



PRODUCCIÓN Y VARIEDADES

# Eficiencia productiva en el almendro

## Resumen

Se ha determinado la cantidad de macroelementos necesarios para producir una cosecha en un conjunto de 11 variedades de almendro, mostrando la gran diversidad de necesidades que presentan las distintas variedades, fundamentalmente en función de los distintos componentes del fruto, el mesocarpio, el endocarpio y la semilla. La variedad 'Guara' ha resultado ser la variedad más eficiente en el aprovechamiento de los elementos minerales para la producción de una determinada cantidad de pepita por hectárea, mientras que las variedades de cáscara blanda son las menos eficientes.

**Palabras clave:** Almendro, NPK, Variedades, Producción, Eficiencia.

## Abstract

**Productive efficiency in almond.** The amount of macro elements required to produce a given crop has been determined for a set of 11 almond cultivars, showing a large diversity of requirements among the different cultivars, mainly depending on the different fruit components: the mesocarp (hull), the endocarp (shell) and the seed (kernel). 'Guara' has been shown to be the most efficient cultivar in profiting the mineral elements for the production of an amount of kernels per hectare, whereas the soft-shell cultivars were the least efficient.

**Key words:** Almond, NPK, Cultivars, Production, Efficiency.

J. L. ESPADA<sup>1</sup>, J. M. ALONSO<sup>2</sup>, R. SOCIAS I COMPANYY<sup>2</sup>

(1) Centro de Transferencia Agroalimentaria, Consejería de Agricultura y Alimentación, Gobierno de Aragón, Zaragoza

(2) Unidad de Fruticultura, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza

## Introducción

El almendro, como cualquier otro árbol frutal, representa una máquina fotosintética que aprovecha el agua y los nutrientes que absorbe por las raíces para conseguir, por medio de la luz solar, la producción de carbohidratos y, a partir de ellos, obtener todos los metabolitos necesarios para llegar a buen término su producción: los frutos y los crecimientos vegetativos, en el conjunto de raíces, tronco, ramas y hojas. El manejo correcto de la plantación implica el establecimiento de las estrategias más adecuadas para optimizar la utilización de los insumos de la manera más eficiente: maximizar la producción manteniendo un crecimiento vegetativo equilibrado que permita la renovación parcial de la copa, pero con unas necesidades mínimas de poda (SOCIAS I COMPANYY *et al.*, 1998).

Para conseguir este objetivo, el camino más adecuado es la optimización de la fotosíntesis, cuya limitación es a menudo la causa principal de la baja productividad del almendro en secano. El déficit hídrico, al limitar el intercambio

gaseoso y por tanto la fotosíntesis, afecta negativamente los procesos del crecimiento vegetativo y del ciclo reproductor. La limitación del crecimiento vegetativo también implica la disminución de la superficie foliar que intercepta la radiación solar, cerrando el ciclo de la reducción fotosintética. En este proceso, la luz solar proporciona la energía necesaria para transformar el agua en vapor, que para 1 g de agua representa 537 calorías. Para asegurar la síntesis de 1 g de materia seca, se requiere la evaporación de una media de 350–500 g de agua.

Sin embargo, no todas las variedades muestran la misma eficiencia productiva. Por ello, nuestro objetivo fue calcular para una serie de variedades de almendro los requisitos de insumos para una cosecha determinada, en las condiciones de cultivo del Valle Medio del Ebro.

## Materiales y métodos

Se estudiaron 11 variedades de almendro: las dos variedades tradicionales españolas 'Marcona' y 'Desmayo Lar-

gueta, así como las principales obtenciones de diversos programas españoles de mejora: 'Guara', 'Moncayo' y 'Cambra' (CITA de Aragón), 'Masbovera' (IRTA de Cataluña), 'Antoñeta' y 'Marta' (CEBAS de Murcia), y 'Ferragnès' y 'Lauranne' (INRA de Francia), así como la variedad californiana más extendida, 'Nonpareil'. El patrón utilizado fue el híbrido melocotonero x almendro INRA GF 677. La plantación tenía 10-11 años de edad en el momento del estudio, por lo que los árboles se encontraban en plena producción.

