



X Congreso Ibérico de Agroingeniería X Congresso Ibérico de Agroengenharia

Huesca, 3-6 septiembre 2019



Comparación de los sistemas de formación en seto y en vaso libre con la variedad de almendro 'Soleta'

José Casanova-Gascón^{1,*}, Marcos Figueras-Panillo¹, Ignasi Iglesias-Castellarnau², José M. Roca-Farré³, Pablo Martín-Ramos¹

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, EPS, Universidad de Zaragoza, Carretera de Cuarte s/n, 22071 Huesca; jcasan@unizar.es.

² Agromillora Catalana. Plaça Manel Raventós 3-5, St. Sadurní d'Anoia, 08770 Barcelona

³ Futuralmond, Avda. de Lleida 20, 25185 La Granja d'Escarp, Lleida

Resumen: El aumento de la demanda de almendra, el desarrollo de nuevas variedades autofértiles y de floración tardía, y el establecimiento de plantaciones en nuevas zonas de regadío han propiciado notables progresos en las técnicas productivas del cultivo del almendro. Una de las más importantes ha sido el aumento de la densidad de plantación, gracias al desarrollo de portainjertos enanizantes. En este trabajo se presenta una comparación entre dos sistemas de formación con la variedad de almendro 'Soleta': en seto sobre portainjerto Rootpac-20, frente a la formación en vaso libre sobre portainjerto GF-677. Para ello, se ha realizado un seguimiento, a lo largo de un ciclo vegetativo, de varios parámetros que reflejan el estado clorofílico (fluorescencia y SPAD) y la intercepción lumínica (LAI/fPAR), y se han evaluado otros condicionantes productivos (floración, cuajado y producción) en momentos puntuales del ciclo. Se han observado diferencias entre ambos sistemas en cuanto a peso medio del fruto, producción por volumen de copa y otras características. El grado de eficiencia en el aprovechamiento de los recursos o *inputs* productivos ha resultado enteramente favorable al nuevo sistema de formación en seto, por lo que su potencial para convertirse en un sistema de referencia en las plantaciones modernas (haciendo uso de cosechadoras cabalgantes similares a las utilizadas para vid y olivo) parece indudable.

Palabras clave: almendro; eficiencia; seto; sistemas de formación; Soleta

1. Introducción

EE.UU., y más concretamente California, lidera la producción mundial de almendra, con un 80% de cuota de mercado. No obstante, en cuanto a área de cultivo se refiere, la Unión Europea concentra el 39% de la superficie mundial de almendro, localizándose en España el 84% de esta y casi un tercio de la superficie mundial [1], con 633.562 ha, concentradas principalmente en la zona mediterránea: en Aragón (20%), Cataluña (7%), Comunidad Valenciana (17%), Murcia (12%), Andalucía (30%) y Castilla la Mancha (8%) [2].

En apenas unos años, el almendro ha pasado de ser un cultivo marginal que se desarrollaba en los suelos pobres y áridos de los campos españoles a representar una producción alternativa a las tradicionales de fruta, cereales o cítricos. Este cambio en el manejo del cultivo ha provocado que en la actualidad el almendro ofrezca una rentabilidad un 10-15% superior a los cereales o al olivo para una misma finca [3]. Paralelamente, el consumo de almendra ha aumentado notablemente, pues la demanda mundial ha crecido a un ritmo del 5% anual [3].

En España, a la coyuntura internacional favorable se han unido otros factores, como el impulso de nuevas variedades de floración tardía (meses de marzo y abril), apenas expuestas a

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

las heladas primaverales, autofértiles (menos expuestas a las condiciones climáticas durante la floración), y la introducción del cultivo en regadío.

