

Tantoyuca, Ver., a 18 de diciembre de 2023.

Estimados Autores:

Cruz-Enrique Beltrán-Burboa
Gregorio Polloreña-López
Adalid Graciano-Obeso

Con gusto les comunicamos que su artículo enviado denominado **Efecto del vuelo de un dron sobre la polinización de cultivo de fresa en casa sombra como alternativa a la ausencia de polinizadores naturales** después de haber sido evaluado por pares académicos bajo la modalidad doble ciego, ha sido aceptado para su publicación en la edición 2023 de la revista RIISDS, editada por el Tecnológico Nacional de México / ITS de Tantoyuca.

Como Ustedes conocen, nuestra revista se encuentra **indizada en LATINDEX** y publica un número al año en el mes de diciembre que podrán consultar en la dirección electrónica <https://itsta.edu.mx/revistadigital/>

Gracias por su colaboración y los invitamos a difundir nuestra revista en su comunidad científica.

Equipo Editorial
RIISDS ISSN 2448-8003
Tel. 01 789 8931680 ext. 196
<http://itsta.edu.mx/revistadigital/>



Revista indizada en



<https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=27412>

Dr. Horacio Bautista Santos
Editor en Jefe RIISDS



Efecto del vuelo de un dron sobre la polinización de cultivo de fresa en casa sombra como alternativa a la ausencia de polinizadores naturales

Effect of drone flight in pollination of a strawberry crop in shade houses as an alternative to the absence of natural pollinators

Cruz-Enrique Beltrán-Burboa¹ Gregorio Polloreña-López¹, Adalid Graciano-Obeso¹

¹ Tecnológico Nacional de México – ITS de Guasave, Sinaloa, México.

Recibido: 31-10-2023

Aceptado: 11-12-2023

Autor correspondal: cruz.bb@guasave.tecnm.mx

Resumen

La producción de cultivos de altamente tecnificados como el jitomate, la berenjena, el pepino o en este caso la fresa depende en gran medida del efecto de insectos como la abeja común (*Apis mellifera*) que polinizan las flores garantizando así directamente la productividad y potencializando el rendimiento. Por desgracia, debido al cambio climático, la destrucción de su hábitat y el desregulado uso de agroquímicos la población de polinizadores a nivel global experimenta una disminución sustancial, situación que pone en riesgo la seguridad alimentaria de la nación mexicana. Los vehículos aéreos no tripulados también llamados drones son utilizados en la producción agrícola para monitorear el estado nutricional de las plantas, hacer diferentes tipos de mapeo por imágenes, aplicación de agroquímicos y algunos fertilizantes, al suspenderse en el aire y desplazarse producen turbulencia que podría tener una influencia considerable en el desplazamiento del polen, el presente trabajo procedió a evaluar la viabilidad de utilizar un dron como polinizador del cultivo de fresa en condiciones protegidas comparándolo a la eficiencia de polinizadores naturales, se encontró que el efecto del vuelo de un dron incrementa en un 22% en número de frutos del tratamiento sin polinizadores y el mismo equivale casi en un 69% al efecto de polinizadores naturales como las abejas.

Palabras clave: polinización, abejas, dron, fresa, polen.

Abstract

The production of highly technical crops such as tomato, eggplant, cucumber, or in this case strawberry depends mainly on the effect of insects such as the common bee (*Apis mellifera*) that pollinate the flowers, thus directly guaranteeing productivity and enhancing the yield. Unfortunately, due to climate change, the destruction of their habitat, and the unregulated use of agrochemicals, the global population of pollinators is experiencing a substantial decrease, a situation that puts the food security of the Mexican nation at risk. Unmanned aerial vehicles, also called drones, are used in agricultural production to monitor the nutritional status of plants, do different types of image mapping, and apply agrochemicals and some fertilizers, when suspended in the air and move, they produce turbulence that could have a considerable influence on the movement of pollen, the present work proceeded to evaluate the viability of using a drone as a pollinator of the strawberry crop in protected conditions, comparing it to the efficiency of natural pollinators, it was found that the effect of the flight of a drone increases in 22% in number of fruits from the treatment without pollinators and the same is almost 69% equivalent to the effect of natural pollinators such as bees.

