

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 1 de 24</b>

21.1

<b>FECHA</b>	viernes, 16 de diciembre de 2022
--------------	----------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Sede Fusagasugá
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Virgues Rodriguez	Tammy Yuliana	1007155644
Zabala Rodriguez	Andrea Katerine	1075626762

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Valencia Achuri	Paola Andrea

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

 <b>UDEC</b> UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 2 de 24</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

## Aplicación de drones como herramienta tecnológica para la transición de la agricultura convencional a la de precisión

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN

INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
20/11/2022	12

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1.Drones	Drones
2.Agricultura tradicional	Traditional agricultura
3.Transición	Transition
4.Tecnología	Technology
5.Sensores	Sensors
6.Agricultura de precisión	Precision farming

### FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

Abbasi, R., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*, 2(January), 100042. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>

Adnan, N., Nordin, S. M., & Anwar, A. (2020). Transition pathways for Malaysian paddy farmers to sustainable agricultural practices: An integrated exhibiting tactics to adopt Green fertilizer. *Land Use Policy*, 90(September), 104255. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104255>

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 3 de 24</b>


- Ajay, S., Rajagopal, T., Suhair, Shreeshivaharri, S., & Shrihari, P. N. (2022). Non-contact type tree branch cutter using drone attached with laser head. *Materials Today: Proceedings*, 62, 1272–1276. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.561>
- Albattah, W., Javed, A., Nawaz, M., Masood, M., & Albahli, S. (2022). Artificial Intelligence-Based Drone System for Multiclass Plant Disease Detection Using an Improved Efficient Convolutional Neural Network. *Frontiers in Plant Science*, 13(June), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.808380>
- Bera, B., Vangala, A., Das, A. K., Lorenz, P., & Khan, M. K. (2022). Private blockchain-envisioned drones-assisted authentication scheme in IoT-enabled agricultural environment. *Computer Standards and Interfaces*, 80(August 2021), 103567. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2021.103567>
- Bonnaire Rivera, L., Montoya Bonilla, B., & Obando-Vidal, F. (2021). Procesamiento de imágenes multispectrales captadas con drones para evaluar el índice de vegetación de diferencia normalizada en plantaciones de café variedad Castillo. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 22(1). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num1\\_art:1578](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1578)
- Canwat, V., & Onakuse, S. (2022). Organic agriculture: A fountain of alternative innovations for social, economic, and environmental challenges of conventional agriculture in a developing country context. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 3(July), 100025. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2022.100025>
- Chabert, A., Marchand, D., & Sarthou, J. P. (2020). Data from extensive comparative measurements of conventional, conservation and organic agricultures in southwestern France. *Data in Brief*, 31, 105827. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105827>
- Chakraborty, M., Khot, L. R., & Peters, R. T. (2020). Assessing suitability of modified center pivot irrigation systems in corn production using low altitude aerial imaging techniques. *Information Processing in Agriculture*, 7(1), 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.06.001>
- Chen, P. C., Chiang, Y. C., & Weng, P. Y. (2020). Imaging using unmanned aerial vehicles for agriculture land use classification. *Agriculture (Switzerland)*, 10(9), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090416>
- de Jesus, C. R., & Ferreira, M. E. (2022). Estimating water infiltration rate in oxisols under pasture and agriculture management in the Brazilian Savanna with support of a Drone-RGB onboard sensor. *Australian Journal of Crop Science*, 16(2), 233–243. <https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.02.3397>
- do Amaral, L. R., Zerbato, C., de Freitas, R. G., Júnior, M. R. B., & da Silva Simões, I. O. P. (2020). UAV applications in Agriculture 4.0. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(5), 1–15. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200091>
- Dos Santos, J. M., Batista, P. F., Sperandio, E. M., Alves Nogueira, L. C., Gonçalo, T. P., Castoldi, G., Geraldine, A. M., & Alves, T. M. (2022). Spectral responses at visible and near-infrared wavelengths of soybean plants to fungicides. *Ciencia Rural*, 52(10), 2–6. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210380>
- El Hoummadi, L., Larabi, A., & Alam, K. (2021). Using unmanned aerial systems and deep learning for agriculture mapping in Dubai. *Heliyon*, 7(10), e08154.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 4 de 24</b>


<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08154>  
Estrada Zúñiga, A. C., & Vásquez, J. N. (2021). Detection and identification of high Andean plant communities, Wetlands and Tolar de Puna Seca by means of RGB and NDVI orthophotos in “Unmanned Aerial Systems” drones. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 291–301.  
<https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.032>  
Genze, N., Ajekwe, R., Güreli, Z., Haselbeck, F., Grieb, M., & Grimm, D. G. (2022). Deep learning-based early weed segmentation using motion blurred UAV images of sorghum fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 202(August), 107388. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107388>  
Hama, A., Tanaka, K., Chen, B., & Kondoh, A. (2021). Examination of appropriate observation time and correction of vegetation index for drone-based crop monitoring. *Journal of Agricultural Meteorology*, 77(3), 200–209.  
<https://doi.org/10.2480/agrmet.D-20-00047>  
Hama, A., Tanaka, K., Mochizuki, A., Tsuruoka, Y., & Kondoh, A. (2020). Estimating the protein concentration in rice grain using UAV imagery together with agroclimatic data. *Agronomy*, 10(3), 7–10.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10030431>  
Hatton, N., Sharda, A., Schapaugh, W., & van der Merwe, D. (2020). Remote thermal infrared imaging for rapid screening of sudden death syndrome in soybean. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105738>  
Heinemann, P., Haug, S., & Schmidhalter, U. (2022). Evaluating and defining agronomically relevant detection limits for spectral reflectance-based assessment of N uptake in wheat. *European Journal of Agronomy*, 140(July), 126609. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126609>  
Hovhannisyan, T., Efendyan, P., & Vardanyan, M. (2018). Creation of a digital model of fields with application of DJI phantom 3 drone and the opportunities of its utilization in agriculture. *Annals of Agrarian Science*, 16(2), 177–180.  
<https://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.03.006>  
Huuskonen, J., & Oksanen, T. (2018). Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154(August), 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.039>  
Jamil, I., Jun, W., Mughal, B., Wheed, J., Hussain, H., & Waseem, M. (2021). Agricultural Innovation: A comparative analysis of economic benefits gained by farmers under climate resilient and conventional agricultural practices. *Land Use Policy*, 108(May), 105581.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105581>  
Jensen, S. M., Akhter, M. J., Azim, S., & Rasmussen, J. (2021). The predictive power of regression models to determine grass weed infestations in cereals based on drone imagery—statistical and practical aspects. *Agronomy*, 11(11).  
<https://doi.org/10.3390/agronomy11112277>  
Jia, X., Cao, Y., O’Connor, D., Zhu, J., Tsang, D. C. W., Zou, B., & Hou, D. (2021). Mapping soil pollution by using drone image recognition and machine learning at an arsenic-contaminated agricultural field. *Environmental Pollution*, 270, 116281. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116281>

