

## M03 - Curvas de desprendimiento en la recolección mecanizada de oliva mediante el análisis de las imágenes de las ramas en movimiento

Ortiz, C.<sup>1</sup>; Torregrosa, A.<sup>1</sup>, Pérez, M.<sup>1</sup>, Paz, S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, cortiz@dmta.upv.es, torregro@dmta.upv.es, montano@upvnet.upv.es; <sup>2</sup> Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Carretera Moncada-Náquera, Km. 4,5, 46113 Moncada (Valencia), paz\_ser@gva.es

### Resumen

En la recolección mecanizada de oliva mediante vibrador de troncos, la frecuencia de vibrado, el tiempo de vibrado y el número de vibraciones son parámetros fundamentales para el correcto funcionamiento del equipo. El objetivo del presente trabajo fue la evaluación del derribo de olivas en función del tiempo mediante el análisis de los videos de desprendimiento. Olivos de la variedad 'Villalonga', en una parcela en Moncada (Valencia) fueron vibrados con un tractor frutero con un vibrador orbital Topavi. De los árboles vibrados, 14 grabaciones a alta velocidad de una rama superior vertical, fueron seleccionadas, 7 de árboles vibrados a 20 Hz durante 3 s (B) y 7 vibrados a 15 Hz durante 5 s (C), realizando 1, 2 o 3 vibraciones consecutivas con un descanso de 3 s. Debido a la situación y ángulo de las ramas solo en dos casos fue necesaria una segunda vibración para el desprendimiento de todos los frutos. En ambos casos la fruta no desprendida, cayó rápidamente al inicio de la segunda vibración. En todos los casos, menos en uno, se produjo el desprendimiento del 80% de los frutos antes de 1 s, con una media de 0,77 s. Y una media de 1,28 s para el desprendimiento del 100%. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de los dos tipos de vibración, B y C. La evolución del porcentaje de desprendimiento en función del tiempo se ajustó a una curva multiplicativa del tipo  $y=k \cdot x^a$ , con un  $R^2$  medio de 99,4 %. No se encontraron diferencias significativas entre los coeficientes k y a de los dos tipos de vibración. El desprendimiento de las olivas de las ramas verticales de la parte superior del árbol se produce de forma no lineal en un tiempo bastante inferior al tiempo total de vibrado.

**Palabras clave:** fruta, derribo, evolución, patrón, video

### Fruit detachment according to time during olive mechanical harvesting assessed by movement image analysis

#### Abstract

In olive mechanical harvesting with a trunk shaker, vibration frequency, vibration time and number of vibrations are the crucial parameters for the proper use of the machine. The objective of the present study was to evaluate olive detachment according to time using video analysis. Olive trees from the 'Villalonga' variety, grown in Moncada (Valencia), were shaken with an orbital Topavi trunk shaker mounted on a fruit tractor. From the shaken trees, 14 high speed video recordings from high vertical branches were selected, 7 shaken at 20 Hz during 3 s (B) and 7 shaken at 15 Hz during 5 s (C), with 1, 2 or 3 consecutive vibrations with a 3 s delay. Due to the branch angle and the location on the tree, only in two cases a second vibration was needed to detach the 100 % of the fruit. In both cases, the non detached fruits were detached just at the beginning of the second vibration. In all the branches, except one, the 80 % of the fruit was detached in less than 1 s, with an average time of 0.77 s. And an average time of 1.28 s for detaching the 100 % of the fruit. No significant differences were found between the times of the two vibration types (B and C). The relation between detachment percentage and time followed a multiplicative curve,  $y=k \cdot x^a$ , with an average  $R^2$  of 99.4 %. No significant differences were found between the "K" and "a" coefficients from the two vibration types (B and C). The detachment of the olives from the high vertical branches follows a non linear pattern with a lower detachment time than the total tree vibration time.

**Keywords:** fruit, development, pattern, video

## **Introducción y/o Justificación**

Para la recolección mecanizada de olivas se utilizan equipos de vibración de troncos o ramas, o equipos de peinado de las ramas. En el caso de los vibradores de troncos, la frecuencia de vibrado, el tiempo de vibrado y el número de vibraciones son parámetros fundamentales para el correcto funcionamiento del equipo. Sin embargo el comportamiento frente a la vibración se ve afectado por la variedad, la campaña y la estructura del árbol.