Keywords: pollination, bees, drone, strawberry, pollen

Introducción

Los métodos de producción de alimentos actuales que llevaron a la población humana a experimentar un incremento significativo en la productividad agrícola desde la revolución verde a la actualidad (Martínez-Castro et al, 2019), desgraciadamente estas técnicas dependen de la implementación de labores agrícolas y sustancias que han resultado ser nocivos no solo para la salud de las personas sino también para una increíble cantidad de organismos que tienen una función imprescindible para el funcionamiento de los agroecosistemas (Bartomeus y Bosch, 2018). Dentro de los organismos que hoy se encuentran en riesgo están los polinizadores, insectos entomófilos como la abeja (*A. mellifera*) que tienen una importante interacción con las plantas y que las constantes situaciones de cambio la convierten en una especie amenazada (Baena-Díaz et al 2022), abriendo la puerta a una crisis alimentaria inimaginable para los tiempos que transcurren, y haciendo urgente la implementación de políticas públicas y estrategias de mitigación (Meléndez et al, 2020).

Para producir alimentos de gran valor alimenticio y económico como las hortalizas se emplean colmenas (Cantos y Cedeño, 2019), mismas que difícilmente satisfacen la demanda de polinización que generan los sistemas intensivos del sector agrario tecnificado, esto ocasiona la sobreexplotación de las poblaciones nativas locales amenazando así su supervivencia a largo plazo, que sumado a los efectos del cambio climático (Linares et al, 2021), la introducción de especies no nativas, y la disminución de sus hábitat puede significar un desastre agroecológico y económico si no se toman medidas contundentes y expeditas (Sosenski y Domínguez, 2018).

De entre los factores que más inciden en las especies que brindan este servicio ecológico debemos resaltar a los plaguicidas (Botías & Sánchez-Bayo, 2018) a lo que los organismos polinizadores están sumamente expuestos y que sin importar la dosis de la sustancia o su umbral de toxicidad, debilita y disminuye la cantidad de individuos mermando la diversidad de los ecosistemas agrarios, la crisis de los polinizadores es hoy una amenaza sin precedentes que requiere de alternativas tecnológicas con urgencia.

La constante evolución de las tecnologías agrícolas día con día van ofreciendo nuevas alternativas para la polinización artificial de cultivos, de manera manual a través de talcos y hormonas (Munévar-M et al, 2022) robots (Castellanos et al 2022), radiación ultrasónica (Abril-Pérez, 2021), sopladoras, sistemas de vibración son solo algunas de las alternativas que los productores han ido implementando para abordar esta adversidad. Una de las tecnologías de más reciente introducción al campo es el dron, esta opción de última generación rápidamente ha contribuido a la digitalización y modernización de los

métodos de monitoreo, mapeo y vigilancia de cultivos, lo que los convierte en los nuevos grandes aliados en los sistemas de producción de alimentos (Pino, 2019). Estos dispositivos se han convertido en una herramienta para la toma de mediciones debido a que sobrevuelan los cultivos con cámaras multiespectrales pueden tomar fotografías y grabar videos de alta resolución mismas que detectan anomalías difíciles de percibir para un técnico en campo, ayudando a respaldar las decisiones para una mejor precisión y productividad del agricultor (Ríos-Hernández, 2021). Recientemente se han propuesto metodologías para implementar drones en la polinización artificial de cultivos llegando a ser considerados una alternativa viable ante la ausencia de polinizadores biológicos (Hernández et al, 2015; Montilla-Pacheco et al, 2021), sin embargo es indispensable evaluar experimentalmente esta alternativa de manera que su potencial se demuestre individualmente en la gran cantidad de especies vegetales en los que podría ser implementado, el presente trabajo aborda este tema específicamente en el cultivo de fresa o frutilla, debido a su importancia de mercado y alto valor comercial, evaluando la efectividad del vuelo de un dron como polinizador frente a polinizadores naturales endémicos de la región.

Materiales y métodos

Este trabajo tuvo lugar en las instalaciones del campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, ubicado en el valle de Guasave, Sinaloa. El clima de la región es semi árido con una precipitación anual promedio de 450 milímetros. La temperatura media anual es de 25 grados centígrados, con altitud de 15 msnm. El experimento se realizó dentro de una casa sombra equipada con un sistema de riego presurizado de tipo goteo, los trabajos se iniciaron el mes de octubre del 2022 durante el otoño, época idónea para el establecimiento del cultivo de interés.

El manejo del cultivo se inició con la preparación del terreno, para ello se levantaron 6 camas de plantación con herramientas manuales en un suelo de tipo franco arenoso con una distancia entre camas de 1.60 metros, una altura de 0.4 metros y una longitud de 6 metros cada una, en las mismas se colocó cinta de riego por goteo de tipo auto compensable con un caudal de operación de 0.9 L/h por gotero, las camas se cubrieron con plástico agrícola color blanco, cuatro camas se localizaron dentro de la malla y dos en la parte externa junto a la casa sombra. Una vez instalado el acolchado y el sistema de riego se realizó el trasplante de fresa en raíz de la variedad fronteras, el día 31 de octubre de 2022 a doble hilera por cama con una distancia entre plantas de 0.30 metros.

