



Revista Industrial
y Agrícola de
Tucumán

ISSN 0370-5404

En línea
1851-3018

Tomo 102 (2):
13-21; 2025



ESTACION EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina

Av. William Cross 3150
T4101XAC - Las Talitas.
Tucumán, Argentina.

Ajustes de la tasa de aplicación fitosanitaria en limón (*Citrus limon*) a partir de la información generada por drones

Nelson D. Aranda*, Carlos Moyano**, Nicolás Mitrovich*, M. Inés Valdez*, José L. Taddei*** y Dardo H. Figueroa*

*Sección Fruticultura, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) AV. William Cross 3150, Las Talitas (4101) Tucumán, Argentina. Tel.: +54 381 452100. Int. 135; **Empresa Agroindex; ***Empresa Citrusvil S.A. Ruta 302 km 7, Banda del Río Salí (4109). Email: ndaranda@eeaac.org.ar

RESUMEN

Una correcta pulverización en limoneros es aquella que permite un control eficiente sobre las plagas y enfermedades. Para determinar el volumen de aplicación se deben tener en cuenta las características de las plantas. El uso de drones permite obtener el volumen de estas utilizando técnicas de fotogrametría. En el presente trabajo se evaluó la tasa de aplicación ajustada a partir de la información generada por dron, en comparación a la obtenida por métodos convencionales. El ensayo se realizó en la localidad de El Rodeo, provincia de Tucumán, en plantas de limonero Lisboa/Agrio de 19 años de edad. Se aplicaron tres tratamientos fitosanitarios: T1, con la tasa de aplicación preestablecida por la empresa propietaria de la finca; T2, con la tasa de aplicación preestablecida por la empresa y dosis de cobre del T3; y T3, con la tasa de aplicación ajustada a partir de información generada por dron. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se compararon los volúmenes de copa obtenidos a partir de dron con los obtenidos por el método clásico. Se evaluaron las tasas de aplicación, la dosis de cobre y la calidad de fruta. Los resultados indicaron una correlación directa entre el volumen de copa obtenido a partir del dron y el obtenido por el método clásico ($R^2 = 0,8676$). Se observaron, asimismo, diferencias significativas en las tasas de aplicación, con valores de 6982 l/ha para T1 y T2; y de 4703,6 l/ha para T3, con una reducción del 33%. Las dosis de cobre se diferenciaron significativamente entre tratamientos: 10,44 kg/ha para T1 y 7,05 kg/ha para T2 y T3. No hubo diferencias significativas en la calidad de la fruta entre tratamientos. El ajuste de las tasas de aplicación no afectó dicha calidad, y se concluyó que el uso del dron permite aumentar la eficiencia de aplicaciones.

Palabras clave: VANTs (Vehículos Aéreos No Tripulados), sensores remotos, cítricos.

ABSTRACT

Adjustments to the phytosanitary application rate in lemon (*Citrus limon*) based on information generated by drones

Proper spraying of lemon trees allows for efficient pest and disease control. Plant characteristics must be taken into account when determining the application rate. The use of drones allows for obtaining plant volumes using photogrammetry techniques. In this study, the adjusted application rate was evaluated based on information generated by drones, compared to that obtained using conventional methods. The trial was conducted in the town of El Rodeo, Tucumán province, on 19-year-old Lisboa/Agrio lemon trees. Three phytosanitary treatments were applied: T1, with the application rate preset by the company that owns the farm; T2, with the application rate preset by the company and the copper dose of T3; and T3, with the application rate adjusted based on information generated by the drone. The experimental design was a randomized block with four replications. The canopy volumes obtained from the drone were compared with those obtained using the conventional method. Application rates, copper dosage, and fruit quality were evaluated. The results indicated a direct correlation between canopy volume obtained using the drone and that obtained using the conventional method ($R^2 = 0.8676$). Significant differences were also observed in application rates, with values of 6982 l/ha for T1 and T2; and 4703.6 l/ha for T3, a 33% reduction. Copper dosages differed significantly between treatments: 10.44

Fecha de
recepción:
07/08/2025

Fecha de
aceptación:
08/09/2025

kg/ha for T1 and 7.05 kg/ha for T2 and T3. There were no significant differences in fruit quality between treatments. Adjusting application rates did not affect quality, and it was concluded that using the drone increases application efficiency.

Key words: UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), remote sensors, citrus.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Tucumán, la superficie neta total ocupada con cítricos es de 41.700 ha, discriminadas en 1600 ha de dulces (naranjas y mandarinas) y 40.100 ha de limón (Carreras Baldrés *et al.*, 2024).

Una de las principales preocupaciones de los productores de cítricos, principalmente de quienes exportan limón fresco, es la protección sanitaria de sus plantaciones. El nivel de cobertura de las aplicaciones juega un rol importante al momento de analizar los problemas sanitarios que normalmente se presentan en las fincas comerciales de cítricos (Furness y Thompson, 2008; citado por Salas *et al.*, 2012).

Una correcta pulverización es aquella que permite una cobertura completa y adecuada de los árboles, sin desperdicio de plaguicidas y manteniendo un control eficiente sobre las plagas y las enfermedades. Para ello, es necesario desalojar el aire de la planta y reemplazarlo con la mezcla química, cubriendo cada hoja y cada rama con el producto (Manual de operaciones de la empresa John Bean Sprayers, 1997).

Para determinar el volumen de aplicación, además de los factores que interfieren en la pulverización, deben tenerse en cuenta también las características de la copa de las plantas. Por lo tanto, el volumen de aplicación nunca debe ser un factor predefinido. Un adecuado ajuste al volumen de copa de las plantas (volumen de pulverización/m³ de dosel) es una herramienta que contribuye al uso racional del agua y del producto en aplicaciones para el control de plagas y enfermedades (Da Silva y Ramos, 2017).

