

TIEMPO ÓPTIMO DE VIBRADO PARA EL DERRIBO DE ACEITUNAS ‘SERRANA DE ESPADÁN’ CON UN VIBRADOR DE MASAS DE INERCIA

Paz S.¹, Torregrosa A.², Ortiz C.²

¹Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias

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

Introducción

Durante la campaña 2014 se han reproducido en Viver (Castellón) los ensayos realizados en 2013 en Enguera y 2012 en Moncada (Valencia) sobre las variedades ‘Blanqueta’ y ‘Villalonga’ respectivamente, relativos al tiempo óptimo de vibración para el derribo de aceitunas. Este nuevo ensayo se ha centrado en la variedad ‘Serrana de Espadán’, veremos cómo se ajustan los tiempos y secuencias de vibrado para una recolección óptima.

Se ha planteado un experimento consistente en analizar el derribo de aceitunas mediante la aplicación, a una frecuencia constante, de 4 tiempos de vibración a partir de intervalos de 3 s. Los tratamientos han sido:

T1: 3 s

T2: 3 + 3 s

T3: 3+ 3 + 3 s

T4: 3 + 3 + 3 + 3s

Recordemos que en los años anteriores se utilizaron intervalos de 5 s, pero se pudo apreciar en los videos, y se sabía por otros ensayos, que la mayor parte de los frutos caían en los primeros 3 s de cada vibración. Por otra parte, el tractorista nos comentó que había sufrido en una ocasión una avería en su equipo y le recomendaron no usar vibraciones continuas de más de 3 s.

El ensayo se ha realizado en una parcela tradicional de ‘Serrana’, dominante en la comarca del Alto Palancia, y que podríamos catalogar como representativa de la zona. Los olivos presentan copas de forma más o menos globosa forzadas por la poda, que no facilita la transmisión de la vibración, aunque los más jóvenes sí que tienen una estructura tendente a la verticalidad.

La variedad ‘Serrana de Espadán’ es la cuarta en importancia en la Comunidad Valenciana con algo más de 11000 ha, muy extendida en el valle del Palancia y en menor medida al norte de Valencia y Castellón; también es muy cultivada al sur de Tarragona donde recibe el nombre de ‘Sevillenca’.

Materiales y métodos

Los olivos tienen unas edades muy variables -fruto de sucesivas replantaciones- comprendidas entre los 10 y los 60 años (aproximadamente) plantados a un marco irregular con unas distancias entre troncos de árboles de unos 6 metros, si bien, en determinadas zonas de la parcela el doblado del olivo estrecha en exceso el marco de plantación.

Los bancales son bastante llanos, sin laboreo, con un control de las malas hierbas mediante siega mecánica en la calle y con herbicida en la línea, dotados de riego localizado desde el año 2009.

La altura media de los árboles oscila entre los 3.3 y los 4.4 m, y la de la cruz, está comprendida entre los 0.5 y 1.1 m. Los volúmenes de copa oscilan entre los 22 y los 89 m³, midiendo los diámetros de tronco entre 16 y 39 cm.

- Altura total del árbol: 367.63 cm
- Sección de tronco: 440.57 cm²
- Volumen copa: 40.05 m³

El volumen de copa se ha obtenido equiparándola a un cilindro. El equivalente teórico por hectárea de superficie (estimando un marco de plantación regular de 6 x 6 m) se situaría en 11134 m³/ha, muy próximo a los 12000 a 15000 m³/ha en regadío que se pueden alcanzar en condiciones óptimas en árboles adultos. Sin duda alguna una poda más adecuada para la recolección mecanizada con vibrador de troncos, conseguiría árboles de porte más vertical y de mayor volumen, que redundaría en una mayor producción. Además cabe acentuar que esta variedad tiene *per se* un porte y hábitos de crecimiento verticales, que favorece esta forma de cultivo.

Dada la escasa caída natural de la 'Serrana' se decidió no cubrir el suelo bajo los árboles con mantas, como en años anteriores, sino recoger la aceituna caída de forma natural mediante rodillo de pinchos para poder pesarlas.

La aceituna vibrada y recepcionada por el paraguas invertido y la tolva bajo el mismo se vaciaba en mantas (foto 1), pasándola a cajones para su pesado. Posteriormente se procedía al apurado manual y con equipos de vibrado individuales.



Foto 1. Descarga de la aceituna derribada en lonas para su posterior pesado.