La determinación de los tiempos de vibrado óptimos es un aspecto crucial para mejorar la recolección mecanizada y ha sido previamente estudiado (Agrela *et al.*, 2001, Blanco, 2002; Blanco *et al.*, 2009).

Kouraba (2005) trabajando con olivos cultivados en Córdoba, variedades 'Picual' y 'Hojiblanca', determina que el tiempo óptimo de vibrado varía con el momento de recolección, 14 s al principio de campaña y 11 s al final, para el derribo del 90% de la fruta. 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 concluye como es mejor realizar dos vibraciones cortas de 10 s cada una, que una sola vibración continuada de 20 s.

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 la recolección de oliva, Leone *et al.* (2015) utilizaron un vibrador de troncos para determinar la frecuencia y el tiempo óptimos de vibrado para maximizar el porcentaje de derribo. Concluyen que el porcentaje de derribo frente al tiempo presenta una evolución sigmoideal y determinan que el tiempo óptimo de vibrado está entre 6 y 8 segundos para las variedades estudiadas.

El presente estudio se enmarca dentro de un trabajo de investigación que se lleva desarrollando durante tres campañas en la Comunidad Valenciana para el estudio de la recolección mecanizada de olivos de diferentes variedades.

El objetivo planteado en este estudio es la determinación de la evolución del porcentaje de derribo de oliva frente al tiempo utilizando grabaciones a alta velocidad de ramas verticales con buena transmisión de la vibración.

## **Material y Métodos**

Los ensayos se llevaron 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 13 y los 7 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 altura de agarre de la pinza al tronco fue de 0,7 m.

En este ensayo se establecieron dos frecuencias de vibración, 15 Hz (15,7 Hz reales y desplazamiento de 1,3 cm) y 20 Hz (18,3 Hz reales y desplazamiento de 0,9 cm), vibraciones de 3 s y 5 s y número de vibraciones entre 1 y 4, Tabla 1.

*Tabla 1. Resumen de los ensayos realizados.*

Ensayo	Hz	duración de cada vibración (s)	tratamientos	repeticiones/tr at (árb. totales)	Tiempo acumulado vibración (s)	Ciclos /árbol
Ensayo C	15	5	5	6 (18)	5	75
			5+5		10	150
			5+5+5		15	225
Ensayo A	15	3	3+3	6 (24)	6	90
			3+3+3		9	135
			3+3+3+3		12	180
			3+3+3+3+3		15	225
Ensayo B	20	3	3	6 (18)	3	60
			3+3		6	120
			3+3+3		9	180

De los árboles vibrados, se escogieron 14 grabaciones a alta velocidad de una rama superior vertical, debido a su mayor visibilidad, 7 de árboles vibrados a 20 Hz durante 3 s (B) y 7 vibrados a 15 Hz durante 5 s (C), realizando 1, 2 o 3 vibraciones consecutivas con un descanso de 3 s. Se representan marcados en rojo en la Tabla 1. Las grabaciones de alta velocidad se realizaron con una cámara Casio EXF1 ([www.exilim.com](http://www.exilim.com)) a 300 fotogramas por segundo y una resolución de 512 x 384 píxeles.

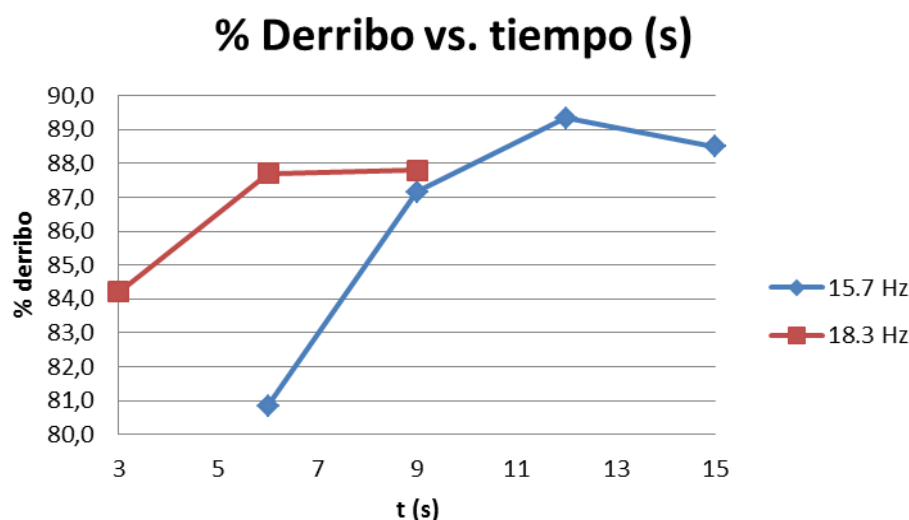
Para la comparación de los datos registrados en las grabaciones con los datos de campo, se presenta también en este estudio la evaluación del porcentaje de derribo en función del tiempo con los datos de los frutos recolectados en campo. Para ello, se recogió y pesó para cada árbol del estudio la aceituna que había caído antes de la vibración de forma natural, la aceituna derribada mecánicamente con la vibración y la aceituna dejada en el árbol después de la vibración.