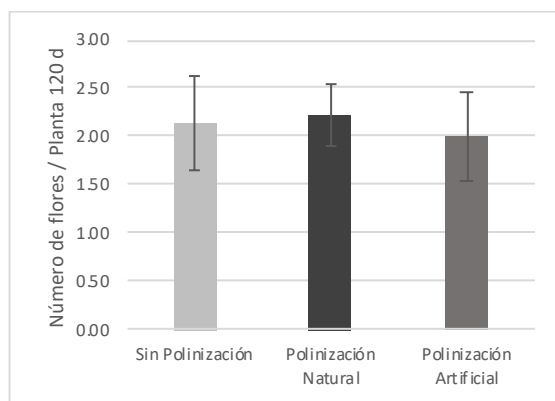
La frecuencia de riego fue cada tercer día con solución Steiner a una lámina de riego ajustada a la tasa de evapotranspiración de cultivo y su fase de desarrollo. Una vez el cultivo alcanzó de manera generalizada la etapa de floración se procedió a la implementación del experimento.

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Y la unidad experimental consistía en 3 metros de cama, aproximadamente 20 plantas por unidad experimental, doce unidades experimentales en total. el primer tratamiento consistió en el control sin ningún tipo de estimulación que indujera la polinización, el segundo tratamiento se dejó a la libre incidencia de polinizadores naturales endémicos de la región, y al tercer tratamiento se sometía a corrientes de aire generadas por los vuelos regulares de un dron, los vuelos se realizaban con un dron de la linea DJI phantom 3 estándar, a una altura de 1.20 metros, durante 10 minutos, con una frecuencia diaria a medio día, durante 14 días, tiempo que duró el experimento. Las variables de respuesta fueron el numero de flores y de frutos, se realizó un conteo previo, y uno una vez trascurridas las dos semanas que duró el trabajo de investigación.

El análisis de datos que se usó para probar las posibles diferencias entre tratamientos, se realizó un análisis de varianza empleando el diseño completamente al azar para las variables respuesta, también se realizó la prueba de comparación múltiple de medias propuesta por Tukey, con $\alpha = 0.05$. Usando el paquete estadístico SAS.9.0

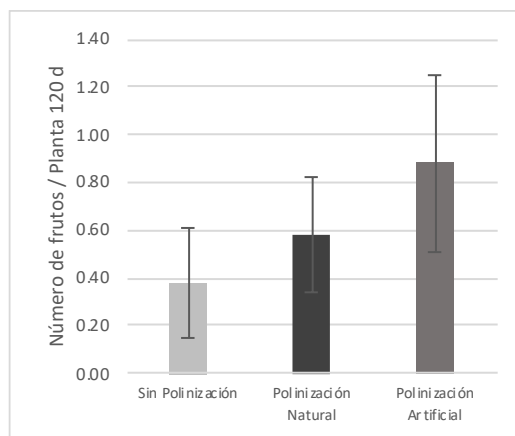
Resultados y discusión

En la Gráfica 1., se muestran los resultados del conteo inicial de flores en las plantas de fresa y se puede observar que no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos y se obtuvo un promedio general de 2.0 ± 0.1 flores por planta. Lo cual indica que, al inicio del experimento, las plantas se encontraban en las mismas condiciones de reproducción. La presencia de flores se registró a los 60 d después de la resiembra, ya que algunos investigadores reportan que, durante este periodo de tiempo, se empiezan a formar las flores (Ferrucho y Ruiz, 2014.)



Gráfica 1. Conteo inicial del número de flores en plantas de fresa a los 120 d de la siembra, utilizando diferentes métodos de polinización

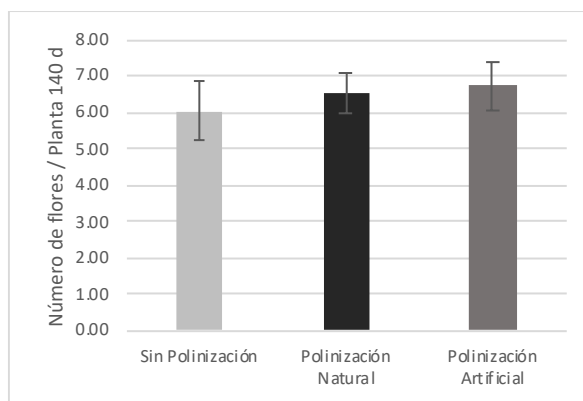
El conteo inicial de frutos de fresa se muestra en la Gráfica 2., donde se puede observar que el fruto apenas se comenzaba a formar y se tuvo un número igual de frutos por planta, ya que en promedio se encontró un fruto por planta. Esto se debe principalmente a que, según Poveda et al., (2017) el fruto de la fresa se empieza a formar apenas a los 100 a 120 d después del establecimiento del cultivo.



