



Sistemas sacudidores de copa para la recolección de cítricos

La recolección de los cítricos se realiza principalmente de forma manual, obteniendo un fruto de elevada calidad. Sin embargo, el coste de esta operación puede superar, en muchos casos, el 50% de los costes totales del cultivo. En este artículo se describen las distintas máquinas disponibles en el mercado para la recolección mecanizada de las plantaciones intensivas de cítricos y se muestran los resultados de una prueba de campo en la que se ha ensayado el sacudidor de copa Oxbo modelo 3210.

G. L. Blanco ¹, S. Castro ¹,
J. A. Gil ¹, F. J. Arenas ², A. Hervalejo ²,
A. Salguero ² y A. Gómez ³.

⁽¹⁾ Grupo de Investigación Mecanización y Tecnología Rural. Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.

⁽²⁾ Centro IFAPA Las Torres-Tomejil (Alcalá del Río, Sevilla). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

⁽³⁾ Centro Tecnológico de la Agroindustria ADESVA (Lepe, Huelva).

El cultivo de cítricos en España tiene una clara orientación al mercado en fresco, establecida principalmente por las estructuras de las plantaciones y su composición varietal. La calidad del fruto producido sitúa a España en cabeza de la exportación mundial de cítricos para consumo en fresco. La superficie de cultivo comprende cerca de 320.000 hectáreas, ubica-

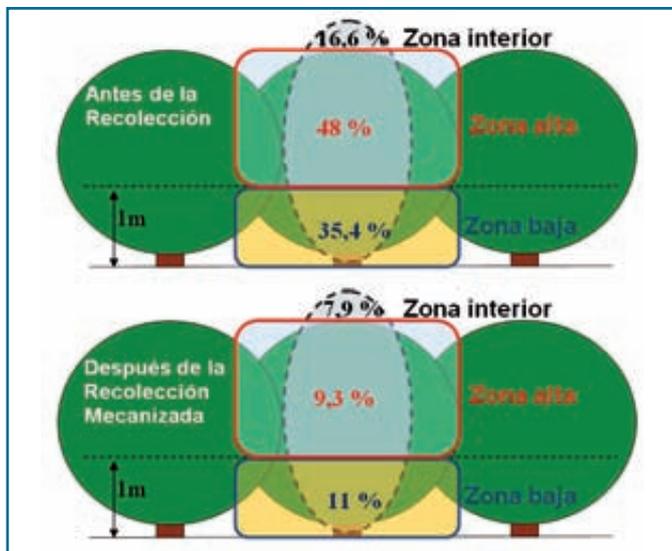
das principalmente en la Comunidad Valenciana (57%), seguida de Andalucía (26%) y Murcia (12%) (MARM, 2009).

La recolección de los cítricos se realiza principalmente de forma manual, obteniendo un fruto de elevada calidad. Sin embargo, el coste de esta operación puede superar, en muchos casos, el 50% de los costes totales del cultivo (MARM, 2011) mientras que el precio del fruto se ha reducido en los últimos años. Además, el incremento en la demanda de naranjas para transformación en zumo, especialmente en Andalucía, junto con el pago único por hectárea y la retirada de las ayudas a la transformación, hacen que muchos citricultores busquen soluciones para recoger a menor coste cuando la producción se destina a transformación.

La recolección mecanizada de los cítricos aparece como alternativa a la recolección manual para mantener la rentabilidad de

Figura 1

Distribución en porcentaje de los frutos en la copa del árbol antes y después de la recolección mecanizada con sacudidor de copa.



Cuadro I. Porcentaje de derribo de frutos del árbol según diferentes regulaciones de un sistema sacudidor de copa.

Velocidad de avance (km/h)	Frecuencia de sacudida de la copa (ciclos por minuto)		
	150	225	300
1	69,5 %	81,3 %	77,8 %
1,5	51,5 %	73,2 %	88,9 %
2	53,5 %	63,3 %	87,4 %



Foto 1. Plantación intensiva de cítricos que permite la recolección mecanizada.



Foto 2. Equipos de ayuda al operario para la recolección de cítricos.

muchas explotaciones. Sin embargo, el empleo de sistemas de recolección se complica debido a que ni el árbol ni la plantación han estado orientados para el empleo de los sistemas mecanizados. Especialmente es complicada la recolección mecanizada de cítricos en fincas y variedades más tradicionales, con grandes marcos de plantación (7x7 m) y con amplios volúmenes de copa que impiden tanto el paso de las máquinas como que se pueda destinar el fruto al mercado en fresco.

