

## Tiempo óptimo de vibrado para el derribo de aceitunas *Villalonga* con un vibrador de masas de inercia

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

<sup>1</sup>Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, email: [torregro@dmta.upv.es](mailto:torregro@dmta.upv.es)

<sup>2</sup>Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Carretera Montcada-Náquera km 4.5, 46113 Valencia

### Resumen

La recolección mecánica de aceitunas mediante vibradores de troncos es una técnica ampliamente extendida en la actualidad, sin embargo, esta actividad sigue creando controversias entre los agricultores porque en ocasiones se causan daños a los árboles, principalmente descortezado del tronco y deshojado. El primer problema suele ser debido a equipos en mal estado de conservación y el segundo a tiempos de vibrado excesivos.

Se ha estudiado el tiempo óptimo de derribo de algunas variedades como 'Picual' y 'Hojiblanca' muy extendidas en Andalucía, pero es conveniente analizar lo que ocurre con otras variedades y estructura de los árboles. En este sentido, se planteó una experiencia con olivos de la variedad 'Villalonga', la más extendida en la Comunidad Valenciana.

Se utilizó un vibrador de masas de inercia orbital, con una frecuencia de 15,4 Hz y unos desplazamientos picopico, medidos a la altura de la cruz (0,9 m de altura) de 2,6 cm. Los tratamientos experimentales consistieron en aplicar vibraciones con las siguientes duraciones: T1, 5 s; T2 5 + 5 s; T3, 5 + 5 + 5 s y T4, 5 + 5 + 5 + 5 s, a 10 árboles por repetición, recogiendo los frutos derribados tras cada vibración.

En la primera vibración de 5 s se desprendieron el 87% de los frutos presentes en el árbol, la segunda vibración, derribó un 9%, mientras que la tercera y cuarta vibración tan sólo desprendieron un 2 % y un 1% respectivamente.

Se analizaron las posibles relaciones entre el índice de madurez de las aceitunas y el porcentaje de frutos caídos antes de las vibraciones, con el porcentaje de derribo en la primera vibración de 5 s, observándose una ligerísima relación positiva entre ambas variables.

Palabras clave: vibrador de troncos, aceituna, tiempo de vibrado, *Villalonga*

## Optimum vibrating time for removing *Villalonga* olives with an inertial trunk shaker

### Abstract

Mechanical olive harvesting using trunk shakers is commonly used nowadays. However, it still arouses controversy among farmers because of the tree bark damage and the defoliation. The first problem is usually due to improper equipment maintenance and the second problem is due to an excessive vibrating time.

The optimum vibrating time of some varieties commonly grown in Andalucía as 'Picual' and 'Hojiblanca' has been studied, but it is necessary to assess other varieties and tree structures. In this sense, an experiment with the 'Villalonga' variety, the most extended in Valencia region, has been developed.

An orbital inertial trunk shaker, with 15.4 Hz frequency and 2.6 cm trunk amplitude (measured at 0.9 m trunk height) was used. Vibration times of T1, 5 s; T2, 5 + 5 s; T3, 5 + 5 + 5 s and T4, 5 + 5 + 5 + 5 s were applied in 10 trees per repetition, the number of removed fruits after each vibration was measured.

In the first vibration of 5 s, 87% of the tree fruits were removed and in the second vibration 9% of the tree fruits were removed. However, in the third and fourth vibration only 2% and 1% of the fruits were removed respectively.

The olive maturity index and the fruit removal percentage before the vibrations were compared to the removal percentage in the first vibration of 5 s, a slightly positive relation between them was found.

Keywords: trunk shaker, olive, vibration time, *Villalonga*

## Introducción

La recolección mecánica de aceitunas mediante vibradores de troncos es una técnica utilizada desde los años 60 y ampliamente extendida en la actualidad (Ortiz-Cañavate, 1969; Porras et al., 1999), pero que sigue creando controversias entre los agricultores porque en ocasiones se causan daños a los árboles, principalmente descortezado del tronco y deshojado excesivo.

El descortezado se puede evitar utilizando equipos en buen estado: tacos amortiguadores de la pinza que no estén desgastados, presión de apriete adecuada, etc (Barasona, 2000; Ortiz-Cañavate y Gil, 1986 ).

El deshojado excesivo, suele ser consecuencia de unos tiempos de vibrado excesivos, debido al empeño en derribar hasta la última aceituna del árbol.

En este sentido, son varios los trabajos que se han realizado para intentar establecer los tiempos de vibrado óptimos como los de Agrela et al (2001), (Blanco, 2002; Blanco et al., 2009), etc.

