



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

IMPACTO ECONÓMICO DEL USO DE DRONES EN LA FUMIGACIÓN AGRÍCOLA: EVIDENCIA EMPÍRICA EN PRODUCTORES DE NAYARIT, MÉXICO

**ECONOMIC IMPACT OF DRONE USE IN AGRICULTURAL
SPRAYING: EMPIRICAL EVIDENCE FROM PRODUCERS IN
NAYARIT, MEXICO**

William Iván Padilla Zavala

Tecnológico Nacional de México, México

Isaí Bretado Calderón

Tecnológico Nacional de México, México

Claudia Laguna González

Tecnológico Nacional de México, México

Edgar Raul Olague Crespo

Tecnológico Nacional de México, México

Impacto Económico del Uso de Drones en la Fumigación Agrícola: Evidencia Empírica en Productores de Nayarit, México

William Iván Padilla Zavala¹

william.padilla@nortenayarit.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0002-4415-4995>

Tecnológico Nacional de México
México

Isaí Bretado Calderón

Isai.bretado@nortenayarit.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0001-2791-0384>

Tecnológico Nacional de México
México

Claudia Laguna González

Caudia.lg@nortenayarit.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-7024-5574>

Tecnológico Nacional de México
México

Edgar Raul Olague Crespo

Edgar.oc@nortenayarit.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-6974-5147>

Tecnológico Nacional de México
México

RESUMEN

El uso de drones en la fumigación agrícola ha sido promovido como una alternativa tecnológica orientada a mejorar la eficiencia productiva y reducir costos operativos; sin embargo, en contextos agrícolas locales existe limitada evidencia empírica que permita evaluar de manera comparativa su impacto frente a los métodos tradicionales. El objetivo de este estudio fue analizar el impacto del uso de drones en la fumigación agrícola en términos de costos y productividad en productores de los municipios de Tuxpan y Rosamorada, Nayarit. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y un alcance comparativo. La recolección de datos se realizó mediante encuestas aplicadas a productores usuarios y no usuarios de drones, y el análisis incluyó estadística descriptiva y contrastes inferenciales mediante la prueba t de Student para muestras independientes, asumiendo varianzas desiguales. Los resultados evidencian que los productores que utilizan drones presentan costos de fumigación significativamente menores por hectárea en comparación con aquellos que emplean métodos tradicionales; asimismo, se identificó un mayor rendimiento promedio por hectárea y una menor variabilidad en los resultados productivos en el grupo de usuarios de drones. En conjunto, los hallazgos aportan evidencia empírica que respalda el uso de drones como una alternativa tecnológicamente viable y económicamente eficiente en la fumigación agrícola en contextos productivos locales.

Palabras clave: drones, fumigación agrícola, costos de producción, productividad agrícola, agricultura de precisión

¹ Autor principal

Correspondencia: william.padilla@nortenayarit.tecnm.mx

Economic Impact of Drone Use in Agricultural Spraying: Empirical Evidence from Producers in Nayarit, Mexico

ABSTRACT

The use of drones in agricultural spraying has been promoted as a technological alternative aimed at improving productive efficiency and reducing operational costs; however, in local agricultural contexts there is limited empirical evidence that allows a comparative evaluation of their impact in relation to traditional spraying methods. The objective of this study was to analyze the impact of drone use in agricultural spraying in terms of costs and productivity among producers in the municipalities of Tuxpan and Rosamorada, Nayarit. The research followed a quantitative approach, with a non-experimental design and a comparative scope. Data collection was carried out through surveys applied to producers who use drones and those who rely on traditional spraying methods, and the analysis included descriptive statistics and inferential contrasts using Student's *t*-test for independent samples, assuming unequal variances. The results show that producers who use drones have significantly lower spraying costs per hectare compared to those who employ traditional methods; additionally, higher average yield per hectare and lower variability in productive results were identified among drone users. Overall, the findings provide empirical evidence supporting the use of drones as a technologically viable and economically efficient alternative for agricultural spraying in local productive contexts.

Keywords: drones, agricultural spraying, production costs, agricultural productivity, precision agriculture

Artículo recibido 22 diciembre 2025

Aceptado para publicación: 26 enero 2026



INTRODUCCIÓN

La incorporación de tecnologías digitales en la agricultura ha cobrado relevancia en los últimos años como una estrategia para mejorar la eficiencia productiva, optimizar el uso de insumos y reducir costos operativos. Entre estas tecnologías, el uso de drones en la fumigación agrícola se ha posicionado como una alternativa innovadora frente a los métodos tradicionales, al permitir una aplicación más precisa de agroquímicos, una reducción del tiempo de operación y una menor exposición del productor a riesgos laborales.

