

# TIEMPO ÓPTIMO DE VIBRADO PARA EL DERRIBO DE ACEITUNAS ‘VILLALONGA’ CON UN VIBRADOR DE MASAS DE INERCIA.

Paz S.<sup>1</sup>, Sanz J.<sup>1</sup>, Torregrosa A.<sup>2</sup>, Ortiz C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

<sup>2</sup>Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria

## Introducción

La recolección *mecánica* de la aceituna mediante vibrador de troncos es una técnica iniciada en los 60 y ampliamente extendida en la actualidad (Ortiz-Cañavate, 1969; Porras 1999), pero que sigue creando controversia entre los olivicultores porque, con excesiva frecuencia, esta técnica de recolección provoca daños excesivos en el arbolado, principalmente descortezado del tronco y deshojado en las ramas. El primer problema, daños en la corteza, suele ser consecuencia del mal estado de conservación de los equipos, provocado por tacos amortiguadores de la pinza desgastados, presión de apriete inadecuada, etc. (Barasona Villarejo, 2000; Ortiz-Cañavate, 1986); el deshojado excesivo, suele ser consecuencia de tiempos de vibrado demasiado largos, debido al empeño en derribar hasta la última aceituna del árbol.

Se ha estudiado el tiempo óptimo vibrado en algunas variedades muy extendidas en Andalucía como ‘Picual’ y ‘Hojiblanca’. Según el ensayo de Kouraba (2005), el tiempo óptimo para el derribo del 90% de la aceituna susceptible de ser derribada, se establece en 14 s al principio de la campaña y 10-11 s al final de la misma; además, la eficacia en el porcentaje de derribo se incrementa desde el 72% al inicio de campaña, hasta el 90% al final. También se observó que los porcentajes de derribo y tiempo de vibrado óptimo están relacionados con la Fuerza de Retención del Fruto y con el Índice de maduración. Asimismo, se apreció que es preferible aplicar dos vibraciones cortas de 10 s cada una, que una sola vibración continuada de 20 s.

En el Ensayo Nacional de Variedades de Valencia<sup>1</sup>, los mejores porcentajes de derribo sobre producción total, en recolección “convencional”, se obtuvieron en ‘Hojiblanca’, ‘Picual’ y ‘Cornicabra; mientras que ‘Villalonga’ resultó la variedad con mayor porcentaje de derribo sobre el vuelo (Paz, 2006)

Con el fin de responder a la preocupación mostrada por los olivicultores en relación a la recolección mecanizada con vibrador de troncos, hemos considerado conveniente analizar lo que ocurre con otras variedades y se ha planteado un primer ensayo con olivos de la variedad ‘Villalonga’, la más extendida en la Comunidad Valencia, con más de 26.000 ha.

Se trata de una variedad de porte vertical y frutos con una fuerza de retención baja en su madurez, lo cual facilita la recolección mecanizada pero también origina la caída prematura al suelo de un porcentaje elevado de la cosecha.

---

<sup>1</sup> “Ensayo Nacional de Variedades de Olivo” de la Comunidad Valenciana. Casa de Camp de Llíria-Casinos (Valencia)

Por ello, la recolección ha de adecuarse al estado de madurez:

- que permita obtener la mejor calidad y el mayor rendimiento oleico.
- que minimice la cantidad de frutos caídos antes de la recolección.
- que consiga una máxima eficacia en el derribo de aceitunas.
- que reduzca los tiempos de recolección.

### **Materiales y métodos**

Los ensayos se han llevado a cabo en unas parcelas de olivar en regadío de la finca del Servicio de Desarrollo Tecnológico del IVIA, en el término municipal de Moncada (Valencia).

La parcela de ensayo elegida está cultivada con olivos de la variedad ‘Villalonga’; 120 árboles sobre 6.262 m<sup>2</sup>, en un marco de plantación de 6 x 7 m, con una densidad de 238 árboles/ha. Las edades de los árboles están comprendidas entre los 11 y 8 años, formados a un solo pie y con una altura de cruz alrededor de 1 metro, para facilitar la recolección mecánica. Los árboles más jóvenes no se incluyeron en el ensayo.