Foto 2. Apurado de los árboles vibrados.

La producción media por árbol ha sido de 41.51 kg, de los que 2.34 kg corresponden a suelo, 29.14 han sido derribados mediante el vibrador en los distintos tratamientos, y 10.04 kg de media se han apurado después de aplicar las vibraciones. El índice de madurez medio se ha situado en 3.12 (escala de 0-7) siendo el peso medio por fruto de 2.03 gramos. El equivalente productivo por hectárea, con una densidad de 278 olivos, sería el siguiente:

Producción vibrada:	8100 kg/ha
Producción apurada:	2791 kg/ha
Producción suelo:	650 kg/ha
<i>Producción total:</i>	<i>11540 kg/ha</i>

El equipo recolector estaba formado por un tractor John Deere 6320 (88 kW) provisto de un vibrador marca Topavi con pinza de dos puntos de agarre y dos motores hidráulicos, uno en cada brazo del vibrador (fotos 3). El vibrador con paraguas, que es de uso mixto, almendra y aceituna, está montado en la parte frontal del tractor acoplado en los brazos de una pala cargadora Tenias Serie 300, el depósito de aceite con las bombas está enganchado en el tripuntal posterior (foto 4).



Foto 3. Vista de las pinzas del vibrador.



Foto 4. Tractor y vibrador, vista lateral trasera.

Caracterización de la vibración

El motor del tractor funcionó a 2100 rev/min, observándose a nivel del tronco, a 0.6 m del suelo, una frecuencia 31 Hz y una aceleración eficaz del orden de los 143 ms^{-2} , es decir, fue el doble de las conseguidas en Enguera (70 ms^{-2}) e IVIA los años anteriores (77 ms^{-2}).

El desplazamiento u oscilación del tronco en el punto de medición fue de 9-10 mm, similar a los 11 mm pico-pico a 0.3 m de altura del suelo de Enguera y del orden de la mitad de los 25 mm observados en el IVIA en 2012, pero medidos a 0.9 m de altura.

Análisis de los resultados

1. Relación entre el porcentaje de derribo y la duración de la vibración

El porcentaje de derribo fue creciente con el tiempo de vibración, sin observarse una forma final plana, con lo que desconocemos el límite que habríamos podido alcanzar. Los datos se recogen en la tabla 1 y en la figura 1.

El porcentaje de derribo sobre el vuelo con una vibración de 3 s fue del 68%, muy parecida a la alcanzada el año anterior (69%) en 'Blanqueta' con 5 s. En cambio, con la segunda vibración, sólo se aumentó el derribo al 70%, la tercera vibración ya subió los valores un escalón más, alcanzando el 81%, y con la cuarta también se produjo un salto importante alcanzando el 88%, valor más alto que el registrado en 'Blanqueta' con 20 s, pero más bajo que los valores alcanzados con 'Villalonga' para los mismos intervalos.

Tabla 1. Datos estadísticos del porcentaje de derribo sobre 'vuelo'

Tiempo (s)	Repeticiones	Media	Desv. típica	Coef. de variación %	Mínimo	Máximo
3	8	68	3.8	13.5	62	73
6	7	70	4.1	13.1	64	75
9	8	81	3.8	14	75	86
12	7	88	4.1	4.7	82	93
Total	30	76				

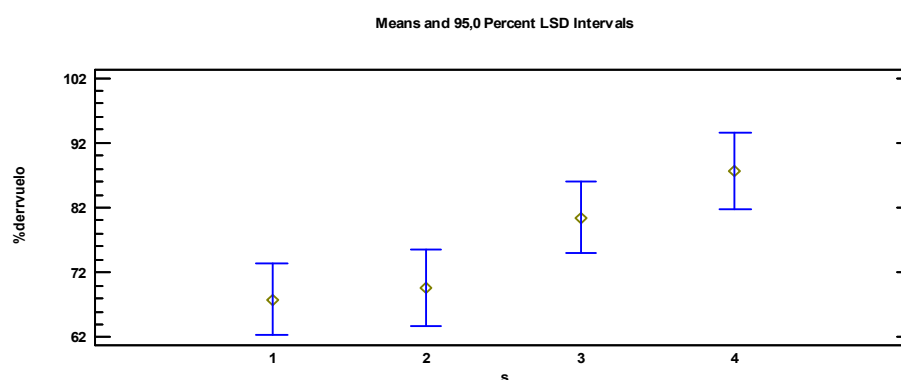


Figura 1. Dispersión de los porcentajes de derribo en función del tiempo de vibración.