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 5 de 24</b>

kavoosi, Z., Raoufat, M. H., Dehghani, M., Abdolabbas, J., Kazemeini, S. A., & Nazemossadat, M. J. (2020). Feasibility of satellite and drone images for monitoring soil residue cover. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.06.001>

Klauser, F., & Pauschinger, D. (2021). Entrepreneurs of the air: Sprayer drones as mediators of volumetric agriculture. *Journal of Rural Studies*, 84, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.02.016>

Lima, F., Blanco-Sepúlveda, R., Gómez-Moreno, M. L., Dorado, J., & Peña, J. M. (2021). Mapping tillage direction and contour farming by object-based analysis of UAV images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106281>

Mahroof, K., Omar, A., Rana, N. P., Sivarajah, U., & Weerakkody, V. (2021). Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125522. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125522>

Mammarella, M., Comba, L., Biglia, A., Dabbene, F., & Gay, P. (2021). Cooperation of unmanned systems for agricultural applications: A theoretical framework. *Biosystems Engineering*, 223, 61–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.11.008>

Mammarella, M., Comba, L., Biglia, A., Dabbene, F., & Gay, P. (2022). Cooperation of unmanned systems for agricultural applications: A case study in a vineyard. *Biosystems Engineering*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.12.010>

Martel, V., Johns, R. C., Jochems-Tanguay, L., Jean, F., Maltais, A., Trudeau, S., St-Onge, M., Cormier, D., Smith, S. M., & Boisclair, J. (2021). The Use of UAS to Release the Egg Parasitoid *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against an Agricultural and a Forest Pest in Canada. *Journal of Economic Entomology*, 114(5), 1867–1881. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa325>

Mateo-Aroca, A., García-Mateos, G., Ruiz-Canales, A., Molina-García-Pardo, J. M., & Molina-Martínez, J. M. (2019). Remote image capture system to improve aerial supervision for precision irrigation in agriculture. *Water (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/w11020255>

Mogili, U. R., & Deepak, B. B. V. L. (2018). Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science*, 133, 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>

Osinga, S. A., Paudel, D., Mouzakitis, S. A., & Athanasiadis, I. N. (2022). Big data in agriculture: Between opportunity and solution. *Agricultural Systems*, 195(June 2021), 103298. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103298>


Oviedo Bayas, B., Silva Castro, K. F., Zhuma Mera, E., Oviedo Bayas, B., Silva Castro, K. F., & Zhuma Mera, E. (2021). Red de drones autónomos utilizando una arquitectura de red para uso alternativo de levantamiento de información agrícola a pequeña escala. *Conrado*, 17(79), 69–80. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442021000200069&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000200069&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 6 de 24</b>

Phillips, P. W. B., Relf-Eckstein, J. A., Jobe, G., & Wixted, B. (2019). Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(November 2018), 100295. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.001>

Pino V., E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Idesia (Arica), ahead*, 0–0. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019005000402>

Prabhu, S. S., Vishal Kumar, A., Murugesan, R., Saha, J., & Dasgupta, I. (2021). Adoption of precision agriculture by detecting and spraying herbicide using UAV. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 34(special issue 1), 21–33. <https://doi.org/10.37077/25200860.2021.34.SP1.3>

Qubaa, A. R., Aljawwadi, T. A., Hamdoon, A. N., & Mohammed, R. M. (2021). Using UAVs/Drones and vegetation indices in the visible spectrum to monitoring agricultural lands. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 52(3), 601–610. <https://doi.org/10.36103/ijas.v52i3.1349>

Quino, J., Maja, J. M., Robbins, J., Fernandez, R. T., Owen, J. S., & Chappell, M. (2021). RFID and Drones: The Next Generation of Plant Inventory. *AgriEngineering*, 3(2), 168–181. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3020011>

Radoglou-Grammatikis, P., Sarigiannidis, P., Lagkas, T., & Moscholios, I. (2020). A compilation of UAV applications for precision agriculture. *Computer Networks*, 172(February), 107148. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107148>

Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K., & Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198(December 2021), 107017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>

Robinson, J. M., Harrison, P. A., Mavoa, S., & Breed, M. F. (2022). Existing and emerging uses of drones in restoration ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(9), 1899–1911. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13912>

Ryu, J. H., Clements, J., & Neufeld, J. (2022). Low-Cost Live Insect Scouting Drone: IDrone Bee. *Journal of Insect Science*, 22(4), 1–6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieac036>

Sangha, H. S., Sharda, A., Koch, L., Prabhakar, P., & Wang, G. (2020). Impact of camera focal length and sUAS flying altitude on spatial crop canopy temperature evaluation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172(March), 105344. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105344>

Stræte, E. P., Vik, J., Fuglestad, E. M., Gjefsen, M. D., Melås, A. M., & Søråa, R. A. (2022). Critical support for different stages of innovation in agriculture: What, when, how? *Agricultural Systems*, 203(September), 103526. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103526>

Subramaniam, R., Hajjaj, S. S. H., Gsangaya, K. R., Sultan, M. T. H., Mail, M. F., & Hua, L. S. (2021). Redesigning dispenser component to enhance performance crop-dusting agriculture drones. *Materials Today: Proceedings*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.015>


van Hilten, M., & Wolfert, S. (2022). 5G in agri-food - A review on current status, opportunities and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 7 de 24</b>

201(August), 107291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107291>


Wandrie, L. J., Klug, P. E., & Clark, M. E. (2019). Evaluation of two unmanned aircraft systems as tools for protecting crops from blackbird damage. *Crop Protection*, 117(November 2018), 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.008>

Zhang, Y., Onda, Y., Kato, H., Feng, B., & Gomi, T. (2022). Understory biomass measurement in a dense plantation forest based on drone-SfM data by a manual low-flying drone under the canopy. *Journal of Environmental Management*, 312(August 2021), 114862. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114862>

