



Nuevos modelos agronómicos para una producción eficiente y sostenible de ciruelo europeo y japonés

I. IGLESIAS¹, J. TORRENTS¹, M. ZUÑIGA², C. MARZO³, M. GIORI⁴

(1) Agromillora Group, Sant Sadurn d'Anoia (España).

(2) Agromillora Sur, Maule (Chile).

(3) INTIA, Villava (España).

(4) Consultor, Ferrara (Italia).

RESUMEN

El ciruelo europeo y japonés realizan una aportación destacable al sector de la fruta dulce de países como España, Italia o Chile, ocupando conjuntamente 56.461 ha y una producción media anual de 730.000 t. Su destino es mayoritariamente el consumo en fresco, excepto el ciruelo 'Agen' y otras variedades europeas con destino a la deshidratación o industria. Se expone la situación actual en lo referido a sistemas de formación y portainjertos y se proponen nuevos sistemas de conducción en España, Italia, Chile y otros países. El sistema más utilizado es el vaso con sus diversas modalidades, con patrones de vigor medio-alto y densidades bajas o medias de plantación. Se describen nuevos sistemas de conducción basados en la intensificación como son el eje, doble eje o el seto, con densidades de plantación de 1.600 a 6.000 árboles/ha. Se exponen los resultados obtenidos en España y Chile del seto con las variedades 'Claudia de Tolosa' y 'Agen' injertadas sobre patrón Rootpac®20. Se aporta información de nuevos sistemas peatonales como la doble fila, el tatura o el multilíder. El objetivo común es la mecanización de la poda y de la recolección, la reducción de los costes de producción y una mayor sostenibilidad de las producciones derivada de una mayor eficiencia en el uso de los insumos.

Palabras clave: Ciruelo, Europeo, Japonés, Conducción, Mecanización, Intensificación sostenible.

ABSTRACT

New agronomical models for efficient and sustainable production of European and Japanese plum. European and Japanese plum make a significant contribution to the fruit sector in countries such as Spain, Italy and Chile, together accounting 56,461 ha and an average annual production of 730,000 tons. Their destination is mainly fresh consumption, except for 'Agen' plum and other European varieties destined for dehydration or industry. The situation regarding rootstocks, traditional and new training systems in Spain, Italy, Chile and other countries is described. The most widely used system is the goblet with different modalities, using medium-high vigor rootstocks and low or medium planting densities. New training systems based on intensification are described, such as the axis, double axis or hedge, with planting densities from 1,600 to 6,000 trees/ha. The results obtained in Spain and Chile with the hedge and 'Claudia de Tolosa' and 'Agen' varieties grafted on Rootpac®20 rootstock are reported. Information is also provided on new pedestrian systems such as double row, tatura or multileader. The common objective is the mechanization of pruning and harvesting, the reduction of production costs and a greater sustainability of productions derived from a greater efficiency in the use of inputs.

Key words: Plum, European, Japanese, Training, Mechanization, Sustainable intensification.

La fruta dulce ocupa un lugar destacado en España, Italia y Chile, siendo las especies más importantes el melocotonero, el cerezo y el manzano, respectivamente.

Con respecto a la fruta de hueso el ciruelo, incluyendo el ciruelo europeo y el japonés, ocupa un lugar secundario. Las superficies ocupadas por este cultivo en el año 2019 fueron 14.851, 23.800 y 17.810 hectáreas (ha) con una producción media anual de 178.383, 215.100 y 344.900 toneladas (t), para España, Italia y Chile, respectivamente, lo que representa una superficie de 56.461 ha y 730.000 t anuales. Tanto en España como en Italia la mayor parte del cultivo corresponde al ciruelo japonés, introducido hace más de tres décadas con variedades principalmente californianas. En el ciruelo europeo, las variedades europeas del grupo 'Reina Claudia' y 'Stanley' son las más importantes. En España, su cultivo se localiza principalmente en Extremadura, también en la Comunidad Valenciana, Región de Murcia y el Valle del Ebro. En Italia, la mayor parte de la producción se sitúa en las regiones de Emilia Romagna y Campania. En Chile, las regiones productoras más importantes son la Metropolitana, O'Higgins y Maule. Contrariamente a lo que ocurre en España e Italia, el grupo más importante es la ciruela europea con 13.030 ha, frente a tan solo 4.780 ha del ciruelo japonés. Al contrario que en el ciruelo europeo, la innovación varietal en el ciruelo japonés ha sido muy importante como se observa en la *Figura 1*, pero mucho menor en patrones y sistemas de formación.



Figura 1. Ejemplo de innovación varietal en ciruelo japonés con las variedades 'Lucía myrtea'® (arriba izda.), 'Lovita'® (dcha.) y 'Sweet Peekeetah'® (abajo izda.), procedentes de España, Francia y Chile, respectivamente.

La situación actual de los sistemas de conducción en ciruelo muestra una prevalencia del vaso en sus diversas modalidades para una mejor adaptación a las necesidades específicas de cada zona productora. Nada tienen que ver los actuales costes de producción y en particular el de la mano de obra, con los existentes hace tan solo una o dos décadas. La mirada a otras especies frutícolas muestra que el proceso de intensificación es una tendencia global y una necesidad para conseguir una mayor sostenibilidad de las producciones, tanto económica para los productores como ambiental (WILLET, 2019). Dicha sostenibilidad viene de la mano de la eficiencia en el uso de insumos en la cual los sistemas de formación ocupan un lugar destacado (CAMPOSEO, 2020; IGLESIAS, 2021). A continuación, se expone la situación de los sistemas de formación y patrones disponibles. Posteriormente se detallan diversas experiencias y resultados obtenidos con plantaciones intensivas y formas axiales mejor adaptadas a la mecanización, en particular cuando el destino de la ciruela es la industria o la deshidratación.

Destino de la producción

Teniendo en cuenta su destino, en España, Italia y Chile el ciruelo japonés se destina al consumo en fresco, mientras que el ciruelo europeo, una parte variable según países se destina a la deshidratación. En Chile, la situación es bien diferente, dado que aparte de la dominancia del ciruelo europeo, su destino es mayoritariamente a la deshidratación, al igual que sucede en California. En este caso las variedades más importantes son las del tipo 'Agen' procedentes de Francia.

Diferentes variedades de ciruelo europeo presentan la posibilidad de producción tanto para consumo en fresco como para la deshidratación o procesado industrial (ciruelas tiernizadas sin hueso para *snack*, jugos y fabricación de mermeladas). En el primer caso, hay que destacar que Chile cuenta con una importante infraestructura para la comercialización de la ciruela deshidratada. Además, este país ha sabido aprovechar la experiencia y la infraestructura exportadora de la cereza para iniciar la comercialización de la ciruela 'Agen' en fresco hacia el mercado chino, donde es muy bien valorada por su textura,

sabor dulce y facilidad de consumo. Allí, se la denomina como la “cereza de los pobres” y el potencial de exportación es elevado. Se dispone de diversas experiencias comerciales de conducción en seto, tanto en Chile como en California, que posibilita la doble aptitud, es decir para consumo en fresco con recolección manual y para su procesado industrial (deshidratación) con cosecha mecanizada mediante máquina cabalgante.

En Europa, la ciruela japonesa solamente cuenta con un desarrollo importante en España, Italia y sur de Francia. En el resto de los países, la ciruela europea es la referencia, con variedades tradicionales bien adaptadas a las condiciones climáticas y a los consumidores de cada país. El grupo de las ciruelas ‘Reina Claudia’ es uno de los más valorados por los consumidores europeos y, por ello, algunas variedades de este grupo (‘Reina Claudia Verde’) alcanzan los mejores precios en el mercado. También se dispone en España de los primeros resultados acerca de la recolección mecanizada con máquinas cabalgantes para des-

tino industrial. En Estados Unidos, California es el primer productor, con predominio absoluto de la ciruela europea tipo ‘Agen’ para la deshidratación; la conducción en seto abre también nuevas posibilidades a este cultivo, al igual que en Chile.

