

Avances en la recolección mecanizada de la naranja

Al igual que en otros cultivos frutales, la mecanización del cultivo del naranjo depende de muchos factores (estructurales, agronómicos, técnicos y económicos), lo que hace que las técnicas a aplicar deban adaptarse en cada caso, considerando las particularidades de las explotaciones locales. Este hecho se acentúa en la recolección, que es la operación que más costes supone en el total del cultivo (aproximadamente un 60%) y que además, en los últimos años, presenta una situación problemática asociada al alto coste y falta de mano de obra.

Jesús A. Gil Ribes, Gregorio L. Blanco Roldán y Sergio Castro García.

G.I. Mecanización y Tecnología Rural.
Departamento Ingeniería Rural.
ETSI Agrónomos y de Montes. Universidad de Córdoba.

Entre los principales países productores a nivel mundial hay grandes diferencias en cuanto al sistema de plantación, poda y recogida, condiciona-

do, sobre todo, por el destino que tendrá la fruta. Cuando el destino es fundamentalmente el consumo en fresco (como ocurre en el caso de España) los sistemas de plantación y de poda dan lugar a árboles con forma globosa y separaciones en torno a 5 ó 6 metros entre ellos y la forma de recolección es manual. Si el destino fundamental es la transformación, sobre todo para zumo (como ocurre en Brasil y Estados Unidos), la forma de los árboles puede variar desde la globosa hasta la de seto y la recolección se mecaniza.

En Andalucía conviven en la actualidad plantaciones tradicionales, como las de la variedad Cadenera (**foto 1**), caracterizada por sus altos requerimientos edafológicos y su exquisito sabor, con plantaciones modernas diseñadas para producir naranjas para la transformación, las cuales han aumentando de forma considerable debido a la instalación de empresas de producción de zumo.

En la mayoría de las plantaciones, independientemente del destino de la fruta, la recolección se realiza de forma manual, empleando escaleras para acceder a las zonas altas del árbol, y con asistencia de medios mecánicos para el transporte de las naranjas o de las cajas (**foto 2**). También existen plataformas elevadoras arrastradas por el tractor o autopropulsadas (**foto 3**) formadas por varios puestos de trabajo, a ambos lados de la calle y a diferentes alturas, y sistemas de transporte de la fruta recogida desde el operador hasta cajones paletizables para su transporte.

Pero cuando se piensa en producir exclusivamente para industria, el reto es mecanizar todas las operaciones de la recolección, aunque sea de forma descompuesta. La recolección mecanizada de los cítricos está en desarrollo desde los años 70, principalmente en Florida, donde se ha alcanzado un nivel de mecanización suficiente para que la recolección mecanizada sea una posibilidad real en las plantaciones actuales. Uno de los mayores inconvenientes es el diseño de la plantación, así como la poda de los árboles, la selección de variedades y el manejo de éstas.

En este sentido, se puede plantear la adaptación de los sistemas de recolección mecanizada que se utilizan en otros frutales como, por ejemplo, los vibradores de troncos empleados en el olivar, y la introducción de los sistemas basados en sacudidores de follaje. Además, estos últimos, también se pueden utilizar en olivar, con lo cual la tendencia futura es a la confluencia de los sistemas de recolección en ambos cultivos y en la viña, como sucede ya con las cosechadoras ("ven-



Foto 1. Plantación tradicional de la variedad Cadenera.



Foto 2. Tractor frutero con horquilla estibadora.



Foto 3. Plataforma de recogida.

dimiadoras”) de olivar superintensivo, que se podrían adaptar a un nuevo tipo de naranjos superintensivos de alta densidad y bajo porte. A medio plazo estas soluciones deberán trasladarse a naranjo para consumo en fresco acolchando las zonas de recepción para limitar el daño al fruto.

Poda de adaptación para la recolección mecanizada

La recolección mecanizada necesita que el árbol, la plantación y su manejo se adapten a las necesidades de la máquina para alcanzar la máxima eficiencia de la recolección. En las nuevas plantaciones, esto se debe contemplar en su diseño (marcos de plantación, longitud de las calles, cabeceras y calles de servicio amplias), lo cual se convierte en un factor clave para su futura viabilidad económica. Pero en las ya existentes la adecuación se realiza a través de la poda, salvo que sea

prácticamente imposible mecanizarlas, con lo que su futuro será, antes o después, la reconversión.

La poda manual tendrá que ser sustituida, al menos en parte, por una mecanizada, mediante podadoras de discos (foto 4) o lineales, capaces de cortar según un plano vertical, horizontal o inclinado, con un calendario de pases programado, que permita dirigir el cultivo hacia plantaciones totalmente mecanizadas (foto 5). La poda levanta la copa del árbol, evitando ramas péndulas, que depositan los frutos prácticamente a nivel del suelo y dificultan las operaciones mecanizadas, como la aproximación de los vibradores al tronco del árbol y la labor de las estructuras de recogida de frutos. Por otra parte, la forma irregular de la copa de los árboles impide que los sacudidores de follaje entren en contacto con suficiente copa y que su efecto sea variable en cada árbol, así como entre los espacios libres entre árboles, por tanto, la poda

también sirve para evitar estos efectos, consiguiendo una superficie inclinada de copa que mejore el contacto y reduciendo los espacios libres entre árboles.

