

NUEVOS ENSAYOS DE TIEMPO ÓPTIMO DE VIBRADO PARA EL DERRIBO DE ACEITUNAS ‘VILLALONGA’.

Paz S.¹, Torregrosa A²., Ortiz C.²

¹Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

²Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria

1. Introducción

Esta campaña se continúa con los ensayos realizados en 2012 y complementados con los de Enguera (2013) en ‘Blanqueta’ y Viver (2014) en ‘Serrana de Espadán’. En el año 2013 no hubo cosecha significativa en Moncada (IVIA).

Además de repetir el ensayo de tiempos de vibración a intervalos de 5 s y con la frecuencia teórica de 15 Hz (C), se han planteado otros dos ensayos:

- Uno de con vibraciones de 3 s de duración cada una, para que sea similar al de Viver y como justificación al hecho de que en los primeros 3 s cae la mayor parte de la fruta, con la misma frecuencia teórica de 15 Hz (A) desarrollo.
- Otro con esta duración de 3 s por cada vibración singular, pero con una frecuencia teórica más alta, 20 Hz (B).

También se han filmado ramas altas de casi todos los árboles, a 300 fps, para intentar obtener la curva de derribo en función del tiempo.

2. Materiales 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). El arbolado está preparado para la recolección mecanizado con vibrador de troncos, de manera que se respeta su hábito de crecimiento natural y se dejan copas lo más erguidas posible (foto 1), formando los olivos desde jóvenes hacia una estructura más tendente a la verticalidad que a formas globosas.



Foto 1. Árbol de estructura vertical

La parcela de ensayo (foto 2) seleccionada está cultivada con olivos de la variedad 'Villalonga', con un marco de plantación de 6 x 7 m, que ocupa una superficie de 6262 m², 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 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 0.7 m.

Previamente a los ensayos de derribo, se recogió y pesó la aceituna que había caído de forma natural, a continuación se vibraron todas las sacudidas correspondientes a cada árbol y se pesaron las aceitunas derribadas, posteriormente se apuraron los árboles.

La tabla 1 muestra resumidamente los ensayos realizados.

Tabla 1. Resumen de los ensayos realizados.

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



Foto 2. Parcela de ensayo.

2.1. Material vegetal

El arbolado presenta un gran desarrollo con una altura media próxima a los 5 metros, oscilando entre los 380 y 540 centímetros, con unos volúmenes de copa entre los 19 a 84 m³.

Los árboles ensayados presentaban las siguientes dimensiones medias:

- Altura total del árbol: 477 cm
- Sección de tronco: 342.81 cm²

- Volumen copa: 47.03 m³

El volumen de copa se ha obtenido equiparándola a un cilindro. El equivalente teórico por hectárea de superficie (al marco de 6 x 7 m) se situaría en 11193 m³/ha, cercano a los 12 a 15000 m³/ha en regadío que se pueden alcanzar en árboles adultos; la diferencia de edades entre árboles provoca que no se haya llegado todavía a este máximo.

La producción media por árbol de todos los tratamientos ha sido 80.31 kg, de los que 10.43 kg corresponden a suelo (recogidas del suelo tras caída natural), 56.78 han sido derribados mediante el vibrador en los distintos tratamientos y 13.1 kg de media se han recolectado manualmente (apurado) después de aplicar las vibraciones. Como se aprecia las producciones han sido muy elevadas, en buena parte gracias al desarrollo arbóreo y en parte a la escasez del año anterior. El equivalente productivo por hectárea, con una densidad de 238 olivos, sería el siguiente:

- Producción vibrada: 13513 kg/ha
 - Producción apurada: 3118 kg/ha
 - Producción suelo: 2482 kg/ha
- Producción total:* 19113 kg/ha

2.2. Caracterización de las vibraciones

El motor del tractor funcionó a distintas frecuencias reales: 15.5 Hz para el ensayo C, 15.7 Hz para el A y 18.3 para el B (tabla 2). El desplazamiento u oscilación del tronco en el punto de medición fue de 1.3 cm para el ensayo C, 0.9 para el A y 2.2 para el B, todos por debajo de los 25 mm medidos en el IVIA en 2012.