Portainjertos

Además de la variedad, que aporta diferencias importantes según sea su pertenencia al ciruelo europeo y japonés, e incluso dentro de cada grupo; el portainjerto va a jugar un papel determinante en la adaptación a las condiciones edáficas concretas y por su vigor conferido va a condicionar el sistema de conducción (Figura 2). En ciruelo, el hecho de contar con dos especies: ciruelo europeo (*P. domestica*) y japonés (*P. salicina* e híbridos de esta especie con otros ciruelos diploides), con características bien diferenciadas en cuanto a la tipología de fruto, amplía sus posibilidades a escala comercial. Sin embargo, es bien conocida la incompatibilidad de variedades, sobre todo algunas del tipo ‘Reina Claudia’, con los



ALMENDROS A RAIZ DESNUDA



VIVEROS ORERO

Especialistas en plantas de almendros a raíz desnuda

GARANTIA DE CONFIANZA

viveros-orero.com

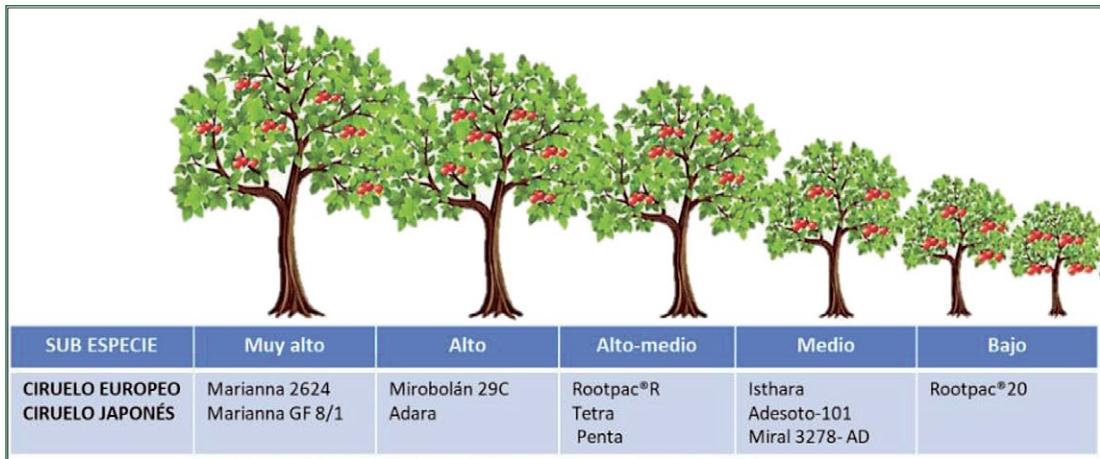


Figura 2. Portainjertos disponibles en ciruelo europeo y japonés. Compatibilidad a contrastar en algunas combinaciones patrón/variedad.

patrones Mirobolán y Mariana, (MORENO *et al.*, 1995a;b;c) que son los más utilizados para el ciruelo. Los patrones ciruelo de crecimiento rápido (Mirobolanes y Marianas) se han utilizado tanto para las variedades de ciruelo europeo (REIG *et al.*, 2018a) como para las del japonés. Los patrones de ciruelo de crecimiento lento (Pollizos de Murcia, San Julián, etc.) aportan además un mayor control del vigor del árbol y una buena calidad de fruto y recolección más anticipada con respecto a los de otras especies del género *Prunus*. Sin embargo, un inconveniente de muchos patrones de ciruelo es su mayor o menor sensibilidad a la emisión de rebrotes de raíz, característica ligada a la especie. Entre las selecciones más difundidas comercialmente se encuentran Adesoto 101 (MORENO, 2004), usado también como patrón para melocotonero, y San Julián A, así como las selecciones italianas de *P. domestica* Penta y Tetra. Diferentes selecciones de Mirobolán (*P. cerasifera*) y Mariana (*P. cerasifera* x *P. munsoniana*) se han llevado a cabo también en distintos centros y países a lo largo de los años, siendo el Mirobolán 29C y los patrones Mariana GF 8-1 y Mariana 2624, los más utilizados comercialmente en Europa, Estados Unidos y Chile, sobre todo para las variedades de ciruelo japonés.

Los híbridos interespecíficos Isthara® y Miral 3278-AD, de obtención más reciente, aportan interesantes características dado su vigor medio, bue-

na productividad y calidad del fruto y además no son sensibles a la emisión de rebrotes de raíz (REIG *et al.*, 2018b). También los mirobolanes (*P. cerasifera*) Adara y Ademir (Figura 2), han mostrado muy buen comportamiento productivo en suelos calcáreos con variedades del grupo 'Reina Claudia' (REIG *et al.*, 2018b). De los patrones de obtención más reciente, hay que señalar el Rootpac®20 por conferir un vigor bajo y una buena productividad, utilizado ampliamente en almendro para plantaciones en seto. También en Chile, como se expone a continuación, se cuenta con varios años de experiencia con este patrón en plantaciones en seto con la variedad de ciruela europea 'Agen' para mecanizar la recolección cuando el destino es la deshidratación. De la misma serie, el Rootpac®R aporta un mayor vigor, aunque inferior a los patrones Mariana (Figura 2), es tolerante a nematodos agalladores, a la asfixia y a *Phytophthora*, anticipando la maduración con respecto a otros patrones. Características más detalladas de dichos patrones y de otros en proceso de obtención han sido descritos detalladamente por IGLESIAS *et al.* (2020).

Sistemas de conducción

El vaso

En ciruelo, al igual que en otras especies de fruta dulce como el melocotonero, el albaricquero o el cerezo, el sistema de formación que caracteriza la mayoría de países productores



Figura 3A. El vaso con sus diversas modalidades es el sistema de formación más utilizado en ciruelo en todos los países. En las fotos de arriba y abajo izda., vaso tradicional con un marco de plantación de 6x2,75 m en Extremadura (Fotos: Tany Nature). Abajo a la dcha., palmeta con un marco de 4x2 m en Lleida.

como España, Italia o Chile es el vaso, ya sea para destino en fresco o industrial (Figura 3). En este sistema el coste de la mano de obra representa entre el 45 y el 55% del coste total de producción, destacando el de la recolección y poda. Sin embargo, este sistema por su mayor o menor volumen de copa dificulta la mecanización de operaciones como poda, aclareo o recolección y es menos eficiente en el uso de insumos como la mano de obra, pesticidas, fertilizantes o agua de donde se obtiene una mayor sostenibilidad en su uso (IGLESIAS, 2019). Está asociado a patrones

de vigor medio alto que son los más utilizados, en particular las selecciones de Mariana y el Mirabolán 29C (Figura 2). El vaso presenta diversas modalidades según países, con marcos de plantación de 7 a 5 m entre líneas y 6 a 2,5 m entre árboles. El vaso más común es el formado por 3 o 4 ramas principales sobre el que se insertan las principales y secundarias para poder ocupar así el espacio asignado. El amplio espacio entre árboles hace que la entrada en producción sea lenta, alcanzándose en el año 6 o 7 la plena producción (Figura 3a). La palmeta, con marcos de

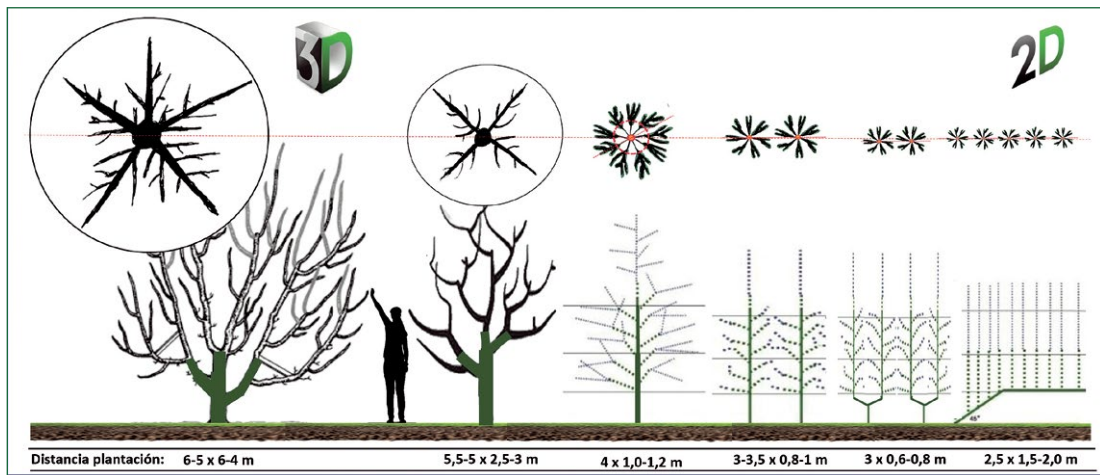


Figura 3B. Evolución de los sistemas de formación en ciruelo en las últimas décadas, desde las formas en volumen o 3D a las planas o 2D como el eje, bиеje y multilider. En la parte superior proyección horizontal de la copa, en la inferior marcos de plantación asociados.

plantación de 3,5–4,0 x 2 a 2,5 m, aporta la ventaja de la forma plana (Figura 3A). Se ha utilizado puntualmente en numerosas zonas pero su limitación son los mayores costes de formación los tres primeros años en comparación con las formas axiales.