Desde hace poco menos de una década, se ha comenzado a analizar el comportamiento de plantaciones de almendro de muy alta densidad o superintensivas (con más de 2.000 árboles/ha). En ellas se están ensayando patrones poco vigorosos, sistemas de formación y poda adecuados a este sistema, y la recolección integral mediante cosechadoras cabalgantes, que son utilizadas en el olivar en seto y en la vid en espaldera [4]. Esta conjunción de innovaciones posibilita pensar en un modelo productivo, el seto, basado en paredes productivas y no en árboles individuales [5]. Si bien este tipo de plantación se encuentra en fase experimental y su comportamiento a medio y largo plazo resulta desconocido [4], se presupone gozará de las ventajas –ya comprobadas– obtenidas en los cultivos nombrados anteriormente (vid en espaldera y olivo en seto) [5]: aumento de la eficacia de los tratamientos fitosanitarios y del manejo en general, minimización del mantenimiento del suelo, aceleración de la entrada en producción, posibilidad de cosechado con máquinas cabalgantes, reducción de la mano de obra necesaria y mejora de la rentabilidad del cultivo. Este modelo o sistema de formación denominado SHD o 2D (bidimensional) o SES (*Super Efficient System*), aunque constituye una novedad en almendro, viene utilizándose durante décadas en frutales y está basado en patrones enanizantes [5-7]. Dichos patrones posibilitan disponer de copas más pequeñas y eficientes, y a la vez reducir los costes de producción gracias a la mejor accesibilidad a la copa y a la mecanización.

El propósito general del presente estudio ha sido la realización de un seguimiento de los estados fenológicos y de cultivo a lo largo del ciclo vegetativo, comparando dos sistemas de producción (intensivo vs. superintensivo) durante una campaña en términos agronómicos, a través de diversos parámetros productivos. Los resultados obtenidos son de utilidad para la realización de estudios de viabilidad de la implantación del sistema superintensivo en futuras plantaciones en la zona.

2. Material y métodos

2.1. Localización

El estudio se ha llevado a cabo durante el año 2018 en una parcela experimental de almendro dentro de la finca “Mas d'en Félix”, en el término municipal de La Granja d'Escarp (Lleida, España) (polígono 5, parcela 592), a 78 metros sobre el nivel del mar, en la zona más occidental de la provincia de Lérida, con coordenadas UTM 31N X=280848,46 e Y=4587769,08. La plantación de almendros en ambos sistemas se realizó a principios de 2010. Para la plantación en seto, las calles se orientaron en dirección norte-sur en la medida en que la topografía de la parcela lo permitió.

2.2. Material vegetal y marcos de plantación

Los dos sistemas de formación se han evaluado con la variedad ‘Soleta’ (‘Blanquerna’ × ‘Belle d'Aurons'; siglas de la selección: F-4-10, clon 503, nº de registro en la OEW 20054616), obtenida por el CITA (Aragón). Variedad autofértil, de floración tardía, de maduración medio-tardía, y con una interesante calidad y producción.

Para el estudio se han comparado combinaciones de Soleta con dos patrones plantados con diferentes marcos de plantación y sistemas de formación: por una parte, árboles injertados sobre patrón Rootpac 20 (Agromillora Catalana), con un marco de plantación de 4×1 m (2500 árboles/ha), sistema de formación de seto anárquico, de 2,35 m de altura, 1,10 m de anchura, y altura a la cruz de 0,5 m; y por otra, árboles injertados sobre patrón GFF-677 (INRA), con un marco de plantación de 6×6 m (278 árboles/ha), con un sistema de formación de vaso libre y unas dimensiones de 4,85 m de altura, 4,9 m de diámetro máximo, y altura a la cruz de 1,3 m.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

2.3. Prácticas culturales

En la finca se ha utilizado riego localizado de alta frecuencia, siendo las dosis aplicadas de 6500 m³/ha en seto y 7500 m³/ha en vaso. Para la fertilización se tuvieron en cuenta las características del suelo, así como la meteorología de la zona, que presenta una precipitación inferior a los 300 mm.

En cuanto a manejo del suelo, las líneas de la plantación se mantuvieron limpias de malas hierbas mediante la aplicación de herbicidas, mientras que las calles permanecieron en no-laboreo, y la eliminación de malas hierbas se realizó mediante pases de desbrozadora. Los tratamientos fitosanitarios se aplicaron con un equipo de tractor y atomizador, realizándose según las recomendaciones del asesor de la finca.

