

Estudio biométrico para determinar el centro de gravedad y la distribución de masa en olivos

Por: Ángel Gil Amores*, Juan Carlos Chico Gaytán**,
Francisco Jesús López Jiménez***

INTRODUCCIÓN

La mecanización del olivar es uno de las líneas de trabajo que está desarrollando el grupo de trabajo de Mecanización Agraria del Centro de Investigación y Formación Agraria de Córdoba, habiéndose detectado la necesidad de establecer unos criterios claros de ensayo y contrastación de los vibradores para obtener resultados extrapolables.

El Proyecto INIA-SC96-068 (ahora CAO97-008) sobre "Desarrollo de una metodología de ensayo de vibradores de árboles aplicable al olivar con vistas al establecimiento de criterios de selección, aplicación y evaluación técnico-económica", ha permitido obtener la caracterización de olivos para poder predecir su comportamiento bajo vibración forzada, estableciendo y midiendo los parámetros básicos del árbol para el diseño de postes de ensayo para vibradores, que sirvan en el futuro como guía a los agricultores en la elección de la maquinaria agrícola necesaria para la gestión de su empresa, al tiempo que los constructores y fabricantes dispongan de criterios suficientes en el diseño de equipos más avanzados y eficientes.

Desde mediados de la década de los setenta se vienen realizando estudios en Es-

paña relativos al uso de postes normalizados para realizar ensayos de vibradores, con el objetivo fundamental de disponer de pruebas comparables realizadas con distintos equipos, y como consecuencia de la imposibilidad de disponer de árboles con idénticas características estructurales, elásticas, mecánicas, etc., sin olvidar que las mismas pueden estar condicionadas por el estado fenológico del árbol o por las condiciones climáticas o medioambientales.

El aporte más significativo en este campo procede de los estudios realizados por Ortiz Cañavate et al., quienes en el año 1.980 realizaron una propuesta de normalización (ISO/TC 23/SC 16-1980) que por desgracia no pasó de mera propuesta, aunque realmente representa una gran aportación en este campo. Este proyecto de norma internacional preveía que el ensayo se realizara sobre un poste normalizado de base cuadrada y estudiaba en su desarrollo las variables más importantes que influyen en la vibración.

Quizás, el objetivo más interesante de esta propuesta radicaba en el intento de normalizar los sistemas de medidas para determinar las condiciones de trabajo de los vibradores (principalmente amplitud y frecuencia de la vibración en las direcciones principales), tanto en campo como en laboratorio.

Para las medidas de campo se proponía, como paso previo, determinar las condiciones generales de trabajo, indicando el marco de plantación, las condiciones del cultivo, y el tipo de árboles (forma y volumen de la copa, el diámetro medio del tronco y la

masa equivalente media). Estos factores se referían a olivos con 2 ó 3 ramas principales, un diámetro de unos 25 cm de tronco, un volumen medio alrededor de 80 dm³ y un peso medio del olivo próximo a los 150 Kg. Tanto en el dato del volumen como del peso, se consideró la zona del tronco situada por encima del punto de agarre de la pinza y las ramas principales.

Entre los trabajos posteriores al respecto, cabe citar los realizados por Barasona et al., con el diseño de un poste de acuerdo con la propuesta de norma antes citada, de la que detectaron una serie de deficiencias.

En el proyecto que sirve de base a este estudio, se prevé construir postes para ensayo a partir de tubos de acero o cilindros macizos de otros materiales menos rígidos con un diseño que simule, en la medida de lo posible el comportamiento del árbol en cuanto a masas, rigidez y amortiguamiento razonablemente próximos al de los olivos a ensayar.

A este respecto, la determinación de propiedades mecánicas como las frecuencias naturales, distribución de masas, módulos de elasticidad y rigidez, etc. caracterizaría el olivo y permitiría fijar adecuadamente el diseño de los postes, posibilitando la evaluación de su comportamiento ante impedancias mecánicas distintas, a diferente altura y, posiblemente, con alguna excentricidad.

OBJETIVOS

Este artículo se centra en la determinación y medida de la distribución de masas en olivos de diferentes características y ta-

(*) Doctor Ingeniero Agrónomo. Junta de Andalucía.

(**) Ingeniero Agrónomo. Unidad de Mecanización CIFA de Córdoba.

(***) Catedrático Dpto. Ingeniería Rural. Universidad de Córdoba.

