



La mecanización de los tratamientos fitosanitarios, la poda y la recolección Presente y futuro

*Patricia Chueca, Guillermo Mateu,
María Gyomar González-González y Cruz Garcerá*
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Sergio Castro García
Universidad de Córdoba-ETSIAM

Bernardo Martin-Gorriz
Universidad Politécnica de Cartagena

Antonio Torregrosa
Universitat Politècnica de València-DIRA

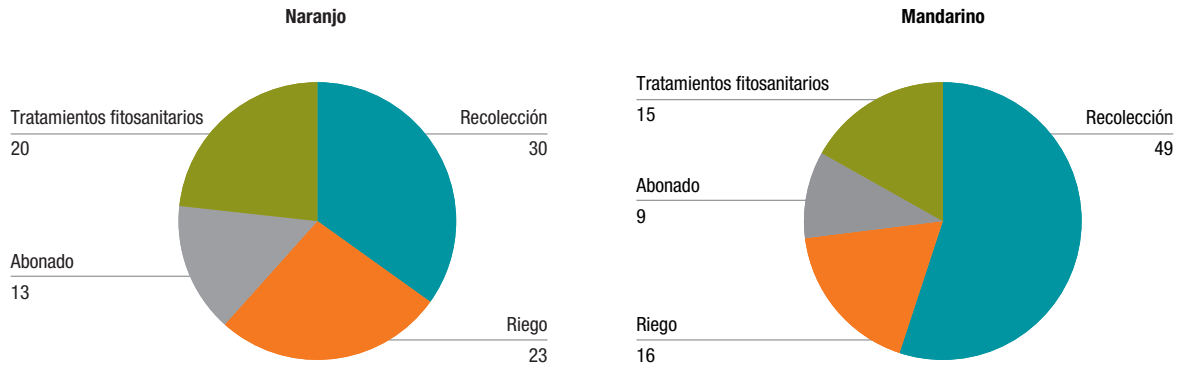
1. Análisis de la situación actual

El grado de mecanización de las labores agrícolas en la citricultura comparado con otros cultivos como los extensivos, el olivo, el almendro y la vid es muy bajo y/o poco eficiente. Las principales operaciones de cultivo son la poda, el control de plagas y enfermedades y la recolección, que en la Comunitat Valenciana representan unos costes respectivos de entre el 11-14 %, el 15-20 %, y el 30-49 % respecto al total de los costes de cultivo, lo que en conjunto supone entre el 64 y el 75 % de estos (Gráfico 1) (Mateu *et al.*, 2018a).



Gráfico 1.

Costes de producción por operación de cultivo en naranjo y mandarina en la Comunitat Valenciana. En porcentaje



Fuente: Mateu *et al.* (2018a). Elaboración propia.

1.1. Poda y manejo de restos de poda

La poda es una labor necesaria para mantener la forma de los árboles y equilibrar el crecimiento vegetativo con el productivo. La especie y variedad, la forma de cultivo (principalmente, el riego y el abonado) y las características físico-químicas del suelo influyen en el equilibrio de desarrollo del árbol, y, por tanto, la poda ha de adaptarse a cada situación. El problema es que no está bien definida qué modalidad de poda es más apropiada para cada caso. Tradicionalmente, en la citricultura española, es una tarea que se ha encargado a operarios especialistas, que la realizan de manera manual, y cuyos criterios obedecen más bien a observaciones subjetivas que a parámetros objetivamente contrastados. Todo ello lleva a que sea difícil mecanizar esta labor, pues no siempre están claros los objetivos a conseguir.

En la actualidad, los instrumentos más utilizados son los serruchos manuales y la motosierra para cortar ramas de gran diámetro, y las tijeras para diámetros menores. En las últimas décadas se ha avanzado con la aparición de herramientas eléctricas portátiles, que mejoran la eficiencia de estos trabajos (Figura 1). No obstante, son caras y los operarios tienen que adaptarse a su uso, pues a priori son reticentes.