Las pulverizaciones en plantaciones de cítricos son muy variables (Palacios, 2005), utilizándose de 2000 l a 10.000 l de agua, de 3 kg a 15 kg de fungicidas cúpricos y de 20 l a 100 l de aceite mineral por ha (Salas *et al.*, 2012). Estos mismos autores concluyeron que es posible reducir a 5000 l/ha la cantidad de líquido utilizado en las aplicaciones convencionales, sin que ello represente una disminución significativa en la proporción de fruta embalable. Asimismo, afirmaron que la reducción de la cantidad de líquido también puede ir acompañada de una disminución sustancial de plaguicidas. Fogliata (2023) expuso que para el manejo de enfermedades en limón se aplica un volumen de caldo de 3500 - 5000 l/ha (200 ml/ m³ de copa) y fungicidas cúpricos en dosis de 2,6 - 3,8 kg /ha de Cu metálico. En este sentido, la calibración del volumen de aplicación de los tratamientos fitosanitarios es muy importante. Generalmente se realiza mediante técnicas empíricas y, en algunos casos, mediante el método de Tratamiento por Volumen Vegetativo (TRV, por sus siglas del inglés Tree Row Volume), desarrollado por Byers *et al.*, 1971, citado por Galeano Roa *et al.* (2025). Dicha técnica permite ajustar el caldo erogado según la plaga y el cultivo

concretos, considerando el volumen foliar, de modo que el arbolado sea tratado con la máxima eficacia y el mínimo impacto ambiental. Se mide en litros de caldo fitosanitario por metro cúbico de volumen (Larios Adorno, 2008).

Con el avance de la tecnología surgen nuevas herramientas que pueden mejorar estas calibraciones, entre las cuales se puede destacar el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANTs), comúnmente conocidos como drones. El empleo de estos y la agricultura de precisión en labores agrícolas son cada vez más implementados por los agricultores. Esto se debe a su gran capacidad para captar información de los cultivos de manera precisa, facilitando la toma de decisiones. Las imágenes capturadas permiten realizar modelos tridimensionales del terreno; planificar el establecimiento, la producción y el monitoreo de cultivos; y detectar plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales, así como realizar estimaciones de volumen de copa (Guevara-Bonilla, 2020).

En ensayos realizados sobre limonero, Aranda *et al.* (2023) demostraron que existe una correlación directa entre el método clásico de determinación de volumen de copa y el método con fotogrametría utilizando drones, y concluyeron que los drones son una efectiva alternativa a los métodos tradicionales de medición de volumen de copa.

Considerando que la incorporación de los vuelos con dron para medir el volumen de copa del monte frutal es muy importante desde el punto de vista operativo y logístico para obtener aplicaciones fitosanitarias más precisas y eficientes para el rendimiento y la calidad de la fruta, se propuso como objetivo de este trabajo ajustar la tasa de aplicación (l/ha) a partir de información generada por dron (volumen de copa) en el cultivo de limonero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del lugar de estudio

El ensayo se realizó en la localidad de El Rodeo, departamento Burruyacú (LS: 26° 40' 38,2" y LO: 64° 56' 38,8") de la provincia de Tucumán (Figura 1). El lugar se encuentra dentro de la región del Pedemonte Subhúmedo - Seco, donde la temperatura media anual es de 19°C. La temperatura media del mes más caliente (enero) es de 25°C, y la del mes más frío (julio) es de 12°C. Es una región considerada libre de heladas, aunque éstas pueden producirse en algunos años de manera excepcional. La precipitación anual fluctúa entre 700 y 900 mm y la evapotranspiración potencial es de 900 mm. Las lluvias son estivales, con un acentuado período de sequía invernal-primaveral. Los suelos dominantes en esta subregión son los Haplustoles fluvénticos y cumúlicos, originados en los sedimentos aluviales y coluviales provenientes de la serranía (Zuccardi y Fadda, 1985).

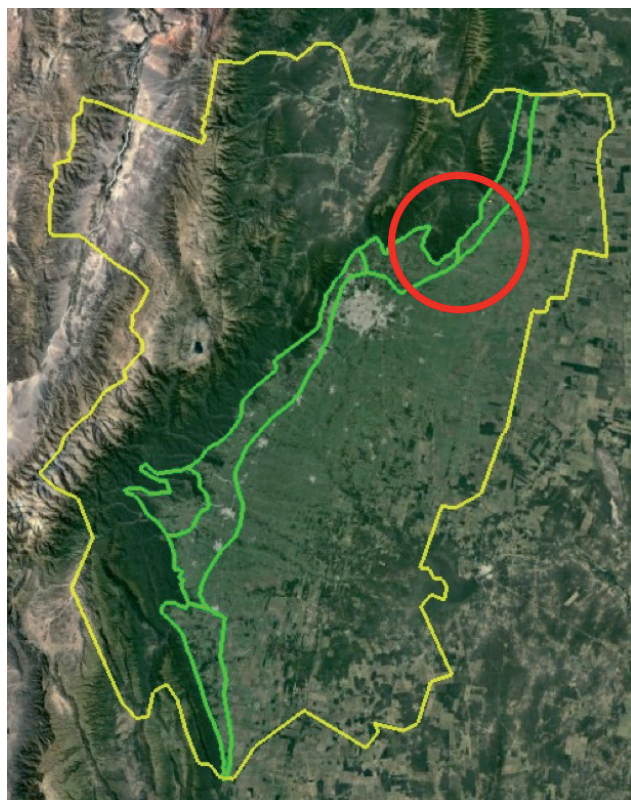


Figura 1. En amarillo se traza el contorno del mapa de la provincia de Tucumán, Argentina; en verde, la región del Pedemonte y el círculo rojo indica la ubicación del lugar del ensayo.