La poda, tanto de formación como de producción, se llevó a cabo de forma mecánica, con una máquina de discos rotativos. La recolección se realizó de forma mecanizada para los dos tipos de sistema de formación, aunque el equipamiento empleado fue diferente: los setos se recolectaron mediante máquina cabalgante, mientras que en los árboles en vaso se utilizó un equipo vibrador de troncos y paraguas recolector.

2.4. Diseño experimental

En el caso de los árboles en seto, y por su pequeño volumen, se marcaron cinco bloques de tres árboles consecutivos cada uno. En el caso de los árboles en vaso, se determinó como unidad experimental un árbol aislado, eligiéndose tres al azar.

2.5. Conteo de flores, fruto cuajado y recolección

En los frutales, el número inicial de flores diferenciadas durante el año anterior es el primer componente de la producción [8]. En el almendro la regularidad de la producción requiere la formación de un gran número de flores cada año (elevada densidad floral) y su adecuada polinización con el fin de obtener un cuajado aceptable y, a su vez, una cosecha rentable [9-11]. El cuajado es el porcentaje de flores que persisten hasta la maduración y depende de la viabilidad del polen y los carbohidratos disponibles, que pueden variar anualmente [12]. Un cuajado elevado se considera una característica deseable, que se ha relacionado con una elevada densidad floral y una buena calidad de la flor [13,14].

En marzo se realizó un conteo del número total de flores de cada una de las unidades experimentales durante el estado fenológico D (momento en el que se ven los pétalos), y en julio se procedió a un conteo de frutos para determinar la tasa de cuajado. Se escogió una fecha avanzada para este conteo para evitar errores producidos por frutos expurgados por el propio árbol que no lleguen a maduración. En septiembre se recolectaron los frutos para cada una de las unidades experimentales de ambos sistemas de formación, extrayéndose muestras homogéneas de 1 kg de almendra con cáscara de cada una de las repeticiones para obtener los resultados de rendimiento y humedad, así como para el estudio de la forma del fruto y la semilla.

2.6. Equipamiento y determinaciones

Las medidas de fluorescencia se realizaron con un Handy PEA (*Plant Efficiency Analyser*; Hansatech Instruments), los días 31 de mayo, 6 de julio, 19 de julio, 7 de agosto, 22 de agosto y 1 de septiembre de 2018. Para cada bloque de árboles en formación seto se tomaron 10 medidas, y para cada individuo en formación vaso se tomaron 17 medidas.

El estado de la clorofila en hoja se monitorizó de forma quincenal a lo largo de todo el periodo vegetativo (mayo-septiembre). Para ello, se utilizó un medidor SPAD-502 (Minolta). En los árboles en seto, se recogieron 20 valores de cada árbol, distribuyéndose equitativamente entre las orientaciones este y oeste. En los árboles en vaso, se distribuyeron las medidas a lo largo de todo el perímetro de la copa, obteniéndose un total de 30 medidas para cada árbol y fecha.

Las medidas de radiación fotosintéticamente activa se llevaron a cabo con un ceptómetro lineal AccuPAR LP-80 (Decagon Devices, Inc.), con periodicidad quincenal, al mediodía solar. Para los árboles en seto se realizaron 9 medidas por unidad experimental. Para los árboles en vaso se tomaron 21 medidas para cada uno de los tres árboles, distribuyéndose en tres líneas con siete medidas en cada una. A partir de las medidas, se determinaron dos índices: el fPAR (Fracción Absorbida de la Radiación Fotosintéticamente Activa) y el LAI (Índice de Área Foliar).

2.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el software IBM SPSS Statistics v.22.

3. Resultados y discusión

3.1. Mediciones de fluorescencia y clorofila (SPAD)

El análisis de fluorescencia (medida de la fluorescencia variable (F_v) y estimación de la eficiencia cuántica máxima de la fotoquímica del PSII (F_v/F_m)) no ha evidenciado diferencias significativas entre árboles en seto y en vaso, con valores indicativos de la ausencia de estrés ambiental en las plantas ($F_v/F_m > 0,8$), similares a los reportados por Ranjbarfordoei, *et al.* [15]. Los resultados obtenidos difieren de los del estudio realizado por Ben Yahmed, *et al.* [16], en el que para el patrón Rootpac-20 se obtuvieron valores de F_v/F_m inferiores a 0,52, lo que sugería que este patrón podría influir en la eficiencia del PSII, y presentaría una menor tolerancia, menor capacidad fotosintética y menor eficiencia que GF-677.