**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS**  
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

El desarrollo de herramientas tecnológicas inteligentes como los vehículos aéreos no tripulados (Drones), se ven inmersos cada día más en el medio agrícola, en razón a que estos permiten que haya mayor productividad y un mejoramiento de los procesos agrícolas. El objetivo de la presente investigación es analizar la transición de la agricultura tradicional a la agricultura de precisión, donde se han implementado los drones como herramienta tecnológica facilitadora de actividades fundamentales como toma de imágenes, monitoreos, toma de muestras, riegos, fertilizaciones y aplicación de agroquímicos, llevados a cabo ahora de una manera más práctica, rápida y precisa. El presente documento se basó en un enfoque cualitativo, de análisis documental donde la revisión bibliográfica permitió identificar artículos que han desarrollado diferentes estudios entorno a la aplicación de nuevas tecnologías en el área agrícola. Dentro de los resultados relevantes encontramos la utilización de drones para la toma de fotografías aéreas de zonas cultivadas, lo cual, los hacen ser una herramienta efectiva para la recolección y análisis de datos que al final proporcionan al agricultor la claridad y certeza necesaria sobre sus producciones agropecuarias. Para concluir se tiene que los drones son herramientas tecnológicas que aceleran los procesos realizados manualmente, los cuales disminuyen el uso de agroquímicos y optimizan el recurso hídrico en los cultivos, entre otros beneficios.

The development of intelligent technological tools such as unmanned aerial vehicles (Drones), are increasingly immersed in the agricultural environment, because they allow greater productivity and improvement of agricultural processes. The objective of this research is to analyze the transition from traditional agriculture to precision agriculture, where drones have been implemented as a technological tool to facilitate fundamental activities such as imaging, monitoring, sampling, irrigation,

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 8 de 24</b>

fertilization and application of agrochemicals, now carried out in a more practical, fast and precise way. This document was based on a qualitative approach, documentary analysis where the bibliographic review allowed to identify articles that have developed different studies around the application of new technologies in the agricultural area. Among the relevant results we find the use of drones to take aerial photographs of cultivated areas, which make them an effective tool for the collection and analysis of data that ultimately provide the farmer with the necessary clarity and certainty about their productions. agricultural. To conclude, drones are technological tools that accelerate processes carried out manually, which reduce the use of agrochemicals and optimize water resources in crops, in others benefits.


### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 9 de 24</b>


3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *“Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 10 de 24</b>

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI \_\_\_ NO \_X\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 11 de 24</b>

Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.




**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
<b>1. Aplicación de drones como herramienta tecnológica para la</b>	

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 12 de 24</b>

<b>transición de la agricultura convencional a la de precisión</b>	
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafo)</b>
Virgues Rodriguez Tammy Yuliana	Tammy Y. Virgues R.
Zabala Rodriguez Andrea Katerine	Andrea K. Zabala R.

21.1-51-20.

## Aplicación de drones como herramienta tecnológica para la transición de la agricultura convencional a la de precisión

Tammy Yuliana VIRGUES RODRIGUEZ<sup>1</sup>, Andrea Katerine ZABALA RODRIGUEZ<sup>2</sup>, Paola Andrea VALENCIA ACHURI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cundinamarca (tvirgues@ucundinamarca.edu.co)

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cundinamarca (akzabala@ucundinamarca.edu.co)

<sup>3</sup> Docente e investigador programa Tecnología en Cartografía, Universidad de Cundinamarca (pvalencia@ucundinamarca.edu.co)

### Resumen

---

El desarrollo de herramientas tecnológicas inteligentes como los vehículos aéreos no tripulados (Drones), se ven inmersos cada día más en el medio agrícola, en razón a que estos permiten que haya mayor productividad y un mejoramiento de los procesos agrícolas. El objetivo de la presente investigación es analizar la transición de la agricultura tradicional a la agricultura de precisión, donde se han implementado los drones como herramienta tecnológica facilitadora de actividades fundamentales como toma de imágenes, monitoreos, toma de muestras, riegos, fertilizaciones y aplicación de agroquímicos, llevados a cabo ahora de una manera más práctica, rápida y precisa. El presente documento se basó en un enfoque cualitativo, de análisis documental donde la revisión bibliográfica permitió identificar artículos que han desarrollado diferentes estudios entorno a la aplicación de nuevas tecnologías en el área agrícola. Dentro de los resultados relevantes encontramos la utilización de drones para la toma de fotografías aéreas de zonas cultivadas, lo cual, los hacen ser una herramienta efectiva para la recolección y análisis de datos que al final proporcionan al agricultor la claridad y certeza necesaria sobre sus producciones agropecuarias. Para concluir se tiene que los drones son herramientas tecnológicas que aceleran los procesos realizados manualmente, los cuales disminuyen el uso de agroquímicos y optimizan el recurso hídrico en los cultivos, entre otros beneficios.

**Palabras clave:** Drones, agricultura tradicional, transición, tecnología, sensores, agricultura de precisión.

### Abstract

---

The development of intelligent technological tools such as unmanned aerial vehicles (Drones), are increasingly immersed in the agricultural environment, because they allow greater productivity and improvement of agricultural processes. The objective of this research is to analyze the transition from traditional agriculture to precision agriculture, where drones have been implemented as a technological tool to facilitate fundamental activities such as imaging, monitoring, sampling, irrigation, fertilization and application of agrochemicals, now carried out in a more practical, fast and precise way. This document was based on a qualitative approach, documentary analysis where the bibliographic review allowed to identify articles that have developed different studies around the application of new technologies in the agricultural area. Among the relevant results we find the use of drones to take aerial photographs of cultivated areas, which make them an effective tool for the collection and analysis of data that ultimately provide the farmer with the necessary clarity and certainty about their productions agricultural. To conclude, drones are technological tools that

---

accelerate processes carried out manually, which reduce the use of agrochemicals and optimize water resources in crops, in others benefits.

**Keywords:** Drones, traditional agriculture, transition, technology, sensors, precision farming.

## Introducción

---

El sector agrícola es considerado uno de los más importantes, debido a que es el encargado de suministrar y garantizar el alimento a la población mundial, puesto que la demanda alimentaria está aumentando por el crecimiento poblacional, se amerita cambiar los métodos agrícolas tradicionales por tecnologías inteligentes dando paso a la agricultura 4.0 (Abbasi et al., 2022), para lograr suplir las necesidades actuales.