Vibradores de troncos

Los vibradores de troncos son las máquinas que demandan menor adaptación de los árboles para realizar la mecanización del derribo del fruto. La utilización de los vibradores requiere que el árbol presente un tronco accesible y un anclaje al suelo suficiente. Su uso con paraguas requiere una distancia mínima entre árboles y una zona despejada para su despliegue. Sin embargo, en Andalucía los vibradores de troncos diseñados tradicionalmente para olivar han sido utilizados en cítricos sin apenas cambios, produciendo resultados poco satisfactorios, dado que las frecuencias óptimas en olivar (25-30 Hz) son casi el doble de las requeridas en los naran-



Foto 4. Podadora de discos.



Foto 5. Plantación con poda en seto.



Foto 6. Vibrador de troncos unidireccional. Foto 7. Vibrador de troncos con estructura de recepción (plataforma inclinada). Foto 8. Vibrador con paraguas invertido.

jos. El daño por el descortezado del tronco ha sido uno de los problemas iniciales de estas máquinas. Básicamente, los sistemas de agarre deben aumentar la superficie de contacto con el tronco para disminuir la presión de apriete, sin reducir la eficacia del sistema de agarre. Por ello, los sistemas de vibración unidireccionales (foto 6) han tenido mayor extensión para este cultivo que con respecto al olivar, donde, además, se ha impuesto la vibración de tipo orbital (una sola masa excéntrica). Inicialmente, a la utilización de estas máquinas también se les ha atribuido un descenso de producción respecto a plantaciones recogidas manualmente de un 10%, debido a la caída de flores y frutos inmaduros.

La vibración generada requiere de frecuencias más reducidas que para olivar, con valores cercanos a 600-1.000 rpm (10-17 Hz), y de tiempos de vibrado entre 5 y 10 segundos, dependiendo de la variedad, concentrándose en los periodos iniciales de la vibración la mayor caída de fruto.

La eficacia de la recolección puede ser superior al 70% y está muy influenciada por la variedad. La utilización de favorecedores de abscisión (principalmente derivados del etefón y otros como CMNP), que consiguen reducir la fuerza de retención de los frutos, junto con un buen ajuste de la máquina, permite obtener porcentajes de derribo cercanos al 90%. Sin embargo, el uso de productos químicos presenta diversos problemas, principalmente porque su efecto está muy influenciado por condiciones meteorológicas y a que su uso ha sido restringido en muchos países debido a motivos de seguridad alimentaria.

Estas limitaciones han incrementado el desarrollo de los sistemas sacudidores de follaje, que no requieren la aplicación de pro-

ductos químicos, y han llevado a un mayor perfeccionamiento de los vibradores, para hacer viable su empleo sin esta aplicación. La utilización de estructuras de recogida mejora la calidad de los frutos cosechados, evitando su impacto con el suelo y la acumulación de suciedad. Estos sistemas están compuestos



Foto 9. Sacudidores de follaje.

por plataformas inclinadas (foto 7) o por estructuras plegables en forma de paraguas invertido (foto 8) que recogen los frutos al ser derribados. Su utilización permite alcanzar, en plantaciones adaptadas a la recolección mecanizada, rendimientos de 150-200 árboles/h, requiriendo filas de árboles suficientemente largas y distancias entre filas de al menos 6 m.

Sacudidores de follaje

Los sistemas sacudidores de copa o de follaje (*canopy shaker*), son máquinas arrastradas o autopropulsadas con transmisión hidrostática (foto 9), en las que el derribo se realiza mediante una mezcla de peinado y vareo de las ramas. Están formados por un cabezal de recolección, constituido por uno o varios tambores giratorios, verticales o ligeramente inclinados, de varillas horizontales semirrigidas, de aproximadamente 2 m de longitud, dispuestas en forma radial. Éstas penetran de forma parcial y perpendicular en la copa del árbol, moviendo las ramas mediante un movimiento horizontal oscilatorio, que se produce por el desplazamiento oscilante del tambor. 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.

El desplazamiento de la vara dentro de la copa se realiza en frecuencias comprendidas entre 4 y 8 ciclos por segundo, transmitiendo a la copa del naranjo una aceleración capaz de derribar el fruto. La amplitud del movimiento varía entre especies a cosechar, pudiendo ser superiores a 30 cm, suficientes para no romper ramas o provocar daños importantes. La finalidad de los sacudidores de copa es derribar los frutos sin contacto, pero

es inevitable que se produzca el impacto de las varas con los frutos o incluso los daños generados en las estructuras de recogida.