Características del ensayo

El ensayo se efectuó durante tres campañas, iniciando en septiembre de 2018 y concluyendo en febrero de 2021. Consistió en la aplicación de tres tratamientos (Tabla 1), sobre plantas de 19 años de edad, correspondientes a la combinación de limonero (*Citrus limon*) Lisboa Frost nuc / Naranja agrio (*Citrus aurantium*), con un marco de plantación de 7 m entre filas y 4 m entre plantas. Se utilizó una turbo pulverizadora Hidroneumática FMC de 2000 l de capacidad. El diseño experimental fue en bloques al azar, con cuatro repeticiones, y cada parcela

estaba constituida de una fila con 21 plantas y sus respectivas borduras.

Vuelos con dron y estimación del volumen de copa

Se utilizó un dron Matrice 100 de la marca DJI, equipado con un sensor remoto (cámara multispectral R-G-NIR). La altura de vuelo fue de 100 m, con un solape entre fotos de un 65% de lado y un 75% de frente (sidelap y frontlap, respectivamente). La velocidad fue de 11 m/s. A partir de los vuelos se generaron modelos digitales de superficie (DSM) y del terreno (DTM), lo que permitió estimar el volumen de copa de la superficie analizada a partir de las diferencias entre el DTM y el DSM (Figuras 2 y 3).

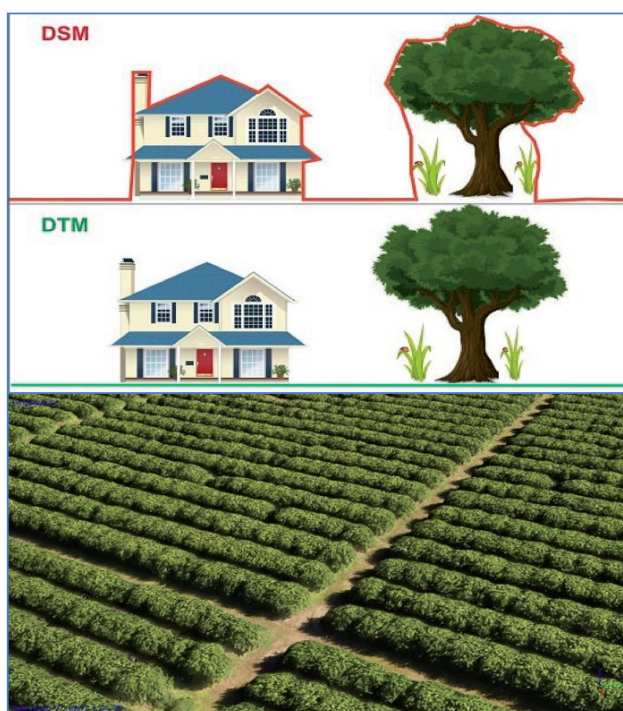


Figura 2. Esquema de Modelos Digitales. Arriba: DSM (línea roja trazada sobre la casa y el árbol) y DTM (línea verde trazada a nivel del terreno); Abajo: ejemplo de modelo realizado en cítricos (diferencia entre DSM y DTM).

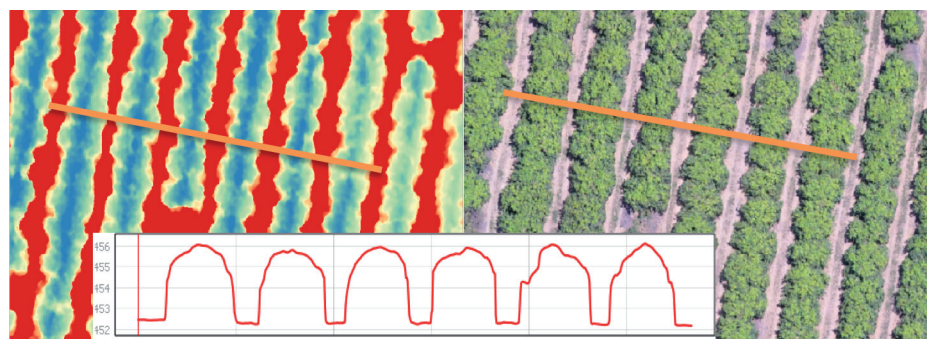


Figura 3. Modelos digitales aplicados en el ensayo para determinar el volumen de copa. Izquierda: imagen de ortomosaico RGB (siglas en inglés Red, Green and Blue) del cultivo de limonero; derecha: imagen común. La imagen solapada en el centro, en blanco y con un trazo de línea roja, es un DSM (Modelo Digital de Superficie) realizado sobre la línea de referencia (color naranja).

Tabla 1. Descripción de tratamientos realizados.

Tratamiento	Especificaciones	Superficie
T1	Tratamiento fitosanitario con tasa de aplicación (l/ha) preestablecida por la empresa propietaria de la finca	0,47 ha
T2*	Tratamiento fitosanitario con tasa de aplicación (l/ha) preestablecida por la empresa y dosis de cobre (kg/ha) del T3	0,47 ha
T3	Tratamiento fitosanitario con tasa de aplicación ajustada a partir de información generada por dron	0,47 ha

* Tratamiento realizado a partir de la segunda campaña para comparar la calidad de fruta con la dosis de cobre (T1 vs T2) y la tasa de aplicación (T2 vs T3).