Al igual que en otras especies como el melocotonero o el cerezo, la tendencia de las dos últimas décadas es hacia la intensificación progresiva de las plantaciones utilizando vasos de menor volumen, marcos de 5 x 3 m o inferiores con los mismos patrones y la utilización de reguladores de crecimiento cuando es posible, aunque con crecientes limitaciones. Con esta evolución del modelo, la entrada en producción es más rápida, la mecanización de la poda y del aclareo son más eficientes y el menor volumen permite un acceso más fácil de la mano de obra para la poda, aclareo y recolección. Sin embargo, estos indicadores de eficiencia están todavía lejos de los que se consiguen con modelos más intensivos con formas axiales o en seto. En la Figura 3B se ilustra la evolución de la geometría de copa correspondientes a diferentes geometrías de copa y distancias de plantación transitando del vaso a las formas más bidimensionales de copa. Se describen a continuación diversos ejemplos con dichos sistemas de conducción.

Las formas axiales y el seto

En comparación con otras especies como el manzano o el peral, en ciruelo el desarrollo de formas axiales y la consecuente intensificación de las plantaciones está todavía en su fase inicial de desarrollo. Ello debido en parte a la baja disponibilidad de patrones para el control eficiente del vigor, que induzcan buena productividad y calidad de fruto. La información disponible permite afirmar sin ninguna duda que las plantaciones más intensivas son más eficientes en el uso de insumos, entre otras cosas por ser las copas de menor volumen, más accesibles para las labores manuales y las máquinas (IGLESIAS y TORRENTS, 2020; IGLESIAS, 2021; IGLESIAS y ECHEVERRÍA, 2021). Los objetivos son similares a los planteados en otras especies:

- Lograr una entrada en producción más rápida.
- Facilitar la mecanización y mejorar el rendimiento de la mano de obra.
- Reducir los costes de producción.
- Mejorar la eficiencia en el uso de insumos como mano de obra, productos fitosanitarios, agua y fertilizantes.

Las **formas axiales** se basan principalmente en patrones de vigor alto como el Mirobolán 29C e incluyen plantaciones intensivas en eje



Figura 4. Arriba y a la izda., nueva plantación y detalle del doble eje s en su primer verde en la zona de Lleida (Fruites Font), con la variedad 'Lovita', patrón Mirobolán 29C, con estructura de soporte para las mallas antigranizo y marco de plantación de 3,8 x 1,2 m. A la dcha., detalle de la mecanización de la poda en verde (lateral y *topping*) con este tipo de plantaciones.

mayoritariamente y en doble eje. Los marcos de plantación más utilizados oscilan entre 3,0 y 4,0 m entre líneas y de 0,5 a 1,5 m entre árboles, lo que equivale a densidades de plantación de 1.667 a 6.666 árboles/ha. Este tipo de plantaciones se

han desarrollado tanto en variedades japonesas como europeas, en España, Italia y Chile. Reducen significativamente el periodo productivo, posibilitan un mejor acceso a la copa de máquinas y personas, lo que se traduce en una reduc-



Figura 5. Plantación ecológica en doble eje de la variedad 'Pixy'®/Rootpac®20 en su segundo año en California (EE. UU.). Marco de plantación 2,8 x 1,5 m.

ción de costes de producción para variedades de media estación próximo a 2.500 €/ha. Sin embargo, el coste de plantación se incrementa en más del doble con respecto al vaso a 5 x 3 m.

El **doble eje** es un sistema de formación cada vez más utilizado en manzano, peral y melocotonero, dado que aporta como ventaja duplicar el número de ejes con el mismo número de plantas. Disponer de ejes a menor distancia es altamente positivo para reducir el coste de formación los dos primeros años y disminuir o eliminar el número de ramas que deben posicionarse manualmente a su posición horizontal o pendular. Además, la anchura de la copa se disminuye por lo que se mejora la eficiencia de las máquinas y de la mano de obra en la poda (*Figura 4*), aclareo y recolección. Su ejecución durante el primer y segundo año no es tan fácil como en eje central, pero lo es más que el triple eje. Por ello, el doble eje constituye un buen equilibrio entre el número de ejes disponibles, la facilidad de ejecución, la entrada en producción y la anchura de la copa. En la *Figura 4* se muestra una nueva plantación en doble eje en la zona de Lleida con patrón Mirabolán 29C, la proyección futura de la misma con árboles adultos y la mecanización de la poda, en este caso en melocotonero.

Se dispone también de experiencias en doble eje en otros países como Estados Unidos, concretamente en California. En este caso se trata de una plantación comercial en producción ecológica de la variedad de ciruela japonesa 'Pixy'® injertada sobre patrón Rootpac®20 (*Figura 5*) y plantada en marzo de 2017. En el tercer verde se obtuvo una producción de 46 t/ha.

Las formas axiales en alta densidad para destino en fresco

El **eje central** se ha utilizado relativamente poco como sistema de formación del ciruelo. Sin embargo, tanto en España como en Italia o Francia se dispone de experiencias muy interesantes con plantaciones comerciales en plena producción donde la mecanización del aclareo y la poda permiten reducir los costes de producción. El marco de plantación más habitual oscila entre 3,5 y 4,0 m entre líneas y de 1 a 1,4 m entre árboles. Una mayor separación entre árboles implica un mayor coste de formación por la necesidad de arquear de forma manual y mediante ataduras las ramas laterales, tal y como se observa en la *Figura 6A*. En la *Figura 7* se observa la precocidad de entrada en producción de la ciruela japonesa (2º año 12 t/ha), acrecentada con plantaciones intensivas.



Figura 6A. Arriba, plantación de ciruelo japonés en el Valle del Ebro en su quinto año, con sistema de formación en eje central, patrón Mirobolán 29C y marco de plantación 4,0 x 1,0 m. Abajo, se observan las numerosas ataduras de ramas en árboles jóvenes de 2 años para su posicionamiento horizontal.

Una nueva propuesta en desarrollo a lo largo de la última década en Italia, Serbia y otros países del este de Europa es el eje central con una alta densidad de plantación, superior al expuesto anteriormente y utilizando como patrón el Rootpac®20. Concretamente se trata de un marco de plantación de 3,0 m entre filas, 0,5–0,8 m entre árboles y una altura de 3,0 a 3,5 m. Una propuesta similar se está utilizando hace más

de una década en manzano, peral, melocotonero y cerezo (LUGLI *et al.*, 2015). El reducido marco de plantación y en concreto la poca distancia entre árboles, se traduce en una rápida entrada en producción. Además, el sistema facilita su gestión los dos primeros años dado que apenas hay período de formación al no ser preciso arquear manualmente ninguna rama lateral (Figura 6); si es demasiado vigorosa se recorta a 5–10 cm y si



Figura 6B. Plantación de ciruelo japonés en Mauguio (Francia) con patrón Mirobolán 29C en su segundo año de plantación a 3,5x1,0 m (izda., foto: Gradilis). A la dcha., mecanización del aclareo de flores mediante el uso del Darwin en plantación adulta.