Tabla 2. Resumen de las principales características de las vibraciones aplicadas.

árbol	Frec. teórica Hz	Frec. real Hz	Despl cm	x rms ms ⁻²	y rms ms ⁻²	x pico ms ⁻²	y pico ms ⁻²	Medida movimiento
1C10	15	15.5	1.3 (tronco)	39	42	56	62	2 acelerómetros, 10 mV / (ms ⁻²)
1B9	20	18.3	0.9 (tronco)	41	-	62	-	2 acelerómetros, 10 mV / (ms ⁻²)
3A15	15	15.7	2.2 (pinza)			107		grabación video 300 fps

3. Análisis de los resultados

3.1. Porcentaje de derribo en función del tiempo de vibrado.

Dado los ensayos planteados en que se han utilizado dos frecuencias teóricas y dos tiempos de vibración elemental diferentes, analizaremos cada situación por separado.

3.1.1. Caso C, frecuencia 15.5 Hz y sacudidas de 5 s cada una.

Esta es la misma experiencia que se llevó a cabo en 2012. Como se puede apreciar en la tabla 3, en el año 2014 los porcentajes de derribo han sido notablemente inferiores a los del año 2012 ¿cuál ha sido la causa? Se nos ocurre que pueda ser debido a un mayor tamaño de los árboles, o incluso a

que el vibrador se ha sujetado en 2014 a mayor altura que en 2012, 70 cm y 50 cm, respectivamente para 2014 y 2012. Estos resultados no han sido los esperados, y de hecho, en 2014 no se planificó el ensayo de 20 s de duración, porque a la vista de lo ocurrido en 2012, no era necesaria una vibración tan prolongada. Si observamos la figura 1, las curvas son paralelas, pero desplazadas entre sí. Si eliminamos dos datos anómalos (excesivamente bajos) de los casos de 5 y 10 s, vemos como a partir de los 10 s de duración, ya no mejora el derribo en 2014.

Tabla 3. Porcentaje de derribo en función del tiempo de vibración, caso C, y comparación con 2012

t, s	acumulado, %		
	2012	2014	2014 sin datos anómalos
5	87	67	73
10	96	79	84
15	98	83	83.2
20	99		

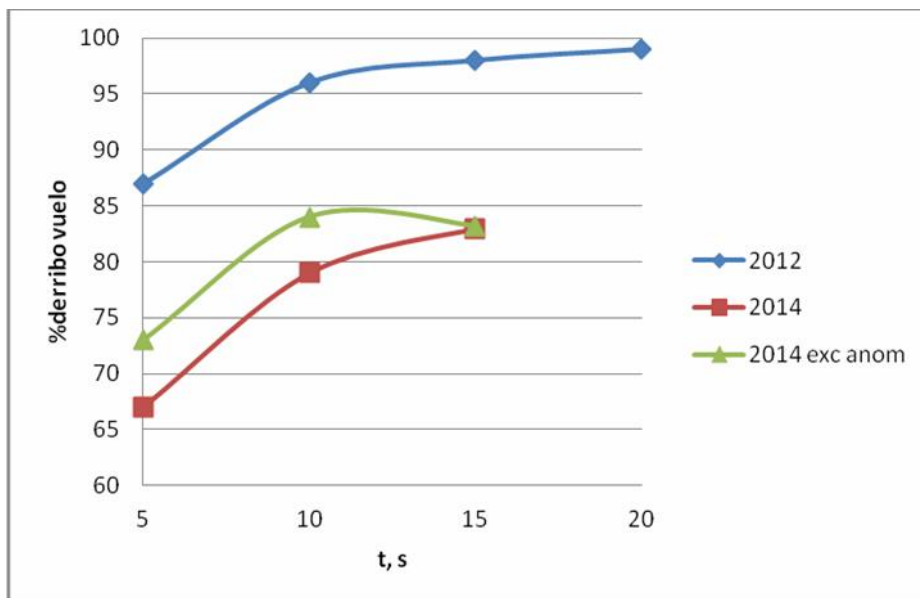


Figura 1. Porcentajes de derribo para los ensayos de 15 Hz y sacudidas de 5 s en 2012 y 2014.