Kouraba (2005) con olivos de las variedades ‘Picual’ y ‘Hojiblanca’ cultivadas en Córdoba, encuentra que el tiempo óptimo para el derribo del 90% de la aceituna susceptible de ser derribada se sitúa en 14 s al principio de la campaña y 10-11 s al final. Además, la eficacia en el porcentaje de derribo aumenta del 72 % al 90 % en el mismo periodo. No detecta diferencias entre las dos variedades, pero sí observa que los porcentajes de derribo y tiempo de vibrado óptimos están relacionados con la Fuerza de Retención del Fruto y con el Índice de maduración. También observa que es mejor realizar dos vibraciones cortas de 10 s cada una, que una sola vibración continuada de 20 s.

A la vista de la preocupación mostrada por los agricultores, y de las recomendaciones de otros investigadores (Kouraba, 2005; Tsatsarelis et al., 1984) resulta interesante conocer el comportamiento de las diferentes variedades de olivo cultivadas en nuestro país frente al derribo por vibración.

Ensayos realizados con otros frutos, como los cítricos, muestran que el porcentaje de derribo por sistemas vibratorios suele seguir una curva logarítmica con una gran caída de frutos en los primeros 2-3 s (Mateev y Kostadinov, 2004; Ortiz y Torregrosa, 2013)

En este sentido, en este trabajo, se ha estudiado el tiempo óptimo de vibración para el derribo de aceitunas de la variedad ‘Villalonga’, la más cultivada en la Comunidad Valenciana, con una superficie de 26 000 ha, con un vibrador de troncos.

Esta variedad posee un porte vertical y unos frutos con una fuerza de retención baja en su madurez, que facilita por una parte la recolección mecanizada y que por otra origina la caída prematura al suelo de un porcentaje elevado de la cosecha.

Por ello, la recolección ha de adecuarse:

- Al estado de madurez que permita la extracción de la mejor calidad y rendimiento oleico.
- Que minimice la cantidad de frutos caídos antes de la recolección.
- Que obtenga una máxima eficacia en el derribo de aceitunas.
- Que disminuya los tiempos de recolección.

## Material y Métodos

Los ensayos se han llevado a cabo en una parcela de la finca del Servicio de Desarrollo Tecnológico del IVIA, sita en el término municipal de Moncada (Valencia).

La parcela de ensayo seleccionada está cultivada con olivos de la variedad ‘Villalonga’, con un marco de plantación de 6 x 7 m, que ocupa una superficie de 6 262 m<sup>2</sup>, contiene 120 árboles, lo que supone una densidad de 238 árboles/ha. Las edades de los árboles están comprendidas entre los 11 y los 5

años, están formados a un solo pie y con una altura de cruz alrededor de 1 metro, para facilitar la recolección mecánica.

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, modelo 'brazo soporte vibrador' (Maquinaria Garrido S.L. Autol-La Rioja) con agarre al tronco por tres puntos.

La aceituna se recogió en mantas, que posteriormente se vaciaron en cajones fruteros para su pesaje.

La altura de agarre de la pinza al tronco fue de 0,5 m.

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 motor hidráulico del vibrador podía girar en los dos sentidos, en cada vibración sucesiva, se cambió el sentido de giro de las masas del vibrador. Tras unos ensayos iniciales con una frecuencia de 20 Hz, se decidió elegir una frecuencia más baja de 15,4 Hz, para el experimento de tiempos de vibrado, porque producía un menor deshojado y derribo suficiente. Los desplazamientos pico-pico, medidos a la altura de la cruz (0,9 m) eran de 2,6 cm.

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 se apuraron a mano las aceitunas no derribadas después de cada tratamiento.



**Figura 1. Detalle del vibrador y árboles ensayados.**

## Resultados y Discusión

### 1. Porcentaje de derribo en función del tiempo de vibrado

Previamente a los ensayos de derribo, se recogió y pesó la aceituna que había caído de forma natural, que fueron 14,86 kg/árbol; con la vibración se derribaron 44,52 kg/árbol y en el apurado posterior 2,86 kg/árbol, lo que supuso una producción media de 62,24 kg/árbol, como datos medios para toda la parcela experimental.

En la primera vibración de 5 s se desprendieron en promedio, el 87% de los frutos presentes en el árbol, siendo muy alta la uniformidad alcanzada en el conjunto de las 40 repeticiones (coeficiente de variación del 6 %). La siguiente vibración, derribó un 9% más, es decir se alcanzó un porcentaje de derribo acumulado del 96%. Las siguientes dos vibraciones sólo fueron capaces de derribar un 2 % y un 1% respectivamente, para llegar, en promedio al 99% 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	87	5	6	87
10	9	3	31	96
15	2	1	49	98
20	1	1	47	99

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

$$P = (-2,55 + 58,4/t)^2 \quad (1)$$

donde, **P** es el porcentaje de derribo (%) y **t** es el tiempo de vibración (s). La expresión se representa en la figura 2.