Los vuelos se realizaron una semana antes de cada aplicación (sujeto a condiciones meteorológicas óptimas). De esta manera, se utilizó el dato de volumen de copas previo a la aplicación para ajustar la tasa de aplicación del tratamiento T3. Con la información disponible al final de cada campaña se realizó un análisis de la evolución del volumen de copa en el tiempo.

Estimación del volumen de copa con el método clásico

Con el fin de validar los datos de volumen de copa obtenidos a partir de información generada por dron, se estimó el volumen de copa por el método clásico. Para ello, se midió con regla de agrimensor, graduada en centímetros, la altura tomada desde el suelo hasta la parte superior de la planta; y se determinó el diámetro de la copa medido en la dirección perpendicular a la línea de plantación (Figura 4). Luego se aplicó la fórmula propuesta por Mendel en 1956, citada por Colauto Stenzel *et al.* (2005): $V = (2/3 \pi R^2 H)$, donde V = Volumen de la copa (m^3), R = radio de las plantas (m) y H = altura de las plantas (m).

Con los datos de volumen de copa obtenidos, se realizó una comparación entre los métodos (clásico vs. dron), mediante regresión lineal simple con el programa Microsoft Excel.

Aplicaciones fitosanitarias

Las aplicaciones se iniciaron desde el mes de septiembre y concluyeron en febrero (Figura 5). Los tratamientos T1 y T2 se aplicaron con un volumen de caldo preestablecido, conforme a las calibraciones realizadas normalmente para el manejo de la finca. El volumen de caldo del tratamiento T3 se ajustó utilizando tarjetas hidrosensibles abrochadas al follaje, en diferentes partes del árbol (en la parte baja de la copa, en el centro del árbol, arriba dentro de la copa). Una vez verificado el correcto mojado de la planta, se relacionaron los litros erogados (l/planta) con el



Figura 4. Medición de plantas en el ensayo con regla de agrimensor. Altura (arriba) y diámetro (abajo) para determinar el volumen de copa.

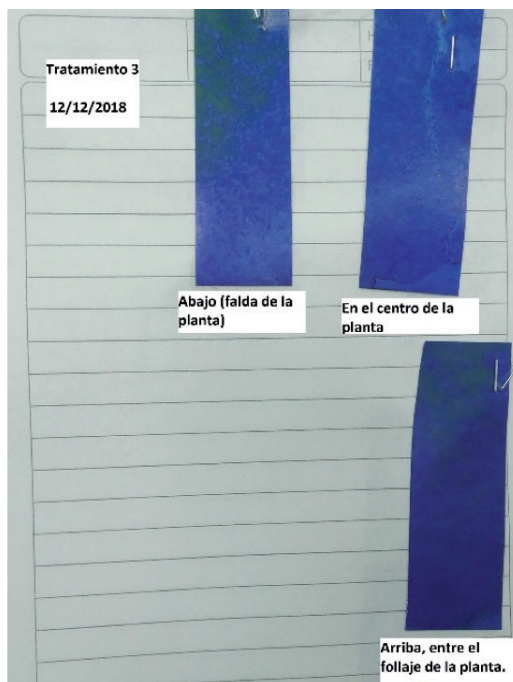


Figura 5. Izquierda.: aplicación de septiembre; derecha: mojado de tarjetas, para ajustar el volumen de aplicación del T3, en diciembre.

volumen de copa promedio de las plantas (m^3), obteniendo así un volumen de aplicación (VA) de 0.25 l/m^3 de copa. Para estimar la tasa de aplicación en l/ha , se relacionó el volumen de aplicación ajustado con el volumen de copa (m^3/ha) calculado por el dron:

$$TA = VA * VD$$

Donde:

TA: Tasa de aplicación (l/ha), (empleada a lo largo de la campaña)

VA: Volumen ajustado (l/m^3)

VD: Volumen de copa de los arboles determinado con dron (m^3/ha)

En todos los tratamientos se utilizaron los mismos productos químicos de control de plagas y enfermedades.

Se determinó la tasa de aplicación (l/ha) del tratamiento T1 a partir del volumen de caldo aplicado por planta y el número de plantas por ha. También se registró la dosis de óxido cuproso (50 %) teniendo en cuenta la concentración del mismo 1,5%.

Evaluación de la fruta

Para evaluar calidad, se cosechó la totalidad de la fruta de cuatro plantas por tratamiento. Luego, de acuerdo al método empleado por Salas *et al.* (2012), se determinó, para cada tratamiento, la cantidad de fruta cuya calidad permitía su comercialización en el mercado de fruta fresca para exportación (fruta embalable) y la fruta restante (destinada a la industria y comúnmente definida como "descarte"). Se clasificó según la causa más evidente por la que fuera descartada: ramaleo (cicatrices producidas por el roce del fruto con otros órganos de la planta o por acción del viento), presencia de plagas (cochinillas, ácaros y trips) y enfermedades (sarna, botrytis y melanosis) (Figura 6).

Análisis estadísticos

Se compararon las medias de las variables de interés entre tratamientos mediante análisis ANOVA y com-

paraciones múltiples con prueba de Fisher, utilizando el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Para gráficos de barra y líneas se utilizó el programa Microsoft Excel 2016 (Microsoft, 2016).

Se consideraron como variables dependientes las tasas de aplicación para cada mes, las tasas de aplicación para cada año, la dosis de óxido cuproso y la fruta embalable. Las variables de clasificación fueron los tratamientos.