El uso de la poda mecánica con tractor y podadoras de discos (Figura 2) es una técnica no selectiva que está ampliamente aceptada desde finales del siglo pasado en cultivos de cítricos con destino a la industria, y que se aplica en países como Brasil y EE. UU. Estos equipos constan de un sistema de corte formado por un brazo rígido en el que están colocados los discos y que puede situarse en cualquier posición mediante accionamiento hidráulico. Como novedades tecnológicas caben destacarse: el empleo de sistemas de aplicación de desinfectante en los discos, para evitar la propagación de enfermedades fúngicas; discos de cuchillas, para ramas finas verdes con sistema de aspiración; evacuadores de ramas de la zona de corte; indicadores de velocidad de giro de los discos; y dispositivos para el control de la altura de corte.



Figura 1.
Operario podando con tijera eléctrica portátil



Figura 2.
Podadora de discos realizando *topping* en limoneros



En nuestro país, en la citricultura tradicional enfocada al consumo en fresco, es una técnica que de manera generalizada sigue sin aceptarse. No obstante, en las nuevas plantaciones de Andalucía, destinadas a la industria se está implantando. Son muchas las formas en que se puede realizar: a todas las caras del árbol, únicamente a la parte superior de la copa (*topping*), a las faldas, a los



laterales, combinada o no con poda manual, realizada con mayor o menor intensidad, etc. Además, según el vigor que tenga nuestro cultivo o la época en que la poda se vaya a realizar, la solución requerida puede ser diferente.

En los años 70 se realizaron los primeros ensayos de poda mecánica de cítricos en Valencia y Murcia. Tras varios años, en los que la poda mecánica perdió interés, en la década 2009-2019, debido a la necesaria reducción de los costes de producción, se han retomado estos ensayos. La Tabla 1 muestra un resumen de las experiencias de poda realizadas en España.

Tabla 1.
Ensayos de poda mecánica de cítricos realizados en España

Lugar/ periodo	Ensayo	Especie/ variedad	Resultados	Organismo/ referencia
Valencia 1976-1979	Tratamientos de poda: <ul style="list-style-type: none"> • Poda mecánica • Poda mecánica con repaso manual • Poda manual • No poda Alternaban año de poda y año sin poda.	Naranja 'Washington' 'Navel' Naranja 'Salustiana'	No encontraron diferencias significativas de producción entre tratamientos. Los tratamientos que incluyeron poda mecánica fueron ligeramente menos productivos.	INIA; Zaragoza y Alonso (1980)
Cartagena 2009-2011	Tratamientos de poda: <ul style="list-style-type: none"> • Poda mecánica • Poda mecánica con repaso manual • Poda manual Alternaban año de poda y año sin poda.	Mandarino 'Fortune'	El año en el que se realizaba la poda mecánica, disminuía la producción, pero si se alternaba con uno de poda manual, en promedio y para los tres años que duraron las experiencias, se mantenían las producciones.	UPCT, IMIDA, UPV; Martin-Gorriç <i>et al.</i> (2014)
Alhama de Murcia 2016-2019	Tratamientos de poda: <ul style="list-style-type: none"> • Poda mecánica • Poda mecánica con repaso manual • Poda manual Alternaban año de poda y año sin poda.	Limonero 'Fino'	La poda mecánica ha obtenido producciones similares y a veces superiores a la manual. En el caso de estos árboles de gran vigor, cuando un año no se aplica la poda manual, el crecimiento vegetativo es tan grande que la poda manual de los años siguientes requiere muchísimo más trabajo.	UPCT, UPV; Martin-Gorriç <i>et al.</i> (2019)
Liria 2016-2018	Tratamientos de poda: <ul style="list-style-type: none"> • Poda mecánica • Poda mecánica con repaso manual • Poda manual • No poda Alternaban año de poda y año sin poda.	Naranja 'Navelfoios'	No se han observado diferencias en la cantidad y calibre de la producción entre los árboles podados a mano o mecánicamente.	IVIA, UPV; Mateu <i>et al.</i> (2017)
Godolleta 2017-2019	Tratamientos de poda: <ul style="list-style-type: none"> • Poda mecánica • Poda mecánica con repaso manual • Poda manual • No poda Alternaban año de poda y año sin poda.	Mandarino 'Clemenules'	Tras un primer año en el que los tratamientos con poda mecánica de la parte superior de la copa (<i>topping</i>) redujeron su producción, en los años siguientes no se han apreciado diferencias de producción entre los tratamientos con poda mecánica y manual.	IVIA, UPV; Mateu <i>et al.</i> (2018b)