En realidad, la agricultura convencional conlleva más tiempo para realizar las diferentes actividades (monitoreo, muestreos, riegos, aplicaciones de químicos y fertilizantes, entre otros) e incurre en riesgos para la salud humana, ejemplo de ello es el peligro que genera la aplicación de pesticidas hecha manualmente por los agricultores (Mahroof et al., 2021). Desde otro punto de vista, hay un conjunto muy valioso de herramientas tecnológicas inteligentes en los sectores ambientales, forestales y agrícolas, que permiten la restauración de los diferentes ecosistemas y garantizan una productividad sostenible (Robinson et al., 2022).

Hoy en día el sector agrícola, está requiriendo de soluciones que propendan por la reducción del impacto ambiental y a la vez conduzcan al incremento de la productividad, teniendo en cuenta lo anterior, surge la necesidad de implementar nuevas tecnologías como lo son los Drones (vehículos aéreos no tripulados) o también llamados RPAS (Sistema de aeronaves pilotadas a distancia), que facilitan y mejoran los procesos agrícolas, por esta razón estas tecnologías se ven cada vez más inmersa en labores cotidianas en los cultivos, convirtiéndose en una alternativa clave, ya que son equipos de fácil manejo, que capturan

gran cantidad de datos y pueden llegar a sitios difíciles donde la mano de obra no puede operar con facilidad (Mogili & Deepak, 2018).

Naturalmente las nuevas tecnologías se ven cada vez más inmersas en las labores agrícolas, por lo cual los Drones (vehículos aéreos no tripulados) o RPAS (Sistema de aeronaves pilotadas a distancia), toman importancia en todos los procesos agrícolas. La población rural principalmente se dedica a cultivar la tierra, donde su objetivo es obtener una mayor productividad, por lo tanto, surge la necesidad de implementar nuevas técnicas que faciliten todos los procesos agrícolas, donde estas no generen un aumento en los costos de producción, por lo que, los Drones se convierten en una alternativa clave, ya que son equipos de fácil manejo, que capturan gran cantidad de datos y pueden llegar a sitios difíciles donde la mano de obra no puede operar con facilidad (Mogili & Deepak, 2018).

Una de las características importantes de los RPAS es que brindan la posibilidad de solucionar problemas en la agricultura como uso inadecuado de fertilizantes, estimación errónea de biomasa, evaluación de estrés hídrico, detección de plagas, malas hierbas y enfermedades (Rejeb et al., 2022), además, los drones permiten la captura de datos en tiempo real y ofrecen la posibilidad de ser predictivos a la hora de tomar decisiones, aunque también hay un enfrentamiento del tránsito de la agricultura convencional a la de precisión donde para algunos agricultores no es fácil de afrontar (Mahroof et al., 2021). Las fotografías aéreas tomadas por drones en ambientes visibles y térmicos optimizan la supervisión del campo, con información actualizada, con sistemas de

---

monitoreo de suelos, cultivos y riegos que permiten ir en una dirección más prometedora (Hovhannisyan et al., 2018).

La implementación de la agricultura de precisión permite el uso de dispositivos inteligentes que mediante la aplicación de robótica reemplazan la mano de obra humana por la mecánica, contribuyendo a los suelos una recuperación frente a todos los cambios que ha sufrido por causa de métodos agrícolas intensivos (Bera et al., 2022). Dado lo anterior el objetivo de esta investigación se basa en analizar la transición de la agricultura tradicional a la de precisión, donde se han implementado los drones como herramienta tecnológica facilitadora de actividades fundamentales como: toma de imágenes multiespectrales, donde dichas imágenes determinan el uso y la aplicación efectiva de fertilizantes e insecticidas, y, además permiten realizar una detección temprana de plagas y enfermedades.

## **Materiales y Métodos**

---

Esta investigación es de tipo cualitativo, de carácter analítico, basado en la teoría fundamentada con el objetivo de realizar una revisión bibliográfica sobre el tema en cuestión, lo cual permitió un primer acercamiento al cambio en la transición de la agricultura convencional a la de precisión, donde el aporte de las tecnologías son parte del proceso donde se permite realizar una recopilación del tema fundamentado en aportes realizados por investigadores en torno a la agricultura y el uso de drones.

La presente investigación se desarrolló en 2 pasos, y a su vez en dos etapas, donde los pasos a seguir fueron:

1. Identificación de referentes metodológicos a través de revistas

indexadas en páginas web, donde se consultó sobre el tema de agricultura convencional, de precisión y los drones en este ámbito.

2. Cuadro comparativo de los referentes metodológicos y análisis de los resultados investigativos en la temática del cambio que genera el proceso de transición de la agricultura convencional a la de precisión, basado en tecnologías inteligentes como lo son los drones.

Seguido a esto se trabajó en las siguientes etapas:

**Etapa 1:** Se establece el tema a investigar, y se realiza una primera consulta en bases de datos de revistas científicas especializadas tales como Scindirect, Scopus y Scielo, donde es posible establecer las fuentes clave relacionadas con el tema de agricultura de precisión y tecnologías, utilización de drones en la agricultura, toma de fotografías multiespectrales y métodos de aspersión con drones (se obtuvieron alrededor de 200 resultados).

**Etapa 2:** En esta etapa se establece el universo investigado y se recopila la información en una matriz bibliográfica, con datos importantes del material encontrado como: autores, resumen, año de publicación, temática, métodos-herramientas, URL, revista con su respectiva versión y número, se desarrolla la referencia bajo las Normas APA v. 7; para el caso de fuente bibliográfica se relaciona: autor(es), título, revista, URL y año.

Todo este proceso investigativo enlaza los pasos a realizar desde el momento en que se selecciona el tema de interés a tratar, las palabras claves que determinaran la búsqueda de esas investigaciones, las fuentes digitales que proporcionarían de manera confiable la recolección de información, seguido a esto se realizó el filtro de los artículos más próximos a la

temática a tratar, se determinó bajo gráficos los años donde se han implementado estos estudios y también se filtró los temas en común de los artículos seleccionados.

## Resultados

---

La agricultura convencional basada en procesos tradicionales como muestreos, monitoreos, fertilización, aplicación de agroquímicos, detección de temperatura, humedad, pH y nutrientes, se obtienen bajo estudios habituales en campo (Pino V., 2019). Por ejemplo, los monitoreos se realizaban de una forma más intensiva debido a los diferentes conteos y reconteos que se deben hacer para obtener los datos y así dar las respectivas recomendaciones para el manejo y control (Chabert et al., 2020), igualmente, la realización de muestreos manuales requiere del uso de herramientas y de mano de obra para la extracción de las muestras, mientras que mediante la utilización de drones se pueden realizar muestras sin afectar el suelo aun en zonas vulnerables, esto gracias a la combinación de imágenes aéreas y el análisis de estas mismas (Lima et al., 2021). En cuanto a la fertilización y aplicación de agroquímicos se incurre en los posibles riesgos de salud que corren las personas encargadas de estas aplicaciones de manera manual, pues realizan estas labores frecuentemente sin usar todos los protocolos de seguridad (Oviedo Bayas et al., 2021).