La plantación está ubicada en el término municipal de Alcañiz, a 480 m de altura sobre el nivel del mar y unas coordenadas de 41,02 N y 0,08 O (XUTM:730613-30 y YUTM4557052-30), en un suelo llano de textura franco-arcillo-arenosa. El análisis foliar previo mostró un contenido medio de N de 2,14% de la materia seca. La pluviometría media anual fue de 462 mm, con aportaciones suplementarias de agua mediante riego localizado, aplicando el agua por medio de cuatro emisores por árbol de 4 L/hora de caudal. El agua utilizada es de calidad aceptable (CE= 1,26 ds/m). La programación de riegos se ha realizado siguiendo la metodología FAO ( $ET_c = K_c \times K_s \times ET_o$ ), utilizando los datos medios de una estación climática y tanque de evaporación tipo A instalado en la finca. Las demandas anuales de agua de cultivo han alcanzado 1.072 mm, cubriendo esta cantidad con la lluvia efectiva (0,7 de la lluvia anual) más el riego.

Los consumos anuales de fertilizantes han sido de 90-50-135 kg/ha de N, P y K respectivamente, aportándose con el agua de riego en dos aplicaciones semanales desde abril hasta octubre.

Se ha utilizado un diseño experimental con tres repeticiones por variedad, totalmente al azar. La parcela elemental está formada por un solo árbol con los árboles correspondientes de guarda.

Para garantizar la uniformidad de las muestras, los frutos de cada variedad se recolectaron de la zona media de



la copa del árbol, de todas las orientaciones, y entre los estados fenológicos J y K de maduración (FELIPE, 1977). En cada una de las muestras se determinó el peso fresco y el peso seco de cada uno de los componentes del fruto, separado en mesocarpio, endocarpio y semilla. La determinación analítica de los componentes minerales se hizo según los métodos oficiales de análisis.

El estudio se realizó durante dos años sucesivos y para los cálculos se utilizaron los valores medios de los dos años. El análisis estadístico se realizó mediante la aplicación de la diferencia menos significativa de Fisher.

## Resultados y discusión

Los datos productivos recogieron todos los parámetros relacionados con la producción total de frutos, considerando por lo tanto todos los componentes del fruto, que como en todos los frutales de hueso es una drupa. El mesocarpio, que en los otros frutales de hueso es la parte más importante del fruto, por ser la comestible, es un elemento desechado en la mayoría de estudios sobre la productividad del almendro, que suelen tener sólo en cuenta el endocarpio (cáscara) y la semilla (pepita). Por ello, el rendimiento en pepita, que normalmente se expre-

sa como el porcentaje de pepita sobre el peso conjunto de la cáscara y la pepita, también se ha expresado como el porcentaje de pepita sobre el peso total del fruto, lo que da una idea total de la exportación de la materia seca por el árbol en la producción de la cosecha (Cuadro 1).

La primera observación que llama la atención es la gran diversidad de materia seca necesaria para producir 100 kg de pepita entre las diferentes variedades estudiadas, de tal manera que para 'Guara', la variedad más eficiente, se necesita menos de la mitad de materia seca (41%) que para 'Desmayo Largueta', que en este aspecto es la variedad menos eficiente. Igualmente, se observa que la gran variabilidad que presenta el rendimiento al descascarado, que oscila entre el 22,8% para 'Marcona' y el 60,1% para 'Nonpareil', con un rango del 37,3%, se reduce cuando se considera el rendimiento en pepita para el peso total del fruto, que oscila entre el 9,5% para 'Desmayo Largueta' y el 23,1% para 'Guara', con un rango de sólo del 13,6%, casi la tercera parte del rango anterior. Igualmente se observa como el orden de las variedades cambia totalmente, de manera que 'Nonpareil', con el rendimiento al descascarado más alto (60,1%), tiene uno de

**CUADRO 1.** Cantidad de materia seca necesaria de cada uno de los componentes del fruto de distintas variedades de almendro para la producción de 100 kg de semilla (pepita).

Variedad	Mesocarpio (kg)	Endocarpio (cáscara) (kg)	Semilla (pepita) (kg)	Total (kg)	Índice <sup>z</sup>	Rendimiento en pepita (total del fruto) <sup>y</sup>	Rendimiento al descascarado <sup>y</sup>
Guara	165	167	100	432	41	23,1 f	37,5 c
Masbovera	172	243	100	515	49	19,4 e	29,2 ab
Cambra	183	250	100	544	51	18,4 e	28,6 ab
Antoñeta	293	218	100	611	58	16,4 d	31,4 b
Lauranne	388	204	100	692	66	14,5 c	32,9 b
Ferragnès	505	214	100	818	78	12,2 b	31,8 b
Moncayo	475	302	100	877	83	11,4 b	24,9 a
Marta	495	284	100	879	83	11,4 b	26,0 a
Marcona	584	338	100	1.022	97	9,8 a	22,8 a
Nonpareil	998	49	100	1.036	98	9,7 a	60,1 d
Desmayo Largueta	665	291	100	1.056	100	9,5 a	25,6 a