Figura 7. Plantación de la variedad ‘Stanley’/Rootpac®20 en eje central en su tercer año de plantación en Ferrara (Emilia Romagna, Italia), antes de su recolección en agosto de 2019. Marco de plantación 3,0 x 0,5 m.

es menor se deja (Figuras 7, 8 y 9). Por otra parte, el eje central es la forma más fácil de ejecutar al no deber realizar intervención alguna para lograr el equilibrio de los ejes como ocurre en el doble o en el triple eje. La mayor proximidad entre árboles y el bajo vigor del Rootpac-20 resultan en un eficiente control del vigor de la plantación en árboles adultos. Para ilustrar la entrada en producción, el potencial productivo y la cali-

dad del fruto, en el Cuadro 1 se exponen los resultados obtenidos en Italia (Emilia Romagna en Ferrara y Veneto en Verona) y Serbia (Banat) con seis variedades: dos europeas (‘Stanley’ y ‘Agust Delight’) y cuatro japonesas (‘Angeleno’®, ‘Blue Moon’®, ‘Owen T’®, y ‘Crimson Glo’®).

Los resultados del Cuadro 1 muestran la gran rapidez de entrada en producción de todas las variedades, con una elevada producción ya en el se-



Figura 8. Variedad 'Stanley' /Rootpac®20 en eje central al final de su tercer año de plantación en Banat (Serbia), antes (izda.) y después (dcha.) de la poda de invierno. Marco de plantación 3,0 x 0,5 m.

Cuadro 1. Marcos de plantación, producciones y calidad de fruto de diferentes variedades de ciruela europea y japonesa en diferentes países con sistema de formación en eje central y patrón Rootpac®20.

Variedad	Marco plant. (m)	Producción (t/ha)						Calibre (mm)
		2º	3º	4º	5º	6º	Acum.	
Emilia Romagna – Ferrara (Italia)								
'Stanley'	3,0 x 0,5	20	45	65	48	52	230	40
Veneto – Verona (Italia)								
'Agust Delight®'	3,5 x 0,8	16	52	–	–	–	68	55
'Blue Moon®'	3,5 x 0,8	13	48	–	–	–	61	55
'Owen T®'	3,5 x 0,8	11	45	–	–	–	56	60
'Crimson Gloo®'	3,5 x 0,8	14	49	–	–	–	63	60
Banat (Serbia)								
'Stanley'	3,0 x 0,5	35	45	–	–	–	80	40
'Angeleno®'	3,0 x 0,5	15	30	–	–	–	45	55

gundo, tercer año de plantación y siguientes en el caso de 'Stanley'. Ello es debido a la intensificación de las plantaciones y a la particular fisiología de esta especie cuando está bien polinizada. El calibre y su homogeneidad han sido óptimos para todas las variedades (Cuadro 1). En la Figura 7 se ilustra una plantación de la variedad 'Stanley' /Rootpac®20 en su tercer año de plantación en eje central en Ferrara (Emilia Romagna, Italia).

El hecho de estar situados los frutos cerca del eje se traduce en una óptima calidad desde el punto de vista de uniformidad de calibre, color y contenido de azúcares (Cuadro 1 y Figura 9). Ello unido a la rápida entrada en producción, a la facilidad de la poda, de la formación del árbol y la posibilidad de mecanización de la poda del aclareo y de la utilización de plataformas auto-motrices lo convierte en un sistema muy intere-



Figura 9. Variedad 'Stanley'/Rootpac®20 en eje central en su tercer año de plantación en Banat (Serbia). Marco de plantación 3,0 x 0,5 m.

sante para el futuro. La única limitación de este sistema es la mayor inversión inicial asociada a la mayor densidad de plantación.

Otro aspecto de interés observado en Serbia es el retraso en la época de brotación/floración que confiere el patrón Rootpac-20 a las variedades injertadas. Ello se tradujo en el año 2021 en que la variedad 'Angeleno' no se viera afectada por las fuertes heladas primaverales de hasta -6°C que se dieron en el mes de abril y que afectaron fuertemente a la misma variedad injertada sobre patrón Mirobolán 29C.

Las formas de alta densidad en seto para destino industrial, deshidratación y en fresco

En los últimos 25 años se han desarrollado en España y en otros países, diferentes modelos productivos propuestos e impulsados por Agromillora, basados en la conducción en seto en especies como el olivo, almendro (IGLESIAS *et al.*, 2021) y más recientemente en los cítricos y el avellano (IGLESIAS, 2020). El olivo fue la primera especie donde se desarrollaron hace más de 25 años contando en la actualidad con más de 500 millones de hectáreas plantadas. Se describen, a

continuación, dos experiencias en España y en Chile basadas en el uso de formaciones de alta densidad como el eje central o el seto, con variedades de ciruelo europeo con destino industrial, deshidratación o en fresco e injertadas sobre el patrón Rootpac-20.

El modelo en eje o en seto para destino industrial o en fresco

Esta alternativa supone una innovación cuando se trata de plantaciones destinadas a la industria, en particular a la elaboración de mermeladas y otros derivados. La mecanización casi total de la poda y de la recolección con máquinas cabalantes permite reducir los costes de producción de forma muy significativa con respecto al vaso tradicional con patrones de vigor medio-alto como Mirobolán 29C o Jaspi y marcos de plantación de 6 x 4 o 5 x 4 m (417 y 500 árboles/ha, respectivamente) (Figura 10). Además, ofrecen la opción de la recolección manual para el consumo en fresco, cuando los precios son interesantes para el productor.

Las experiencias acerca de este modelo productivo se han desarrollado en base a un contrato de colaboración entre el INTIA y Agromillora.



Figura 10. Vaso tradicional variedad ‘Claudia Tolosa’ con patrón Jaspi con marco de plantación 6 x 4 m de 5 años (izda.). A la dcha., recolección en plantación adulta.

Ello posibilitó la plantación de una parcela experimental en la Finca del INTIA en Sartaguda (Navarra) en febrero de 2014 con la variedad ‘Claudia de Tolosa’ injertada con el patrón Rootpac®20. Se evaluaron dos sistemas de formación el eje central y el seto en multieje, ambos con un marco de plantación de 3,5 x 1,0 m (Figura 11A). Los objetivos del ensayo eran conocer el potencial productivo, determinar los tiempos y costes de producción, evaluar la calidad del fruto y la adaptación para la industria, así como evaluar la viabilidad económica del sistema. Los resultados obtenidos con ambos sistemas de formación hasta el año 2019 se exponen en el Cuadro 2. Resultados preliminares del ensayo fueron reportados por BENITO *et al.* (2018).

Puede observarse que el seto en multieje entró más rápido en producción (2º y 3r verde) por tener mayor número de ramas productivas. Esta mayor rapidez, unido a ramas demasiado largas por la falta de una o dos podas en verde, se tradujo en rotura de ramas portadoras en el tercer año que ocasionaron, junto al hecho de la reconversión a ecológico, una importante disminución de las producciones en 2018 y 2019, mayor que en el eje central (Cuadro 2). Las producciones acumuladas fueron similares en ambos sistemas y también el calibre del fruto. Con un manejo adecuado de los pinzamientos o podas

Cuadro 2. Fechas de recolección, producciones y calidad de fruto de la variedad ‘Claudia de Tolosa’/Rootpac®20 plantada en febrero de 2014, con sistemas de formación en seto y en eje central con un marco de 3,5 x 1,0 m en la Finca Experimental del INTIA de Sartaguda (Navarra).