Pueden recoger a un lado del árbol, derribando la naranja sobre el suelo, o ambos lados, derribándola sobre plataformas de recepción e incorporando elementos de recogida, transporte y limpieza del fruto (foto 10). La naranja se descarga de forma continua, sobre remolques o camiones. La velocidad de desplazamiento está entre 1,5 y 3 km/h.

Cuando el derribo se realiza sobre el suelo, la máquina lleva incorporados unos dispositivos de barrido que evitan el pisado de los frutos (foto 11). En este caso, la recogida puede realizarse con mallas (foto 12) o con barredoras-recogedoras (foto 13).

Hay otro tipo de máquinas, que están siendo adaptadas de la recolección de la aceituna, constituidas por dos tambores verticales paralelos ubicados dentro de un túnel de desprendimiento, de tal forma que pasa cabalgando sobre el cultivo (foto 14).

La finalidad de los sacudidores de copa es derribar los frutos sin contacto, pero es inevitable que se produzca el impacto de las varas con los frutos o incluso los daños generados por las estructuras de recogida. Pueden alcanzar eficacias de derribo del 80-90% según la variedad.

La utilización de estas máquinas en plantaciones tradicionales adaptadas a la recolección manual es difícil. El mayor limitante es el ancho de calle que requiere, al menos 6 m, siendo lo ideal 7 m, y una poda que lleve a los árboles a una estructura piramidal continua. Sin embargo, las nuevas plantaciones pueden adaptarse a su utilización, siendo las necesidades básicas:

- Filas de árboles suficientemente largas para aumentar su rendimiento.
- Distancias entre filas de árboles de al menos 6-7 m, según la variedad.
- Copa levantada del suelo para la utilización de estructuras de recogida del fruto.
- Copas de los árboles que presenten

una superficie continua, reduciendo el espacio libre entre árboles.

• Suelos sin problemas de compactación (pueden generarse debido al elevado peso de la máquina). Para evitar efectos adversos, se recomienda el uso de cubiertas vegetales en las calles (foto 15).

En el cuadro I se muestran los resultados obtenidos con diferentes métodos de recolección de naranja en Florida.

Posibilidades futuras de recolección mecanizada

Para el tipo experimental de plantaciones superintensivas de cítricos con patrones enanizantes, el sistema de recolección más adecuado parece ser el de los sacudidores de fo-



Foto 10. Sacudidores con plataformas de recepción. Foto 11. Dispositivos para el barrido de los frutos.



Foto 12. Derribo sobre mallas (izquierda) y recogida mediante cargador frontal (derecha).





Foto 13. Barredora-recogedora (arriba detalle).



Foto 14. Cosechadora con sacudidores de follaje. Foto 15. Plantación con cubierta vegetal en las calles.

llaje. Los vibradores de troncos tiene una limitación importante para desarrollar un trabajo eficaz debido al elevado número de plantas por hectárea, al reducido tamaño del árbol, su tronco pequeño y bajo.

Sin embargo, es conveniente señalar que los sistemas actuales de cosechadoras de viña, o incluso sus adaptaciones a olivar superintensivo, no parecen ser adecuadas en estas plantaciones. Estos sistemas de reco-

lección compactan la planta para su entrada en la máquina y son sacudidas por medio de barras horizontales las que, apenas sin penetrar en la planta, producen la caída del fruto. En cítricos este sistema no parece viable y sería más conveniente el uso de sacudidores de follaje como los descritos en plantaciones convencionales. Su adaptación podría ser similar a la realiza para la recolección de bayas (arándanos y frambuesa). Estas máquinas

son similares a la que muestra la **foto 14**, pero en una versión a escala y más simplificadas tecnológicamente.

La ventaja de estas plantaciones con respecto a la adaptación de maquinaria para su recolección son las siguientes:

- Actúan sobre toda la copa del árbol (máquinas cabalgadoras).
- Evitan la caída del fruto al suelo con estructuras de recogida.
- Puede realizarse la recolección selectiva de frutos al poder realizar varios pases durante el periodo de maduración del fruto.
- Son máquinas de menor tamaño, con menores potencias de accionamiento y pesos más reducidos. ●

CUADRO I. Comparación de sistemas de recolección mecanizada de naranja en Florida para árboles con una producción de 120 a 140 kg de fruto.

	Porcentaje de derribo (%)	Fruto cosechado (%)	Velocidad teórica (árboles/hora)	Productividad (kg/hora y trabajador)
Sacudir de follaje continuo autopropulsado con estructura de recogida	95	90	450-500	4.000
Sacudir de follaje continuo acoplado al tractor	95	99	300-400	800-1.200
Vibrador de troncos con plataforma de recogida	95 (*)	90	300-400	3.700

(*) Con favorecedores de la abscisión. Fuente: University of Florida - IFAS

Agradecimientos

Los autores agradecen al Plan Nacional de Investigación la financiación para los trabajos realizados sobre mecanización de la recolección de frutales a través del proyecto AGL 2007-61533.