(z) Relación del peso total del fruto en función de 100 kg de pepita tomando como referencia 100 a 'Desmayo Largueta'

(y) Valores en cada columna seguidos por letras distintas son significativamente distintos por el test LSD de Fisher a  $P \leq 0,05$ .

los rendimientos en pepita más bajos (9,7%). Ello responde a la tendencia general observada en las variedades de almendro (GODINI, 1984), que las que presentan una cáscara muy blanda tienen un mesocarpio muy grueso. Ello es particularmente llamativo en 'Nonpareil', que presenta la menor cantidad de endocarpio, pero la mayor de mesocarpio, de manera que aunque el endocarpio sólo representa un peso que es la mitad del peso de la pepita, produce un mesocarpio con un peso 10 veces superior al peso de la pepita, lo que conduce a sus posiciones extremas en el Cuadro 1.

En cuanto a la composición de los distintos elementos del fruto, los estudios casi se han limitado a la composición de la pepita, cuya fracción lipídica es la más importante (SOCIAS I COMPANY *et al.*, 2008), pero que también contiene una proporción elevada de proteínas, que responden básicamente al contenido en nitrógeno (KODAD *et al.*, 2004; SOUTY *et al.*, 1971), así como sales minerales, predominando las de potasio y de fósforo (KODAD *et al.*, 2004; SAURA-CALIXTO y CAÑELLAS, 1982). Sin embargo, los datos de composición de los otros elementos del fruto son más escasos, limitándose a algunos elementos (ESPADA y ESPIAU, 2002) o a alguna parte concreta del fruto, como el meso-

carpio desde el punto de vista de la alimentación animal (AGUILAR *et al.*, 1984). Por ello, teniendo en cuenta que las diferencias de composición entre variedades, aunque significativas, son menores que el contenido en materia seca de cada uno de los componentes del fruto, se ha determinado la composición media en elementos minerales de cada uno (Cuadro 2). Estos resultados muestran que la fracción nitrogenada es muy baja en el mesocarpio y en el endocarpio, mientras que es muy alta en la semilla, debido a la importante presencia

de proteínas en la pepita. Las diferencias no son tan acusadas para el fósforo, aunque la proporción de este elemento en la cáscara sigue siendo baja. Para el potasio, sin embargo, destaca el gran contenido en el mesocarpio, recalcando la importancia que puede representar el retorno de este elemento mediante la incorporación del mesocarpio al suelo durante la recolección mecánica con un dispositivo que realice el despellejado de la almendra antes de su almacenamiento en el remolque y dejando la mayoría de los mesocarpios en el suelo.



**CUADRO 2.** Composición mineral media de los distintos componentes del fruto.

Parte del fruto	N (% de ms <sup>2</sup> )	P (mg/100 g de ms <sup>2</sup> )	K (mg/100 g de ms <sup>2</sup> )
Mesocarpio	0,43	128	2.147
Endocarpio	0,16	16	163
Semilla	4,85	454	860

(z) ms: materia seca.

**CUADRO 3.** Exportaciones de macroelementos (kg) por el conjunto del fruto para producir 1.000 kg de semilla/ha.

Variedad	N <sup>y</sup>	Índice para el N <sup>z</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>y</sup>	K <sub>2</sub> O <sup>y</sup>
Guara	58 a	71	14 a	56 a
Masovera	60 a	73	14 a	60 a
Cambrá	61 a	74	15 a	65 a
Antoñeta	65 ab	79	17 a	90 b
Lauranne	68 abc	84	20 ab	115 b
Ferragnès	74 b	90	23 bc	145 c
Moncayo	74 bc	90	22 bc	139 c
Marta	74 bc	91	23 bc	144 c
Marcona	79 c	97	25 bc	168 d
Nonpareil	87 d	107	32 d	241 e
Desmayo Largueta	82 c	100	27 c	188 d

(z) Relación de la exportación de nitrógeno para cada variedad tomando como referencia 100 a 'Desmayo Largueta'

(y) Valores en cada columna seguidos por letras distintas son significativamente distintos por el test LSD de Fisher a  $P \leq 0,05$ .

**CUADRO 4.** Exportación total de macroelementos (kg) para la producción de 1.000 kg de semilla/ha para la media de variedades.