Formación en seto multieje			
Año / Verde	Fecha de recolección	Producción (kg/ha)	Calibre medio (mm)
2016 (2º v.)	31–ago.	14.175	39
2017 (3r v.)	04–ago.	34.001	35
2018 (4º v.)*	17–ago.	4.319	39
2019 (5º v.)*	13–ago.	6.486	38
Acumulado	13 ago.	58.980	37
Formación en seto con eje central			
2016 (2º v.)	31–ago.	14.616	37
2017 (3r v.)	04–ago.	23.525	37
2018 (4º v.)*	17–ago.	20.199	36
2019 (5º v.)*	13–ago.	4.040	41
Acumulado	13 ago.	62.380	37

(*): conversión de la finca a producción ecológica y pedriscos en 2018 y 2019.

en verde, el seto en multieje cubre más rápidamente y de forma más efectiva el espacio ocupado a cada árbol, produciendo más rápidamente (Cuadro 2). Para la optimización del coste de plantación, de las producciones y en base a los



Figura 11A. Plantación en seto de la variedad 'Claudia de Tolosa'/Rootpac®20, marco de plantación 3,5x1,0 m, en su cuarto verde (2017). Arriba izda. en vaso, a la dcha. en eje central con estructura de apoyo. Abajo, poda en verde a mediados de junio en la Finca Experimental del INTIA de Sartaguda (Navarra).

resultados obtenidos, la distancia óptima entre árboles podría situarse en 1,20–1,30 m y reducir la separación entre líneas a 3,20 m. Con respecto a la inversión inicial, el eje central requiere de estructura de apoyo (Figura 11A), lo que supone un gasto alrededor de 2.000 €/ha, resultando un coste total de 13.000 €/ha y de 11.000 €/ha para el seto. Los costes anuales se han estimado en 2.200 €/ha, incluida la recolección. El coste de la mano de obra para el año 2020 fue de 8,5 €/h.

Las plantaciones tradicionales de ciruela para industria en Navarra se realizan con patrones de vigor medio alto como los Mirobolanes o Jas-

pi, marcos de plantación de 6x5, 6x4 o 5x4 m (Figura 10), con copas en volumen que requieren muchas horas de poda para su formación y en producción; ello unido al elevado coste de recolección y la maduración más escalonada en el tiempo, además de una lenta entrada en producción, obteniéndose la plena producción al cuarto año. En las formaciones más intensivas con copas planas como el seto multieje o el eje central, los frutos están mejor expuestos a la iluminación y hay menos zonas de sombreo. Ello mejora la uniformidad agrupando la maduración con respecto a los sistemas tradicionales en vaso.



Figura 11B. Arriba izda., variedad 'Claudia Tolosa' con su característica coloración verde y carne amarilla. A la dcha., en palot tras su recolección con máquina cabalgante a mediados de agosto de 2017 (abajo).

La versatilidad de los sistemas más intensivos como el seto y el eje central cuando los precios son interesantes y con variedades de doble aptitud (industria/fresco), los hace atractivos para los productores pues pueden realizar un pase a mano para mesa y otro con máquina para industria si el precio es interesante. Con precios menores pueden recolectarse con un solo pase con máquina cabalgante. Para conseguir potenciales productivos altos con el seto o el eje se requiere de la presencia de polinizadores, abejorros o abejas, necesarios para lograr un buen cuajado de frutos. Actualmente, se dispone en el INTIA de dos experiencias iniciadas en el año 2018; ambas en eje central con un marco de plantación de 3,5 x 0,8 m. La primera es con la variedad 'Stanley' y la segunda con 'Reina Claudia', ambas so-

bre patrón Rootpac®20 con estructura de apoyo y también en la Finca de Sartaguda.

En base a los resultados obtenidos puede concluirse que la intensificación del cultivo del ciruelo para su destino industrial o en fresco es una alternativa interesante al reducir considerablemente el período improductivo y de los costes de producción, mantener una buena calidad del fruto y facilitar el manejo mediante la mecanización (Figura 11B). De los dos sistemas evaluados el seto multilíder, similar al que se describe posteriormente para Chile, parece el más interesante por posibilitar una ocupación más rápida y eficiente del espacio entre árboles, con la condición de que los pinzamientos o poda en verde durante los dos primeros años se realice en los momentos y en la posición adecuada para



Figura 12. Diferencias en la densidad de plantación, el volumen y la arquitectura del árbol correspondientes al vaso tradicional y al seto de la variedad 'Agen' en Agrícola San Miguel (Peralillo, O'Higgins, Chile).

dar más solidez a la estructura del árbol. En el caso del eje se deberá instalar una buena estructura de soporte. El potencial productivo en estas condiciones se establece entre 35 y 40 t/ha de peso fresco.

El modelo en seto de la variedad 'Agen' para deshidratado o fresco

El cultivo del ciruelo en Chile para la deshidratación se basa principalmente en la variedad 'Agen' ampliamente cultivada en un vaso tradicional con marco de plantación de 6 a 7 m entre líneas y de 4 a 5 m entre árboles. En la *Figura 12* puede observarse las importantes diferencias existentes entre el modelo tradicional en vaso y la propuesta en seto de pequeño volumen para la recolección mecanizada.

La conducción en seto y en alta densidad constituye una interesante innovación en ciruelo europeo 'Agen' que es la utilizada habitualmente en países como España, Chile o Estados Unidos para la deshidratación o destino industrial. La única experiencia a escala comercial de este tipo de conducción se localiza en Chile, donde la ciruela tipo 'Agen' para deshidratación tiene una notable importancia económica en determinadas regiones como O'Higgins. La base del sistema lo constituye la alta densidad unido a su conducción en seto, utilizando conceptos similares a los desarrollados en otras especies leñosas. La variedad utilizada es 'Agen' combinada con el patrón enanizante Rootpac®20. La recolección se realiza de forma mecánica con las mismas máquinas utilizadas en almendro y olivo, pero

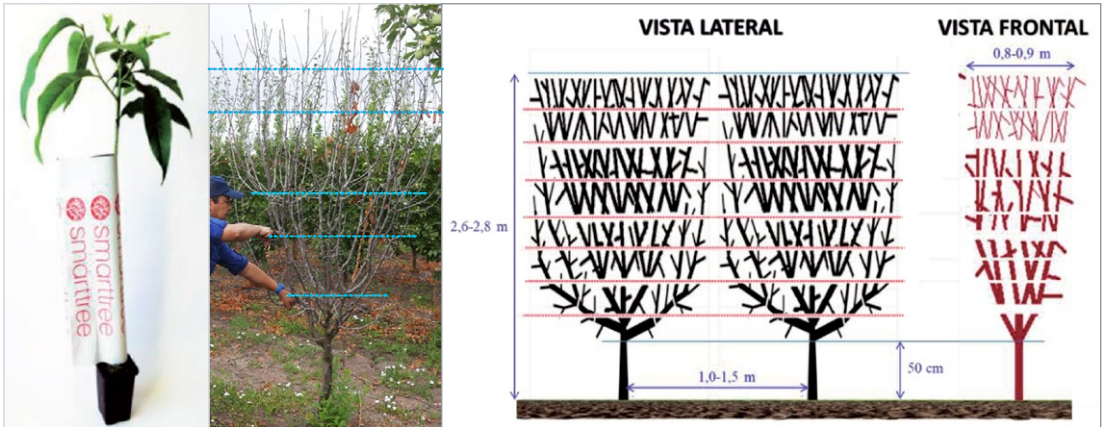


Figura 13. A la izda., árbol Smarttree® con protector preparado para su plantación. En el centro, árbol adulto con múltiples ramas, indicándose los despuntes realizados en verde. A la dcha., vista lateral y frontal del seto con sus dimensiones (IGLESIAS y ZUNIGA, 2021).

adaptadas al ciruelo. Los objetivos específicos planteados con este modelo responden a requerimientos de sostenibilidad tanto de las rentas de los productores como ambientales y sociales. Son los siguientes:

- Reducción del período improductivo mediante la intensificación de la plantación.
- Mínima dependencia de la mano de obra en la poda y la recolección y mejor calidad del trabajo.
- Árboles en seto con copas bidimensionales de pequeño volumen, eficientes en el uso de los insumos y mecanizables tanto para la poda como para la recolección.
- Aptitud mixta de las plantaciones, recolección mecánica cuando su destino es la deshidratación o recolección manual para el consumo en fresco para el mercado nacional o de exportación, o bien combinado ambas opciones según sean los precios.