En las últimas décadas, el cultivo de los cítricos se ha intensificado en las nuevas plantaciones reduciendo la distancia entre árboles y ampliando las calles para permitir el paso de las máquinas. Este tipo de plantaciones, orientadas con destino industria (foto 1), deben reducir al máximo sus costes para ser competitivas, principalmente por medio de una recolección mecanizada.

Recolección mecanizada

Los sistemas de recolección mecanizada de cítricos han sido desarrollados principalmente en Estados Unidos y en Australia (Brown, 2005 y Sanders 2005). Los avances para la mecanización de los cítricos han ido orientados en tres líneas de trabajo: herramientas o equipos de ayuda al operario (foto 2), equipos de recolección (fotos 3 y 4) y robot de recolección (Ehsani y Udumala, 2010). Las herramientas o equipos de ayuda al operario permiten reducir los tiempos en los que el operario no está cortando fruto del árbol con el objetivo de aumentar su productividad. Estos equipos están principalmente compuestos por plataformas, ya sean para el transporte del fruto o para el transporte del operario. Con estos sistemas la calidad del fruto cosechado es el factor prioritario y puede ser destinado al consumo en fresco.

Los equipos de recolección comprenden los

equipos capaces de desprender el fruto de forma mecanizada del árbol. En estos sistemas el factor prioritario en la eficiencia de la recolección y el destino del fruto cosechado es para la transformación. Estos equipos incluyen los vibradores de troncos (fotos 3 y 4), vibradores de ramas o sacudidores de copa (foto 5). Finalmente, los robots de recolección en cítricos han sido desarrollados para la recolección del fruto para el mercado en fresco. Sin embargo, su reducida eficiencia de recolección y el elevado coste han hecho que el avance en esta línea quede limitado (Juste et al, 1992; Hannan y Burks 2004).

A pesar de los avances en los sistemas de recolección mecanizada para cítricos, es difícil establecer su implantación por los agricultores. De hecho, en Florida (EE.UU.) donde la mecanización de los cítricos está más avanzada y cuenta con mayor tradición, solamente un 7% de las superficies es recogida de forma mecanizada (Florida Department of Citrus,



Fotos 3 y 4. Vibrador de troncos trabajando en cítricos.

2009). Algunos de los principales problemas con los que se encuentra la implantación del sistema mecanizado son los posibles daños mecánicos causados al árbol y el derribo de hojas, así como un adicional riesgo de derribo de frutos inmaduros y/o flores en aquellas variedades de naranjas de recolección tardía o media estación, como es el caso de las principales variedades de naranjas para industria.

En España disponemos de una gran experiencia con vibradores de ramas y de troncos, principalmente utilizados en otros cultivos como el olivar o los frutos secos. La adaptación de estas máquinas a los cítricos se está realizando con un considerable éxito. Los trabajos realizados en Valencia (Torregrosa *et al.* 2009) con naranjas y mandarinas, mediante el ajuste de la frecuencia de vibración en valores cercanos a 15 Hz (900 ciclos por minuto) consiguen el derribo del 72% de los frutos del árbol. Sin embargo, este derribo baja hasta un 57% al emplear vibradores de ramas. En estudios complementarios con limones (Torregrosa *et al.* 2010), consiguen mejorar el derribo hasta un 77% con vibrador de troncos y un 66% con vibradores de ramas, empleando productos favorecedores de la abscisión del fruto. Aunque estos resultados son aún inferiores a los obtenidos en Florida con naranjas dulces (Burns JK *et al.* 2005) o con variedades tardías (Roka y Hyman, 2004) ofrecen una interesante alternativa para la recolección mecanizada de muchas explotaciones.

Sacudidores de copa

Los sistemas sacudidores de copa son equipos de recolección mecanizada que permiten mecanizar el derribo de los frutos como una

alternativa a los vibradores de troncos. Estos sistemas realizan el derribo del fruto por medio de la inserción de un número de varas flexibles dentro de la copa del árbol, provocando el movimiento de las ramas. Disponen de uno o varios tambores, verticales o inclinados, en los cuales se disponen varas en sentido radial. Estas varas penetran de forma parcial en la copa del árbol, moviendo las ramas mediante un movimiento horizontal oscilatorio. La rotación, –libre o controlada–, del tambor alrededor de su propio eje, permite que el sistema avance introduciendo sucesivamente varas en la copa del árbol sin arrastrar o batir las ramas (Gil *et al.* 2009).