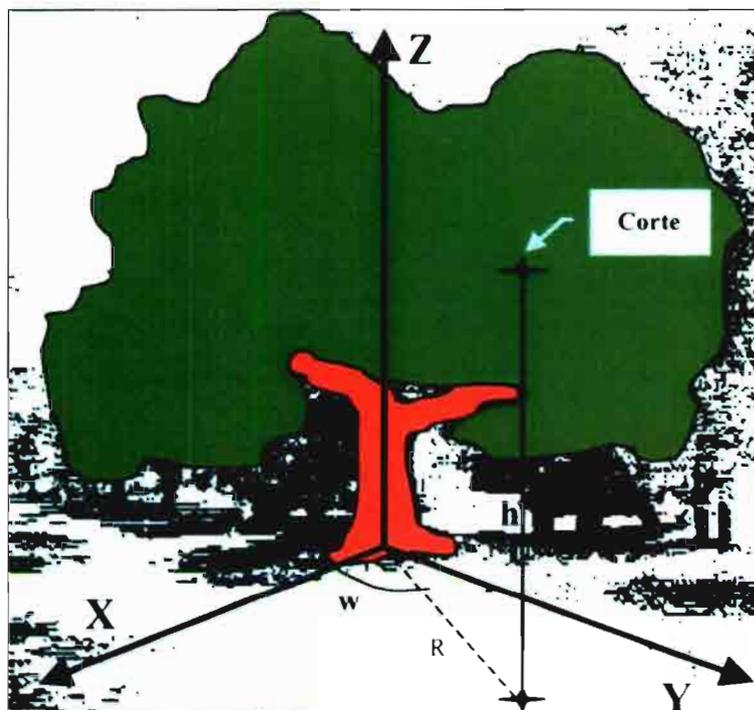


Fig. 1

maños, tratando de caracterizar biométricamente el olivo. Uno de los elementos más importantes para caracterizar la estructura del olivo ha sido estudiar y medir la distribución de la masa respecto al eje del tronco y al plano del suelo.

No obstante el objetivo principal del estudio es determinar la posición en el árbol de su centro de gravedad, lo que permitirá conocer el punto hipotético de un poste de ensayo donde se aplicaría una impedancia mecánica conocida, es decir, la masa total del árbol, y a una altura y con una excentricidad conocidas.

METODOLOGÍA

Hemos considerado que el vuelo de cada olivo está formado por capas concéntricas de ramas, que sucesivamente se van desgajando, y en las que es posible determinar

su peso, tamaño y situación, de tal manera que cada capa se corresponde con un nivel de corte.

Para ello, y para cada olivo, se han definido unas coordenadas locales consistentes en el radio (R) o longitud en proyección del corte de cada una de las capas con respecto al eje del tronco de los árboles medidos, el ángulo (w) respecto a un punto fijo y determinado, definido por la posición de un punto del perímetro del tronco y la altura del corte sobre el plano del suelo (h). En la Foto 1 se esquematizan las coordenadas consideradas y los datos fundamentales medidos.

Una vez anotadas las magnitudes fundamentales del olivo, es decir, diámetro del tronco y altura y diámetro del vuelo, se procedía al corte sucesivo de todas las ramas pertenecientes a un mismo nivel de corte o capa, para después medirlas y pesarlas, al

tiempo que se obtenían las coordenadas del punto de corte de cada rama.

Esta misma operación se realizaba sistemáticamente para todos los niveles de corte hasta llegar a las ramas principales y el tronco. El corte se realizaba con tijeras de poda o motosierra según el grosor de la rama en cuestión.

Se han estudiado 6 olivos, cuyos diámetros varían entre 25 y 35 centímetros de diámetro y cuya denominación recoge este dato, seguido de un cardinal que se corresponde con el asignado por el grupo de trabajo a una serie de olivos que se vienen estudiando desde hace tiempo. Hay que hacer notar que los olivos estudiados carecían de frutos, circunstancia esta que no desvirtúa los datos obtenidos ya que su masa es variable con el tiempo y relativamente pequeña respecto a la masa total del árbol.

El criterio seguido en la elección y determinación de cada uno de los niveles de corte existentes, se ha basado en el diámetro del punto de corte de cada rama, de tal manera que el primer corte se realizó en aquellos puntos con un diámetro aproximado de 2-3 centímetros o inferior, mientras que los niveles de corte siguientes siempre se realizaron para diámetros mayores, es decir, sobre aquellas ramas cuyos diámetros en el corte eran de hasta 5, 10 y 15 centímetros, aproximadamente.

En las fotografías siguientes puede observarse el estado del olivo 35-1 antes del primer nivel de corte y cuando sólo quedaban por cortar las dos ramas principales y el tronco.

Con los datos obtenidos quedaron determinadas las coordenadas polares de cada punto de corte, para posteriormente obtener las coordenadas cartesianas mediante la transformación:

$$X = R \cdot \text{sen } \omega \quad Y = R \cdot \text{cos } \omega \quad Z = h$$

Siendo **h** la altura del punto de corte, **R** la distancia del punto de corte al eje del tronco y ω el ángulo.