Los resultados de las mediciones del SPAD han sido similares para vaso y para seto a lo largo del periodo de estudio (Figura 1). Los valores obtenidos, coherentes con los de López-López, *et al.* [17] y Erdal, *et al.* [18], son indicativos de un aumento constante de la concentración clorofílica en hojas durante el ciclo vegetativo. A diferencia de lo observado por Jiménez, *et al.* [19], que obtuvieron menores concentraciones de clorofila para el patrón Rootpac-20 que para GF-677, en este estudio las concentraciones fueron similares para ambos patrones, lo que sugiere una buena adaptación de Rootpac-20 a las condiciones de los suelos mediterráneos. Así pues, a partir de este método también se puede concluir que el estado de las plantas fue adecuado para ambos sistemas de formación.

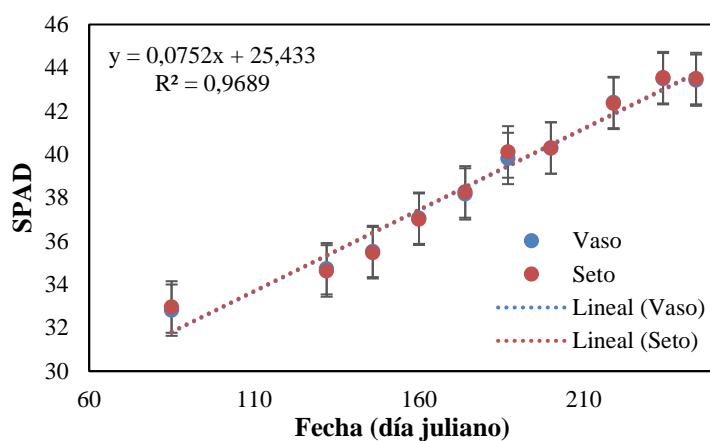


Figura 1. Análisis de la evolución temporal del SPAD para la variedad 'Soleta' conducida en vaso y en seto. En el eje de abscisas se muestra el día del año (2018).

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
 3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

3.2. Radiación fotosintéticamente activa

En el sistema en seto, se han observado diferencias significativas entre la parte externa y la parte interna del seto (Figura 2, arriba), tanto en intercepción de luz (fPAR) como en el índice de área foliar (LAI). En los árboles formados en vaso libre (Figura 2, abajo) se han apreciado diferencias en el fPAR y la LAI según las regiones bajo la copa (central, intermedia y más externa).