Por otro lado, en cuanto a prácticas manuales en zonas de cultivo, actividades como poda de árboles de gran altura que hoy en día se realiza de manera tradicional con herramientas básicas, se está realizando un estudio, donde con la utilización de un dron con un láser es posible realizar esta tarea (Ajay et al., 2022).

En cuanto al tema económico, los agricultores han percibido que la utilización de tecnologías para mejorar y preservar la actividad agrícola ha dado

sus frutos, además constituye el patrimonio cultural y natural (Chabert et al., 2020).

No obstante, la agricultura convencional ha superado desafíos sociales, económicos y ecológicos donde se han implementado prácticas adecuadas como la reutilización de desechos (Canwat & Onakuse, 2022); en la actualidad la agricultura está dando un giro importante, debido a que la inclusión de tecnologías en las actividades tradicionales en los cultivos facilita los procesos agrícolas y a su vez permite minimizar gastos, demostrando que la fusión de tecnologías terrestres, aéreas específicas y sistemas de aeronaves remotamente tripuladas, son factores clave en la agricultura moderna (Quino et al., 2021).

De modo que la agricultura debe enfrentar desafíos actuales como mitigación del hambre, producción de calidad, oferta agroalimentaria suficiente para la población mundial, buenas prácticas agrícolas y disminución del efecto ambiental, se debe incursionar en una transición agrícola que cumpla con las necesidades del mercado, con una alta productividad en los cultivos, con productos inocuos y procesos agrícolas sostenibles, por lo que la implementación de tecnologías innovadoras es indispensable (Stræte et al., 2022). Entonces, la innovación de los sistemas agrícolas marca un camino para los productores con oportunidades en rutas de desarrollo de interconexión con innumerables bases de datos de información relevante para la agricultura (Phillips et al., 2019), bajo la adopción de hardware y software, aplicaciones móviles y tecnologías de sensores, entre otros.

### Transición agrícola

Los diferentes estudios que se hacen alrededor del mundo permiten encontrar los procesos que se deben atender en la transición de la agricultura convencional a la de precisión, estos estudios,



además, de enfocar su mirada en los instrumentos tecnológicos agrícolas, permiten conocer el comportamiento y la asimilación frente a este cambio, trayendo consigo una serie de beneficios y problemas que a diario se deben abordar.

Dentro de los beneficios de esta transición se da la alta utilidad económica de los adoptantes de las nuevas tecnologías, lo cual los conduce por una productividad más significativa (Jamil et al., 2021). Hay que mencionar, además, que, basado en información confiable, el ingreso de las tecnologías inteligentes como lo son los RPAS en el medio agrícola trae consigo una serie de alternativas positivas para el desarrollo de la agricultura como lo son:

- Toma eficiente de decisiones y automatización de procesos (do Amaral et al., 2020).
- Implementación de tecnología inteligente, es decir la adopción de los drones como alternativa útil para la obtención de datos con mayor precisión (Jensen et al., 2021).
- Optimización de recursos económicos y naturales, dado por la implementación de herramientas modernas y prácticas que permiten reducir los tiempos y los costos en la realización de actividades agrícolas (de Jesus & Ferreira, 2022).

Por otra parte, estos cambios repercuten en la población rural con una afectación socioeconómica, donde a la vez, influye en el nivel de educación y la participación agrícola (Adnan et al., 2020), dentro de los problemas socioeconómicos se tiene:

- Desempleo a los habitantes rurales, por la reducción de la mano de obra (Prabhu et al., 2021).
- Falta de capacitación y conocimiento para la adecuada manipulación de estas nuevas

herramientas tecnológicas (Radoglou-Grammatikis et al., 2020).

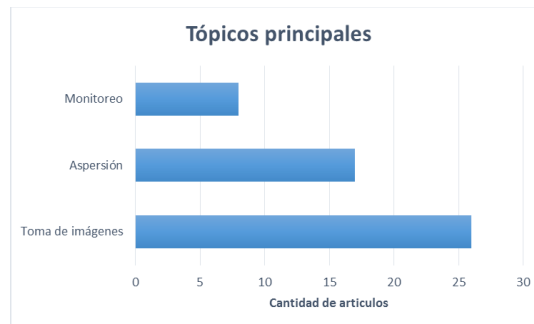
- Desplazamiento de los habitantes rurales a las ciudades, a causa de la cooperación de las maquinas tecnológicas que realizan trabajos complejos mediante el uso de aplicaciones (Mammarella et al., 2022).

### Tecnología

La tecnología cada día hace más parte del desarrollo sostenible que se da en el sector agrícola, de hecho, el uso de herramientas tecnológicas como: tractores autónomos, sensores inteligentes y vehículos aéreos no tripulados, presentan un avance progresivo donde se pueden proporcionar alimentos con mejor trazabilidad (van Hilten & Wolfert, 2022), además, permiten registrar datos, los cuales se acumulan y abren oportunidades para abordar los problemas de seguridad alimentaria de manera más precisa (Osinga et al., 2022).

Dentro de los usos más relevantes de los drones en las actividades agrícolas, encontramos, en primer lugar la toma de imágenes, en segundo lugar, labores de aspersión y en tercer lugar monitoreos del estado fenológico de las plantas (Gráfica 1).

Gráfico 1 Tópicos de utilización de drones en el área agrícola.



