

Sistemas ensayados para la mecanización de la recolección

Análisis de prototipos para la recolección mecanizada de cítricos y de la reducción de costes

Los costes de recolección manual de los cítricos representan entre el 35 y el 45% de los costes totales de la producción. En este artículo se resumen los distintos sistemas mecanizados ensayados para la recolección de los cítricos, sin olvidar que un sistema de recolección se encuentra íntimamente ligado al método de producción.

B. Martín¹ y A. Torregrosa².

¹ Universidad Politécnica de Cartagena.

² Universidad Politécnica de Valencia.

España es el principal productor de cítricos de la región mediterránea y, después de Brasil, Estados Unidos y México, es uno de los cuatro mayores productores mundiales, con una producción total de entre 5 y 6 millones de toneladas anuales, por lo que este cultivo tiene una relevancia muy especial para nuestro sector agrario. Sin embargo, el estancamiento, e incluso la caída de los precios de los últimos años, están poniendo en grave peligro la rentabilidad del cultivo.

Las tres comunidades autónomas con mayor superficie de cultivo de cítricos son, por orden de importancia, Valencia, Andalucía y Murcia. Andalucía produjo 1,1 millones de toneladas en la campaña 2001-02, de las que el 20% aproximadamente se dedicaron a transformación, pero la superficie andaluza de cítricos sigue creciendo y las mayores dimensiones de sus parcelas y la modernidad de las estructuras productivas allí presentes están permitiendo que la crisis de precios que atraviesa el sector le repercuta menos que a la Comunidad Valenciana. No obstante, el sector de la transformación exige recolección a costes muy bajos.

La labor de recolección en el cultivo de los cítricos representa entre el 35 y el 45% de los costes totales de producción. En la actualidad, con unos precios de la fruta muy bajos, la incidencia de unos altos costes de recolección está repercutiendo de forma muy negativa en el cultivo.

El consumo de fruta transformada es cada vez más importante en los países desarrollados. En 2001, en la Unión Europea el consumo de transformados de cítricos supuso el 77% respecto al consumo global de cítricos. Las industrias de transformación de cítricos solicitarán cada vez más fruta; de hecho, en la actualidad, algunas industrias andaluzas están importando naranjas del extranjero.

Los costes de recolección de naranjas para la industria en Florida en la campaña 1997-1998 fueron de 0,025 euros/kg, coste que sólo contempla coger las naranjas del árbol y depositarlas en contenedores situados en el centro de las calles, siendo la capacidad de trabajo de los operarios 370 kg/h (Brown,

2002). La recolección de fruta destinada a la industria se realiza a mano, siendo muchas veces mayor el coste de la recolección que el valor del producto. En la Comunidad Valenciana, en recolección de naranjas para consumo fresco, la capacidad de trabajo es del orden de los 210 kg/h y el coste está en torno a los 0,07 €/h. En Murcia, en la recolección de limones para la industria cítrica, el coste de la labor de recogida desde el árbol hasta el punto de descarga en campo es de 0,033 €/kg.

Sistemas de recolección

Los sistemas de recolección manual y mecánica que se utilizan en cítricos varían según el destino final de la fruta, como puede verse a continuación.

Consumo en fresco

Si el producto va destinado al mercado en fresco, los operarios separan los frutos de árbol ayudados de tijeras, aunque en algunas variedades y con operarios experimentados la fruta se coge "a tirón", que consiste en arrancar la naranja del árbol con una combinación de movimiento de rotación y tracción, consiguiendo que los frutos se desprendan con cáliz, que es un atributo de calidad en el mercado en fresco. La fruta una vez cortada se deposita en cajones o capazos y se traslada hasta el punto de carga a camión. En algunas ocasiones, la labor de traslado de la fruta hasta el punto de carga puede suponer hasta el 40% del tiempo total de trabajo, por lo que para facilitar la labor de traslado de la fruta, se utilizan carretillas autopropulsadas que permiten el traslado simultáneo hasta un palot (foto 1).



Destinados a industria

En algunas ocasiones, cuando el cítrico va destinado a la industria de zumos y derivados, se realiza un desprendimiento manual fruto a fruto (**foto 2**), o agitando las ramas (**foto 3**), tirando la fruta al suelo para recogerla posteriormente con barredoras recolectoras. Este sistema requiere una preparación previa del suelo; siendo los operarios capaces de derribar unos 740 kg/h, es decir, casi el doble que cuando recogen la fruta y la depositan en contenedores (**foto 4**). Una vez derribada la fruta, se recoge con las máquinas barredoras pueden recolectar unas 2 ha/día (Miller *et al.*, 1995). Al ser un sistema que sólo mecaniza la recogida, se adapta bien a casi cualquier forma de árbol, pero la fruta recogida del suelo puede encontrar problemas de rechazo en la industria. Si el marco de plantación de la parcela no permite el empleo de sistemas mecánicos de recogida, la recolección se realiza como en el caso anterior, con la única diferencia de que la fruta se recibe en grandes contenedores, que se sitúan en los extremos de las parcelas y en los que los operarios descargan los capazos de frutos cogidos a mano (**foto 5**).