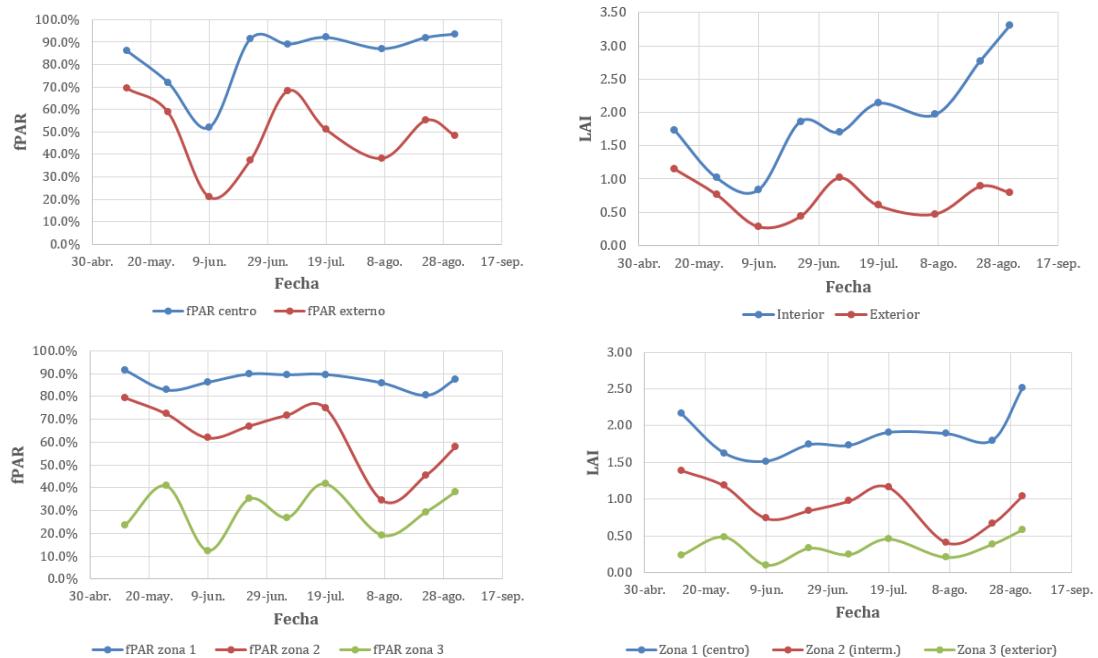


Figura 2. Evolución del fPAR (izquierda) y LAI (derecha) para las dos regiones estudiadas de los setos (arriba) y de los árboles en vaso (abajo) a lo largo de todo el periodo de estudio y para la variedad 'Soleta', año 2018.

El análisis de intercepción lumínica, aunque no permite comparar ambos sistemas debido a su dependencia de la geometría del árbol, permite advertir la existencia de zonas donde la intercepción lumínica fue muy alta para el sistema de formación en vaso. La zona más interna en este sistema de formación podría presentar problemas de "hojas sumidero" u órganos incorrectamente iluminados. En cualquier caso, en ninguna de las zonas se plantearon problemas de inducción floral, ya que estos se producen cuando la intercepción baja del 20%.

Con el objeto de determinar los porcentajes horarios y diarios de intercepción lumínica del seto y del vaso libre, en el año 2019 se realizará la medida del PAR en la interlínea de ambos sistemas, en dirección perpendicular a las líneas de los árboles (de tronco a tronco) y en tres fechas a lo largo del período vegetativo (julio, agosto y septiembre).

3.3. Parámetros productivos

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados de medidas productivas –con sus valores mínimo, máximo, media y desviación típica-, que se comentan en detalle en las subsecciones siguientes.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
 3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Tabla 1. Efecto del sistema de formación en los parámetros productivos de la variedad 'Soleta' en el año 2018 en la Finca Mas d'en Felix (La Granja d'Escarp, Lleida).

Variable	Sistema	Obs	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Nº flores (n)/árbol	Seto	15	843,00	4985,00	2300,00	1094,57
	Vaso	3	14079,00	27977,00	22991,33	6316,78
Fruto cuajado (n)/árbol	Seto	15	266,00	583,00	418,73	88,81
	Vaso	3	3700,00	5835,00	4537,67	930,24
Volumen copa (m ³)/árbol	Seto	15	2,05	2,05	2,05	0,00
	Vaso	3	59,80	67,85	64,25	3,34
Perímetro tronco (mm)	Seto	15	228,00	301,00	269,73	23,32
	Vaso	3	525,00	595,00	558,67	28,64
Cuajado fruto (%)	Seto	15	7,32	53,97	22,65	12,05
	Vaso	3	15,15	26,28	20,76	4,54
Fruto entero (g/árbol)	Seto	15	2172,17	4928,82	3364,67	719,26
	Vaso	3	70862,75	114923,08	88201,33	19172,22
Almendra limpia (g/árbol)	Seto	15	1122,73	2535,95	1741,00	369,72
	Vaso	3	26540,30	36245,80	32480,90	4250,45
Producción/perímetro(g/mm)	Seto	15	4,29	8,51	6,43	1,13
	Vaso	3	50,55	65,19	58,00	5,98
Productividad (g/mm ²)	Seto	15	0,21	0,38	0,30	0,05
	Vaso	3	1,21	1,47	1,30	0,12
Radio tronco (mm)	Seto	15	36,31	47,93	42,95	3,71
	Vaso	3	83,60	94,75	88,96	4,56
Área tronco (mm ²)	Seto	15	4138,85	7213,46	5835,97	991,55
	Vaso	3	21944,67	28186,70	24914,70	2557,23

3.4. Floración y cuajado

Tanto la floración como el cuajado han dado lugar a resultados muy variables, que ponen a la vista la heterogeneidad entre individuos/árboles dentro de cada sistema. Las desviaciones han sido significativamente menores en la media de número de frutos cuajados que en la media de número de flores, lo que parece indicar que es el primer parámetro el que presenta una mayor regularidad. En base a los datos recogidos, se puede concluir que las tasas de cuajado en ambos sistemas han sido similares.