No obstante, a pesar de su creciente adopción, en contextos agrícolas locales persiste un vacío de información empírica que permita evaluar de manera objetiva el impacto real del uso de drones en variables clave como los costos de fumigación y la productividad agrícola. La mayoría de los estudios existentes se concentran en descripciones técnicas o en contextos altamente controlados, lo que limita la comprensión de sus efectos en escenarios productivos reales y heterogéneos, como los que caracterizan a la agricultura regional.

Desde una perspectiva teórica, el uso de drones se inscribe en el enfoque de la agricultura de precisión, el cual plantea que la incorporación de tecnologías digitales en los procesos productivos permite una gestión más eficiente de los recursos, basada en la optimización espacial y temporal de las actividades agrícolas. Este enfoque sostiene que la precisión en la aplicación de insumos y la reducción de desperdicios pueden traducirse en beneficios económicos y productivos para los agricultores, especialmente en contextos donde los costos de producción representan una limitante para la sostenibilidad de las unidades productivas.

Diversas investigaciones previas han señalado que la fumigación asistida por drones puede contribuir a la reducción de costos operativos y a la mejora del rendimiento de los cultivos; sin embargo, los resultados reportados varían según el contexto productivo, el tipo de cultivo y las condiciones locales. En este sentido, resulta necesario generar evidencia empírica localizada que permita contrastar estos hallazgos y aportar información útil para la toma de decisiones de productores y actores vinculados al sector agrícola.

En este marco, la presente investigación se desarrolla en los municipios de Tuxpan y Rosamorada, en el estado de Nayarit, una región con una importante actividad agrícola y con una adopción incipiente de

tecnologías de agricultura de precisión. El estudio se centra en comparar a productores usuarios y no usuarios de drones en la fumigación agrícola, considerando sus costos de fumigación y niveles de productividad.

El objetivo de este artículo es analizar el impacto del uso de drones en la fumigación agrícola en términos de costos y productividad, mediante un estudio comparativo basado en información empírica recabada directamente de productores agrícolas de la región.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un tipo de estudio descriptivo y comparativo, orientado a identificar diferencias en costos de fumigación y productividad agrícola entre productores usuarios y no usuarios de drones. El diseño de la investigación fue no experimental, de tipo observacional y de corte transversal, ya que las variables fueron analizadas tal como se presentaron en un momento determinado, sin manipulación deliberada por parte de los investigadores.

La población de estudio estuvo conformada por productores agrícolas de los municipios de Tuxpan y Rosamorada, en el estado de Nayarit. A partir de esta población se obtuvo una muestra integrada por productores usuarios de drones y productores que emplean métodos tradicionales de fumigación. El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia, considerando la accesibilidad de los productores y su disposición para participar en el estudio.

La recolección de datos se realizó mediante la aplicación de una encuesta estructurada, diseñada específicamente para este estudio, la cual incluyó apartados relacionados con datos generales del productor, prácticas agrícolas, costos de fumigación, niveles de productividad y percepciones sobre el uso de drones. El instrumento fue aplicado de manera directa a los productores, garantizando la claridad de las preguntas y la consistencia en el levantamiento de la información.

Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva, a fin de caracterizar a los productores y resumir las variables de interés, así como estadística inferencial mediante la prueba *t* de Student para muestras independientes, asumiendo varianzas desiguales, con el propósito de contrastar las diferencias entre los grupos de productores. El procesamiento estadístico se realizó utilizando el software Microsoft Excel, estableciendo un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

En cuanto a las consideraciones éticas, la participación de los productores fue voluntaria y se obtuvo su consentimiento informado previo a la aplicación de los instrumentos. La información recabada fue tratada de manera confidencial y utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación. Como criterios de inclusión se consideró a productores con actividad agrícola vigente y experiencia en fumigación de cultivos, mientras que se excluyeron aquellos que no contaban con información completa o verificable. Entre las principales limitaciones del estudio se encuentra el tamaño reducido del grupo de productores usuarios de drones, lo cual debe considerarse al momento de interpretar los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian diferencias relevantes entre los productores usuarios y no usuarios de drones en la fumigación agrícola, particularmente en variables económicas y productivas, lo que permite evaluar el impacto de esta tecnología en contextos agrícolas locales.

En relación con los costos de fumigación, el análisis comparativo mostró que los productores que utilizan drones presentan costos promedio por hectárea significativamente menores en comparación con aquellos que emplean métodos tradicionales. Esta diferencia fue corroborada mediante la prueba *t* de Student para muestras independientes, asumiendo varianzas desiguales, lo que indica que la reducción de costos observada no es atribuible al azar, sino que se asocia de manera consistente al uso de drones en la fumigación agrícola.