### **Resultados y Discusión**

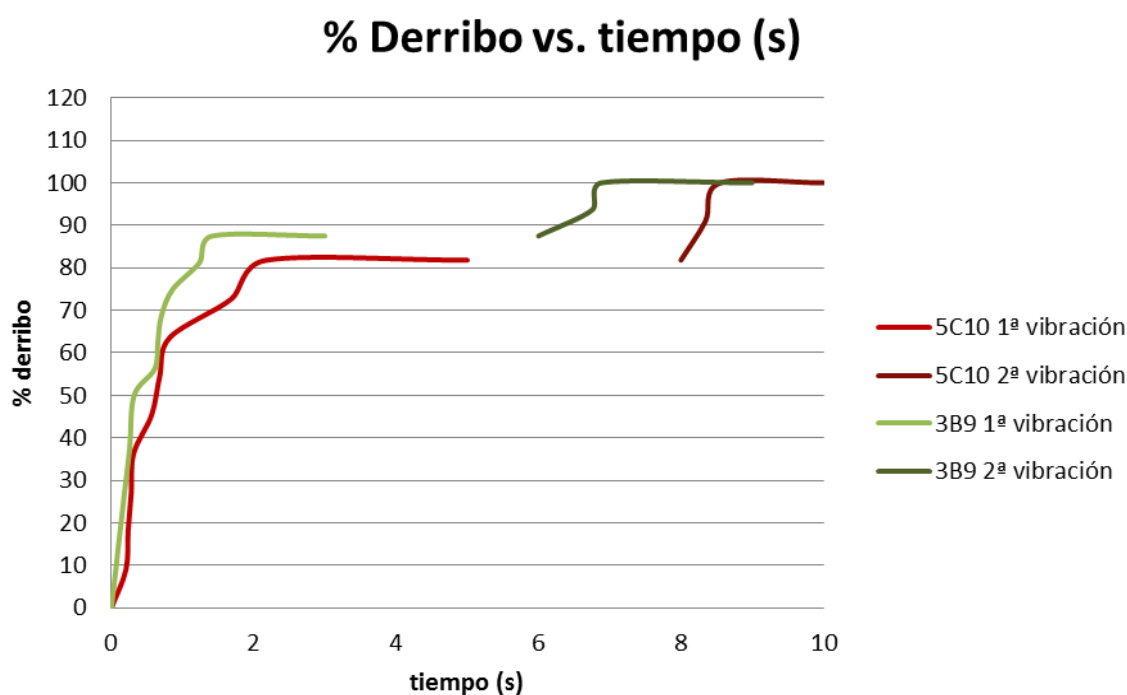
Los resultados de frutos recogidos en campo mostraron, 10,41 kg/árbol (13,0 %) como valor medio de los frutos caídos antes de la recolección, 56,8 kg/árbol (70,7 %) como valor medio de fruta derribada mecánicamente con la vibración y 13,1 kg/árbol (16,3 %) como la aceituna dejada en el árbol después de la vibración.

La Figura 1 muestra la relación con datos de campo del porcentaje de derribo con el tiempo de vibrado, para las dos frecuencias empleadas.

Como para el estudio de las grabaciones, las ramas fueron escogidas por su buena transmisión de la vibración, ramas verticales hacía arriba, solo en dos casos fue necesaria una segunda vibración para el desprendimiento de todos los frutos. En ambos casos la fruta no desprendida, cayó rápidamente al inicio de la segunda vibración, Figura 2.