En los dos años anteriores, se observó que con 2 vibraciones de 5 s fue suficiente para derribar casi toda la aceituna susceptible de ser derribada, siendo totalmente inútil prolongar la vibración, pero en este caso, con vibraciones más cortas (3 s) han sido

necesarias 4 vibraciones para obtener altos porcentajes de derribo, y hubiera sido deseable hacer una quinta vibración para ver si ya se estaban alcanzando los límites.

Si analizamos los resultados en relación a la producción total, es decir, incluyendo la fruta caída de forma natural antes del vibrado, en el primer tratamiento experimental (T1) se recolectó el 63.58% de los frutos totales del árbol, en el T2 el 65.56%, con un salto cuantitativo importante en el T3 al llegar al 72.53% y en el T4 con el 83.07%, unos coeficientes de variación moderados o bajos en T4 (Tabla2). Si comparamos con el ensayo de 2013 en ‘Blanqueta’ y ‘Villalonga’ 2012(con tiempos de vibrado de 5s) vemos una mayor eficacia en todos los tratamientos T3 y T4, y menor en T1 y T2; ha de destacar la notable diferencia en cuanto a porcentaje de aceituna caída de ‘Serrana’, notablemente inferior a la de los ensayos anteriores, algo predecible para esta variedad, ayudado por la poca incidencia de ataque de mosca (*Bactrocera oleae* Gmel.) que no ha provocado una caída significativa de frutos.

Tabla 2. Datos estadísticos del porcentaje de derribo sobre el total

Tiempo (s)	Media Derribo, %	Desv. típica	Coef. de variación %	Suelo, %	Desv. típica	Coef. de variación %
T1	63.58	8.6	13.5	6.3	4.1	66
T2	65.56	8.6	13.1	5.8	3.3	58
T3	72.53	10.1	14	9.6	8.4	88
T4	83.07	3.9	4.7	5.2	2	39

A pesar que tanto esta parcela de ‘Serrana de Espadán’, como la de ‘Blanqueta’ en 2013 están en campos de cultivo tradicional, con una poda de formación y producción no adaptadas a la mecanización, los resultados de este año podríamos considerarlos bastante buenos. No obstante una poda enfocada hacia la mecanización no sólo mejoraría los mismos, sino que redundaría también en una mayor producción.

2. Relación entre el deshojado y la duración de la vibración

Se separaron las hojas derribadas de 13 de los árboles vibrados (3 repeticiones por tratamiento, salvo el caso de 3 s, con 4 repeticiones) para relacionar el derribo de hojas con la duración de la vibración. El resultado obtenido muestra que en la primera vibración de 3 s se desprendieron 0.75 kg/árbol de hojas, tras la segunda, la cifra se duplicó hasta alcanzar los 1.52 kg/árbol, mientras que los árboles con 3 vibraciones solo dieron 1.18 kg/árbol, menos que los de 2 vibraciones - debido probablemente a que los árboles no eran iguales- y por último, los de 4 vibraciones alcanzaron los 2.28 kg/árbol.

Se puede apreciar, que el ritmo de deshojado fue proporcional al tiempo de vibración. Si promediáramos los casos de 6 y 9 s como uno sólo de 7.5 s, obtendríamos una línea casi recta, creciente con el tiempo de vibrado. (figura 2).

En cualquier caso, incluso en los árboles de 4 vibraciones, la defoliación fue visualmente insignificante.