3.1.2. Caso A, frecuencia 15.7 Hz y sacudidas de 3 s cada una.

Puesto que en los videos parece que los frutos se desprendan en los primeros 3 s, se decidió realizar este experimento en el que las sacudidas se limitaron a 3 s. Se partió de 2 sacudidas para que los porcentajes de derribo no fueran demasiado bajos. Se puede apreciar (figura 2) que a partir de la tercera sacudida (9 s) ya no mejoró sustancialmente el porcentaje de derribo, lo cual está en concordancia con lo visto en 2012.

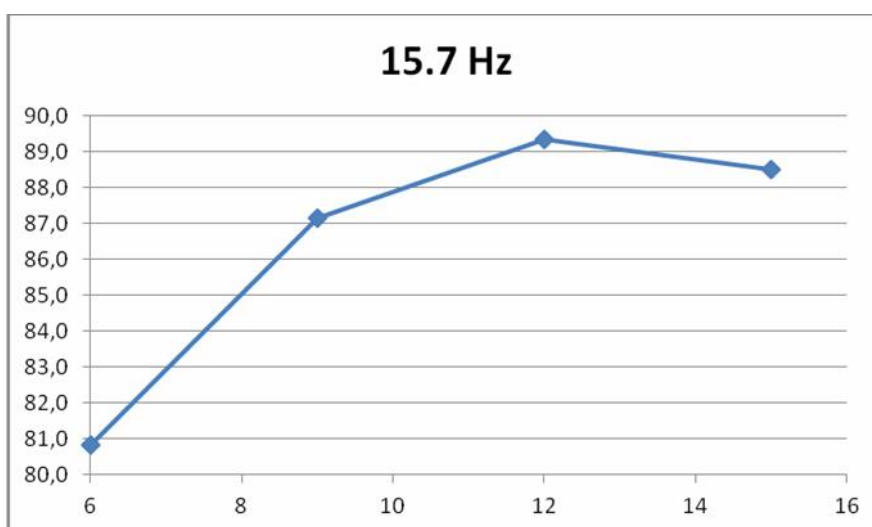


Figura 2. Porcentajes de derribo para los ensayos de 15 Hz y sacudidas de 3 s.

3.1.3. Comparación de todos los ensayos realizados a 15-16 Hz.

Si observamos las curvas de derribo en función del tiempo, vemos que entre los 10-15 s se alcanza prácticamente el máximo derribo (figura 3), y también llama la atención que los ensayos de 3 s de duración desprendieron (aparentemente, pues no hay suficientes evidencias estadísticas) más aceitunas que los de 5 s, ello posiblemente se deba a los transitorios de arranque y parada de cada vibración, en los que es conocido que se producen unos mayores desplazamientos, que a su vez repercuten en unas fuerzas superiores capaces de derribar algunos frutos que se encuentran en el límite de su resistencia a la abscisión (figura 4).