El equipo de derribo estaba formado por un tractor Lamborghini 990 F, frutero de doble tracción y 66 kW, provisto de enganche tripuntal delantero, al que se le acopló un vibrador orbital Topavi (Maquinaria Garrido S.L. Autol-La Rioja) ofrece un magnífico agarre al tronco por tres puntos.

Previamente a iniciarse la recolección se cosecharon las olivas que habían caído al suelo de forma natural, habiéndose cubierto el mismo de mantas receptoras -desde hacía meses- bajo la copa de los árboles, que nos facilitaron su recogida y posterior vaciado en cajones fruteros para su pesaje.

La aceituna vibrada se recogió igualmente en mantas, que posteriormente se vaciaron y pesaron en cajones. La altura de agarre de la pinza al tronco fue de 0.5 m aproximadamente.

Las vibraciones se aplicaron en secuencias de 5 s, ya que son más efectivas que la aplicación de la misma duración de vibración de forma continua (Blanco 2002, Kouraba, 2005). Como el equipo puede girar en los dos sentidos, en cada vibración sucesiva se cambiaba el sentido de giro de las masas del vibrador.

El diseño experimental consistió en 4 tratamientos de tiempo de vibrado (T1:5 s, T2: 5+5 s, T3: 5+5+5 s y T4: 5+5+5+5 s); cada tratamiento se repitió en 10 árboles distribuidos al azar en la parcela. Después de cada vibración, se recogía y pesaba la aceituna, con lo que se dispone de información de 40 árboles vibrados durante 5 s, 30 árboles vibrados durante 5+5 s, etc. Al final de cada tratamiento se apuraron a mano y se pesaron las aceitunas no derribadas.

### **Material vegetal**

Los árboles ensayados presentaban las siguientes dimensiones medias:

- Altura total del árbol: 470,70 cm
- Sección de tronco: 94,21 cm<sup>2</sup>
- Volumen copa: 37,88 m<sup>3</sup>

El volumen de copa se ha obtenido equiparándola a un cilindro, cuya altura sería la altura total del árbol a la que se le resta la longitud del tramo inferior desprovisto de ramas. El equivalente por hectárea de superficie (marco de plantación de 6 x 7 m) se situaría en 9.015 m<sup>3</sup>. El arbolado presenta un gran desarrollo, a pesar de que la variedad ‘Villalonga’ no es especialmente vigorosa. Destacamos la altura próxima a los 5 metros, ya que la práctica de poda aplicada, con formas que respetan la tendencia natural de crecimiento, es la que mejor se adapta a la recolección con vibrador de troncos y redunda en una mayor producción.

La producción media por árbol ha sido de 62,24 kg, de los que 14,86 kg corresponden a suelo (recogidas del suelo tras caída natural) y 44,52 han sido derribados mediante el vibrador en los distintos tratamientos; tan sólo 2,86 kg de media se han recolectado manualmente (apurado) después de aplicar las vibraciones. El equivalente productivo por hectárea, con una densidad de 238 olivos, sería el siguiente:

- Producción vibrada: 10.595 kg/ha
  - Producción apurada: 682 kg/ha
  - Producción suelo: 3.537 kg/ha
- Producción total:* 14.814 kg/ha

## **Análisis de los resultados**

### **1. Efectos de la disposición de las ramas, frecuencia y amplitud de vibración**

Las ramas principales más verticales, formando su inserción con el tronco ángulos más agudos, transmiten bien la vibración (foto 1). En el caso de ramas que parten con un ángulo más abierto (foto 2), es decir, más horizontales, el porcentaje de frutos sin derribar es mayor, aunque también caen menos hojas.



Foto 1. Máquina vibradora trabajando. Obsérvese la inserción de ramas principales conveniente para una adecuada transmisión de la vibración.



Foto 2. Árbol con algunas ramas insertadas en ángulo demasiado abierto que no transmiten bien la vibración.



Foto 3. Detalle del pinzado; sensor para determinar la amplitud de vibrado.