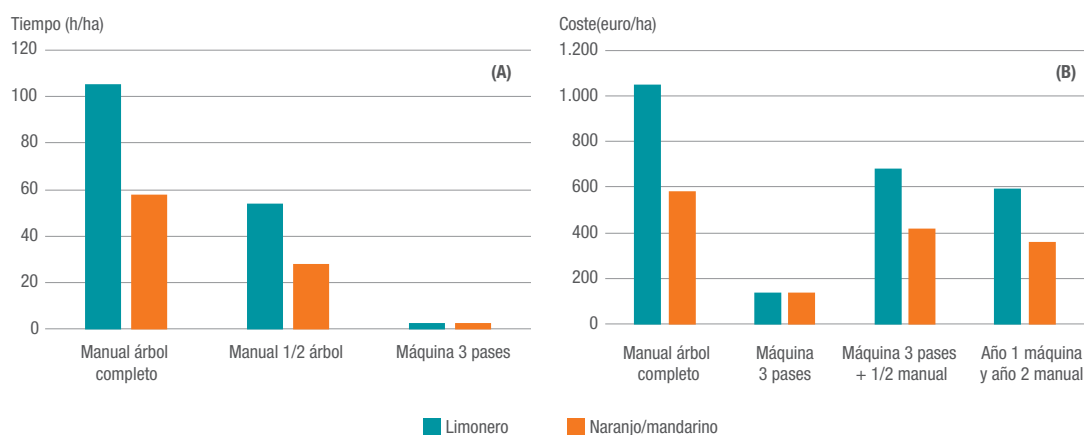
La reducción de tiempos de la operación y de costes que supone la poda mecánica no selectiva con podadoras de discos respecto a la poda manual es muy importante (Gráfico 2). La poda manual supone unas 60 h-persona/ha en naranjos y mandarinos y 100 h-persona/ha en limoneros, mientras que la poda mecánica requiere unas 3 h-persona/ha cuando se dan tres pases (uno por un lateral del árbol y dos para el *topping*). En términos de costes, la poda manual está en torno a los 1.000 euros/ha en limoneros y en 600 euros/ha en naranjos y mandarinos, mientras que la poda mecánica se



cifra en torno a los 150 euros/ha. Si se utilizan combinaciones de ambos sistemas, se pueden reducir los costes sin alterar demasiado la forma actual de los árboles. Así, la poda mecánica de la parte alta y de un lateral combinada con la poda manual del otro lateral podría costar unos 680 euros/ha en limoneros y unos 420 euros/ha en naranjos y mandarinos. Otra alternativa sería alternar la poda mecánica un año, con la manual del árbol completo el siguiente, con un coste estimado de unos 600 euros/ha en limoneros y 360 euros/ha en naranjos y mandarinos (Gráfico 2b).

Gráfico 2.

Tiempo necesario para podar una hectárea de cítricos (A). Costes de poda de 1 hectárea de cítricos considerando la poda manual a 10 euros/h y la poda mecánica a 50 euros/h (B)



La poda mecánica con podadoras de discos no reduce la producción de los árboles, pero necesitaría de un complemento manual, realizado en años alternos, para mejorar la aireación interna, eliminar ramas secas y mantener la forma actual de los árboles. La intensidad y estrategia de poda dependen de la variedad y el vigor de los árboles, con lo que deben aplicarse en una estrategia conjunta con el riego y el abonado.

El manejo de los restos de poda mediante el triturado está establecido, no supone ningún problema para el cultivo y presenta las ventajas de reducir significativamente los costes, producir un acolchado favorable para el suelo y ser una aportación de materia orgánica.