El **modelo productivo** del ciruelo d'Agen en seto se basa en la combinación de tres factores:

- La variedad 'Agen'. Es la más importante de entre las variedades cultivadas en Chile por las características del fruto, la calidad gustativa y la doble aptitud para consumo en fresco o deshidratado. De excelente calidad gustativa y sabor dulce.
- El patrón Rootpac®20, obtenido por Agromillora, confiere un vigor controlado de forma

natural y una buena adaptación a un amplio rango de suelos, en especial los más pesados.

- La conducción en seto como sistema de formación de pequeño volumen y forma bidimensional. Marcos de plantación de 3,0 a 3,5 entre líneas x 1,0 a 1,5 entre árboles. Adaptado a la mecanización de la poda y de la recolección con máquinas cabalgantes.

La conducción en seto se basa en árboles de pequeño tamaño y copa bidimensional constituida por múltiples ramas que deberán ocupar de forma eficiente el pequeño espacio asignado. Partiendo de un árbol Smarttree® (Figura 13), en el primer año de plantación la poda se realizará manualmente en el primer pase y si es necesario en el segundo.

También se realizarán manualmente los pinzamientos entre árboles durante los dos primeros años, dado que en esta parte del árbol no accede la poda mecánica. Los despuntes serán consecutivos a lo largo del período de formación (años 1, 2 y o 3); en el 4º año se alcanzará el pleno desarrollo del árbol, ocupando el espacio asignado, alcanzando la plena producción en el 4º o 5º año (Figura 12). Los pinzamientos realizados durante los primeros años tienen por objetivo la multiplicación del número de ramas y la ocupación del espacio asignado a cada árbol. La vista frontal del seto muestra una anchura próxima a los 80 cm, óptima tanto para la penetración de la

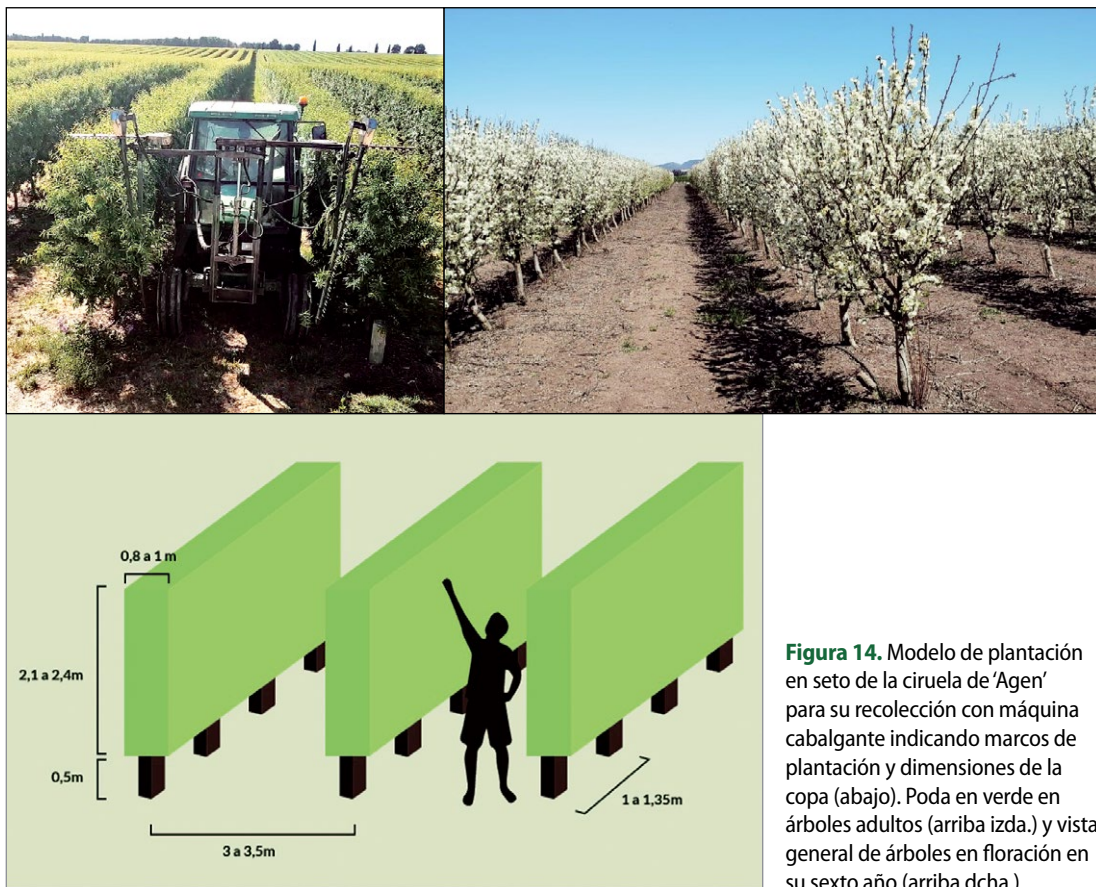


Figura 14. Modelo de plantación en seto de la ciruela de 'Agen' para su recolección con máquina cabalgante indicando marcos de plantación y dimensiones de la copa (abajo). Poda en verde en árboles adultos (arriba izda.) y vista general de árboles en floración en su sexto año (arriba dcha.).

luz como para la recolección con cabalgante sin pérdidas durante la cosecha (Figura 13).

El período de formación será de 3 a 4 años, dependiendo del tipo de suelo y la tecnología de producción aplicada. Los marcos de plantación oscilan de 3,0 a 3,5 m entre líneas y de 1,0 a 1,5 m entre árboles (Figura 13). Ello equivale a densidades de plantación de 3.333 a 2.041 árboles/ha. La distancia de las ramas más bajas del suelo no deberá ser inferior a 50 cm para facilitar la recolección y evitar pérdidas de frutos por el paso de la máquina cabalgante. Las características de la plantación en seto se exponen en la Figura 14, donde se indican las distancias de plantación y la altura de los árboles. Ésta no excederá los 3 m de altura y en cualquier caso deberá ajustarse a las dimensiones de la máquina cabalgante disponible. Las dimensiones del seto anterior-

mente expuestas permiten la mecanización de las labores de poda en verde (pinzamientos, Figura 14) y la recolección en el caso de que sea con cabalgantes, o facilitando la recolección cuando sea manual. Además, copas más pequeñas y bi-dimensionales permiten una mejor eficiencia de los tratamientos fitosanitarios, del agua de riego y de los fertilizantes. Es importante destacar que la mayoría de variedades de ciruelo europeo, como la 'Agen' son de porte erecto y ramificación media. Ello implica que el número de pinzamientos a realizar el primer año, así como las distancias entre árboles facilitan la ocupación del espacio asignado a cada árbol. El manejo de la copa mediante pinzamientos y poda deberá adaptarse a cada variedad.

La recolección se realiza con máquinas cabalgantes que en la ciruela, por tratarse de un fru-



Figura 15. La recolección de la ciruela de 'Agen' se realiza con máquinas cabalgantes a las cuales debe adaptarse el seto, en lo que a dimensiones se refiere. Abajo a la izda., descarga para secado de las ciruelas al sol en Agrícola San Miguel (O'Higgins, Chile).

to con un pedúnculo fino en relación al peso del fruto, se desprenden con facilidad (Figura 12). Sin embargo, el disponer de una copa bidimensional y de pequeño volumen en comparación con el vaso tradicional, se traduce en una buena accesibilidad para la recolección manual cuando la ciruela se destina al consumo en fresco (Figura 16).