Prototipos de recolección mecánica

En Estados Unidos, y especialmente en Florida, principal Estado productor de cítricos para industria de ese país, se están usando sistemas experimentales y comerciales para la recolección mecánica de naranjas con prometedores resultados. Algunas de las líneas de investigación han dado lugar al desarrollo de equipos comerciales; en otros casos, por el momento son sólo prototipos. Se investiga fundamentalmente con cítricos para la industria de las variedades Valencia, Hamlin y Pineapple. Son variedades tardías que presentan el problema añadido de que los frutos necesitan más de doce meses para madurar, por lo que en el momento de la recolección de los frutos maduros el árbol ya tiene también flores o frutos jóvenes. Los sistemas de recolección utilizados en estas variedades deben ser respetuosos con las flores y frutos jóvenes, que serán la cosecha del próximo año.

Aplicación de compuestos químicos

Otra línea de investigación, complementaria a la anterior y a la que están dedicando importantes cantidades de dinero, es la que se centra en el desarrollo de compuestos químicos que provoquen la abscisión de los frutos, pero que no afecten, en la medida de lo posible, a hojas, flores y frutos jóvenes. Aplicando estos compuestos, la energía que los sistemas mecánicos consumen para el desprendimiento de los frutos sería menor. Hay que tener en cuenta que la fuerza necesaria para arrancar las naranjas de la rama es elevada, situándose en 90-135 N, en comparación con otros frutos como melocotón o albaricoque, que precisan menos de 20 N, lo que dificulta su desprendimiento mediante sistemas vibratorios. El empleo de abscisores puede reducir esta fuerza a menos de 20 N, lo que aumenta la cantidad de fruta desprendida.



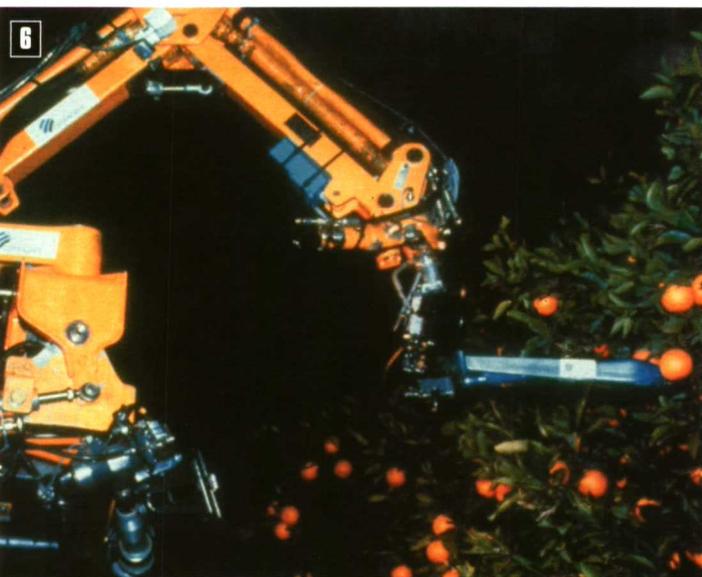


Reducción de costes en la recolección de los cítricos

En España se está llevando a cabo actualmente un proyecto de investigación financiado por CICYT cuyo objetivo principal es contribuir al desarrollo y aplicación de técnicas que permitan reducir los costes de recolección de los cítricos desde dos enfoques principales:

a) Reducción de los costes de recolección de cítricos para consumo en fresco, que es la casi totalidad de los cultivados en la Comunidad Valenciana y en la Región de Murcia, mediante el empleo de sistemas de recepción mecanizados que permitan aumentar la capacidad de trabajo de la mano de obra.

b) Reducción de los costes de recolección de cítricos para la industria mediante el uso de sistemas de recolección masiva basados en el derribo por vibración del árbol, bien a través del tronco, bien aplicando la vibración directamente a las ramas o a la vegetación.



Desde que en los años sesenta se iniciasen las primeras investigaciones sobre la mecanización de la recolección de cítricos, los sistemas ensayados para tal fin han sido muy diversos. Estos sistemas de derribo de la fruta se pueden agrupar en:

1. Derribo de fruta por corrientes de aire.
2. Sistemas de recolección selectiva.
3. Vibradores de troncos.
4. Vibradores de la vegetación.