1.2. Control de plagas y enfermedades

El método más común para el control de plagas y enfermedades en cítricos es la aplicación de productos fitosanitarios (PPP). El uso de materias activas para aplicación foliar en cítricos en 2013 fue de 2.583 t materia activa/año (MAGRAMA, 2014). Tradicionalmente se ha realizado con equipos manuales de mangueras y pistolas. En las últimas décadas, los pulverizadores hidráulicos asistidos por aire, conocidos como turboatomizadores, han ido sustituyendo a los equipos manuales (Figura 3). En 2005, los turboatomizadores se empleaban en alrededor de un 60 % de las aplicaciones y su uso estaba y sigue al alza. Estos equipos permiten actuar en el momento más oportuno para el correcto control de la plaga y/o enfermedad, ya que reducen el tiempo de aplicación de 4-6 h-persona/ha a



1 h-persona/ha (Planes, 2006), por lo que posibilitan realizar los tratamientos en un corto espacio de tiempo. Su utilización, además, permite ajustar el uso de insumos (agua y PPP) a las necesidades reales y reducir los costes de mano de obra.

Figura 3.
Pulverizador hidráulico asistido por aire



El problema de los turboatomizadores es que en general son muy poco eficientes, de forma que solo una fracción de la cantidad total de producto alcanza el objetivo previsto. Con estos equipos cobran especial importancia procesos como la deriva, la evaporación, la escorrentía y/o el lavado, lo que provoca que haya grandes pérdidas de fitosanitarios al suelo y/o a la atmósfera. Dichas pérdidas suponen un riesgo para la salud de las personas (operadores, transeúntes y residentes) y el medioambiente, además de incrementar innecesariamente los costes de producción, y en cítricos también representan más del 50 % del caldo pulverizado (Garcerá *et al.*, 2017a).

Para reducir la parte de la pulverización que se pierde a la atmósfera por deriva se han desarrollado tecnologías como las boquillas de baja deriva, deflectores para la conducción óptima del aire, etc. El uso de las boquillas de baja deriva en cítricos da lugar a una reducción significativa de las pérdidas por deriva (Torrent *et al.*, 2017) sin afectar a la eficacia de los tratamientos (Garcerá *et al.*, 2017b). Además, también existen en el mercado sistemas electrónicos que permiten detectar la presencia de la masa vegetal o definir su contorno mediante el uso de sensores de ultrasonidos o fotodiodos de infrarrojos, de manera que se pulveriza únicamente donde hay vegetación. Esto disminuye la cantidad de fitosanitario empleado de manera considerable, principalmente cuando la distancia entre árboles es elevada.

Paralelamente, se trabaja en adaptar la cantidad de producto a las necesidades reales y a las condiciones específicas de la aplicación (vegetación a cubrir, plaga a controlar, pesticidas usados y maquinaria). Actualmente, existen herramientas para la recomendación del volumen de caldo. Entre ellas destacan: 1) Dosacitric –desarrollada por la UPV– (UPV, 2013) y 2) CitrusVol –desarrollada por el IVIA; en <http://gipcitricos.ivia.es/recomendacion-de-volumen-> (Garcerá *et al.*, 2017c).



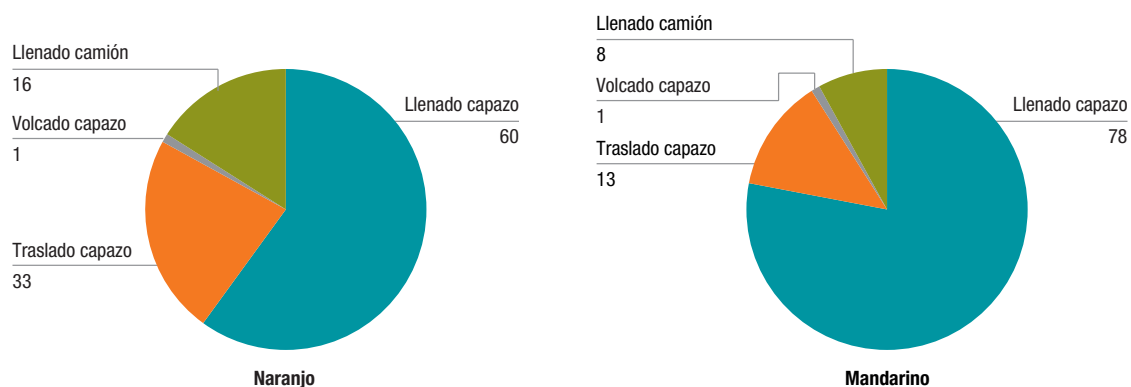
Por otra parte, en el contexto actual europeo de exigencia social y legislativa en cuanto a la reducción de los riesgos asociados con el uso de pesticidas químicos, nos encontramos con una disminución de las materias activas disponibles (hoy en día se dispone de alrededor de 500 materias activas autorizadas para todos los cultivos en Europa) y con las directrices de adoptar todas las medidas necesarias para promover el manejo de plagas con bajo consumo de pesticidas, dando prioridad a los métodos no químicos. Esta situación está impulsando el control biológico a través del uso de enemigos naturales y, en algunos casos, de biopesticidas. De hecho, se observa una reducción del número anual de tratamientos fitosanitarios en cítricos, que en 2003 de media eran del orden de 10 y actualmente es de 4 (datos propios).