La frecuencia adoptada para este trabajo fue de 15.4 Hz, con la toma de fuerza del tractor a 540 rpm, pues previamente se comprobó que si la frecuencia y las rpm eran mayores, si bien se derriba algo más de fruta también el desprendimiento de hojas provocado era excesivo. El desplazamiento u oscilación del tronco en el punto de medición del sensor (0,9 m de altura del suelo) fue del orden de los 2.6 cm pico-pico..

## **2. Porcentaje de derribo en función del tiempo de vibrado**

En la primera vibración de 5 s se desprendieron, en promedio, el 86,55% de los frutos presentes en el árbol, siendo muy elevada la uniformidad alcanzada en el conjunto de

las 40 repeticiones (coeficiente de variación del 6 %). La siguiente vibración, derribó un 8,61% más, es decir se alcanzó un porcentaje de derribo acumulado del 95,16%. Las siguientes dos vibraciones sólo fueron capaces de derribar un 2,02 % y un 1,10 % respectivamente, para llegar, en promedio al 98,28% de porcentaje de derribo cuando se aplicaron 4 vibraciones. (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de derribo en función del tiempo de vibración.

t, s	media, %	Sd	CV,%	acumulado, %
5	86,55	5	6	86,55
10	8,61	3	31	95,16
15	2,02	1	49	97,17
20	1,1	1	47	98,28

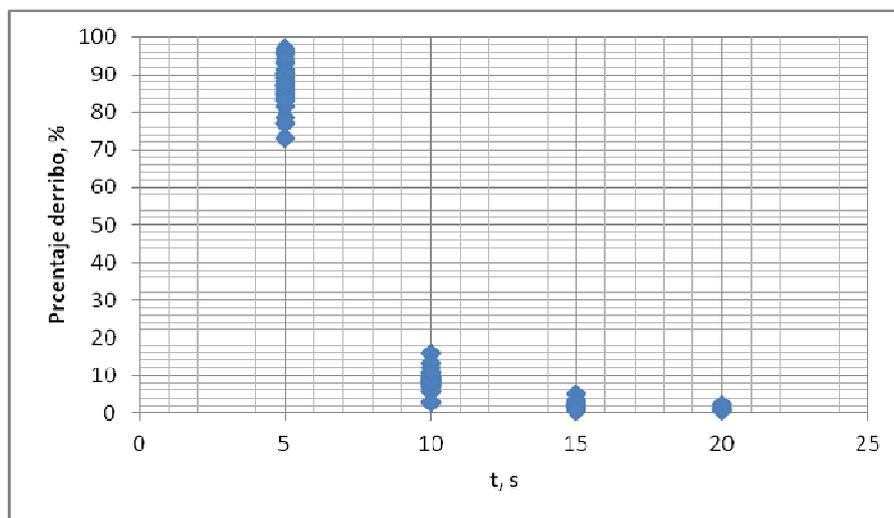


Figura 1. Porcentajes de derribo, media de todos los ensayos realizados

Se ha buscado una curva que relacione el porcentaje de derribo (P) con el tiempo de vibración, obteniéndose un buen ajuste ( $R^2 = 0.98$ ) mediante la expresión:

$$P = (-2,6 + 59,2/t)^2$$

donde, **P** es el porcentaje de derribo (%) y **t** es el tiempo de vibración (s). La expresión se representa en la figura 3.