Grafica 2. Conteo inicial del número frutos en plantas de fresa a los 120 d de la siembra, utilizando diferentes métodos de polinización.

De manera general, cuando se realizó el conteo inicial de las flores y los frutos, todas las plantas se encontraban en las mismas condiciones fenológicas. Esto indica que hasta el momento de iniciar con la aplicación de los tratamientos las plantas se encontraban en su etapa inicial de floración y listas para comenzar con la etapa de reproducción de los frutos.

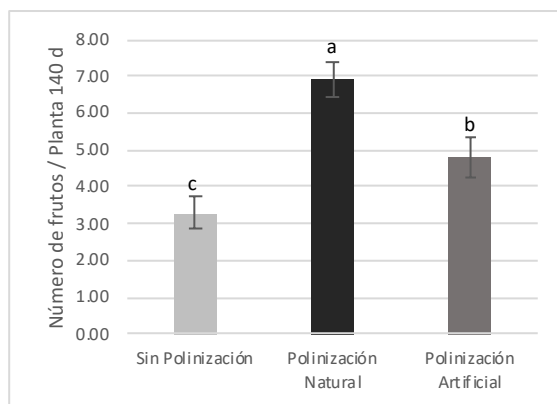
La floración es clave para el éxito reproductivo de las plantas y juega un papel determinante en su adaptación y distribución geográfica. También, debe producirse en un momento favorable de luz y temperatura, que permita el correcto desarrollo de flores y frutos; a la vez que la dispersión de las semillas (Muñoz, 2017). En la Gráfica 3., se muestran los resultados obtenidos del número de flores por planta de los tratamientos aplicados en el conteo final. Se puede observar que no se presentaron diferencias significativas por tratamiento ($p \geq 0.05$) y en promedio se obtuvieron 6.0 ± 0.4 flores por planta.



Grafica 3. Conteo final del número flores en plantas de fresa a los 140 d de la siembra, utilizando diferentes métodos de polinización.

En un estudio realizado por Ferrucho y Ruiz., (2014), donde se evaluó el comportamiento agronómico de dos variedades de fresa y se reportan resultados similares a los encontrados en esta investigación, ya que a los 140 d de cultivo se obtuvo en promedio el mismo número de flores (6.0 ± 0.4) por planta que los encontrados en esta investigación. Esto puede deberse a que estas plantas de manera natural requieren para la formación de flores una actividad compleja de metabolitos especiales, la mayor parte de la producción de flores se da por una clase específica metabolitos secundarios y derivados especializados en flores que participan la formación de órganos (Hanhineva et al., 2008).

En la Gráfica 4., se muestran los resultados del número de frutos por planta de los tratamientos aplicados. Para esta variable si se registró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento donde se obtuvo un mayor número de frutos fue en las plantas polinizadas de manera natural con un promedio de 7.0 frutos/planta, mientras que el polinizado de manera artificial registró un promedio de 5.0 frutos/planta y el que presentó menor número de frutos fue al que no se le aplicó ningún tipo de polinización (3.0 frutos/planta).



Grafica 4. Conteo final del número frutos en plantas de fresa a los 140 d de la siembra, utilizando diferentes métodos de polinización. Diferente literal a, b, c en cada barra, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

En una investigación realizada por Vásquez y Col., (2006) se evaluó el efecto de la polinización dirigida con abejas de cultivo de fresa, se obtuvo en promedio 5.014 ± 1.46 frutos / planta, el cual se encuentra por debajo de lo obtenido en esta investigación para la Polinización natural. Sin embargo, se obtuvieron resultados similares con la polinización de corrientes de aire generadas por los vuelos regulares de un dron aplicada en esta investigación. No se pretende reemplazar completamente a la naturaleza, pero el uso de los drones se puede aplicar en invernaderos, al ser ambientes controlados y aislados, los insectos polinizadores del exterior no pueden entrar (Hernández et al., 2015).

Conclusiones

La utilización de corrientes de aire generadas por vuelos regulares de drones como método de polinización resultó más efectiva que el tratamiento control sin ningún tipo de estimulación para la producción de fresa. Sin embargo, no puede sustituir en su totalidad a la polinización inducida por polinizadores naturales. Por lo tanto, este método de polinización por corrientes de aire puede tener uso efectivo en invernaderos, donde los ambientes requeridos son controlados y aislados de insectos.