1.3. Recolección

La recolección reviste especial importancia debido a su elevado coste. Sigue el mismo procedimiento que en los últimos 50 años, los operarios cortan la fruta por el pedúnculo con tijeras y la transportan en recipientes desde el árbol hasta contenedores situados en las calles o directamente al camión (Gráfico 3). Esta labor manual es muy dura y precaria. Además, utilizan escaleras de mano en casos de árboles grandes y trabajan con variedades que presentan espinas.

Gráfico 3.

Porcentaje de tiempo empleado en las diferentes tareas que se llevan a cabo durante la recolección manual para el cultivo de naranjo (izda.) y para el de mandarino (dcha.). En porcentaje



Fuente: Mateu *et al.* (2018a).

En la actualidad existen equipos de asistencia que mejoran las condiciones de trabajo y la eficiencia de la operación. Las carretillas motorizadas o los tractores equipados con horquillas estibadoras ayudan a sacar las cajas de la plantación hasta un camión. Las carretillas motorizadas pueden utilizarse en cualquier tipo de parcela al ser pequeñas y estrechas. Transportan hasta 500 kg y son guiadas por un único operario, pero requiere que la cuadrilla de trabajadores esté bien organizada y que pueda asumir una inversión para mejorar la eficiencia de la operación. Los tractores con horquillas estibadoras precisan mayor amplitud de paso.



Una alternativa para incrementar la capacidad de trabajo en la recolección podría ser el uso de vibradores de troncos, que se basan en el giro de una única masa excéntrica (vibradores orbitales) accionada hidráulicamente por un tractor o vehículo autopropulsado y necesitan plantaciones adaptadas (Figura 4). Las pruebas realizadas en la Comunitat Valenciana y en la Región de Murcia han demostrado que con una regulación de la máquina cercana a 15 Hz y una amplitud de movimiento de 2-3 cm se ha conseguido derribar entre el 70-80 % de la fruta de los árboles (Torregrosa *et al.*, 2009 y Moreno *et al.*, 2015) a razón de 1 árbol por minuto.

La calidad de la fruta cosechada con vibrador de troncos es adecuada para el mercado en fresco si se utilizan lonas en el suelo o superficies que intercepten la fruta, se realiza un adecuado destrío en almacén de los frutos dañados y se cortan los pedúnculos largos (Ortiz *et al.*, 2011).

Figura 4.

Vibrador de troncos orbital acoplado a un tractor



2. Escenario futuro

2.1. Poda

En cítricos, al igual que en determinados cultivos como la viña y los frutales, se prevé que en la poda manual cada vez se empleen más las herramientas eléctricas, pues son mucho más ergonómicas y seguras. Además, los modelos de última generación ya disponen de una autonomía y potencia suficientes. De hecho, son más eficientes desde el punto de vista de la productividad y suponen una descarga de trabajo para los operarios.

La poda mecánica no selectiva, realizada con tractor y podadoras de disco, se va a ir extendiendo poco a poco, pues la reducción de los costes de producción es obligatoria para mantener la rentabilidad del



cultivo, pero aún es necesario consolidar conocimientos, con ensayos que permitan dar unas pautas concretas a los citricultores para cada situación.