Tombesi, *et al.* [20] estudiaron la tasa de cuajado en una plantación con una densidad similar a los individuos en formación vaso estudiados en el presente documento. Observaron que, al igual que en los resultados mostrados en la tabla anterior, la tasa de cuajado presentaba una alta variabilidad entre individuos y entre diferentes años, desde un 18,4% hasta un 36,0%. Sin embargo, Kodad, *et al.* [21] obtuvieron unas tasas de cuajado significativamente inferiores, con valores de 16,6±6,4% y 17,3±6,6% en los años 2003 y 2004, respectivamente.

3.5. Peso de los frutos enteros

El peso de los frutos con mesocarpo ha sido mucho mayor en la formación en vaso que en la formación en seto, pudiendo ser referida dicha discrepancia a diferencias en la maduración (el fruto en la formación en vaso estaba menos maduro y, por tanto, presentaba mayor grado de humedad). El peso medio del fruto sin mesocarpo también ha presentado grandes diferencias entre la formación en seto y en vaso, siendo significativamente mayor en esta última (Tabla 2). A título orientativo, Socias i Company, *et al.* [22] obtuvieron un peso medio de fruto para la variedad 'Soleta' de 3,63 g.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
 3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Tabla 2. Efecto del sistema de formación en el peso medio de la almendra entera (gramos) de la variedad 'Soleta' en el año 2018 en la Finca Mas d'en Felix (La Granja d'Escar, Lleida). Letras diferentes indican diferencias significativas entre sistemas para $P \leq 0,05$.

Sistema	Peso (g)	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
Seto	2,444	0,043	2,354	2,534	A
Vaso	3,367	0,056	3,250	3,483	B

3.6. Rendimiento del fruto

El rendimiento medio del fruto ha presentado diferencias significativas entre la formación en seto y en vaso, siendo un 2,7% mayor en la primera (Tabla 3). Socias i Company, *et al.* [22] obtuvieron rendimientos de fruto para la variedad 'Soleta' entre el 27% y el 35%.

Tabla 3. Efecto del sistema de formación en el rendimiento medio del fruto (en porcentaje) de la variedad 'Soleta' en el año 2018 en la Finca Mas d'en Felix (La Granja d'Escar, Lleida). Letras diferentes indican diferencias significativas entre sistemas para $P \leq 0,05$.

Sistema	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
Vaso	35,423	0,439	34,514	36,333	A
Seto	38,119	0,340	37,414	38,823	B

3.7. Producción por volumen de copa

La producción por volumen de copa (kg con endocarpio/m³ de copa) en la formación en vaso ha sido casi la mitad (0,142 kg/m³ menor) que en la formación en seto (Tabla 4). Este aspecto es importante en la futura evolución del sistema en seto, ya que indica un mayor aprovechamiento de la luz, con menos zonas de sombra en el árbol y con un volumen de hojas que se alcanza más rápidamente. Teniendo en cuenta que esta es la primera plantación experimental, se puede proponer la formación de setos de menor anchura de calle, mayor anchura y mayor altura de seto.

Tabla 4. Efecto del sistema de formación en las diferencias de producción por volumen de copa (kg con endocarpio/m³ de copa) de la variedad 'Soleta' en el año 2018 en la Finca Mas d'en Felix (La Granja d'Escar, Lleida). Letras diferentes indican diferencias significativas entre sistemas para $P \leq 0,05$.

Sistema	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
Vaso	0,151	0,035	0,078	0,225	A
Seto	0,293	0,015	0,260	0,326	B

3.8. Producción y peso del grano

Las producciones de cascara y grano obtenidas en el año 2018 para cada uno de los sistemas se exponen en la Tabla 5. Los rendimientos han sido superiores en vaso que en seto (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto del sistema de formación en las producciones de almendra (cascara y grano) de la variedad 'Soleta' en el año 2018 en la Finca Mas d'en Felix (La Granja d'Escar, Lleida). Letras diferentes indican diferencias significativas entre sistemas para $P \leq 0,05$.