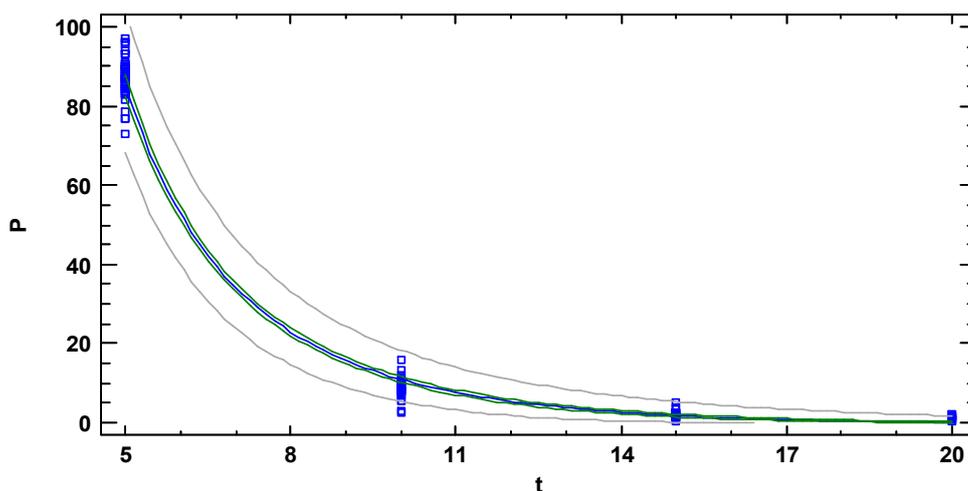


Figura 2. Relación teórica encontrada entre el porcentaje de derribo y el tiempo de vibración.

Mención aparte merece el resultado que se obtiene cuando relacionamos el porcentaje de derribo sobre la producción total, es decir, incluyendo la cantidad de fruta caída de forma natural antes del vibrado. En el primer tratamiento experimental (T1) se recolectó el 68,1% de los frutos totales del árbol, en el T2 el 71,83%, en el T3 el 67,19% y en el T4 el 77,3%, con un coeficiente de variación moderadamente elevado (Tabla2).

Tabla 2. Porcentaje de derribo sobre el total y de aceitunas en suelo por tratamiento.

Trat. exp.	Derribo, %	Sd	CV,%	Suelo, %	Sd	CV,%
<b>T1</b>	68,1	21	31	21,43	9,9	46,19
<b>T2</b>	71,83	17	24	24,98	9,97	39,92
<b>T3</b>	67,19	16	24	30,53	15,42	50,49
<b>T4</b>	77,3	16	21	21,52	7,04	32,73

La eficacia del derribo de aceituna se ve notablemente mermada por el alto porcentaje de aceituna en suelo, lo cual nos indica la necesidad de recolectar con antelación a que se produzca la caída natural en esta variedad, buscando siempre el difícil equilibrio entre de la eficacia recolectora, con el rendimiento graso y la calidad del aceite.

### 3. Variabilidad observada en el porcentaje de derribo

La variabilidad observada entre los porcentajes de derribo se debió fundamentalmente a la arquitectura de los árboles. Se pudo observar que las ramas en las que permanecía

bastante aceituna tras la vibración, eran aquellas que tenían una posición menos vertical, estando este hecho ampliamente reflejado en la literatura (Gil, 1979).

Sin embargo, no se ha podido establecer correlación entre los índices de madurez de los diversos olivos y los porcentajes de derribo en los primeros 5 s.

#### **4. Daños a la corteza del tronco de los árboles**

No se dañó la corteza de ningún árbol, hasta el punto de resultar difícil, una vez realizado el ensayo, localizar la zona donde se aplicó la pinza. Esta era una preocupación grande de los investigadores, pues en las zonas olivareras de la Comunidad Valenciana se producen abundantes daños de descortezado. Probablemente las máquinas no se encuentren en las adecuadas condiciones de mantenimiento (poco engrase de los tacos, gomas nuevas, tiempo excesivo de vibrado, etc).



Foto 4. Tronco de olivo tras la realización de los ensayos, sin daños en la corteza del tronco. Se observa una zona de color más claro en el punto de agarre de la pinza.

#### **5. Conclusiones**

Según los datos recogidos podemos establecer que en el ensayo sobre tiempo óptimo de vibrado para la recolección de ‘Villalonga’:

- Una frecuencia cercana a los 15 Hz ha mostrado ser suficientemente eficaz para derribar las aceitunas sin provocar un deshojado excesivo.
- Un adecuado mantenimiento del equipo recolector aumenta la eficacia y evita los daños en el arbolado.
- Una estructura adecuada del árbol (inserción de ramas principales lo más vertical posible) favorece la transmisión de la vibración y, por consiguiente, el derribo de frutos.