En las nuevas formas de cultivo, como las plantaciones superintensivas, la poda de mantenimiento será casi exclusivamente mecánica, aplicando varios pases anuales, pues es la única forma de mantener las dimensiones de estos cultivos.

2.2. Tratamientos fitosanitarios

Los fabricantes están desarrollando pulverizadores «inteligentes», que de manera automática ajustan instantáneamente su configuración (presión, caudal de caldo fitosanitario, número y tipo de boquillas abiertas, volumen de aire del ventilador, etc.) a las condiciones meteorológicas y a la vegetación. Asimismo, registran todos estos parámetros para facilitar la trazabilidad. Ya están disponibles en el mercado equipos que ajustan electrónicamente el volumen de caldo y de aire, y que pueden georreferenciar las señales de sensores embarcados.

La exigencia social y legal para la reducción de la contaminación ambiental de las aplicaciones de PPP conlleva la necesidad de tecnologías antideriva. En este sentido, los pulverizadores de túnel representan una alternativa (Figura 5). Estos equipos tienen unos paneles que rodean completamente la fila de plantas por ambos laterales, que limitan físicamente la expansión de la nube de pulverización generada alrededor de la masa vegetal, para así reducir las pérdidas por deriva. También pueden dotarse de un sistema de circulación de aire interior que permite la recuperación del producto fitosanitario que no se ha depositado sobre las plantas para su reutilización, disminuyendo a su vez las pérdidas al suelo. Estos equipos se han diseñado principalmente para la viña en espaldera y será necesario desarrollar y adaptar las plantaciones a estos equipos.

Figura 5.
Pulverizadores de túnel diseñados para diferentes cultivos





Por otra parte, será necesario desarrollar nueva maquinaria para aplicar los agentes de control biológico, tanto organismos beneficiosos como biopesticidas, a medida que se incremente su uso. Se requiere el diseño de sistemas de suelta y distribución de organismos beneficiosos (enemigos naturales, machos estériles, etc.), y/o biopesticidas, cuya supervivencia y viabilidad al pasar por el sistema de distribución mecanizado debe ser asegurada.

2.3. Recolección

En un paso más de los sistemas de ayuda a la recolección manual, con destino al mercado en fresco, se han desarrollado plataformas de asistencia a la recolección similares a las que se utilizan de manera habitual en frutales de pepita en espaldera (Figura 6). Estas máquinas ayudan a alcanzar las partes más elevadas de los árboles a los operarios, quienes cortan los frutos y los depositan en unas cintas transportadoras que los conducen a los contenedores. Las plataformas pueden incorporar tecnologías para la selección de frutos por tamaño, color o calidad, y aportar en campo un valor añadido (Cubero *et al.*, 2014).

Figura 6.
Plataforma de asistencia a la recolección



Para la recolección mecanizada de plantaciones en seto ancho, donde el destino de la fruta sea la transformación industrial, se emplean sistemas sacudidores de copa (Figura 7). Estas máquinas pueden trabajar sobre un lado del árbol o sobre los dos a la vez. Los sacudidores de copa realizan una vibración de la parte fructífera de la copa a través de un tambor de varas, que penetra en ella, generando una vibración de alta amplitud (mayor de 20 cm) y baja frecuencia (3-4 Hz), lo cual produce la caída del fruto sin romper las ramas. Estas máquinas pueden incorporar plataformas que intercepten el fruto y lo descarguen en línea en un camión o contenedor, o pueden derribar el fruto al suelo para ser recogido a mano posteriormente. Los sistemas sacudidores de copa pueden derribar más del 80 % de los frutos en plantaciones adaptadas y trabajar a velocidades de hasta 2 km/h. Sin embargo, su empleo puede estar limitado en la fecha de recolección, cuando la fruta a recolectar



coexiste con flores o frutitos de la siguiente campaña, especialmente en variedades tardías con elevado interés para la industria por su alto contenido en zumo y ausencia de limonina.

Figura 7.