Referencias bibliográficas

- Abril Pérez, C. E. (2021). Desarrollo de un sistema de polinización artificial para cultivos de tomate utilizando radiación ultrasónica. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5293>
- Baena-Díaz, F., Chévez, E., Ruiz de la Merced, F., & Porter-Bolland, L. (2022). Apis mellifera en México: producción de miel, flora melífera y aspectos de polinización. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(2), 525-548.
- Bartomeus, I., & Bosch, J. (2018). Pérdida de polinizadores: evidencias, causas y consecuencias. *Ecosistemas*, 27(2), 1-2.
- Botías, C., & Sánchez-Bayo, F. (2018). Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores: . *Ecosistemas*, 27(2), 34-41. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1314>.
- Cantos, M. F. P., & Cedeño, L. G. M. (2019). Efecto polinizador de la abeja (*Apis mellifera*) en cultivos agroecológicos. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 12(34).
- Castellanos-Serrano, L. T., Sedano-Castro, G., Gómez-Águila, M. V., Soriano-Avedaño, L. A., López-Morales, C. D., Pérez-Vivar, M. A., ... & Álvarez-Vázquez, J. Á. (2022). Propuesta de diseño

mecánico aplicado en robot hexápodo, para la exploración de terrenos complejos en procesos de polinización artificial. *Revista Agraria*, (1), 19-19.

Castro, C. J. M., Castillo, M. R., & Leal, M. C. (2019). La revolución verde y sus consecuencias socioeconómicas en la agricultura mexicana. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 15(2), 101-116.

Ferrucho, G. A. M., & Ruíz, G. D. (2014). Evaluación y Comparación del Comportamiento Agronómico de Dos Cultivares de Fresa (‘Albion’ y ‘Monterrey’) Sembrados a Libre Exposición y Bajo Macrotúnel en la Sabana de Bogotá (Colombia). Tesis de Licenciatura de la Universidad Militar “Nueva Granada”. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas Biología Aplicada.

Hanhineva, K., Rogachev, I., Kokko, H., Mintz-Oron, S., Venger, I., Kärenlampi, S., & Aharoni, A. (2008). Non-Targeted Analysis Of Spatial Metabolite Composition In Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa*) Flowers. *Phytochemistry*, 69(13), 2463-2481.

Hernández, C. V., López, C. H., Castellanos, S. L. T., & López, F. E. (2015). Dron Polinizador de Cultivos. *Tecnologías Aplicadas para Alternativas Sustentables. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 1, 2015, pp. 67-71

Linares, M. A., Lizarazo, D. F., Jara, F. A., & Suárez, D. F. (2021). Efecto de las variables ambientales y variaciones climáticas sobre la mortalidad, productividad, oferta floral y sanidad de insectos polinizadores. *Revista Siembra CBA*, (1).

Meléndez, V., Santos, J. B. C., & Salas, C. I. S. (2020). Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrociencias*, 13(2).

Montilla-Pacheco, A. D. J., Pacheco-Gil, H. A., Pastrán-Calles, F. R., & Rodríguez-Pincay, I. R. (2021). Polinización con drones: ¿Una respuesta acertada ante la disminución de polinizadores entomófilos?. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 509-516.

Munévar-M., D. E., Ruiz-A., E., Villareal, F., Dueñas, E., Sinisterra-O., K., Pabón, J. G. & Mosquera-Montoya, M. (2022). Experiencia en la implementación de la polinización artificial en palma de aceite joven en una plantación de la Zona Central colombiana. *Palmas*, 43(2), 10 -24.

- Muñoz, J. (2017). Identificación Y Caracterización De Genes Implicados En La Floración Y El Estolonado En Fresa (*Fragaria X Ananassa* Duch.), 6. Retrieved From <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/14322>.
- Pino, E. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Idesia (Arica)*, 37(1), 75-84.
- Poveda, C. C. A., Riaño, J. D., Aguilar, B. L., & Cure, J. R. (2017). Eficiencia de Polinización de Colonias Huerfanas de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en Fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo Cubierta. *Acta biol. Colomb.*, 23(1):73-79. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v23n1.61648>.
- Ríos-Hernández, R. (2021). Uso de los Drones o Vehículos Aéreos no Tripulados en la Agricultura de Precisión. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(4), 75-84.
- Sosenski, P., & Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 961-970.
- Vásquez, R., Ballesteros, H., Ortegón, Y., & Castro U. (2006). Polinización Dirigida con *Apis mellifera* en un Cultivo Comercial de Fresa (*Fragaria chiloensis*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 7(1), 50-53.