- No se ha podido apreciar una relación significativa entre un índice de madurez elevado y un mayor porcentaje de derribo.
- Tampoco se ha podido establecer una relación entre la caída previa de fruto y el porcentaje de derribo.
- Visualmente se ha observado que en las ramas abiertas permanecían más frutos sin derribar. No se ha podido establecer una expresión matemática que relacione ambos parámetros, ángulo de inserción de las ramas principales sobre el tronco y porcentaje de derribo.
- En el ensayo sobre Villalonga, la primera vibración de 5 s derriba casi toda la fruta (cercano al 90%); una segunda vibración, de la misma duración, ha derribado un 10% más de fruta.
- La tercera y cuarta vibración derriban escasamente entre el 2 y el 1% del fruto.
- La fruta que queda en árbol no llega a representar siquiera el 2% del total.

El estudio llevado a cabo parece evidenciar que un tiempo de vibrado de 10 segundos (en dos tandas de 5 s) es más que suficiente para obtener una eficaz recolección de la variedad 'Villalonga'. El trabajo deberá proseguir con otras variedades que darán una eficacia recolectora de mayor o menor grado en virtud de su adaptabilidad; en cualquier caso, es muy posible que los tiempos y secuencias de vibrado para una recolección óptima no se alejen excesivamente de los estimados en el presente trabajo para la variedad 'Villalonga'.

### **Agradecimientos**

A Francisco Alagarda Ramón, Antonio Font Tomás, M<sup>a</sup> Carmen Mascarell Bayo, Montano Pérez Teruel, Juan José Peña Suárez y Gonzalo Sala Aguado.

### **Bibliografía**

Agrela F., Gil J., Plá F., Blanco G.L., Agüera J. 2001. Análisis del tiempo de vibrado en olivar. Congreso Nacional de Ingeniería para la Agricultura y el Medio Rural. Valencia.

Barasona Villarejo, M.L. 2000. Diseño de un sistema de agarre al árbol para un vibrador multidireccional de masas de inercia para su aplicación al derribo de aceituna verde y de almazara. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.

Blanco Roldán G. L. 2002. Evaluación y análisis de la recolección del olivar por vibración. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.

Blanco-Roldán G.L., J.A. Gil-Ribes, K. Kouraba and S. Castro-García. 2009. Effects of trunk shaker duration and repetitions on removal efficiency for the harvesting of oil olives. Appl. Eng. in Agric. 25(3):329-334

Castro S., Gil Ribes J.A., Blanco G.L., Agüera J. 2003. Influencia de la altura de agarre en el empleo de vibradores de troncos. II Congreso Nacional de Agroingeniería. Córdoba (España).

Gil Ribes J. A. 1979. Estudio de la eficiencia de transmisión de vibraciones en la estructura de los olivos. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.

Kouraba K. 2005. Análisis del tiempo de vibrado en el derribo de aceituna mediante vibradores de troncos. Tesis doctoral universidad de Córdoba. 182 pp.

Mateev L.M. and G.D. Kostadinov. 2004 Probabilistic model of fruit removal during vibratory morello harvesting. Biosyst. Eng. 87(4), 425-435

Paz S. 2006. Adaptabilidad varietal a la mecanización. I Jornada del Grupo Olivo de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

Ortiz C., Torregrosa A. 2013. Determining the adequate vibration frequency, amplitude and time for the mechanical harvesting of fresh mandarins. Transactions of the ASABE (in press).

Ortiz-Cañavate J. 1969. Métodos vibratorios de recogida de la aceituna. Boln. Inst. Nac. Invest. Agro. Madrid, 61.

Ortiz-Cañavate J., Gil Sierra J. 1986. Diseño de vibradores de tronco para la recolección de aceituna. Separata, 5, 1, 1. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.

Porras P. A., Porras S. A., Soriano M.L. 1999. Recolección de aceituna. Editorial Agrícola Española. s.a. Madrid. 118 pp.

Tsatsarelis C.A., Akriditis C. B., Siatras A.J. 1984. Clasificación de olive varieties for effective mechanical harvesting. Transactions of the ASAE, 1669-1673.