Fuente: Elaboración propia, 2022

### Toma de imágenes

El manejo agronómico tradicional está limitado a la visión general de un lote, pero mediante el uso de drones se pueden obtener imágenes más especializadas que permiten determinar la reflectancia a ondas que no son visibles por el ser humano, por medio de sensores multiespectrales de onda azul, rojo, verde e infrarroja (Dos Santos et al., 2022), entonces, además mediante la toma y procesamiento de imágenes multiespectrales se permite determinar el estado nutricional de las plantas (Bonnaire Rivera et al., 2021), por otra parte, las imágenes multiespectrales mejoran efectivamente la precisión de la información obtenida (Chen et al., 2020). A través de esta tecnología se puede también detectar los efectos del cambio climático que a la vez causa en las plantas un descontrol en su fenología y absorción de nutrientes (Hama et al., 2020), en otras palabras, los sensores ópticos que presentan los RPAS son muy eficientes por la alta calidad en la resolución de imágenes y por el conjunto de datos que de allí se pueden extraer como por ejemplo la cantidad de nitrógeno disponible para una planta (Heinemann et al., 2022). Dentro de las características de los sensores ópticos de los drones se encuentra la de la alta precisión por el escaneo laser aerotransportado, que genera puntos a escala sobre el dosel de plantaciones (Zhang et al., 2022), otra herramienta importante en la toma de imágenes es la del infrarrojo cercano (NIR) el cual permite captar diferentes espectros de luz, por lo tanto, posibilita hacer una diferenciación entre la vegetación y el terreno (Genze et al., 2022).

#### **Aspersión y/o aplicaciones para control de plagas y enfermedades**

La implementación de drones en el campo agrícola ha permitido evolucionar el enfoque empírico, con la intención de usar una tecnología más precisa, ya que los drones presentan un vuelo más bajo comparado con los aviones y helicópteros de

fumigación, lo que los hace más eficientes y sostenibles (Klauser & Pauschinger, 2021).

Las plagas son un factor determinante en el cultivo de serio control y manejo, donde no solo se debe acudir al uso indiscriminado de agroquímicos sino pensar en la implementación de manejos biológicos eficientes, los parasitoides como el *Trichogramma* pueden ser una opción de agente biocontrolador, donde los drones permiten ser herramientas facilitadoras de dispersión de este parasitoide en toda el área de interés disminuyendo los costos de control (Martel et al., 2021), de hecho, los drones fumigadores también permiten mejorar la eficiencia agrícola, debido a la velocidad y mayor cobertura, estos pueden rociar fertilizantes, pesticidas o insecticidas en polvo o líquido (Subramaniam et al., 2021). Cabe destacar que los RPAS son máquinas facilitadoras en la realización de tareas en escenarios de difícil acceso, como zonas con alta inclinación, donde se ha acudido a los vehículos aéreos no tripulados para cumplir con operaciones requeridas en el campo (Mammarella et al., 2022).

#### **Monitoreo**

La agricultura inteligente mantiene y mejora la calidad de los cultivos al gestionar el crecimiento de siembras agrícolas con drones de detección remota, indicando el índice de vegetación y la evaluación del crecimiento (Hama et al., 2021), es decir, la tecnología introduce nuevas herramientas que permiten monitorear coberturas bajo la utilización de drones con la teledetección a través de sensores que registran la radiación (kavoosi et al., 2020).

Los drones contienen sensores infrarrojos y térmicos que permiten monitorear plantas enfermas y estresadas, debido a que muestran temperaturas elevadas en el dosel de las hojas (Hatton et al., 2020), además, de la capacidad de representar en los megapíxeles el

área total y la extracción de datos precisos (Sangha et al., 2020).

Asimismo, para el monitoreo de insectos vivos requiere de un código abierto y de bajo costo, mediante un dron denominado iDron Bee, especializado en el manejo de plagas, lo que se pretende con la implementación de este dron es la disminución del tiempo para realizar esta labor y lograr explorar los insectos del ecosistema agrícola (Ryu et al., 2022). De hecho, los RPAS facilitan el levantamiento de la vegetación y tierra de cultivos con el fin de delimitar los focos a monitorear (Qubaa et al., 2021).

## Discusión

---

La transición de la agricultura convencional a la de precisión mediante el uso de tecnología inteligente en este caso los RPAS, ha ampliado la perspectiva de los agricultores y productores, dando una visión de un futuro sostenible, aplicando estrategias para la seguridad alimentaria (El Hoummaidi et al., 2021), además, como lo indica el autor el desarrollo agrícola es fundamental para la economía de un país, sin embargo, la presencia de plagas y enfermedades pueden afectar su productividad (Albattah et al., 2022). Es por lo que, a raíz de innumerables estudios, se pueden encontrar los diferentes enfoques con que se manejan los drones en la agricultura, como se muestra en el gráfico 1, demostrando que un estudio que ha adquirido relevancia es el de la toma de imágenes mediante vehículos aéreos no tripulados.

Como se estipula en un estudio en el año 2020 la captura de imágenes es más eficiente en drones pequeños, debido a la alta resolución en sensores ópticos que permiten obtener información espaciotemporal certera (Chakraborty et al., 2020). Otro autor señala la importancia del uso de drones en la agricultura para la obtención de

ortofotografías, que son generadas a través de sensores y puntos georreferenciados con GPS en una determinada área (Estrada Zúñiga & Vásquez, 2021), para la identificación de pasturas e identificación de coberturas vegetales.

De este modo, otro de los estudios con gran importancia en los drones es el de aspersión y/o aplicaciones para control de plagas y enfermedades, donde se hace uso de esta herramienta tecnológica porque permite la creación de estaciones de toma de decisiones de riego captada por sensores locales (Mateo-Aroca et al., 2019), no obstante, los drones cooperan en entornos agrícolas de difícil acceso como lo son terrenos muy inclinados para llevar a cabo la labor de riego sin arriesgar físicamente a ningún ser humano, logrando cumplir con sus tareas en tiempos estipulados y de manera precisa (Mammarella et al., 2021).

Como parte de las investigaciones algunos autores afirman que uno de los usos con mayor importancia es el monitoreo por medio del empleo de drones, donde se hace una detección remota y temprana para la localización de plagas y enfermedades, pero también de las condiciones en que se encuentra el cultivo (Huuskonen & Oksanen, 2018). Además de esta afirmación, otro autor informa sobre el monitoreo que se puede hacer sobre los suelos que se encuentran contaminados con metales tóxicos y con el exceso de uso de químicos y fertilizantes en determinados terrenos agrícolas, para poder proporcionar un apoyo científico y una adecuada protección de este recurso (Jia et al., 2021). Dentro de los monitoreos se encuentra la protección de los cultivos de aves plaga, donde se utilizan RPAS provocando respuesta conductuales y fisiológicas en la vida silvestre para reducir la depredación causada por estas aves en los cultivos (Wandrie et al., 2019).

## Conclusiones

---

Los drones son herramientas tecnológicas inteligentes que han ingresado en el ámbito agrícola para mejorar y acelerar los procesos realizados manualmente, disminuyendo el uso de agroquímicos, optimizando el recurso hídrico en los cultivos y realizando monitoreos efectivos.

