O.A.; Dille, J.A.; Assefa, Y.; Radicetti, E.; Ayeni, A. & Knezevic, S.Z. (2019) - Impact of Cover Crop Management on Level of Weed Suppression: A Meta-Analysis. *Crop Science*, vol. 59, n. 3, p. 833-842. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.09.0589>
- Peña, J.M.; Ostos-Garrido, F.J.; Torres-Sánchez, J.; Pistón, F. & de Castro, A.I. (2019) - A UAV-based system for monitoring crop growth in wheat, barley and triticale phenotyping field trials. In: Stafford, J.V. (Ed.) - *Precision Agriculture'2019*. Wageningen Academic Publisher, The Netherlands, ISBN: 978-90-8686-337-2, p. 397-403.
- Peña, J.M.; Orno-Badía, C.; Dorado, J.; de Castro, A.I. & Recasens, J. (2020) - Drones y digitalización para el manejo localizado en maíz. *Agricultura*, vol. 1044, p. 40-45.
- Rasmussen, J.; Nielsen, J.; Streibig, J.C.; Jensen, J.E.; Pedersen, K.S. & Olsen, S.I. (2019) - Pre-harvest weed mapping of *Cirsium arvense* in wheat and barley with off-the-shelf UAVs. *Precision Agriculture*, vol. 20, p. 983-999. <https://doi.org/10.1007/s11119-018-09625-7>
- Worthington, M. & Reberg-Horton, C. (2013) - Breeding cereal crops for enhanced weed suppression: optimizing allelopathy and competitive ability. *Journal Chemical Ecology*, vol. 39, n. 2, p. 213-231. <https://doi.org/10.1007/s10886-013-0247-6>
- Yuan, M.; Burjel, J.C.; Isermann, J.; Goeser, N.J. & Pittelkow, C.M. (2019) - Unmanned aerial vehicle-based assessment of cover crop biomass and nitrogen uptake variability. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 74, n. 4, p. 350-359. <https://doi.org/10.2489/jswc.74.4.350>