RESULTADOS

Volumen de copa

En la Figura 7 se presenta el comportamiento del volumen de copa en las tres campañas. Las curvas en la gráfica muestran una misma tendencia: un crecimiento inicial pronunciado entre septiembre y octubre, luego un amesetamiento desde octubre a diciembre, para después volver a crecer desde diciembre a marzo. Algunas diferencias entre las diferentes campañas podrían deberse a las condiciones climáticas inherentes de cada año. En la campaña 2019/2020, se practicó una poda del monte frutal más severa de lo habitual, lo que pudo haber afectado los primeros meses del crecimiento del cultivo y los valores normales del volumen de copa. A partir de noviembre, se mantuvo un comportamiento similar al de las otras curvas.

Relacionando la densidad de plantas (aproximadamente 357 plantas/ha) con la información generada por el dron, el volumen promedio de copa fue de $47,6 \text{ m}^3$ al comienzo de las campañas y para febrero alcanzó un valor de $62,4 \text{ m}^3$. En la Figura 8 se puede observar un ejemplo del volumen de copa en m^3/ha determinado mediante un vuelo con dron en octubre de 2018.

Comparación de métodos para determinar el volumen de copa

En la Figura 9 se observa el resultado de la regresión lineal simple realizada para el volumen de copa por planta. La orientación de dispersión de puntos, la línea de tendencia y el valor del coeficiente de correlación,



Figura 6. Izquierda.: Evaluación de fruta en el ensayo; derecha: fruta embalable y fruta de descarte.

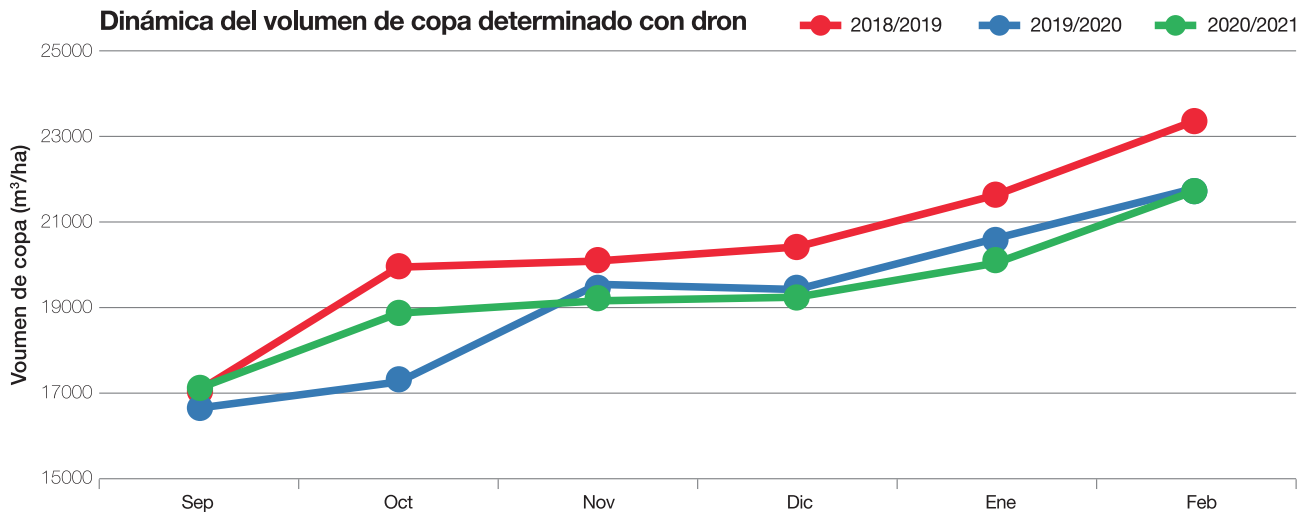


Figura 7. Dinámica del volumen de copa de limonero para tres campañas.

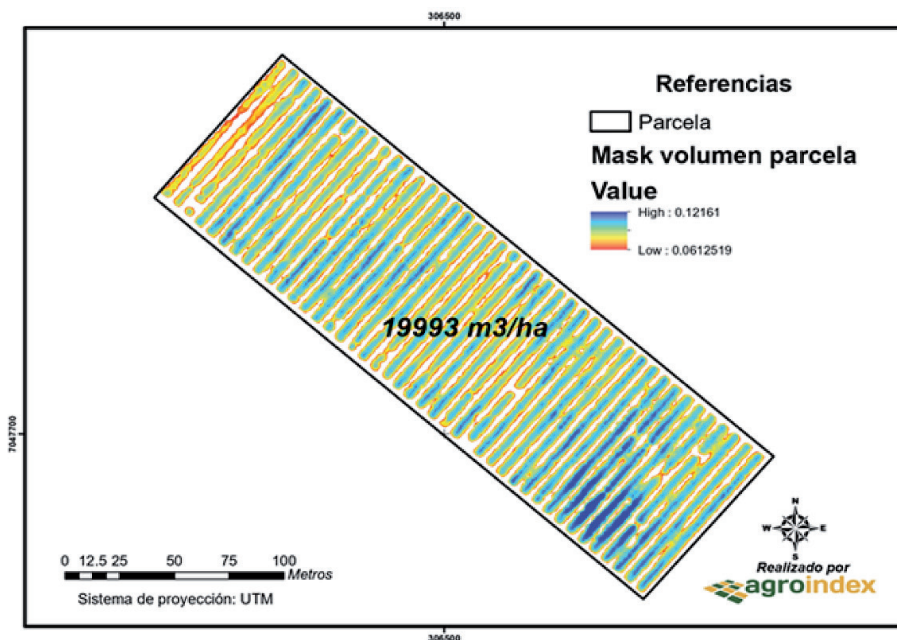


Figura 8. Imagen de Ortomosaico para determinar volumen de copa de limonero en octubre 2018. Volumen de copa: Azul indica valores altos, Verde los medios y amarillo los valores bajos. El número del centro es el valor del volumen de copa referido a hectárea.