Los parámetros de la vibración generada en la copa del árbol son determinantes para obtener un buen resultado. Por ello, el proceso de sacudida debe ser adaptado a las características del árbol, a través de las características de la vibración generada y por la adaptación del cultivo, principalmente por la poda. Aunque el objetivo de la máquina no es impactar los frutos con las varas, los daños producidos en ramas y frutos son inevitables, aunque pueden ser reducidos por un correcto diseño y manejo del sistema.

Ensayo de sacudidores en España

Para el ensayo de los sacudidores de copa en las plantaciones de cítricos en España se han realizado ensayos preliminares de evaluación y propuestas de adaptación por parte de la Universidad de Córdoba y el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) a través del Centro Tecnológico de la Agroindustria Adesva.

El sacudidor de copa ensayado fue el mo-

delo 3210 de la marca Oxbo, arrastrado y accionado por medio de un tractor de doble tracción y 120 CV de potencia (foto 6). Este sacudidor de copa, diseñado para las plantaciones de cítricos en Florida, dispone de 288 varas dispuestas en doce niveles, con una longitud de 1,4 m y con inclinación del tambor regulable.

Las pruebas fueron realizadas en Almonte (Huelva) en una plantación de naranjos intensiva, variedad Navelina, en un marco de 2,5 m entre árboles y calles de 8 m, con un nivel medio de producción (foto 1). Los árboles presentaban una copa con un volumen cercano a 16 m³, con una altura de 2,75 m, estando en contacto las copas de los árboles de la misma fila.

Se seleccionaron 60 árboles para realizar las pruebas, que consistieron en variar la velocidad de avance de la máquina (1, 1,5 y 2 km/h), y frecuencia de sacudida de las varas (150, 225 y 300 ciclos por minuto). Los frutos presentaron un peso medio de 327 g, unidos al árbol con una fuerza de retención de 90,2 N y un diámetro cercano a 10 cm.

El trabajo de la máquina fue analizado sobre grupos de tres árboles, realizando dos repeticiones y empleando la recolección manual como referencia para conocer la distribución de frutos en la copa del árbol antes del derribo con el sacudidor. El 35,4% de los frutos se localizaron en la parte baja de la copa del árbol (a menos de 1 m del suelo), el 48% se localizaron en la parte alta de la copa y un 16,6% se localizó en el interior de copa del árbol, no siendo visibles desde el exterior (figura 1).

Los daños ocasionados por las varas en la



Foto 5. Sistemas sacudidores de copa trabajando en tándem.



Foto 6. Sacudidor de copa (Oxbo, 3210) y tractor empleado en las pruebas de recolección mecanizada.

copa de los árboles fueron evaluados en una escala de cuatro valores, desde un valor de 0 para ausencia de daños hasta un valor de 3 para la rotura de la rama (foto 7). Los daños ocasionados fueron en todos los casos muy reducidos, incrementándose al reducir la velocidad de avance (1 km/h) y al emplear las mayores frecuencias de sacudida (225 y 300 cpm). Los frutos dañados por la máquina se debieron al aplastamiento por la rueda de los frutos derribados al suelo y por el golpe de la vara en frutos sobre la copa. De igual forma que los daños sobre las ramas, sólo un 6% de los frutos presentaron un golpe contundente por las varas, también correspondiente a la configuración de menor velocidad de avance y mayor frecuencia de sacudida.

La caída de hojas y ramas debido al proceso de sacudida de la copa estuvo comprendida entre 1,2 y 2,6 kg por árbol (foto 8). Estos valores fueron independientes del nivel de producción del árbol, estando más condicionados por la regulación de la máquina. Durante las pruebas realizadas no existieron frutos inmaduros ni flores.



Checchi & Magli
ITALIA

Tecnologías para horticultura



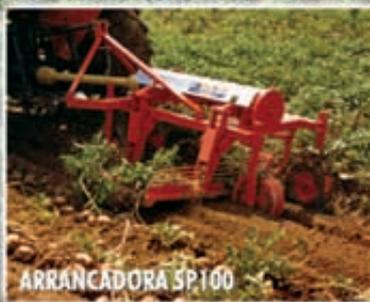
TRASPLANTADORAS



TRASPLANTADORAS

DUAL 12/8 GOLD

MAQUINAS PARA PATATAS



ARRANCADORA SP100



AL-S14

ACOLCHADORAS Y ENTABLONADORAS

SOLICITEN NUESTRO CATALOGO

Via Guizzardi, 38 40054 BUDRIO BOLOGNA ITALIA

Tel. 051.80.02.53 Fax 051.69.20.611

www.checchiemagli.com



Foto 7. Daños en ramas debido al proceso del vareo mecánico.