Derribo de la fruta mediante corrientes de aire

El sistema se desarrolló en los años setenta. Son equipos que generan aire a velocidades de viento del orden de 160 km/h, desplazándose a lo largo de las filas de árboles a una velocidad de unos 1,6 km/h. Este sistema funciona adecuadamente cuando las fuerzas de desprendimiento son muy bajas, del orden de los 20 N, para lo que es necesaria la aplicación de abscisores químicos entre tres y siete días antes de la recolección (Whitney y Peterson, 1972). El derribo se asocia a sistemas de recogida del suelo por barrido. Este sistema consigue desprender entre el 90 y el 95% de los frutos. La capacidad de trabajo puede alcanzar las 20 t/h. Para que no se produzca rotura de ramas y tallos se emplean abscisores que favorecen el desprendimiento de los frutos. Este sistema se utiliza en parcelas que no permiten el empleo de otros medios mecánicos.

Sistemas de recolección selectiva

Se han desarrollado distintos sistemas de recolección selectiva. Todos ellos tienen especial interés para las variedades tardías, ya que se puede evitar el desprendimiento de frutos jóvenes. La evolución en el tiempo de estos sistemas selectivos se ha producido de la siguiente manera:

- Chen (1973) desarrolló un prototipo con dedos flexibles que permitía una recolección selectiva en variedades como Valencia, evitando daños en frutos jóvenes.

- Crunkelton (1992) tiene patentada una cosechadora con ganchos que penetran en la vegetación y agarran los frutos. La recogida de los frutos desprendidos se realiza mediante una superficie situada bajo los árboles. Este sistema está todavía en fase experimental y requiere plantaciones en seto. Se estima que los costes de recolección se pueden reducir a la mitad, incrementando por cinco la productividad de la mano de obra.

- Sanders (2005) ha distribuido uniformemente sobre un panel de 500 x 500 mm 36 discos cónicos. El panel se introduce en la vegetación y, al sacarlo, las naranjas que alcanzan un determinado diámetro son retenidas entre 2 discos y se desprenden del árbol, pasando a un contenedor. Los frutos pequeños o inmaduros se quedan en el árbol, por lo que permite recolectar los frutos maduros de variedades como Valencia, dejando los frutos jóvenes en el árbol.

- En la década de los ochenta, en Europa se trabajó en el desarrollo de prototipos para la recolección de manzanas y cítricos para consumo en fresco. Los prototipos de brazos robotizados (foto 6) podían cosechar una fruta cada 3,5 segundos, pero del 15 al 25% de la cosecha se quedaba en los árboles porque no se detectaba o no era accesible. El funcionamiento y el coste del prototipo no eran aceptables para los cultivadores europeos, así que en 1998 se abandonaron las investigaciones.

Vibradores de troncos

Se utilizan equipos comerciales similares a los empleados en nuestro país para el derribo de aceitunas y otros frutos para

CÍTRICOS dossier

industria como albaricoques y melocotones, aunque con frecuencias de vibración distintas. Utilizando frecuencias de vibración del orden de 6 a 10 Hz, y sin el empleo de abscisores, se obtienen altos porcentajes de desprendimiento (Whitney *et al.*, 2000). Es importante que las copas de los árboles no se solapen para que la vibración se transmita con eficacia a todas las partes del árbol. Además, es necesario que la altura libre de tronco sea como mínimo de 50 cm. Se emplean tanto vibradores unidireccionales como multidireccionales (foto 7). Se puede llegar a recolectar hasta el 90% de la naranja, utilizando tiempos de vibración por árbol de entre 3 y 7 s, si previamente se han aplicado abscisores químicos (Whitney y Wheaton, 1987). Cuando este sistema de derribo se utiliza solo, los frutos caen al suelo y posteriormente son recogidos por barredoras. Si las características de plantación lo permiten, se utilizan equipos que combinan el vibrador de tronco con sistemas de recepción (de tipo paraguas invertido o bien plataformas planas), mejorando la calidad de la fruta recolectada, así como la capacidad de trabajo de conjunto. La capacidad de trabajo de estos sistemas puede alcanzar las 9 t/h (fotos 8 y 9). Estos sistemas se podrían adaptar de forma relativamente fácil en España, dada la experiencia que se tiene en vibradores para aceitunas, almendras y fruta de hueso.

Como sistema alternativo para plantaciones adultas es posible utilizar vibradores de ramas que, a pesar de tener una capacidad de trabajo inferior a los vibradores de tronco y de requerir más cantidad de mano de obra, permiten acceder a parcelas con marco de plantación más estrecho, habituales en la Comunidad Valenciana. El vibrador de ramas se puede combinar con un sistema de recepción (foto 10) como el utilizado en albaricoque y melocotón (Torregrosa *et al.*, 2003). Con la combinación de vibrador de ramas y lonas de recepción se ha conseguido, en limón, un desprendimiento del 80% de los frutos, permitiendo recolectar hasta 800 kg/h y operario.