Mordaza de un vibrador al tronco de un olivo para el derribo mecánico de las aceitunas



$$X_g = \frac{\sum x_i m_i}{\sum m_i} = \frac{\sum r_i \text{ sen } \omega_i \times m_i}{\sum m_i}$$

$$Y_g = \frac{\sum y_i m_i}{\sum m_i} = \frac{\sum r_i \text{ cos } \omega_i \times m_i}{\sum m_i}$$

$$Z_g = \frac{\sum h_i m_i}{\sum m_i}$$

El cálculo del centro de gravedad y la masa asociada a cada nivel de corte viene dado directamente por las expresiones que a continuación reflejamos.

RESULTADOS

Con lo cual obtenemos las coordenadas del centro de gravedad de cada nivel o capa cortada y podemos estudiar su evolución con la altura o nivel de corte, de forma que se puede conocer la masa y su ubicación en función de la altura.

No obstante, conviene aquí señalar que en cálculo del centro de gravedad no se ha tenido en cuenta la inclinación, respecto al plano del suelo, de cada una de las ramas cortadas. Por estimaciones realizadas, se cometería una desviación no significativa.

Las características más importantes de los olivos estudiados se ofrecen en la siguiente tabla:

Como puede observarse en la tabla anterior los valores de Xg son siempre mayores que los de Yg con un caso extremo en el olivo 35-1, y ello es debido a que los árboles no presentan una forma esférica sino una forma elíptica, motivo por el cual sería más correcto hablar de excentricidad del centro de gravedad (Eg), que vendría dado por la expresión:

$$E_g = \sqrt{X_g^2 + Y_g^2}$$

El estudio pormenorizado de los datos obtenidos de los árboles 25-4, 30-3 y 35-1 son:

CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes de los estudios sobre distribución de masa en olivos reside en la determinación del centro de gravedad de la parte aérea del árbol y sus posibilidades de aplicación a la modelización de postes de ensayo.

Como dato más destacable del estudio realizado, se puede concluir que el centro

TABLA 1

| Arbol | Diámetro del tronco (cm) | Nº de ramas principales | Diámetro del vuelo (m) | Altura máxima (m) | Masa Total del olivo (kg) | Coordenadas c.d.g. (cm) | | |
|-------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|------|-------|
| | | | | | | Xg | Yg | Zg |
| 25-4 | 27 | 2 | 6 | 4,6 | 259 | 40,8 | 36,5 | 157,8 |
| 30-1 | 30 | 3 | 5 | 5,1 | 353 | 54,6 | 28,3 | 174,1 |
| 30-3 | 32 | 3 | 5 | 4,8 | 272 | 43,8 | 27,3 | 155,9 |
| 30-4 | 32 | 3 | 5 | 6,1 | 294 | 43,2 | 34,7 | 180,8 |
| 30-6 | 29 | 3 | 6 | 4,1 | 290 | 59,3 | 30,4 | 135,8 |
| 35-1 | 35 | 2 | 6 | 5,8 | 372 | 66,2 | 10,1 | 177,2 |

TABLA 2

| Arbol 25-4 | | | |
|----------------|-------------|------|-------|
| Nivel de corte | c.d.g. (cm) | | |
| | Xg | Yg | Zg |
| 1 | 81,6 | 78,1 | 241,5 |
| 2 | 79,7 | 73,8 | 232,0 |
| 3 | 75,0 | 67,0 | 221,3 |
| 4 | 40,8 | 36,5 | 157,8 |

TABLA 3

| Arbol 30-3 | | | |
|----------------|-------------|------|-------|
| Nivel de corte | c.d.g. (cm) | | |
| | Xg | Yg | Zg |
| 1 | 106,7 | 69,7 | 255,7 |
| 2 | 97,5 | 60,7 | 232,2 |
| 3 | 60,1 | 37,5 | 191,6 |
| 4 | 43,8 | 27,3 | 155,9 |

TABLA 4

| Arbol 35-1 | | | |
|----------------|-------------|------|-------|
| Nivel de corte | c.d.g. (cm) | | |
| | Xg | Yg | Zg |
| 1 | 154,3 | 16,1 | 295,8 |
| 2 | 150,1 | 18,9 | 292,8 |
| 3 | 136,0 | 20,7 | 277,4 |
| 4 | 89,5 | 13,6 | 220,3 |
| 5 | 66,2 | 10,1 | 177,2 |

de gravedad del olivo se encuentra situado, aproximadamente, a un tercio de la altura máxima del árbol.

Por lo que se refiere a la excentricidad del centro de gravedad respecto al eje del tronco, hemos considerado de interés reflejar dos ratios diferentes, a saber, la excentricidad en relación a la altura máxima del olivo, que alcanza valores cercanos al 10%

(Eg/Hmax = 0,1) y la excentricidad respecto al diámetro del tronco, con valores próximos al doble (Eg/Ø = 2).

Resulta también destacable que la masa que presenta un olivo es una magnitud de gran entidad como para no ser obviada en la modelización de postes de ensayo y la determinación del tipo de árbol lo condicionará.