Sistema	Prod. cáscara (kg/árbol)	Prod. grano (kg/árbol)	Prod. cáscara (kg/ha)	Prod. grano (kg/ha)
Vaso	26,96 A	9,48 A	7.470 A	2.635 A
Seto	1,57 B	0,66 B	3.140 B	1.659 B

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Sin embargo, es preciso remarcar que el seto del presente estudio corresponde a la denominada primera versión o V1, plantado en el año 2010 con una distancia entre filas de 4 m y 1 m entre árboles, similar a la que se utilizaba en frutales. Posteriormente, se redujo la distancia a 3,5 m × 1,2 m entre árboles (V2). En esta nueva versión, el árbol se condujo en un sistema en seto con ramificación múltiple y copa desorganizada a base de cortes consecutivos en verano para su formación sin eje central, con la que se han obtenido ya en fincas comerciales producciones próximas a los 3.000 kg de almendra grano/ha. Más recientemente, y con objeto de optimizar la intercepción de luz por el seto, la distancia se ha reducido a 3 m entre filas, para así obtener una relación anchura calles/altura seto lo más próxima posible a 1:1,1 (la correspondiente por la latitud a sistemas de formación 2D), además de optimizar la ocupación del volumen de copa como en la V2, con una copa desorganizada. Esta versión (V3) es la utilizada actualmente en las nuevas plantaciones, con el objetivo de alcanzar los 3.000 kg de grano/ha en el 4º año de plantación y siempre con un manejo técnico óptimo.

Dentro de cada sistema de formación, la almendra en grano ha mantenido tamaños muy homogéneos, pero la producida en vaso ha sido mayor con respecto a la de seto (Tabla 6). Ello podría deberse a una carga floral (o carga de frutos) por volumen de copa superior en el seto, que se podría optimizar con técnicas de regulación como el aclareo de flores.

Tabla 6. Análisis del peso medio de la almendra en grano, desviación típica y correlación con el rendimiento, comparando los dos sistemas de formación.

Sistema	Media pepita (g)	Desviación (g)	Correlación
Seto	0,93	0,04	-0,70
Vaso	1,19	0,09	0,48

4. Conclusiones

En el presente estudio se han comparado dos sistemas de formación para almendro, el seto y el vaso libre, con unas condiciones similares de cultivo durante la campaña 2018. Los análisis de fluorescencia y SPAD indican que el estado general de la planta en ambos sistemas de formación ha sido adecuado y que no ha existido manifestación de estrés. El análisis de intercepción lumínica sugiere la existencia de zonas donde la intercepción lumínica ha sido muy alta para el sistema de formación en vaso, pudiendo presentar problemas de "hojas sumidero". Las tasas de cuajado han sido similares en ambos sistemas de formación. El peso medio del fruto ha sido significativamente mayor en vaso, mientras que el rendimiento de fruto ha resultado significativamente mayor en seto. Se deduce, pues, que el sistema de formación en seto es más eficiente, aunque menos productivo, que el sistema de formación en vaso. No obstante, la evolución técnica del nuevo sistema de almendro en seto ha llevado en la actualidad a una mejora significativa de la eficiencia productiva, gracias a la reducción de las distancias de plantación y a la optimización de la ocupación de la copa por la vegetación mediante la conducción y la poda, con respecto al sistema evaluado en el presente estudio o V1. Es lo que se conoce como versiones V1, V2 y V3 (actual). Por ello, y por las ventajas que presenta en cuanto a manejo, los esfuerzos orientados a la mejora del sistema de formación en seto parecen estar enteramente justificados.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