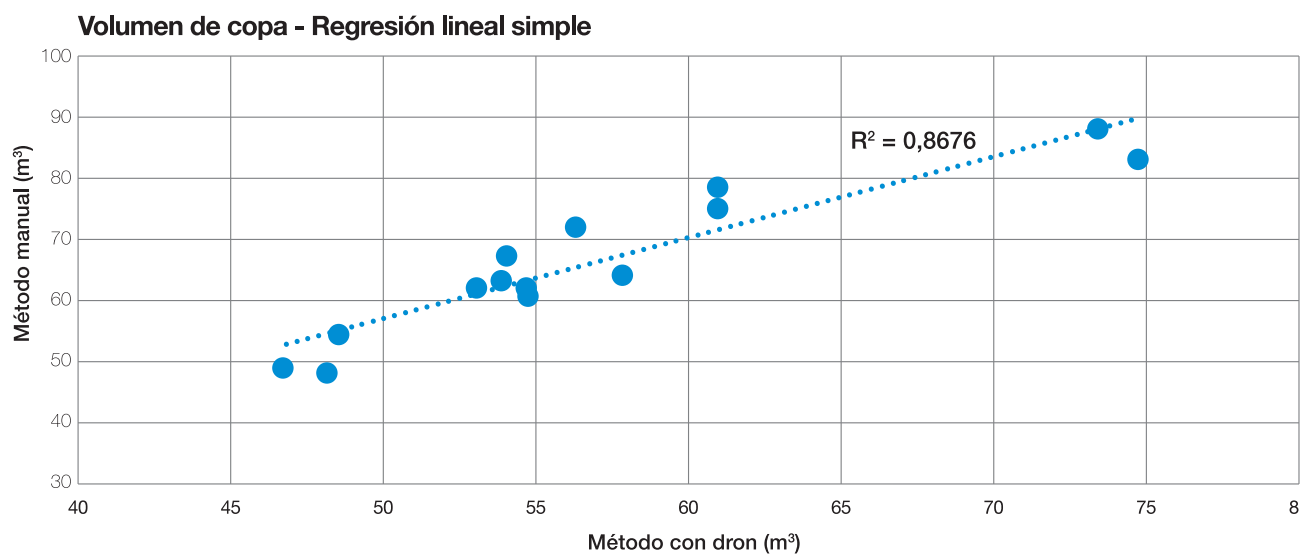


Figura 9. Correlación entre el volumen de copa de los árboles de limonero realizados por el método clásico o manual y el método a partir de información generada por dron.

$R^2 = 0,8676$, indican que existe correlación directa entre el método manual y el método con dron. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Aranda *et al.* (2023) en ensayos sobre limonero.

Tasas de aplicación

En la Tabla 2 se exponen las tasas de aplicación y las diferencias expresadas en porcentaje entre el tratamiento T3 (ajustado a partir de información generada por dron) y los tratamientos T1 y T2 (tasa de aplicación preestablecida por la empresa). Los datos están detallados por fecha de aplicación y por campaña.

Los menores valores fueron de 5891 l/ha para el T1-T2, mientras que para el T3 fue de 3759 l/ha. El máximo valor registrado fue de 8033 l/ha para los tratamientos T1-T2, y de 5.439 l/ha para el tratamiento T3. Las diferen-

Tabla 2. Tasas de aplicación fitosanitaria por tratamiento y fecha en cada una de las campañas del ensayo.

	Fecha	T1=T2 (l/ha)	T3 (l/ha)	Diferencia entre tratamientos (%)
1ª campaña	26 Sep 2018	6.176	3.759	38,9
	30 Oct 2018	6.426	4.199	34,4
	12 Dic 2018	7.374	4.711	36,1
	16 Ene 2019	7.497	4.773	35,3
	15 Feb 2019	7.497	5.148	35,3
2ª campaña	18 Sep 2019	6.426	4.167	35,2
	16 Oct 2019	6.783	4.327	36,2
	11 Nov 2019	7.140	4.881	31,6
	10 Dic 2019	7.319	4.891	33,2
	13 Feb 2020	8.033	5.439	32,3
3ª campaña	23 Sep 2020	5.891	4.296	27,1
	27 Oct 2020	6.783	4.729	30,3
	24 Nov 2020	6.783	4.803	29,2
	23 Dic 2020	7.140	4.822	32,5
	18 Ene 2021	7.145	5.023	29,6
	18 Feb 2021	7.150	5.317	25,7
	Promedio	6.982	4.703	33,0

cias entre las tasas de aplicación varían entre el 23,0% y el 38,9%. Teniendo en cuenta todas las aplicaciones realizadas durante las tres campañas, el promedio de las tasas de aplicación arrojó un valor de 6.982 l/ha para los tratamientos T1-T2, y de 4.703 l/ha para el T3, lo que representa una diferencia promedio del 33%.

Los resultados del análisis estadístico para las tasas de aplicación se pueden observar en las Tablas 3 y 4, comparación mensual y anual, respectivamente. Se puede advertir que en todos los casos existen diferencias significativas entre los tratamientos. El promedio de las tasas de aplicación por campaña fue de 6982.2 l/ha para el T1 y T2, y de 4703,6 para el T3. Los valores de tasa de aplicación del T3 son similares a los obtenidos en los ajustes de calibraciones de Salas *et al.* (2012) y en manejo de enfermedades por Fogliata (2023).