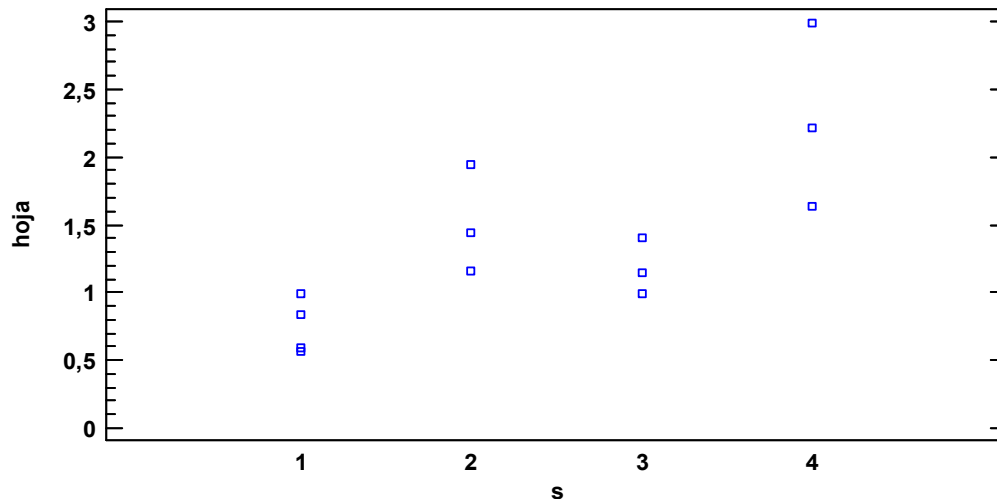


Figura 2. Deshojado en función de la duración de la vibración

3. Relación del porcentaje de derribo con otras variables

En la inspección visual de los árboles tras la vibración parecía apreciarse que aquellos árboles con más años, diámetro de tronco y a la vez ramas principales más horizontales, el derribo fue menor que en los jóvenes y con ramas erguidas.

Realizado un análisis de correlación múltiple, se observa que las siguientes variables presentan una correlación significativa (95% nivel de confianza) con el porcentaje de derribo (variable **%derrvuelo**):

- **s** (duración de la vibración, s)
- **total vuelo** (producción total presente en el árbol)
- **Per-Tron** (perímetro del tronco)
- **Volumen** (volumen de la copa)
- **Edad**

La primera variable (**s**) ya se ha analizado anteriormente, las otras, **Per-Tron**, **Volumen** y **Edad** están correlacionados. Se aprecia claramente como al aumentar el tamaño del árbol (volumen de la copa) disminuye el porcentaje de derribo. Lo mismo podemos decir de la edad, el perímetro del tronco y la producción total del árbol, pues las tres variables están relacionadas positivamente con el volumen del árbol, siendo la producción total la que menos lo está con el volumen de la copa

Se realizó un análisis de regresión múltiple paso a paso considerando las 4 variables anteriores quedando al final como única variable significativa el **Volumen** de la copa (figura 3).

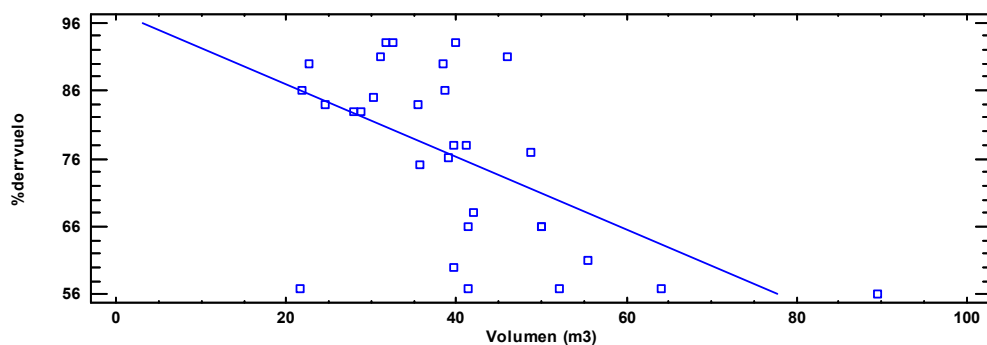


Figura 3. Relación entre las variables '%derrvuelo' y 'Volumen' de la copa.

3.1. Relación entre la fuerza de retención y el índice de madurez.

Llama la atención la baja relación existente entre el índice de madurez y el porcentaje de derribo de vuelo. Al aumentar la madurez, mejora el derribo, pero tímidamente. Lo mismo se observó en Enguera y Moncada los años anteriores.

3.2. Relación entre la fuerza de retención y el porcentaje de derribo

Tampoco hay evidencias estadísticamente significativas entre la fuerza de retención (FR) y el porcentaje de derribo, está claro que aumenta el derribo al disminuir dicha fuerza, pero de una forma poco acusada. Aquí sin duda influye que la aceitunas menos fuertes son las que caen al suelo antes de entrar a recolectar y por tanto no podemos contabilizar su FR. Lo mismo sucedió en Moncada y Enguera en años anteriores.

3.3. Relación entre el porcentaje de frutos caídos antes de la vibración y el porcentaje de derribo.

No se ha encontrado ninguna relación estadística clara entre el porcentaje de frutos recogidos del suelo y la eficacia del derribo, tan solo una tendencia a mejorar el derribo cuantos más frutos hay en el suelo, pero muy difusa.