Referencias

1. Consejería de Agricultura Pesca y Desarrollo Rural. *Caracterización del sector de la almendra en Andalucía*; Junta de Andalucía: Sevilla, 2016; p 37.
2. MAPA. Estadísticas de superficies y producciones de cultivos. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>
3. Miarnau, X.; Torgueti, L.; Batlle, I.; Romero, A.; Rovira, M.; Alegre, S. La revolución del almendro: Nuevas variedades y modelos productivos. In *Simposio nacional de almendro y otros frutos secos*, IRTA, Ed. Generalitat de Catalunya: Lérida, Spain, 2015; pp 1-54.
4. Arquero, O.; Belmonte, A.; Casado, B.; Cruz-Blanco, M.; Espadafor, M.; Fernández, J.; Gallego, J. *Manual del almendro*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Servicio de Publicaciones y Divulgación, Junta de Andalucía: Sevilla, 2013; p 78.
5. Roca, J.M.; Gómez, J.M.; López, M. El almendro en seto SHD: La recolección con máquinas cabalgantes. *Olint* **2014**, 25, 35-47.
6. Iglesias, I. Sistemas de plantación 2D: una novedad en almendro una realidad en frutales. Hacia una alta eficiencia. *Revista de Fruticultura* **2019**, 67, 22-44.
7. Iglesias, I. Costes de producción, sistemas de formación y mecanización en frutales, con especial referencia al melocotonero. *Revista de Fruticultura* **2019**, 69, 50-59.
8. Werner, D.; Mowrey, B.; Chaparro, J. Variability in flower bud number among peach and nectarine cultivars. *HortScience* **1988**, 23, 578-580.
9. Felipe, A.J. *El almendro: el material vegetal*. Mira Editores: Zaragoza, 2000.
10. Godini, A. Almond fruitfulness and role of self-fertility. *Acta Horticulturae* **2002**, 191-203.
11. Kester, D.; Griggs, W. Fruit setting in the almond: The effect of cross-pollinating various percentages of flowers and the pattern of flower and fruit drop. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* **1959**, 74, 214-219.
12. Stephenson, A.G. Flower and fruit abortion: Proximate causes and ultimate functions. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **1981**, 12, 253-279.
13. Socias, R.; Alonso, J.M.; Aparisi, J.G. Fruit set and productivity in almond as related to self-compatibility, flower morphology and bud density. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **2015**, 79, 754-758.
14. Bernad, D.; Socias, R. Bud density and shoot morphology of some self-compatible almond selections. *Acta Horticulturae* **1998**, 470, 273-279.
15. Ranjbarfordoei, A.; Samson, R.; Van Damme, P. Photosynthesis performance in sweet almond [*Prunus dulcis* (Mill) D. Webb] exposed to supplemental UV-B radiation. *Photosynthetica* **2011**, 49, 107-111.
16. Ben Yahmed, J.; Ghrab, M.; Ben Mimoun, M. Eco-physiological evaluation of different scion-rootstock combinations of almond grown in Mediterranean conditions. *Fruits* **2016**, 71, 185-193.
17. López-López, M.; Calderón, R.; González-Dugo, V.; Zarco-Tejada, P.; Fereres, E. Early detection and quantification of almond red leaf blotch using high-resolution hyperspectral and thermal imagery. *Remote Sensing* **2016**, 8.
18. Erdal, I.; Türkmen, R.; Akgün, A. Variations in chlorophyll, SPAD values and some nutrient concentrations depending on chlorosis in peach leaves. *Lucrări Științifice* **2016**, 59, 13-16.
19. Jiménez, S.; Pinochet, J.; Abadía, A.; Moreno, M.Á.; Gogorcena, Y. Tolerance response to iron chlorosis of *Prunus* selections as rootstocks. *HortScience* **2008**, 43, 304-309.
20. Tombesi, S.; Lampinen, B.D.; Metcalf, S.; DeJong, T.M. Yield in almond is related more to the abundance of flowers than the relative number of flowers that set fruit. *Calif. Agric.* **2017**, 71, 68-74.
21. Kodad, O.; Socias i Company, R. Densidad floral, cuajado y características de los frutos del almendro en relación al tipo de ramificación. *ITEA: Información Técnica Económica Agraria* **2008**, 104, 433-447.
22. Socias i Company, R.; Felipe Mansergas, A. 'Belona' y 'Soleta', dos nuevos cultivares de almendro. *ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario* **2006**, 102, 398-421.