Dosis de cobre

Las dosis de óxido cuproso registradas para cada tratamiento y aplicación se muestran en la Figura 10. Este producto se aplicó teniendo en cuenta una concentración (1,5 ‰), razón por la cual las dosis difieren de manera similar a las tasas de aplicación entre tratamien-

Tabla 3. Comparación mensual de medias de tasa de aplicación (l/ha) por tratamiento.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
T1 y T2	6.164,2 a	6.664,0 a	6.961,5 a	7.277,4 a	7.318,5 a	7.556,5 a
T3	4.074,2 b	4.418,2 b	4.842,2 b	4.808,0 b	4.898,2 b	5.341,4 b

Test: LSD Fisher Alfa=0,05. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 4. Comparación por campaña de medias de la tasa de aplicación (l/ha) por tratamiento.

	2018-2019	2019-2020	2020-2021	Promedio
T1 y T2	6.993,9 a	7.140,0 a	6.812,7 a	6.982,2
T3	4.518,0 b	4.740,9 b	4.851,9 b	4.703,6

Test: LSD Fisher Alfa=0,05. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

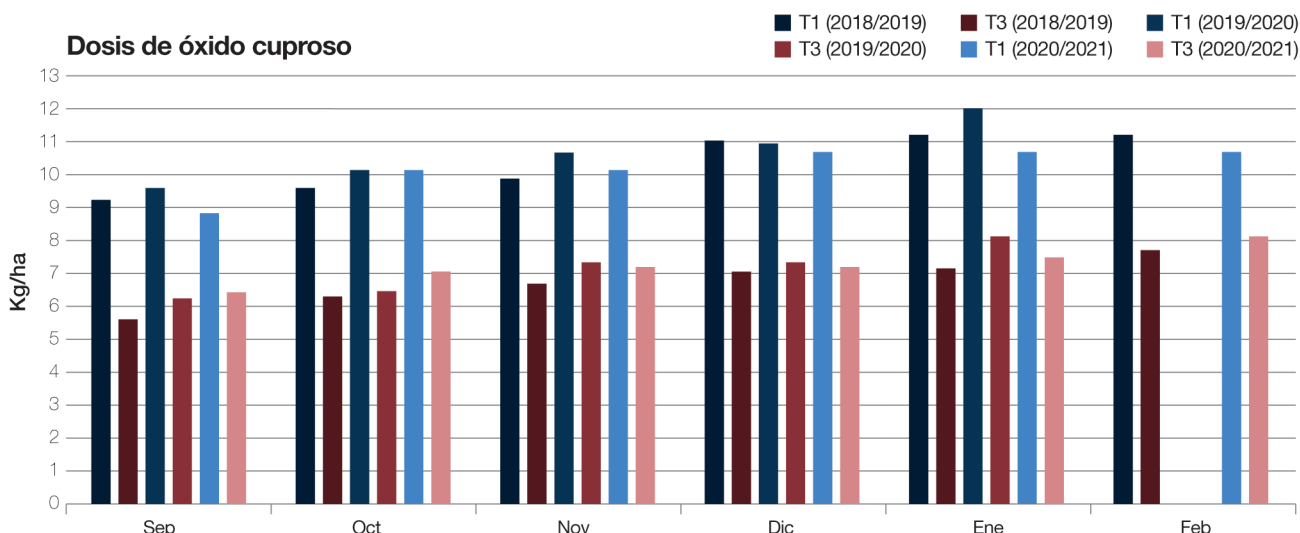


Figura 10. Dosis mensual de óxido cuproso en cada campaña.

tos. Para el T1 los valores de óxido cuproso varían entre 8,8 kg/ha a 12 kg/ha, mientras que para el T3 están en un rango de 5,6 kg/ha a 8,2 kg/ha.

Los resultados del análisis estadístico para la dosis de cobre se pueden observar en las Tablas 5 y 6, comparación mensual y anual, respectivamente. En todos los casos existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 5. Comparación mensual de dosis de óxido cuproso (kg/ha) por tratamientos.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
T1	9,25 a	10,00 a	10,26 a	10,92 a	11,33 a	10,98 a
T2 y T3	6,11 b	6,63 b	7,07 b	7,21 b	7,62 b	7,94 b

Test: LSD Fisher Alfa=0,05. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 6. Comparación por campaña de dosis de óxido (kg/ha) cuproso por tratamientos.

	2018-2019	2019-2020	2020-2021	Promedio
T1	10,39 a	10,71 a	10,22 a	10,44
T2 y T3	6,76 b	7,11 b	7,28 b	7,05

Test: LSD Fisher Alfa=0,05. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Las dosis más bajas se registraron en septiembre, con 9,25 kg/ha para el T1 y de 6,11 kg/ha para los T2 y T3. Los valores más altos correspondieron a enero en el T1, con 11,33 kg/ha; y a febrero en los T2 y T3, con 7,94 kg/ha. El promedio de dosis por campaña fue de 10,44 kg/ha en el T1, mientras que para el T2 y T3 fue de 7,05 kg/ha. Esto último concuerda con lo expuesto por Fogliata (2023) para el manejo de enfermedades en limón.

Evaluación de fruta

Los resultados de la evaluación de la calidad de fruta se pueden observar en la Tabla 7. Ni la fruta “embalable”, ni la de “descarte” ni la media productiva por planta arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos. De manera general, se puede apreciar que en la campaña 2018-2019 los valores de fruta embalable fueron menores que los de descarte; en 2019-2020 se observó una paridad entre estos valores, y en 2020-2021 el rendimiento de fruta embalable fue superior al de descarte en todos los tratamientos.