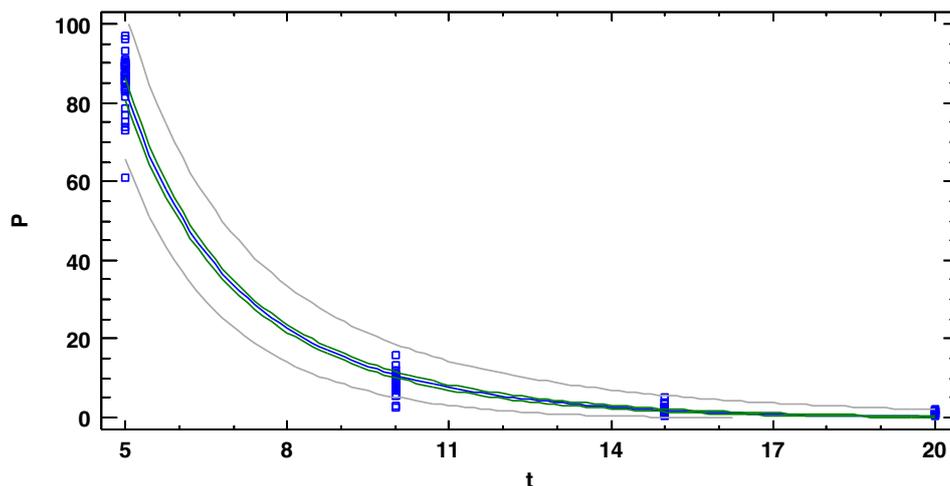


Figura 2. Relación teórica encontrada entre el porcentaje de derribo y el tiempo de vibración.

### 2. 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 aquellas ramas en las que permanecía bastante aceituna tras la vibración, eran las que tenían una posición menos vertical, y ello se observó tanto al comparar las frecuencias observadas (árbol con dos vibraciones a 19 Hz) como los tiempos de vibración, estando

este hecho ampliamente reflejado en la literatura (Gil, 1979), y observándose que no hay correlación entre los índices de madurez de los diversos olivos y los porcentajes de derribo de los primeros 5 s.

Se midieron los ángulos formados por las ramas principales (superiores a 3 cm de diámetro) de los 40 árboles, con la vertical y se relacionaron con los porcentajes de derribo de los primeros 5 s, pero no se obtuvo una relación clara entre ambos parámetros, expresando los ángulos, como el ángulo medio de todas las ramas medidas del árbol y tampoco cuando se intentó relacionar con los ángulos máximo o mínimo observados (figura 3). Obviamente, si se hubieran podido aislar las aceitunas de cada rama, hubiera sido posible encontrar una mejor relación entre ambos parámetros.