Sistema sacudidor de copa trabajando en una plantación intensiva con formación en seto ancho



La tecnología actual permite el desarrollo de robots de recolección, orientados al mercado en fresco, que son capaces de circular por la plantación de forma autónoma, identificar la fruta madura, recogerla y descargarla en contenedores o cajas. Esta tecnología ya fue desarrollada en los años 80 en el Proyecto Citrusrobot por el IVIA. Pensamos que su adopción por el sector y la sociedad es solo cuestión de tiempo.

3. Recomendaciones

Para el aumento de la mecanización en la citricultura se necesita, al igual que ha ocurrido en otros cultivos, la adaptación de las plantaciones, que deben tener una separación entre filas de árboles suficiente para el paso de la maquinaria, calles de servicio espaciosa para los giros y un terreno sin grandes pendientes, cárcavas o regueros. La formación de los árboles debe intentar alejarse de formas globulares y acercarse a paredes rectas para facilitar el paso de la máquina y el trabajo de los operarios. El empleo de la poda mecanizada es un buen aliado en la adaptación de las plantaciones.

Las nuevas plantaciones que se diseñan para la mecanización de las operaciones, principalmente poda, recolección, tratamientos fitosanitarios y manejo del suelo, tienen filas separadas 6-7 m, con árboles distanciados entre 3-4 m dentro de la misma fila. El objetivo es realizar la formación de los árboles en un seto ancho, de 3 a 4 m de anchura y 4 m de altura. Estas plantaciones permiten alcanzar producciones superiores a 40.000 kg/ha.



En el caso de la recolección de fruta con destino a la industria de transformación ya existen las máquinas y en cada nuevo modelo se mejora su adaptación a diferentes cultivos. Respecto a los vibradores, se recomienda emplear una vibración de corta duración (5-10 segundos) y con una frecuencia limitada (menos de 20 Hz) para no deshojar los brotes más externos, emplear materiales de agarre blandos (50 ShA) junto con faldetas plásticas sin atar en la parte inferior y realizar la recolección antes de la movilización de la savia para reducir el riesgo de descortezado en los troncos. También requiere que el tronco de los árboles tenga al menos 60-80 cm de altura y que esté libre de ramas bajas que obstaculicen el agarre de la máquina al árbol. Además, se favorece el trabajo de la máquina si el árbol está podado de manera que haya ramas erguidas no pendulares y tenga volúmenes de copa reducidos.

A pesar de los inconvenientes, la mecanización de las operaciones de cultivo ofrece ciertas ventajas que ayudarán a la modernización del sistema productivo de los cítricos. Estos presentan una amplia campaña de recolección, que permite que las máquinas tengan actividad durante muchos meses al año, y su producción está localizada en zonas geográficas concretas. Además, las máquinas a emplear serán útiles en diversos cultivos, tales como el olivar, el almendro u otros frutales, facilitando su adquisición y uso por empresas de prestación de servicios al pequeño agricultor.

En cualquier caso, debido a lo reciente de la implantación de algunos sistemas mecanizados, todavía es preciso observar el comportamiento de los árboles a largo plazo, no solo respecto a su rendimiento, sino también a los posibles efectos sobre el control de plagas y enfermedades.

La mecanización de los cítricos debe venir apoyada por todos los actores de la cadena, por tanto, va a ser necesario que el agricultor, la industria y los fabricantes aúnen esfuerzos en la implantación de los diferentes sistemas de poda, de recolección y de control de plagas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) y el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España (proyecto RTA2014-00025-C05-00 «Aplicación de nuevas tecnologías para una estrategia integral de la recolección mecanizada de cítricos CITRUSREC») y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias bibliográficas

CUBERO, S.; ALEIXOS, N.; ALBERT, F.; TORREGROSA, A.; ORTIZ, C.; GARCÍA-NAVARRETE, O. y BLASCO J. (2014): «Optimised computer vision system for automatic pre-grading of citrus fruit in the field using a mobile platform»; *Precision agriculture* 15(1); pp. 80-94.

GARCERÁ, C.; MOLTÓ, E. y CHUECA, P. (2017a): «Spray pesticide applications in Mediterranean citrus orchards: canopy deposition and off-target losses»; *Science of the Total Environment* 599-600; pp. 1344-1362.