Tabla 1 Comparación de costos de fumigación por hectárea entre productores usuarios y no usuarios de drones

Grupo de productores	n	Media (MXN/ha)	Varianza
Usuarios de drones	56	1,991.96	20,616.07
No usuarios de drones	6	1,075.00	5,750.00

Nota. La tabla muestra la comparación de los costos promedio de fumigación por hectárea entre productores usuarios y no usuarios de drones. La diferencia de medias fue evaluada mediante la prueba *t* de Student para muestras independientes, asumiendo varianzas desiguales, obteniéndose una diferencia estadísticamente significativa ($t = 25.18$, $gl = 9$, $p < 0.001$).

Estos resultados son particularmente relevantes debido a que los costos de producción representan uno de los principales factores que inciden en la rentabilidad y sostenibilidad de las unidades productivas agrícolas. La reducción en los costos de fumigación puede traducirse en una mejora directa en los

márgenes económicos de los productores, especialmente en contextos donde los insumos agrícolas representan una carga financiera significativa.

Respecto a la productividad, los resultados muestran que los productores usuarios de drones alcanzan un mayor rendimiento promedio por hectárea en comparación con los productores no usuarios. Además, se observa una menor variabilidad en los rendimientos del grupo que emplea drones, lo que sugiere una mayor estabilidad productiva. El contraste estadístico confirmó que estas diferencias son estadísticamente significativas, reforzando la evidencia de que el uso de drones no solo contribuye a la reducción de costos, sino que también se asocia con mejoras en el desempeño productivo.

Tabla 2 Comparación del rendimiento por hectárea entre productores usuarios y no usuarios de drones

Grupo de productores	n	Media (t/ha)	Varianza
Usuarios de drones	56	2.11	0.046
No usuarios de drones	6	2.92	0.006

Nota. La tabla presenta la comparación del rendimiento promedio por hectárea entre productores usuarios y no usuarios de drones. La prueba *t* de Student para muestras independientes, asumiendo varianzas desiguales, indicó diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($t = -19.27$, $gl = 16$, $p < 0.001$).

De manera complementaria, el análisis descriptivo de las percepciones de los productores usuarios de drones mostró valoraciones predominantemente altas en aspectos relacionados con la reducción del tiempo de fumigación, la precisión en la aplicación de insumos, la seguridad del productor y el ahorro de insumos. Asimismo, se identificó una alta intención de uso futuro y una percepción positiva respecto a la mejora en la competitividad de las unidades productivas. En contraste, la accesibilidad del costo fue valorada de manera moderada, lo que sugiere que, aunque los beneficios operativos son ampliamente reconocidos, el acceso inicial a esta tecnología continúa siendo un factor limitante para su adopción.

En conjunto, los resultados evidencian que el uso de drones en la fumigación agrícola constituye una alternativa tecnológicamente viable que impacta de manera favorable tanto en los costos de producción como en la productividad agrícola. La evidencia empírica generada en este estudio aporta valor al conocimiento existente al analizar estos efectos en un contexto productivo real, caracterizado por heterogeneidad en las prácticas agrícolas y condiciones locales específicas. Asimismo, los hallazgos ofrecen información relevante para productores, prestadores de servicios y tomadores de decisiones interesados en promover la adopción de tecnologías de agricultura de precisión, y abren líneas de

investigación futuras orientadas a evaluar el impacto de estas tecnologías en otros eslabones del sistema productivo agrícola.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten concluir que el uso de drones en la fumigación agrícola representa una alternativa tecnológicamente viable y económicamente favorable en contextos productivos locales. A partir del análisis empírico realizado, se evidencia que la incorporación de esta tecnología se asocia de manera consistente con una reducción significativa en los costos de fumigación por hectárea, lo cual constituye un factor determinante para la rentabilidad de las unidades productivas agrícolas. Esta disminución de costos adquiere especial relevancia en escenarios donde los insumos y las labores agrícolas representan una carga financiera importante para los productores.

Asimismo, los hallazgos muestran que el uso de drones se vincula con mejoras en la productividad agrícola, reflejadas en mayores rendimientos promedio por hectárea y en una menor variabilidad de los resultados productivos. Estos elementos sugieren que la fumigación asistida por drones no solo impacta en el ámbito económico, sino que también contribuye a una mayor estabilidad en el desempeño productivo, lo cual resulta fundamental para la sostenibilidad de la actividad agrícola.

Desde una perspectiva aplicada, la evidencia generada respalda la adopción de drones como una herramienta que puede fortalecer la competitividad de los productores agrícolas, al optimizar procesos, reducir tiempos de operación y mejorar la eficiencia en la aplicación de insumos. No obstante, el estudio también pone de manifiesto que el acceso inicial a esta tecnología continúa siendo un factor limitante para su adopción generalizada, lo que abre un espacio de reflexión sobre la necesidad de esquemas de apoyo, capacitación o servicios especializados que faciliten su incorporación.