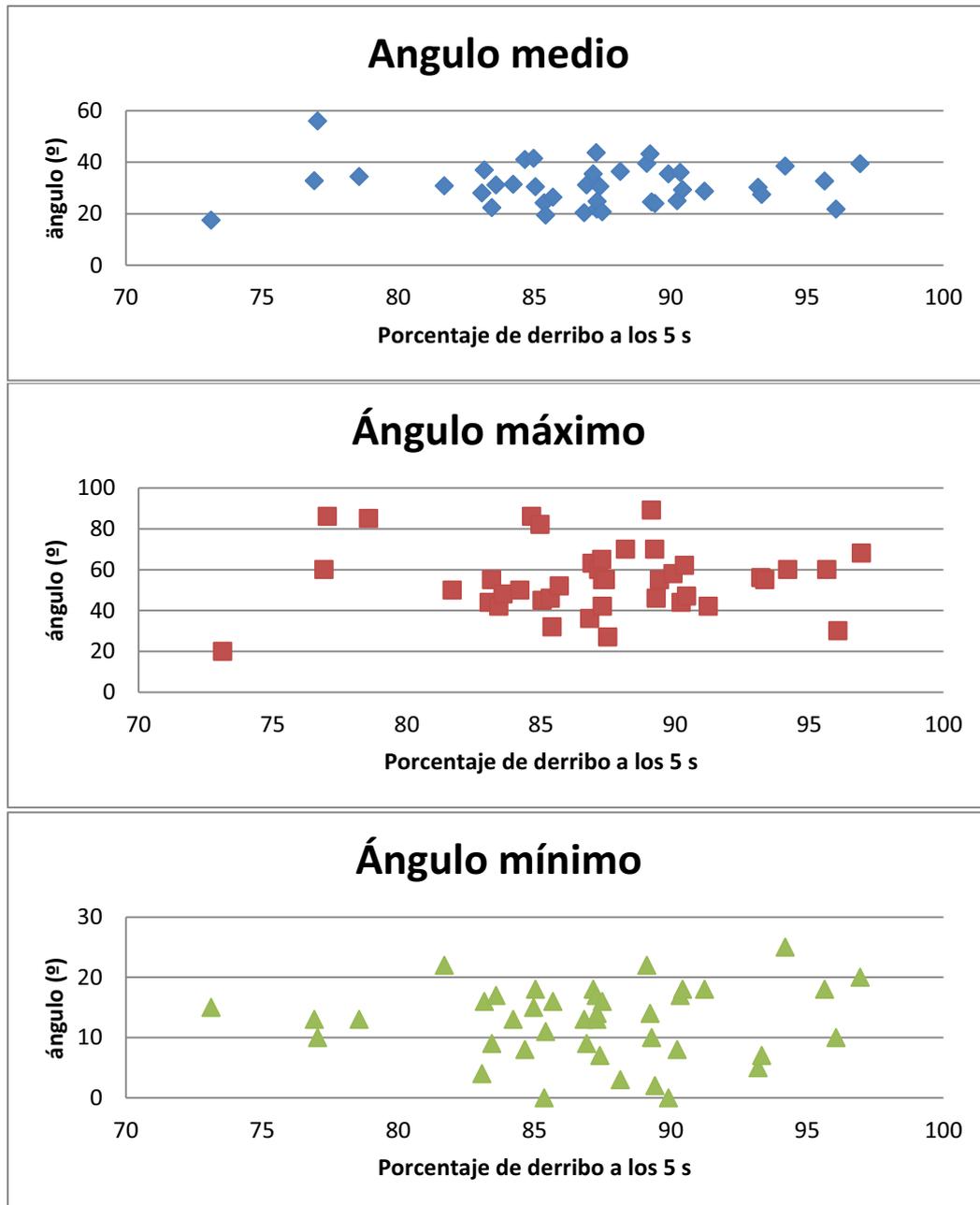


Figura 3. Relación entre el ángulo formado por las ramas principales con la vertical y los porcentajes de derribo tras la primera vibración de 5 s. Arriba, ángulo medio de todas las ramas; centro, ángulo de la rama más horizontal del árbol; abajo, ángulo de la rama más erguida del árbol.

## Conclusiones

En la primera vibración de 5 s se desprendieron el 87% de los frutos presentes en el árbol, la segunda vibración, derribó un 9%, mientras que la tercera y cuarta vibración tan sólo desprendieron un 2 % y un 1% respectivamente.

Por lo tanto lo aconsejable es realizar como máximo, un par de vibraciones de 5 s cada una para conseguir un alto porcentaje de derribo sin causar un deshojado excesivo.

Los valores anteriores se obtuvieron con una frecuencia de 15,4 Hz. Cuando se probó una frecuencia mayor, 20 Hz, se observó que aumentaba muy poco el derribo y en cambio lo hacía sustancialmente el deshojado, con lo que para esta variedad no parece muy aconsejable usara vibraciones con frecuencias que vayan más allá de los 15-16 Hz.

Aunque visualmente se observó que las ramas donde más frutos quedaron sin derribar, eran las que tenían una orientación más horizontal, no fue posible obtener una buena correlación estadística entre los ángulos medidos y los porcentajes de derribo globales de los árboles.

Se analizaron las posibles relaciones entre el índice de madurez de las aceitunas y el porcentaje de frutos caídos antes de las vibraciones, con el porcentaje de derribo en la primera vibración de 5 s, observándose una ligerísima relación positiva entre ambas variables.

## Bibliografía

- Agrela, F., Gil, J., Plá, F., Blanco, G.L. and Agüera, J. (2001). Análisis del tiempo de vibrado en olivar. *I Congreso Nacional de Ingeniería para la Agricultura y el Medio Rural*. Valencia (España).
- Barasona, 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, G. L. (2002). Evaluación y análisis de la recolección del olivar por vibración. *Tesis doctoral. Universidad de Córdoba*.
- Blanco-Roldan, G.L., Gil-Ribes, J.A., Kouraba, K. and Castro-García, S. (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
- 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 Kostadinov, G.D. (2004) Probabilistic model of fruit removal during vibratory morello harvesting. *Biosyst. Eng.* 87(4), 425-435
- Ortiz, C., Torregrosa, A. (2013). Determining the adequate vibration frequency, amplitude and time for the mechanical harvesting of fresh mandarins. *Transactions of the ASABE* 56(1): 15-22.
- 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., Porras, A., and 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). Clasification of olive varieties for effective mechanical harvesting. *Transactions of the ASAE*, 1669-1673.