Tabla 7. Medias de rendimiento de fruta en kg/planta, evaluadas en cada campaña.

	Campaña 2018-2019			Campaña 2019-2020			Campaña 2020-2021		
	Embalable	Descarte	Total	Embalable	Descarte	Total	Embalable	Descarte	Total
T1	63,0 a	104,8	167,8	65,0 a	66,3 a	131,3 a	136,2 a	73,7 a	210,0 a
T2				62,5 a	64,0 a	126,5 a	143,7 a	60,0 a	203,7 a
T3	55,8 a	104,1	160,0	67,5 a	55,3 a	128,1 a	146,2 a	55,0 a	201,2 a

Test LSD Fisher Alfa=0,05. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista operativo y logístico, el uso del dron resultó ser una herramienta eficiente para determinar el volumen de copa en el cultivo de limonero a lo largo de la campaña de aplicaciones fitosanitarias.

La tasa de aplicación promedio, calculada a partir de información generada por el dron, fue significativamente menor a la convencional en un 33%. Esta reducción en la cantidad de líquido aplicado también implicó una disminución sustancial en el uso de fungicida cúprico. Todo esto puede generar un significativo ahorro en los costos de producción, además de reducir el impacto negativo de esta práctica en el medio ambiente.

El ajuste de las tasas de aplicación a partir de información generada por dron no disminuyó los rendimientos de la calidad de fruta embalable, por lo cual se puede concluir que el uso de dron es una herramienta que permite aumentar la eficiencia de estas operaciones.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aranda, N. D.; C. Moyano; D. Figueroa; N. Mitrovich; M. I. Valdez; H. Salas; L. Saravia; M. Avellaneda y S. Palacio. 2023. Estimación de la altura y el volumen de copa de limonero (*Citrus limon*) mediante el uso de dron y un método manual. EEAOC – Revista Industrial Agrícola de Tucumán 100 (2).
- Carreras Baldrés, J. I.; C. Fandos; J. F. Soria; P. Scandaliaris; D. Figueroa y H. Salas. 2024. Diferenciación de edades de plantaciones en el monte cítrico tucumano al año 2024. EEAOC, Reporte Agroindustrial 329.
- Colauto Stenzel, N. M.; C. S. Viera Janeiro Neves; M. B. Dos Santos Scholz e J. C. Gomes. 2005. Comportamento da laranjeira ‘Folha Murcha’ em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. Rev. Bras. Frutic. 27 (3): 408–411. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/sD6wR4PDYjN9Jvc8Ygdtm9c/?format=pdf&lang=pt>.
- Da Silva M. y H. H. Ramos. 2017. Manual de Tecnología de Aplicación en Citrus. (J. Ribas Ed.) Fundecitrus. Vila Melhado, Araraquara, S.P., Brasil.
- Di Rienzo J. A.; M. Balzarini; F. Casanaves; L. Gonzáles; M. Tablada y C. W. Robledo. 2020. Infostat Profesional. Versión 2020. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Fogliata, M. G. 2023. Situación actual de las enfermedades cuarentenarias de los cítricos en el noroeste Argentino (NOA) y avances en investigación. En X

congreso Argentino de Citricultura (pp. 88). Concordia, Entre Ríos, Argentina. Ed. J. P. Bouvet (EEA Concordia – INTA).

- Galeano Roa; B. A.; J. Sánchez - Hermosilla López; F. Aguera Vega y P. Martínez Carricondo. 2025.** Prototipo de bajo coste para pulverización adaptada en cultivos en invernadero: resultados preliminares. Simposio CEA de Robótica, Bioingeniería, Visión Artificial y Automática Marina 2025. Almería, España. En: <https://doi.org/10.64117/simposioscea.v1i1.20> . Consultado: en julio 2025
- Guevara-Bonilla, M. 2020.** Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT's) para el monitoreo y manejo de los recursos naturales: una síntesis. Revista Tecnología en Marcha 33 (4), octubre-diciembre 2020.
- Larios Adorno, J. D. 2008.** Técnica de Atomización según Volumen Vegetativo (T.R.V.). En <https://es.scribd.com/document/317365805/1195-Tecnicas-de-atomizacion-segun-volumen-vegetativo-T-R-V-1-pdf>. Consultado en Julio 2025.
- Manual de operaciones de la empresa John Bean**

Sprayers. 1997. Operator's Manual. Model 993 y 1093 Speedprayer. Manual N° 5281690. John Bean Sprayer, 395 Industrial Drive, Hogansville, GA 30230.

- Microsoft Corporation. 2016.** Microsoft Excel 2016. URL <https://support.microsoft.com/es-es/office/descargar-e-instalar-o-reinstalar-office-2021-office-2019-u-office-2016-7c695b06-6d1a-4917-809c-98ce43f86479>.
- Palacios, J. 2005.** Citricultura. Editorial Alfa Beta, Argentina.
- Salas, H.; H. Vinciguerra; C. Mansilla; D. Figueroa; L. Goane; A. Rojas; B. Carrizo y A. Campos. 2012.** Manejo de plagas y enfermedades en limonero utilizando diferentes volúmenes de aplicación y dosis de activos. EEAOC - Revista Avance Agroindustrial, 33 (3).
- Zuccardi, R. B. y G. S. Fadda. 1985.** Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán. [En Línea] Disponible en: <https://www.edafologia.org/descargas/>. Consultado: julio 2025.