La recolección manual para consumo en fresco es uno de los mayores costes, representando entre el 25 y el 30% del coste total de producción, por lo que su disminución es vital para la rentabilidad del productor. Este es el caso de la ciruela con destino a la exportación (Figura 16). En el vaso tradicional chileno, la recolección se realiza desde el suelo, no alcanzando a recolectar más del 35% de la producción. Las partes altas del árbol se cosechan con el uso de escaleras cuando

el destino es para fresco, pero es difícil y costoso por la dificultad de moverlas y posicionarlas, además del tiempo perdido en subir y bajar (Figura 16). Otra opción es destinar la parte alta a la deshidratación y realizar la recolección con un *side-by-side*. Contrariamente, en el seto entre el 90 y el 100% de la cosecha, según sea su altura, es peatonal sin necesidad de escaleras, por lo que el trabajo es más fácil para los recolectores y más sostenible socialmente (Figura 16). La eficiencia de la mano de obra para la recolección cuando se compara el seto frente al vaso, se incrementa entre un 35 y un 45%, según sea el volumen y la estructura de la copa de los árboles y el coste por kg reducido a la mitad. En el seto también existe la posibilidad de realizar un primer pase para el destino en fresco y un segundo pase con



Figura 16. Recolección manual de la ciruela de 'Agen' para consumo en fresco en vaso tradicional chileno con la ayuda de escaleras (arriba izda.). Abajo, recolección peatonal en seto de pequeño volumen en Agrícola San Miguel. Arriba dcha., ciruela 'Agen' preparada para su exportación.

la cabalgante con destino a la deshidratación, según sean los precios de la campaña. Ello constituye una doble ventaja, dado que el tipo (manual o mecánico) y época de recolección pueden decidirse en función del precio.

En la Finca de Agrícola San Miguel se realizó la injertada del Rootpac®20 en julio 2014, lo que equivale a la plantación de un árbol Smarttree en el invierno 2014–2015, alcanzando en 2020 el quinto año de plantación. Las primeras **producciones** se obtuvieron en el tercer verde (2017) para alcanzar en el 5º año las 31 t/ha. Un ajuste

de los marcos de plantación a 3,2 x 1,2 m posibilitaría ocupar más rápidamente el espacio asignado a cada árbol, incrementar la luz interceptada y el potencial productivo sin afectar a la calidad del fruto. La plena producción se podría establecer en 40.000 kg/ha, tal y como se ilustra en la *Figura 17*, donde se han representado las producciones obtenidas a lo largo de la vida de la plantación, las acumuladas y las esperadas para diferentes marcos de plantación como el 3 x 1 m y el 3,2 x 1,2 m que serían los que más se acercarían a la densidad óptima de plantación en base

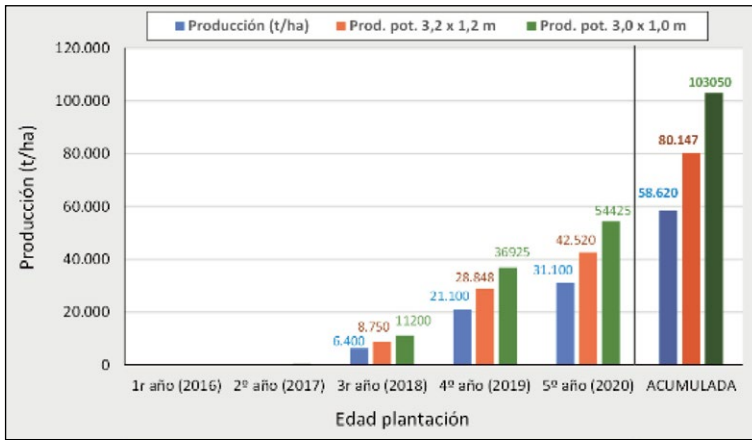


Figura 17. Producciones anuales y acumuladas de la variedad 'Agen' en Agrícola San Miguel (Chile), hasta el quinto año de plantación con el marco real de 3,5 x 1,5 m (barras azules) y producciones potenciales esperadas para marcos de plantación de 3,2 x 1,2 m y 3,0 x 1,0 m.

a la relación anchura de calle–altura de seto (relación 1/1) (IGLESIAS *et al.*, 2021). Estos resultados sobre potencial productivo son coincidentes a los obtenidos en el INTIA (Navarra), expuestos anteriormente. En esta finca comercial, la recolección se realizó con la New Holland VX 7090, utilizada en Chile para viña, olivos y almendros, con una velocidad de trabajo de 3 km/h. Los daños ocasionados por la máquina cabalgante para la cosecha de 2020 fueron del 2,8% de frutos dañados, similar a un *side-by-side*, frente al 4,4% correspondiente al vaso tradicional recolectado manualmente. El coste de producción en plena producción ha sido de 7.000 USD/ha que se reducen entre 2.500 y 3.000 USD/ha con respecto al vaso tradicional y con destino a la deshidratación, debido fundamentalmente a los menores costes de poda, de recolección y de los tratamientos fitosanitarios. El coste de la mano de obra en dicha región para 2020 fue de 4,0 €/h.

La calidad del fruto en la ciruela 'Agen', para su consumo en fresco viene dada por el calibre y el contenido de azúcares (°Brix), parámetros de calidad también utilizados para la deshidratación, a los que el añade el % de humedad para la conversión peso fresco/peso seco con un ratio de 30 a 36 kg deshidratados por cada 100 kg fresco. Los calibres ideales son los superiores a 33 mm, con contenidos de azúcares superiores a 16°Brix. Los datos obtenidos de tres cosechas consecutivas (2018, 2019 y 2020) muestran que los calibres se encuentran en el rango de 30 a 33 mm Ø, con

contenidos de azúcares entre 18 y 25°Brix y valores de firmeza de 6 a 8 lb, superiores a los utilizados para la recolección en fresco (4–6 lb). Un mayor detalle acerca del proceso de formación del sistema en seto, su manejo, costes, producciones y calidad del fruto han sido reportados detalladamente por IGLESIAS y ZUÑIGA (2021).

Otros sistemas de conducción: la doble fila, el tatura y el multilíder

Como se acaba de exponer, el vaso es el sistema más utilizado en el ciruelo europeo y japonés. Otros sistemas axiales más intensivos como el eje o el doble eje están en fase de desarrollo en diferentes países con el objetivo de reducir el periodo improductivo, facilitar la mecanización, reducir los costes y mejorar la eficiencia en el uso de insumos como son la mano de obra, el agua o los fertilizantes. En esta senda de la intensificación se están realizando nuevas plantaciones con nuevos sistemas de conducción peatonales para mejorar aún más la eficiencia de la mano de obra y mejorar la productividad resultante de mayores porcentajes de luz interceptada. Se trata de las formas axiales dispuestas en doble línea, desarrolladas a escala comercial en melocotonero y ciruelo en Italia, Estados Unidos y otros países. A estas, se une el sistema en multilíder o multieje, inspirado en la viña y desarrollado los últimos años en varias especies frutales. Se exponen a continuación las principales características de estos modelos productivos.