**Figura 1.** Relación entre el porcentaje de derribo acumulado medido en campo y el tiempo de vibración, para las dos frecuencias de vibración utilizadas.



**Figura 2.** Porcentaje de derribo acumulado (%) a lo largo del tiempo, para los árboles 5 del tratamiento C (5C) y 3 del tratamiento B (3B), vibrados durante 5 y 3 segundos en una primera vibración y posteriormente, después de 3 segundos de espera, una segunda vibración.

En todos los casos, menos en uno, se produjo el desprendimiento del 80% de los frutos antes de 1 s, con una media de 0,77 s, Figura 3. Y una media de 1,28 s para el desprendimiento del 100%.

La evolución del porcentaje de desprendimiento en función del tiempo, hasta alcanzar el 100%, se ajusta a una curva multiplicativa del tipo  $y=k \cdot x^a$ , con un  $R^2$  medio de 99,4 % y error absoluto medio 0,73, Figura 4. Este resultado está en línea con el encontrado por Leone *et al.* (2015) en el que mostraban un ajuste sigmoideal del derribo de las olivas del árbol.

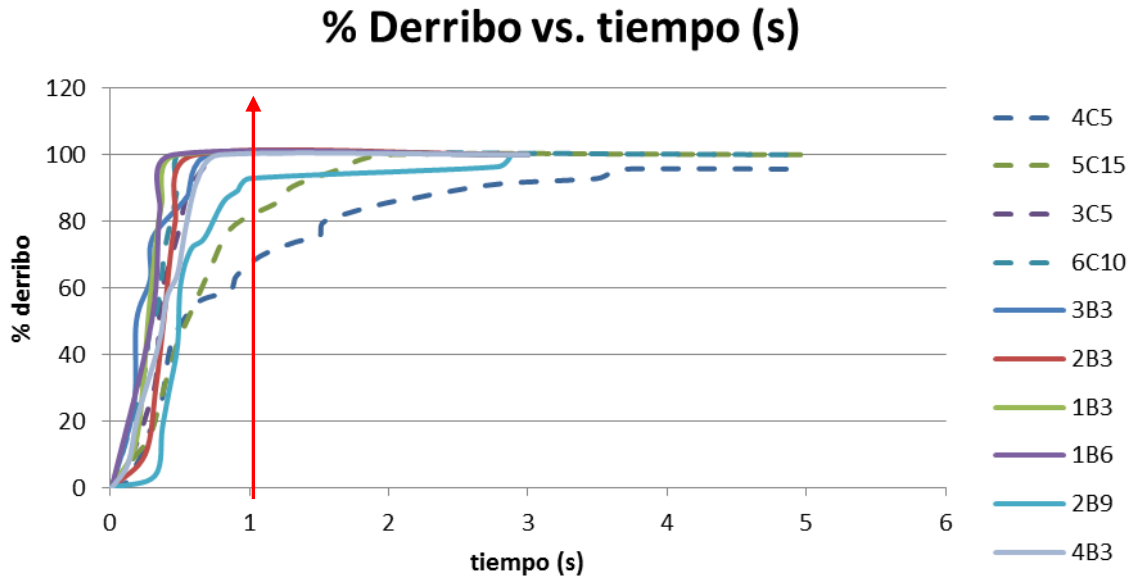


Figura 3. Porcentaje de derribo acumulado (%) a lo largo del tiempo, para los distintos árboles, frecuencias C (15 Hz) y B (20 Hz).