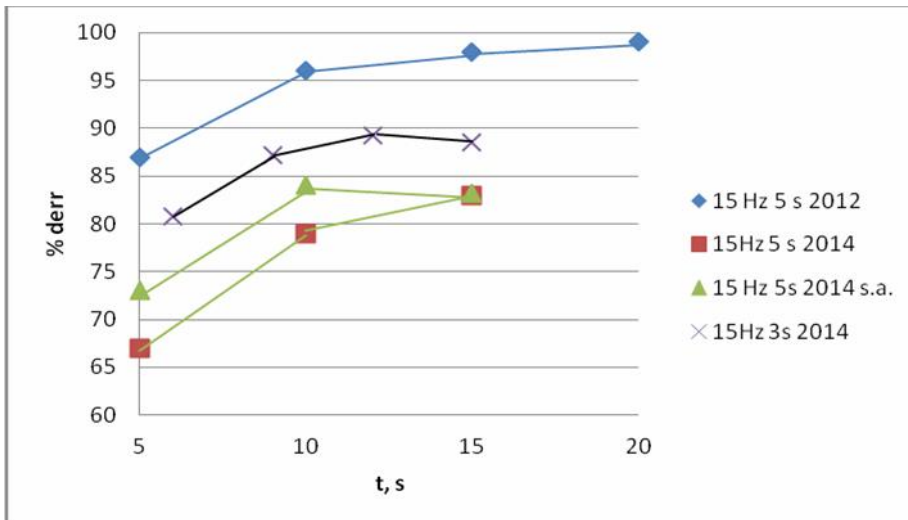


Figura 3. Porcentajes de derribo para todos los ensayos de 15-16 Hz.

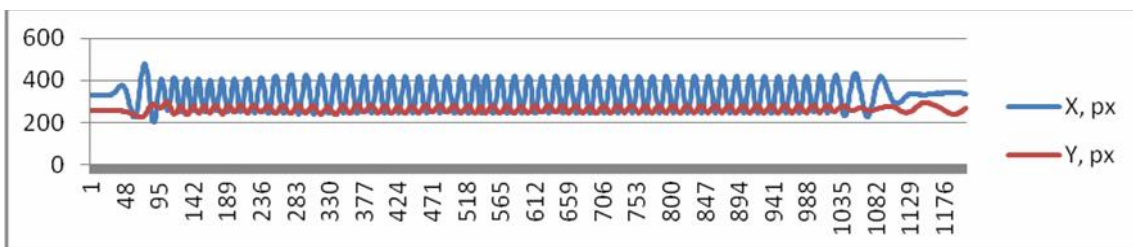


Figura 4. Diagrama de los desplazamientos de los acelerómetros registrados en el árbol 3A15. Se aprecia claramente el mayor desplazamiento en el arranque y otro pico, no tan grande, en la finalización de la vibración.

3.1.4. Caso B, vibración a 20 Hz nominales (18.3 Hz) reales.

En este caso la eficacia del derribo fue claramente superior a los ensayos realizados a la frecuencia inferior. Puesto que se realizaron sacudidas de 3 s, conviene comparar los resultados con los del caso A (figura 5). Se aprecia que en este ensayo, a los 6 s (dos sacudidas) ya se había alcanzado el porcentaje máximo cercano al 88 %, no obstante, y pese a ser una vibración más energética que la producida a 15 Hz, los valores alcanzados no fueron tan elevados como en 2012.

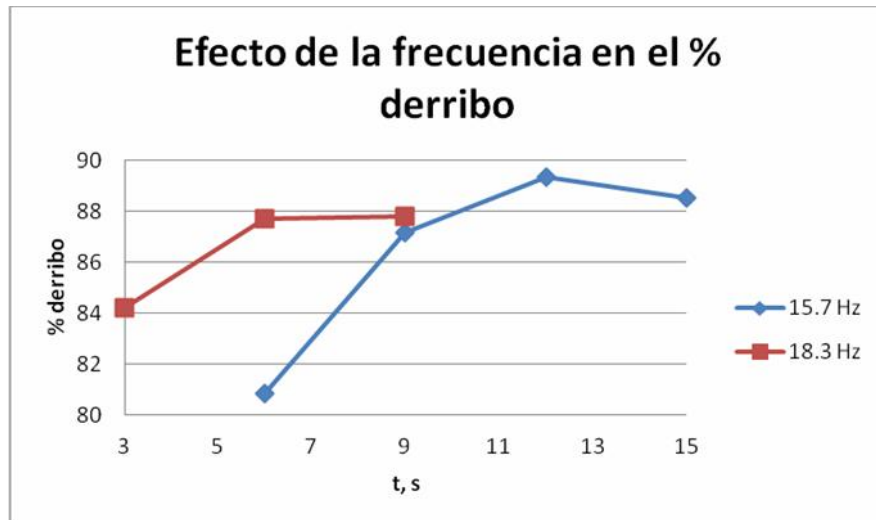


Figura 5. Porcentajes de derribo en función de la frecuencia y del tiempo, para los ensayos con sacudidas de 3 s cada una.