Los múltiples sensores con que cuentan los drones, los hacen ser una herramienta efectiva para la recolección y análisis de datos, que al final proporcionan al agricultor claridad y certeza en la toma de decisiones.

Por último, se recomienda antes de hacer el salto en el mundo de la tecnología inteligente (Drones), dar a los agricultores las respectivas capacitaciones que los oriente por el camino del cambio y así puedan asimilar esta transición de la mejor manera.

## Agradecimientos

---

Agradecimiento a los docentes del diplomado, a la profesora Paola Andrea Valencia por su apoyo y sus enseñanzas en la construcción crítica del documento escrito, a los asesores que contribuyeron con la opción de grado y a los directivos por permitir esta opción de grado.

## Referencias

---

- Abbasi, R., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*, 2(January), 100042. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>
- Adnan, N., Nordin, S. M., & Anwar, A. (2020). Transition pathways for Malaysian paddy farmers to sustainable agricultural practices: An integrated exhibiting tactics to adopt Green fertilizer. *Land Use Policy*, 90(September), 104255. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104255>
- Ajay, S., Rajagopal, T., Suhair, Shreeshivaharri, S., & Shrihari, P. N. (2022). Non-contact type tree branch cutter using drone attached with laser head. *Materials Today: Proceedings*, 62, 1272–1276. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.561>
- Albattah, W., Javed, A., Nawaz, M., Masood, M., & Albahli, S. (2022). Artificial Intelligence-Based Drone System for Multiclass Plant Disease Detection Using an Improved Efficient Convolutional Neural Network. *Frontiers in Plant Science*, 13(June), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.808380>
- Bera, B., Vangala, A., Das, A. K., Lorenz, P., & Khan, M. K. (2022). Private blockchain-envisioned drones-assisted authentication scheme in IoT-enabled agricultural environment. *Computer Standards and Interfaces*, 80(August 2021), 103567. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2021.103567>
- Bonnaire Rivera, L., Montoya Bonilla, B., & Obando-Vidal, F. (2021). Procesamiento de imágenes multispectrales captadas con drones para evaluar el índice de vegetación de diferencia normalizada en plantaciones de café variedad Castillo. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 22(1). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num1\\_art:1578](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1578)
- Canwat, V., & Onakuse, S. (2022). Organic agriculture: A fountain of alternative innovations for social, economic, and environmental challenges of conventional agriculture in a developing country context. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 3(July), 100025. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2022.100025>
- Chabert, A., Marchand, D., & Sarthou, J. P. (2020). Data from extensive comparative measurements of conventional, conservation and organic agricultures in southwestern France. *Data in Brief*, 31, 105827. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105827>
- Chakraborty, M., Khot, L. R., & Peters, R. T. (2020).

- Assessing suitability of modified center pivot irrigation systems in corn production using low altitude aerial imaging techniques. *Information Processing in Agriculture*, 7(1), 41–49.  
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.06.001>
- Chen, P. C., Chiang, Y. C., & Weng, P. Y. (2020). Imaging using unmanned aerial vehicles for agriculture land use classification. *Agriculture (Switzerland)*, 10(9), 1–14.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture10090416>
- de Jesus, C. R., & Ferreira, M. E. (2022). Estimating water infiltration rate in oxisols under pasture and agriculture management in the Brazilian Savanna with support of a Drone-RGB onboard sensor. *Australian Journal of Crop Science*, 16(2), 233–243.  
<https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.02.3397>
- do Amaral, L. R., Zerbato, C., de Freitas, R. G., Júnior, M. R. B., & da Silva Simões, I. O. P. (2020). UAV applications in Agriculture 4.0. *Revista Ciencia Agronomica*, 51(5), 1–15.  
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200091>
- Dos Santos, J. M., Batista, P. F., Sperandio, E. M., Alves Nogueira, L. C., Gonçalo, T. P., Castoldi, G., Geraldine, A. M., & Alves, T. M. (2022). Spectral responses at visible and near-infrared wavelengths of soybean plants to fungicides. *Ciencia Rural*, 52(10), 2–6.  
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210380>
- El Hoummaidi, L., Larabi, A., & Alam, K. (2021). Using unmanned aerial systems and deep learning for agriculture mapping in Dubai. *Heliyon*, 7(10), e08154.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08154>
- Estrada Zúñiga, A. C., & Vásquez, J. Ñ. (2021). Detection and identification of high Andean plant communities, Wetlands and Tolar de Puna Seca by means of RGB and NDVI orthophotos in “Unmanned Aerial Systems” drones. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 291–301.  
<https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.032>
- Genze, N., Ajekwe, R., Güreli, Z., Haselbeck, F., Grieb, M., & Grimm, D. G. (2022). Deep learning-based early weed segmentation using motion blurred UAV images of sorghum fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 202(August), 107388.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107388>
- Hama, A., Tanaka, K., Chen, B., & Kondoh, A. (2021). Examination of appropriate observation time and correction of vegetation index for drone-based crop monitoring. *Journal of Agricultural Meteorology*, 77(3), 200–209.  
<https://doi.org/10.2480/agrmet.D-20-00047>
- Hama, A., Tanaka, K., Mochizuki, A., Tsuruoka, Y., & Kondoh, A. (2020). Estimating the protein concentration in rice grain using UAV imagery together with agroclimatic data. *Agronomy*, 10(3), 7–10.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy10030431>
- Hatton, N., Sharda, A., Schapaugh, W., & van der Merwe, D. (2020). Remote thermal infrared imaging for rapid screening of sudden death syndrome in soybean. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105738>
- Heinemann, P., Haug, S., & Schmidhalter, U. (2022). Evaluating and defining agronomically relevant detection limits for spectral reflectance-based assessment of N uptake in wheat. *European Journal of Agronomy*, 140(July), 126609.  
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126609>
- Hovhannisyán, T., Efendyan, P., & Vardanyan, M. (2018). Creation of a digital model of fields with application of DJI phantom 3 drone and the opportunities of its utilization in agriculture. *Annals of Agrarian Science*, 16(2), 177–180.  
<https://doi.org/10.1016/j.aasci.2018.03.006>
- Huuskonen, J., & Oksanen, T. (2018). Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154(August), 25–35.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.039>