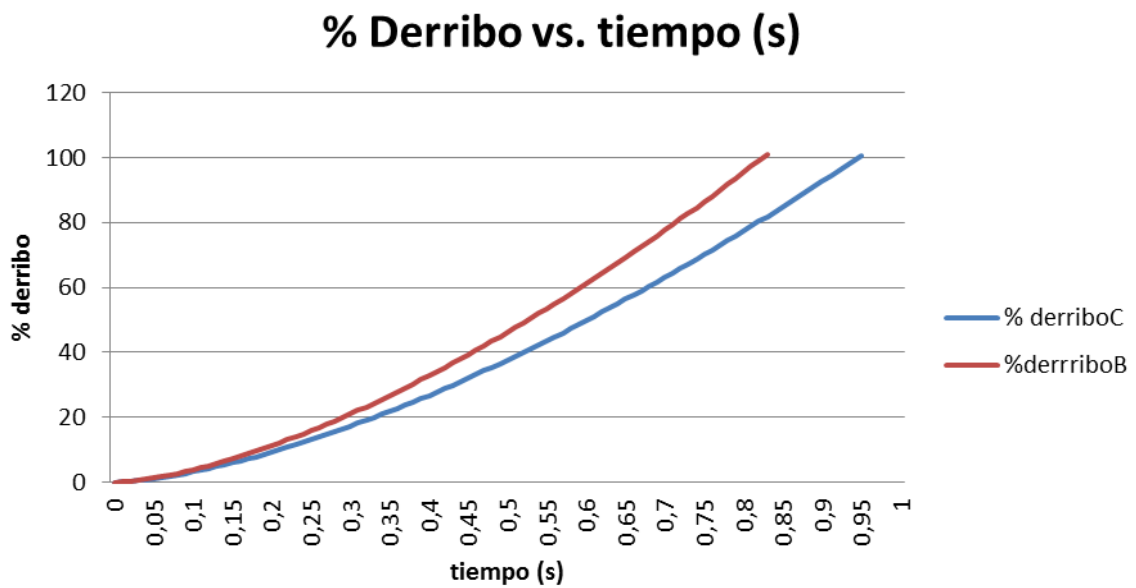


Figura 4. Curvas de ajuste multiplicativo hasta alcanzar el 100% de derribo, con los valores medios de "k" y "a" ( $y=k \cdot x^a$ ) para la vibración C (15 Hz) y B (20 Hz).

A pesar de que se observa un crecimiento más acelerado del porcentaje de derribo con el tiempo para la vibración B (20 Hz) que para la C (15 Hz), no se pudieron encontrar diferencias significativas entre los valores de los dos tipos de vibración, Tabla 2.

Tabla 2. Coeficientes k y a de las curvas  $y=k \cdot x^a$  para los dos tratamientos.

		k	a
C (15 Hz)	Media	4,690 <sup>a</sup>	1,530 <sup>b</sup>
	SD	0,651	0,025
B (20 Hz)	Media	4,902 <sup>a</sup>	1,541 <sup>b</sup>
	SD	0,380	0,014

Letras iguales indican que no existen diferencias significativas.

## **Conclusiones**

El estudio de los videos de alta velocidad de la vibración de las ramas se puede utilizar para evaluar la evolución del derribo de frutos frente al tiempo.

La evolución temporal del desprendimiento de las olivas de las ramas verticales de la parte superior del árbol se produce de forma no lineal, siguiendo una curva multiplicativa hasta alcanzar el 100% de derribo.

El tiempo de derribo, en las ramas verticales de la parte superior del árbol, es bastante inferior al tiempo total de vibrado, por la buena transmisión de la vibración que se produce hacia estas ramas.

## **Bibliografía**

- Agrela, F., Gil, J., Plá, F., Blanco, G.L., Agüera, J., 2001. Análisis del tiempo de vibrado en olivar. I Congreso Nacional de Ingeniería para la Agricultura y el Medio Rural. Valencia (España).
- 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., Castro-García, S., 2009. Effects of trunk shaker duration and repetitions on removal efficiency for the harvesting of oil olives. *Applied Engineering in Agriculture*. 25(3), 329-334
- Kouraba, K., 2005. Análisis del tiempo de vibrado en el derribo de aceituna mediante vibradores de troncos. Tesis doctoral universidad de Córdoba. 182 pp.
- Leone, A., Romaniello, R., Tamborrino, A., Catalano, P., Pero, G., 2015. Identification of vibration frequency, acceleration, and duration for efficient olive harvesting using a trunk shaker. *Transactions of the ASABE* 58(1), 19-26
- Mateev, L.M., Kostadinov, G.D., 2004. Probabilistic model of fruit removal during vibratory morello harvesting. *Biosystems Engineering* 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.
- Torregrosa A., Paz S., Sanz J., Ortiz C., 2013. Tiempo óptimo de vibrado para el derribo de aceitunas Villalonga con un vibrador de masas de inercia. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid 26-29 Agosto 2013. 6 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.