3.1.5. Porcentajes de derribo: todos los casos

En La figura 6 se resumen todos los ensayos realizados en los olivos del IVIA. Se aprecia que en ningún caso es necesario pasar de los 12 s de vibración acumulada.

El año 2012, las condiciones debieron ser más favorables, pues con una frecuencia de 15 Hz se alcanzaron los mayores porcentajes de derribo.

Cuando se aumenta la frecuencia de 15.7 a 18.3 Hz, se puede reducir el tiempo de vibración de 12 s a tan sólo 6 s sin perder eficacia.

Un mismo tiempo acumulado de vibración, aplicado mediante varias vibraciones cortas, de 3 s cada una, fue más efectivo que aplicándolo con vibraciones más largas de 5 s.

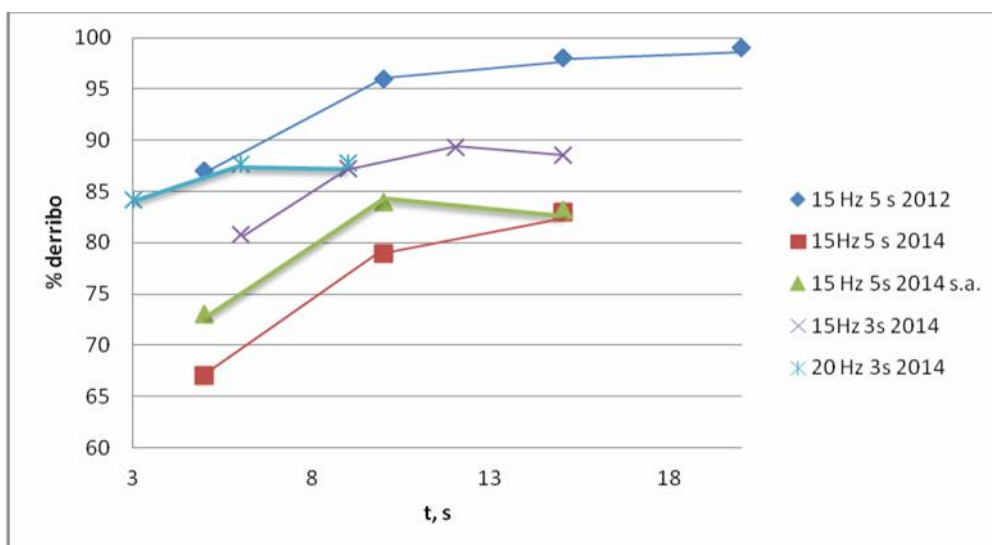


Figura 6. Porcentajes de derribo para todos los ensayos del IVIA.

3.1.6. Efecto de la producción de los árboles en el porcentaje de derribo.

Se ha podido comprobar que cuanto mayor fue la producción total de los árboles en 2014, menor fue el porcentaje de derribo. Una mayor producción (foto 3), quizá se pueda asociar con un mayor tamaño de árbol, y es posible que este vibrador ya se encuentre en el límite de potencia recomendada para estos árboles.