- Jamil, I., Jun, W., Mughal, B., Wheed, J., Hussain, H., & Waseem, M. (2021). Agricultural Innovation: A comparative analysis of economic benefits gained by farmers under climate resilient and conventional agricultural practices. *Land Use Policy*, 108(May), 105581. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105581>
- Jensen, S. M., Akhter, M. J., Azim, S., & Rasmussen, J. (2021). The predictive power of regression models to determine grass weed infestations in cereals based on drone imagery—statistical and practical aspects. *Agronomy*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy11112277>
- Jia, X., Cao, Y., O'Connor, D., Zhu, J., Tsang, D. C. W., Zou, B., & Hou, D. (2021). Mapping soil pollution by using drone image recognition and machine learning at an arsenic-contaminated agricultural field. *Environmental Pollution*, 270, 116281. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116281>
- kavoosi, Z., Raoufat, M. H., Dehghani, M., Abdolabbas, J., Kazemeini, S. A., & Nazemossadat, M. J. (2020). Feasibility of satellite and drone images for monitoring soil residue cover. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.06.001>
- Klauser, F., & Pauschinger, D. (2021). Entrepreneurs of the air: Sprayer drones as mediators of volumetric agriculture. *Journal of Rural Studies*, 84, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.02.016>
- Lima, F., Blanco-Sepúlveda, R., Gómez-Moreno, M. L., Dorado, J., & Peña, J. M. (2021). Mapping tillage direction and contour farming by object-based analysis of UAV images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187(December 2020), 106281. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106281>
- Mahroof, K., Omar, A., Rana, N. P., Sivarajah, U., & Weerakkody, V. (2021). Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125522. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125522>
- Mammarella, M., Comba, L., Biglia, A., Dabbene, F., & Gay, P. (2021). Cooperation of unmanned systems for agricultural applications: A theoretical framework. *Biosystems Engineering*, 223, 61–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.11.008>
- Mammarella, M., Comba, L., Biglia, A., Dabbene, F., & Gay, P. (2022). Cooperation of unmanned systems for agricultural applications: A case study in a vineyard. *Biosystems Engineering*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.12.010>
- Martel, V., Johns, R. C., Jochems-Tanguay, L., Jean, F., Maltais, A., Trudeau, S., St-Onge, M., Cormier, D., Smith, S. M., & Boisclair, J. (2021). The Use of UAS to Release the Egg Parasitoid *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against an Agricultural and a Forest Pest in Canada. *Journal of Economic Entomology*, 114(5), 1867–1881. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa325>
- Mateo-Aroca, A., García-Mateos, G., Ruiz-Canales, A., Molina-García-Pardo, J. M., & Molina-Martínez, J. M. (2019). Remote image capture system to improve aerial supervision for precision irrigation in agriculture. *Water (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/w11020255>
- Mogili, U. R., & Deepak, B. B. V. L. (2018). Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science*, 133, 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>
- Osinga, S. A., Paudel, D., Mouzakitis, S. A., & Athanasiadis, I. N. (2022). Big data in agriculture: Between opportunity and solution. *Agricultural Systems*, 195(June 2021), 103298. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103298>
- Oviedo Bayas, B., Silva Castro, K. F., Zhuma Mera,

- E., Oviedo Bayas, B., Silva Castro, K. F., & Zhuma Mera, E. (2021). Red de drones autónomos utilizando una arquitectura de red para uso alternativo de levantamiento de información agrícola a pequeña escala. *Conrado*, 17(79), 69–80. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442021000200069&lng=es&nrm=iso&tln g=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000200069&lng=es&nrm=iso&tln g=es)
- Phillips, P. W. B., Relf-Eckstein, J. A., Jobe, G., & Wixted, B. (2019). Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(November 2018), 100295. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.001>
- Pino V., E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Idesia (Arica), ahead*, 0–0. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019005000402>
- Prabhu, S. S., Vishal Kumar, A., Murugesan, R., Saha, J., & Dasgupta, I. (2021). Adoption of precision agriculture by detecting and spraying herbicide using UAV. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 34(special issue 1), 21–33. <https://doi.org/10.37077/25200860.2021.34.SP1.3>
- Qubaa, A. R., Aljawwadi, T. A., Hamdoon, A. N., & Mohammed, R. M. (2021). Using UAVs/Drones and vegetation indices in the visible spectrum to monitoring agricultural lands. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 52(3), 601–610. <https://doi.org/10.36103/ijas.v52i3.1349>
- Quino, J., Maja, J. M., Robbins, J., Fernandez, R. T., Owen, J. S., & Chappell, M. (2021). RFID and Drones: The Next Generation of Plant Inventory. *AgriEngineering*, 3(2), 168–181. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3020011>
- Radoglou-Grammatikis, P., Sarigiannidis, P., Lagkas, T., & Moscholios, I. (2020). A compilation of UAV applications for precision agriculture. *Computer Networks*, 172(February), 107148. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107148>
- Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K., & Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198(December 2021), 107017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>
- Robinson, J. M., Harrison, P. A., Mavoa, S., & Breed, M. F. (2022). Existing and emerging uses of drones in restoration ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(9), 1899–1911. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13912>
- Ryu, J. H., Clements, J., & Neufeld, J. (2022). Low-Cost Live Insect Scouting Drone: IDrone Bee. *Journal of Insect Science*, 22(4), 1–6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieac036>
- Sangha, H. S., Sharda, A., Koch, L., Prabhakar, P., & Wang, G. (2020). Impact of camera focal length and sUAS flying altitude on spatial crop canopy temperature evaluation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172(March), 105344. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105344>
- Stræte, E. P., Vik, J., Fuglestad, E. M., Gjefsen, M. D., Melås, A. M., & Sjøraa, R. A. (2022). Critical support for different stages of innovation in agriculture: What, when, how? *Agricultural Systems*, 203(September), 103526. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103526>
- Subramaniam, R., Hajjaj, S. S. H., Gsangaya, K. R., Sultan, M. T. H., Mail, M. F., & Hua, L. S. (2021). Redesigning dispenser component to enhance performance crop-dusting agriculture drones. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.015>
- van Hilten, M., & Wolfert, S. (2022). 5G in agri-food - A review on current status, opportunities and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 201(August), 107291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107291>
- Wandrie, L. J., Klug, P. E., & Clark, M. E. (2019). Evaluation of two unmanned aircraft systems as tools for protecting crops from

blackbird damage. *Crop Protection*, 117(November 2018), 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.008>

Zhang, Y., Onda, Y., Kato, H., Feng, B., & Gomi, T. (2022). Understory biomass measurement in a dense plantation forest based on drone-SfM data by a manual low-flying drone under the canopy. *Journal of Environmental Management*, 312(August 2021), 114862. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114862>

---