Foto 8. Derribo de hojas y frutos durante la recolección mecanizada.

Los daños producidos (hojas, ramas o frutos) fueron reducidos considerando que la plantación nunca había sido recogida con esta maquinaria y que no había sido previamente adaptada por medio de la poda.

La cantidad de fruto derribado por la máquina estuvo condicionada con la regulación de la máquina (**cuadro I**). La frecuencia de sacudida de la copa ha tenido una gran importancia en el derribo de los frutos, llegando a obtener valores cercanos al 90% para elevadas frecuencias de sacudida (300 cpm) en combinación con altas velocidades de avance de la máquina.

Los frutos localizados en las zonas más externas y superiores de la copa del árbol son los más susceptibles de ser derribados. Estos

frutos fueron prácticamente todos derribados cuando se empleó la combinación de parámetros más eficientes. Sin embargo, los frutos situados en las partes bajas del árbol son los que presentan mayor dificultad para su derribo, llegando a representar el 40% de los frutos que se quedan sin derribar en el árbol. De forma análoga, los frutos interiores del árbol corresponden a un tercio de los frutos sin derribar del árbol.

La formación de los árboles en un seto continuo, donde la cantidad de ramas bajas puedan ser reducidas, y se disminuya la fructificación interior del árbol incrementaría la eficiencia de la recolección mecanizada con sistemas sacudidores de copa. Con estas modificaciones, los sistemas de sacudidores

de copa pueden llegar a alcanzar los valores de eficiencia de derribo de frutos obtenidos en Florida próximos al 95%. ●

Agradecimientos ▼

La realización de este trabajo ha estado vinculado a la Orden de Agentes del Conocimiento 2009 de la Consejería de Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía, aprobado al Centro Tecnológico de la Agroindustria ADESVA.

Bibliografía ▼

- ▶ Brown GK. 2005. New mechanical harvesting for the Florida citrus juice industry. Hort Technology 15, 69-72.
- ▶ Burns JK, Buker RS, Roka FM. 2005. Mechanical harvesting capacity in sweet orange is increased with an abscission agent. Horttechnology 15(4): 758-765
- ▶ Ehsani R., Udumala. S. 2010. Mechanical harvesting of citrus. Resource. May/June: pp. 4-6
- ▶ Florida Department of Citrus. 2009. Mechanically harvested acres and boxes. Disponible en: <http://citrusmh.ifas.ufl.edu/index.asp?s=2&p=2>. Consulta 2 de mayo de 2011.
- ▶ Gil-Ribes JA, Blanco-Roldán GL, Castro-García S. 2009. Mecanización del cultivo y de la recolección en el olivar. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. 195 pp.
- ▶ Hannan MW, Burks TF. 2004. Current developments in automated citrus harvesting. ASAE/CSAE Annual International Meeting.
- ▶ Juste F, Fornes I, Pla F, Sevilla F. 1992. An approach to robotic harvesting of citrus in Spain. In: VII International Citrus Congress, Acireale, Italy, March 1992, Paper No. 727.
- ▶ MARM, 2009. Anuario de estadística. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.marm.es/es/estadistica/temas/anuario-de-estadistica/>. Consulta 2 mayo de 2011.
- ▶ MARM, 2011. Observatorio de Precios de los Alimentos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/PreciosOrigenDestino/precios.htm>.
- ▶ Roka F, Hyman B. 2004. Evaluating performance of citrus mechanical harvesting system 2003/04 season. Citrus harvesting research advisory council. Lakeland FL. August 2004.
- ▶ Sander KF. 2005. Orange harvesting system review. Biosystem Engineering 90(2), 115-125.
- ▶ Torregrosa A, Ortí E, Martín B, Gil J, Ortiz C. 2009. Mechanical harvesting of oranges and mandarins in Spain. Biosystems Engineering, 104: 18-24.
- ▶ Torregrosa A, Porras I, Martín B. 2010. Mechanical harvesting of lemons (cv Fino) in Spain using abscission agents. Transactions of the ASABE, 53(3):703-708.