Se buscó una relación entre ambas variables, considerando el conjunto de los árboles vibrados en 2014, y se obtuvo una correlación negativa muy clara entre ellas (figura 7)

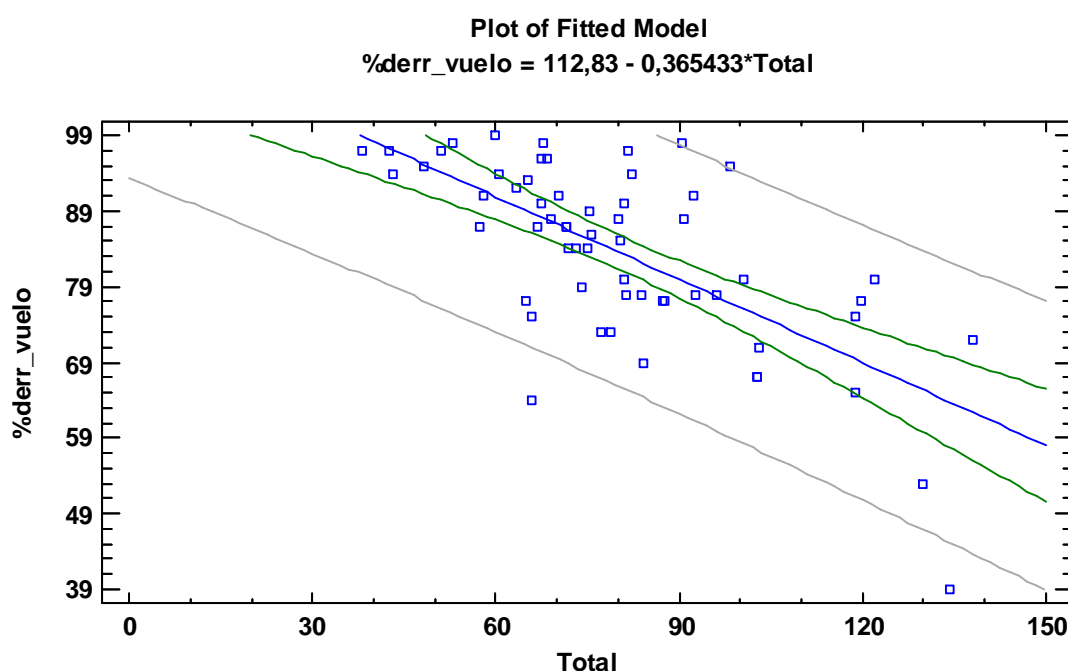


Figura 7. Ecuación de regresión lineal entre el porcentaje de derribo en 2014 y la producción total del árbol (kg).

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

Al igual que en los otros ensayos anteriores los daños podemos afirmar que no ha habido daños significativos, tan sólo un ligero despellejado en uno de los árboles (foto 4) que presentaba un antigua herida de grandes dimensiones que al cicatrizar ha deformado la sección circular del tronco.

5. Conclusiones.

Según los datos recogidos en los ensayos realizados en esta parcela tanto en 2012 como en 2014, podemos establecer que el tiempo óptimo de vibrado para la recolección de 'Villalonga':

- En la campaña 2014 ha sido necesario un aumento de la frecuencia llegando próxima a 20 Hz para conseguir mayores porcentajes de derribo, siendo en todo caso estos inferiores a los logrados en 2012.

- Se han obtenido porcentajes de derribo similares con una frecuencia de 18.3 Hz a tan sólo 6 s, que con vibraciones de 12 s a 15 .7.
- Cada año, incluso dentro de la misma campaña, es necesaria ajustar la frecuencia al momento de la recolección para conseguir el mayor derribo de frutos.
- Para el mismo tiempo acumulado de vibración, son más efectivas las vibraciones de 3 s que las de 5 s
- Es preferible reducir tiempo de vibrado y aumentar repeticiones, pues los transitorios de arranque y parada de cada vibración es cuando se produce mayor caída de frutos.
- En ningún caso es necesario sobrepasar los 12 s de vibración acumulada.
- Una vez más se ha evidenciado que los árboles mal estructurados con ramas abiertas o péndulas (favorecido por el peso de una excesiva cosecha) son los que han dado porcentajes de derribo más bajos.