INVERNADEROS



BANQUETAS DE CULTIVO



GARDEN CENTER

PANTALLAS
TÉRMICAS Y
COMPLEMENTOS



D> Camino Xamussa, s/n . Apto. 145
12530 Burriana (Castellón) España
T > (+34) 964 514 651 F > (+34) 964 515 068
M > ininsa@ininsa.es
W > www.ininsa.es

RECOLECCION

**Vibradores de la vegetación**

En este apartado encontramos dos tipos de equipos: unos que utilizan parrillas rectangulares de varas que sacuden áreas del árbol y otros que utilizan tambores verticales de dedos que vanean en continuo.

Las parrillas de varas desprenden los frutos en unos 5 s, consiguen derribar entre un 80 y un 95% de la producción. En plantaciones de cítricos de Florida la capacidad de trabajo de estos equipos es de unos 20 árboles/h (Brown, 2002). Existen modelos comerciales como Mongoose, J&G Harvesting y Arcadia. Se espera que reduzcan los costes de recolección en un 30% y que multipliquen por tres la productividad de la mano de obra.

Los tambores verticales de dedos que vanean en continuo van asociados a sistemas de recepción. Son necesarias dos máquinas que se desplazan en paralelo a ambos lados de la fila de árboles, vibrando y recogiendo la fruta simultáneamente. Ensayado en la variedad Valencia, con frecuencias de vibración de en-

tre 1,7 y 5,8 Hz durante 10 a 18 s, se recolecta entre el 60 y 100% de la fruta madura (Sumner, 1973). Existen varios modelos comerciales, como Korvan y Coe. Para un buen rendimiento es preciso que los árboles formen setos continuos. La capacidad de trabajo de estos equipos puede alcanzar las 25 t/h. Posiblemente, en estos momentos éste sea el sistema más rentable si se dispone de plantaciones adecuadas.

Conclusiones

En este artículo se ha pretendido dar una visión actualizada de los sistemas ensayados para la mecanización de la recolección de cítricos, pero no hay que olvidar que un sistema de recolección no puede considerarse separadamente del método de producción, puesto que están íntimamente ligados. Cuando se realiza el proyecto de una nueva plantación, al igual que se proyectan los caminos de acceso, movimiento de tierras o sistema de riego, es necesario establecer una serie de premisas referentes al marco de plantación, altura libre de tronco, tipo de formación, etc., en función de las máquinas que se van a emplear, lo que permitirá rentabilizar la plantación.

Cuando en una plantación adulta se intenta mecanizar una determinada operación, como por ejemplo la recolección, resulta difícil conseguirlo al 100%. Para estas plantaciones es necesario buscar de entre los sistemas posibles el que mejor se adapte a las condiciones de la plantación, puesto que, como se ha comentado en el párrafo anterior, tiene que existir una complementariedad entre la plantación y los equipos utilizados, que en algunas ocasiones se ve dificultada por condicionantes de formación de los árboles que ya no se pueden modificar. Son muchos los sistemas descritos, pero más son los tipos de plantaciones de cítricos que podemos encontrar en España. Se tratará siempre de buscar, como técnicos, la mejor combinación en cada caso. ■

Bibliografía

Brown G.K. (2002). Citrus harvesting program update for the 2000-2002 seasons (Annual Report). Florida Department of Citrus. http://www.fdocitrus.com/Citrus_Harvesting_Program_Update.html (03/04/03).

Chen P (1973). Selective harvesting of Valencia oranges with a flexible hook device. *Transactions of the ASAE*, 16(4): 645-547.

Crunkelton W.S. (1992). Mechanical citrus and other fruit picker. U.S. Patent No. 5,161,358.

Miller W.M., Burns J.K., Withney J.D. (1995). Effects of harvesting practices on damage to Florida grapefruit and oranges. *Applied Engineering in Agriculture*, 11 (2): 265-269.

Sanders K.F. (2005). Selectie picking head for citrus harvester. *Biosystems Engineering*, 90(3): 279-287.

Sumner H.R. (1973). Selective harvesting of Valencia oranges with a vertical canopy shaker. *Transactions of the ASAE*, 16(4): 1024-1026.

Torregrosa A., Martín B., Bernad J.J., Ortiz C., Aragón R., Chaparro O. (2003). Recolección mecánica de albaricoque Búvida para la industria. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. ISBN: 84-606-3433-7. 71.

Whitney J.D., Peterson J.M. (1972). Development of a citrus removal device using oscillating forced air. *Transactions of the ASAE*, 15(5): 849-856.

Whitney J. D., Wheaton T.A. (1987). Shakers affect Florida orange fruit yields and harvesting efficiency. *Applied Engineering in Agriculture*, 3(1): 20-24.

Whitney J.D., Hartmond U., Kender W.J., Burns J.K., Salyani M. (2000). Orange removal with trunk shakers and abscission chemicals. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(4): 367-371.