GARCERÁ, C.; ROMÁN, C.; MOLTÓ, E.; ABAD, R.; INSA, J. A.; TORRENT, X.; PLANAS, S. y CHUECA, P. (2017b): «Comparison between standard and drift reducing nozzles for pesticide application in citrus: Part II. Effects on canopy spray distribution, control efficacy of *Aonidiella aurantii* (Maskell), beneficial parasitoids and pesticide residues on fruit»; *Crop Protection* 94; pp. 83-96.

GARCERÁ, C.; FONTE, A.; MOLTÓ, E. y CHUECA, P. (2017c): «Sustainable use of pesticide applications in citrus: A support tool for volume rate adjustment»; *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14; pp. 715.

MAGRAMA (2014): *Informe de Datos de utilización de productos fitosanitarios*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente; pp. 37.

MARTIN-GORRIZ, B.; PORRAS CASTILLO, I. y TORREGROSA A. (2014): «Effect of mechanical pruning on the yield and quality of 'Fortune' mandarins»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 12(4); pp. 952-959. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2014124-5795>.

MARTIN-GORRIZ, B.; TORREGROSA, A. y MARTÍNEZ BARBA, C. (2019): «Tres años de ensayos de poda mecánica y manual en limonero 'Fino 95'». X Congreso Ibérico de Agroingeniería, 3-6 de septiembre de 2019. Huesca; pp. 10.

MATEU, G.; TORREGROSA, A.; JUSTE, F.; MARTIN-GORRIZ, B. y CHUECA, P. (2017): «Análisis de diferentes estrategias de poda mecanizada sobre la producción de naranja variedad Navel y sus costes». IX Congreso Ibérico de Agroingeniería, 4-6 de septiembre de 2017. Portugal, Bragança; pp. 8.

MATEU, G.; CABALLERO, P.; TORREGROSA, A.; SEGURA, B.; JUSTE, F. y CHUECA, P. (2018a): «Análisis de la influencia de las operaciones de cultivo sobre los costes de producción en la citricultura de la Comunidad Valenciana»; *Levante Agrícola* 440; pp. 60-64.

MATEU, G.; TORREGROSA, A. y CHUECA, P. (2018b): «Analysis of different mechanical pruning strategies on the production of 'Clemenules' mandarin and its costs»; *AgEng*. Países Bajos, Wageningen; pp. 8.

MORENO, R.; TORREGROSA, A.; MOLTÓ, E. y CHUECA, P. (2015): «Effect of harvesting with a trunk shaker and an abscission chemical on fruit detachment and defoliation of citrus grown under Mediterranean conditions»; *Spanish Journal of Agricultural Research* 13(1), e02-006; pp. 12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2015131-6590>.

ORTIZ, C.; BLASCO, J.; BALASCHN S. y TORREGROSA, A. (2011): «Shock absorbing surfaces for collecting fruit during the mechanical harvesting of citrus»; *Biosystems Engineering* 110(1); pp. 2-9.

PLANES, L. (2006): «Aplicación de productos fitosanitarios y protección del operario en los tratamientos de cítricos en España»; *Trabajo final de carrera ETSIA*. Universidad Politècnica de València.

TORREGROSA, A.; ORTÍ, E.; MARTÍN, B.; GIL, J. y ORTIZ C. (2009): «Mechanical harvesting of oranges and mandarins in Spain»; *Biosystems Engineering* 104(2009); pp. 18-24.



TORRENT, X.; GARCERÁ, C.; MOLTÓ, E.; CHUECA, P.; ABAD, R.; GRAFULLA, C.; ROMÁN, C. y PLANAS, S. (2017): «Comparison between standard and drift reducing nozzles for pesticide application in citrus: Part I. Effects on Wind tunnel and Field spray drift»; *Crop Protection* 96; pp. 130-143.

UPV (2013): *Dosacitric es una aplicación para la determinación del volumen de aplicación necesario en los tratamientos fitosanitarios realizados en cítricos*. Disponible en: <http://dosacitric.webs.upv.es/index.htm> (accessed on 26 May 2017).

ZARAGOZA, S. y ALONSO, E. (1980): «La poda mecanizada de los agrios en España. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias»; *Serie Producción vegetal* 12, separata 10; pp. 22.