Órgano	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.- Madera (poda y raíces)	57	12	44
2.- Hojas	69	17	120
Órganos vegetativos (1+2)	126	29	164
3.- Exportación neta	44	10	56
4.- Producción de frutos	71	21	128
Total (3+4)	115	31	184

Mediante estos datos medios de composición se han calculado las exportaciones necesarias de macroelementos por el conjunto de los frutos para producir 1000 kg de pepita (Cuadro 3). Aunque las exportaciones de N son las que presentan menor variación entre las distintas variedades, son las más importante por todo cuanto afecta a este elemento, por la capacidad que tiene la pepita de acumular grandes cantidades de N en la pepita, donde puede llegar a alcanzar el 0,73% de su peso fresco (ESPADA y ESPIAU, 2002). Por ello se ha calculado la relación de N requerida por cada variedad en función de 'Desmayo Largueta', observando que la variedad más eficiente fue 'Guara' con un índice 71, mientras que la variedad menos efi-

ciente fue 'Nonpareil' con un índice 107. Se observó el mismo comportamiento para los otros elementos, ya que 'Guara' requiere para la producción de 1.000 kg de pepita 14 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 56 kg de K<sub>2</sub>O, mientras que las necesidades para 'Nonpareil' son de 32 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 241 kg de K<sub>2</sub>O.

Por último, se han estimado las necesidades totales de macroelementos, ya que el almendro, aparte de los frutos, también requiere los elementos nutritivos para mantener su crecimiento vegetativo. La caída de las hojas en otoño representa también una pérdida importante de elementos minerales, aunque se considera que una parte de las hojas, estimada aproximadamente en una tercera parte, devuelven sus

elementos al suelo por su descomposición posterior. Ello permite considerar los elementos totales necesarios para producir de 1.000 kg de pepita por el almendro (Cuadro 4). Estos conocimientos son básicos para poder establecer una fertilización adecuada con el fin de evitar la pérdida de elementos y la contaminación de las aguas subterráneas (ESPADA y ESPIAU, 2002).

Sin embargo, la delimitación de las dosis de fertilizantes necesarias para producir una cosecha determinada no son suficientes para evitar los problemas de su lixiviación, por lo que habrá que tener en cuenta la gestión del suelo, el agua de riego y la distribución temporal de los fertilizantes en función de los consumos del árbol según las condiciones climáticas y la carga de cosecha de cada año. •

## Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del Grupo Consolidado de Investigación A-12 de Aragón (Adaptación y mejora de material vegetal para una fruticultura sostenible). Se agradece la ayuda técnica de **P. Castañer** (CTA).

## Bibliografía

- AGUILAR A.A., SMITH N.E., BALDWIN R.L. 1984. Nutritional value of almond hulls for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 96-103.
- ESPADA CARBÓ J.J., ESPIAU RAMÍREZ M.R. 2002. Kernel production and N exports by fruits of some Spanish almond cultivars. *Acta Hort.* 591: 307-313.
- FELIPE A.J. 1977. Almendro. Estados fenológicos. *Inf. Técn. Econ. Agrar.* 27: 8-9.
- GODINI A. 1984. The influence of fresh pericarp on the kernel production in almond. *Options Méditerran. CIHEAM/AMZ 84/II*: 57-61.
- KODAD O., SOCIAS I COMPANY R., GRACIA GÓMEZ M.S., MARTÍNEZ LÁZARO J.M., BONILLA A. 2004. La composición de la almendra como criterio para su utilización industrial y como base para la selección en un programa de mejora genética. *Actas III Congr. Español Ingeniería Alimentos*, 1094-1102.
- SAURA-CALIXTO F., CAÑELLAS J. 1982. Mineral composition of almond varieties (*Prunus amygdalus*). *Z. Lebensm.-Unters Forsch.* 174: 129-131.
- SOCIAS I COMPANY R., FELIPE A.J., GÓMEZ APARISI J., GARCÍA J.E., DICENTA F. 1998. The ideotype concept in almond. *Acta Hort.* 470: 51-56.
- SOCIAS I COMPANY R., KODAD O., ALONSO J.M., GRADZIEL T.M. 2008. Almond quality: a breeding perspective. *Hort. Rev.* 34: 197-238.
- SOUTY M., ANDRÉ P. BREUILS L., JACQUEMIN G. 1971. Étude sur la qualité des amandes: variabilité de quelques caractères biochimiques. *Ann. Technol. Agric.* 10: 121-130.