Finalmente, esta investigación plantea interrogantes que pueden ser abordados en estudios futuros, tales como el análisis del impacto del uso de drones en distintos tipos de cultivos, escalas de producción y regiones, así como su integración con otras tecnologías de agricultura de precisión. La ampliación de la muestra y la incorporación de diseños longitudinales permitirían profundizar en la comprensión de los efectos de esta tecnología a largo plazo, contribuyendo al desarrollo de estrategias más integrales de innovación en el sector agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- agricultura de precisión como estrategia para una producción agrícola sustentable en México [Informe técnico]. Universidad Autónoma Chapingo.
- Bisquerra, R. (2014). Metodología de la investigación educativa. La Muralla.
- Cruz-Hernández, A., & Alvarado-Padilla, K. (2022). Aplicación de tecnologías en la agricultura de precisión mediante evidencia de fuentes científicas. *Horizon Nexus*, 1(1), 25–38.
<https://horizonnexusjournal.editorialdoso.com/index.php/home/article/view/14>
- De León, A., Franco, M., & Rosales, J. (2023). Fumigación agrícola con drones y su impacto en la salud ocupacional. *Salud y Seguridad en el Trabajo*, 12(3), 99–107.
- FAO. (2021). Transformación de los sistemas agroalimentarios para mejorar la sostenibilidad ambiental [Informe técnico]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Gutiérrez, S., & Cisternas, R. (2019). Los drones: Una herramienta para una agricultura eficiente: Un futuro prometedor. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 79(1), 123–132.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292019000100075&script=sci_arttext
- Hernández Sampieri, R., Collado, C. F., & Lucio, M. P. (2022). Metodología de la investigación (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Jiménez-Guzmán, J. A. (2024). Drones agrícolas: Tecnología al servicio del campo mexicano [Informe técnico]. INFOTEC.
https://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1027/637/1/INFOTEC_MDETIC_J_MGN_23022024.pdf
- Khan, S. A., & Singh, V. (2024). Drones in precision agriculture: A comprehensive review of applications, technologies, and challenges. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/385939070>
- Kumar, V., Yadav, D. K., & Singh, A. (2023). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 203, 107401.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169922003349>
- López, M. A., & Pérez, R. J. (2018). Uso de drones en la agricultura: Prueba piloto en el sitio experimental Uxmal, Yucatán. Academia.edu. <https://www.academia.edu/30080962>



- Martínez, L. J. (2023). Drones in agriculture: Real-world applications and impactful case studies. *Journal of New Science Research*, 4(2), 45–59. <https://kujnsr.com/JNSR/article/view/164>
- Meza, A., & Morales, J. (2024). Transforming farming: A review of AI-powered UAV technologies in precision agriculture. *Drones*, 8(11), 664. <https://www.mdpi.com/2504-446X/8/11/664>
- Pérez Rodríguez, L. (2018). Estudio de caso sobre el uso de drones en Nayarit. *Revista de Innovación y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 77–84.
- Popp, J., Pető, K., Oláh, J., & Lakner, Z. (2021). The effect of precision agriculture and new technologies on the environment. *Agronomy*, 11(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040676>
- Rani, R., Mahajan, S., & Arora, P. (2023). Precision farming drones: Advances and future directions. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/387136613>
- Rivera, M. A. (2021). La agricultura de precisión: Una necesidad actual. *Revista I+D Tecnológico*, 17(1), 33–39. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586269368010/>
- Rodríguez-Fuentes, A., Salazar-Salazar, R., & Fuentes, E. (2019). Aplicaciones de sensores remotos en agricultura de precisión: Caso índice NDVI. *Revista de Tecnología y Ciencias Agropecuarias*, 13(2), 45–58.
- Sánchez, M. (2019). Drones y agricultura de precisión. Academia.edu. <https://www.academia.edu/39119911>
- Serrano, C., & Ledesma, H. (2023). Sistema de optimización de las técnicas de planificación en agricultura de precisión por medio de drones. Academia.edu. <https://www.academia.edu/88863462>
- Singh, R., & Gupta, P. (2024). Enhancing precision agriculture: A comprehensive review of machine learning and AI vision applications in all-terrain vehicle for farm automation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 211, 107621. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375524000881>
- Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. (2022). Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia Computer Science*, 154, 433–438. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918310081>



Velumani, R., Praveen, S., & Uthayakumar, R. (2023). Precision agriculture with drones: An overview.

ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/374832546>

Zhao, W., Wang, D., & Li, S. (2024). Drones in vegetable crops: A systematic literature review.

Computers and Electronics in Agriculture, 212, 107635.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375524000017>