4. Daños a la corteza de los troncos de los árboles

La pinza del vibrador no produjo ningún daño (descortezado) a los troncos de los árboles; tan sólo se ha observado la rotura de una rama principal de uno de los árboles, debido al deterioro por podredumbre interna (foto 5) a consecuencia de una poda defectuosa que le ocasionó la caries en el tronco.



Foto 5. Rotura de rama principal provocada por pobredumbre.

5. Deficiencias observadas en la parcela

Al igual que ocurrió en 2013 en Enguera, en esta parcela hay un número significativo de árboles con las cruces excesivamente bajas, que dificultan enormemente el pinzado del equipo recolector. El doblado ha originado un marco de plantación irregular y en algunas zonas excesivamente densas, que dificulta la mecanización del cultivo e incide negativamente en la producción, por la falta de luz. Como se ha indicado antes los olivos más viejos tienen troncos demasiados gruesos que disminuyen el porcentaje de derribo y que además no redundan en una mayor cosecha, por lo que se tendría que plantear su eliminación, pues debemos considerar sobradamente amortizada su plantación.

Por otro lado la tendencia a forzar el crecimiento natural del olivo (la ‘Serrana de Espadán’ es de porte erguido o vertical) mediante la poda, da lugar a árboles más abiertos o globosos con ramas insertadas en ángulo recto que transmiten peor la vibración y bajan la eficacia del derribo.

6. Conclusiones

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

- La frecuencia utilizada de 31 Hz fue suficientemente eficaz para derribar las aceitunas sin provocar un deshojado excesivo.
- La primera vibración de 3 s derribó el 68 % de los frutos, la segunda de 6 s apenas subió al 70 %, pero el salto cuantitativo se produjo en la de 9 s con un derribo del 81 %. Aunque el porcentaje de derribo fue en aumento con la duración de la vibración, no se alcanzó el techo de derribo para los intervalos ensayados, y aunque se sospecha que estuvimos cerca de los límites máximos de eficacia de derribo, pues se alcanzaron valores del 88 % a los 12 s, la tendencia de la curva aún era ascendente.

- El volumen de la copa fue la siguiente variable, que tras la duración, tuvo más influencia en el porcentaje de derribo, a mayor volumen de copa, menor fue la eficacia en el derribo. La explicación puede estar en que a mayor volumen, mayor diámetro de tronco y de copa, con lo que es necesaria más energía para su vibración, con una mayor longitud de las ramas, pero en horizontal (peor transmisión de la vibración), pues los agricultores tienen tendencia a podar limitando el crecimiento hacia arriba, y también, más interferencia de las ramas con el paraguas.
- El índice de madurez y la fuerza de retención, aunque parecen influir un poco en el porcentaje de derribo lo hacen de forma muy tenue, y no se observaron relaciones estadísticamente significativas.
- Tampoco se ha podido establecer una relación estadística clara entre la caída previa de fruto y la eficacia de derribo, tan solo una tendencia a mejorarlo cuantos más frutos haya en el suelo, pero muy difusa.
- El deshojado, aunque creciente con el tiempo de vibración, fue en todos los casos muy bajo, no apreciándose prácticamente ninguna rama defoliada.
- Una vez más se observó que la arquitectura arbórea influye de manera determinante en la eficacia del derribo.
- No se apreciaron daños a los árboles, no hubo descortezados, y las pocas ramas que se rompieron, se apreció que habían sufrido daños con anterioridad, quedando precariamente unidas al árbol.

Del trabajo realizado se deduce que a intervalos de 3 s es preciso realizar un tratamiento más como mínimo que con los 5 s de los años anteriores, para obtener unos resultados satisfactorios, siendo el arranque de la vibración de cada intervalo el momento en que más frutos se derriban.

Agradecimientos

A Francisco Mateu Ortiz, propietario de la parcela.

A la Cooperativa Oleícola Serrana del Palancia, Coop. de Viver

A Francisco Ribelles Lozano técnico de la Cooperativa de Viver

A Francisco Molina Alreus propietario del vibrador y a todos los operarios que ayudaron en las tareas de campo.

A Daniel Cabo Tapia y Gonzalo D. Gonzalo Sala Aguado del Servicio Desarrollo Tecnológico del IVIA.