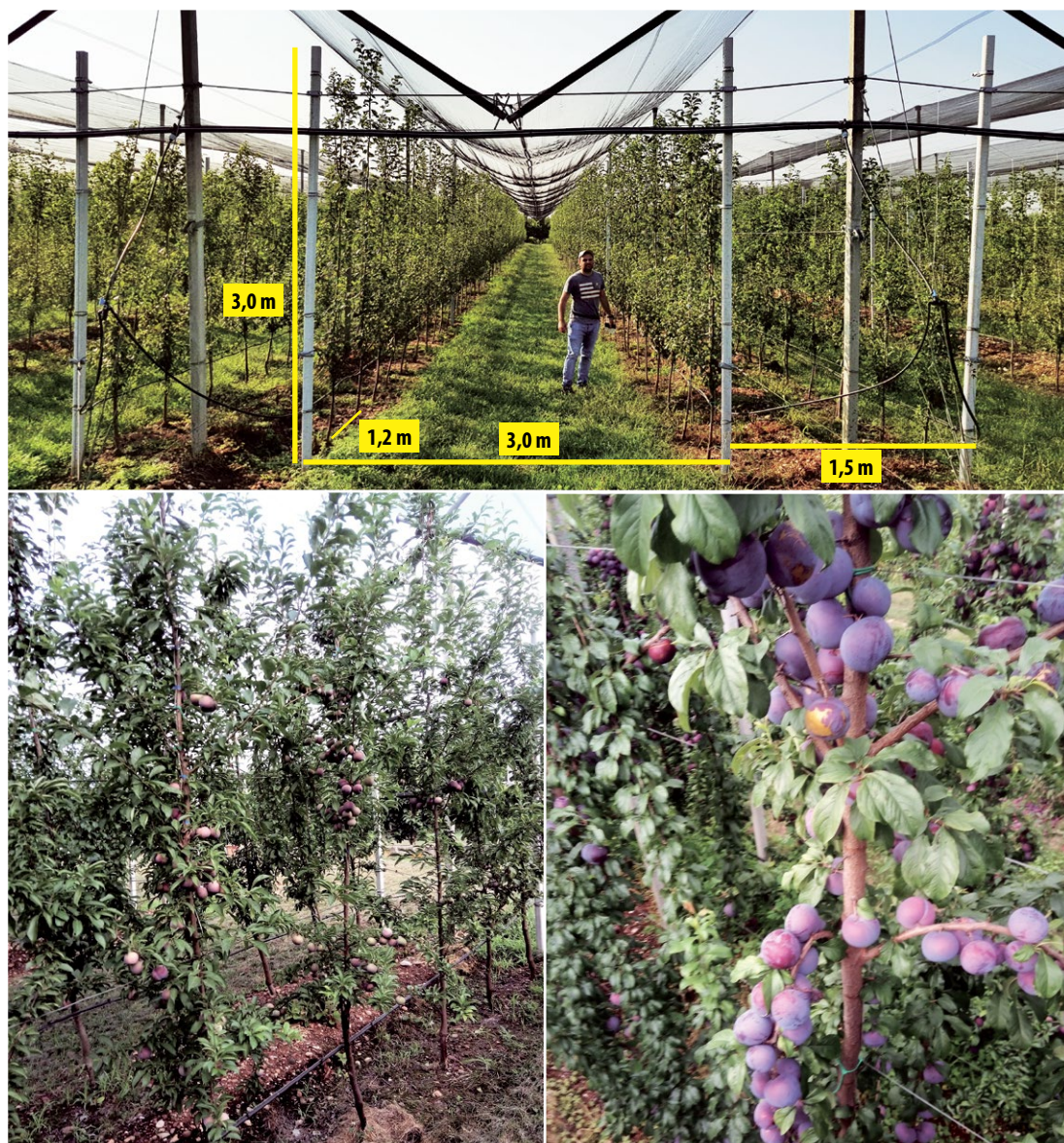


Figura 18. Variedad 'August Delight'/'Rootpac' 20 en eje central en su segundo año de plantación (arriba) y en su tercer año en agosto de 2019 en Verona (Italia) (abajo). Marco de plantación 3,0 m x 1,5 m x 1,2 m entre árboles.

La doble fila

En el caso de Italia, la plantación comercial se sitúa en Verona (Veneto) con la variedad de ciruelo europeo 'August Delight'® sobre patrón Rootpac®20 y polinizada por 'Blue Moon'®. La parcela se plantó en febrero de 2017 con una distancia entre bloques de 3,0 m, de 1,5 m en

tre las líneas dentro del bloque y de 1,2 m entre árboles. La producción se inició en el segundo año (2018) con 25 t/ha, para obtener 48, 59 y 65 t/ha en el tercer, cuarto y quinto verde (2020), respectivamente. Un detalle de la plantación en el segundo año de plantación y en plena producción se ilustra en la Figura 18. El

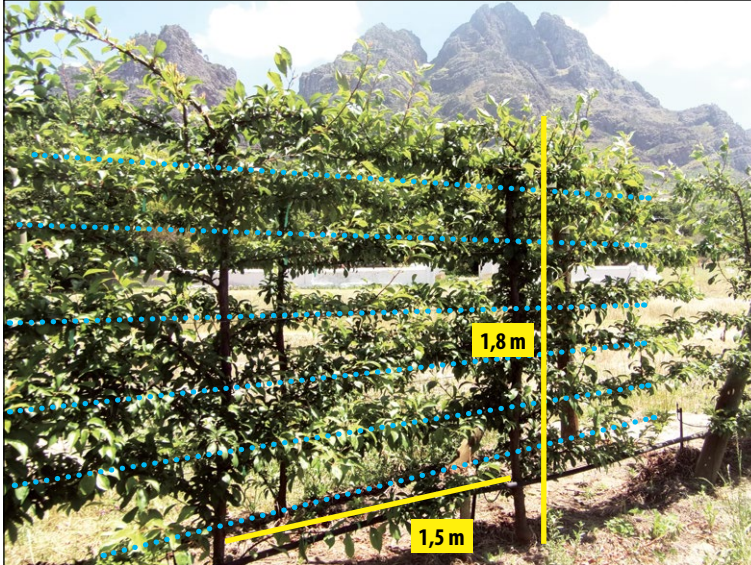


Figura 19. Plantación peatonal de ciruela japonesa en bloques de dos líneas y cordón horizontal con 7 alambres en su tercer año de plantación en Paarl (Western Cape, Sudáfrica). Marco de plantación 2,2 m x 1,2 m x 1,5 m entre árboles.

coste de la mano de obra en dicha región fue de 12,5€/h en 2020.

Una segunda experiencia se sitúa en Sudáfrica en la localidad de Paarl (Western Cape) y corresponde a una plantación peatonal de ciruela japonesa, variedad de Zaiger Genetics/Mirobolán 29C plantada en julio de 2014 (hemisferio sur) con un marco de plantación de 2,2 m entre bloques x 1,20 m entre líneas x 1,5 m entre árboles (Figura 19). Las fotos corresponden a noviembre de 2016, tercer año de plantación. El espacio entre árboles es ocupado por ramas secundarias

posicionadas horizontalmente en los 6 alambres disponibles. La plena producción se alcanzó en el 4º año con 68 t/ha con frutos de óptimo color y calibre.

Un tercer ejemplo de plantación peatonal en bloques, similar a la expuesta de Sudáfrica, es en Hanford (Estado de California, Estados Unidos) con la variedad de ciruela japonesa 'Emerald®'. La plantación se realizó en la primavera de 2016 con un árbol SmartTree y patrón Rootpac®20. La distancia entre bloques es de 2,6 m x 1,2 entre líneas y 1,5 m entre árboles. Los polinizados



Figura 20. Arriba y abajo izda., plantación peatonal con la variedad ‘Emerald’/Rootpac®20 en Hanford (California, EE. UU.) en bloques de dos líneas y cordón horizontal con 6 alambres en su segundo año de plantación. Marco de plantación 2,6 m x 1,2 m x 1,5 m entre árboles. Abajo dcha., plantación comercial de ciruela japonesa a 4,0 x 1,8 m y cuatro ejes en su cuarto año.

res se sitúan en el interior del bloque entre las dos líneas, tal y como se observa en la *Figura 20*. Las ramas secundarias portadoras de frutos se sitúan horizontalmente sobre los 5 alambres situados en cada línea de plantación. Las producciones obtenidas han sido similares a las expuestas anteriormente para el ejemplo de Sudáfrica. El coste de la mano de obra en California fue de 16 USD/h en 2020.

Los tres casos expuestos de bloques de dos líneas ponen de manifiesto cómo puede incrementarse la rapidez de entrada en producción,

la eficiencia productiva y en la recolección, por ser peatonal, con este sistema más intensivo. Los principales inconvenientes son la mayor inversión en la plantación y que la mecanización por ambas caras del árbol no es posible.

El Tatura

En ciruela japonesa se ha utilizado también para el concepto de plantación peatonal el sistema tatura o de planos inclinados, con dos caras oblicuas y un marco de plantación de 4 x 1 m. La plantación se sitúa en Reedley (California), con



Figura 21. Plantación peatonal de ciruela japonesa con Rootpac®20 en Reedley (California, EE. UU.) en tatura en su primer año de plantación en California. Marco de plantación 4,0 x 1,0 m.

fecha de plantación en enero de 2018, y patrón Rootpac-20. El potencial de producción es similar al expuesto anteriormente para los sistemas en bloques de dos líneas, pero con la diferencia que la colocación de los postes inclinados es más difícil (Figura 21). Además, al igual que las plantaciones en bloques de dos líneas no es posible la mecanización de las dos caras del árbol.

El multilíder

Un último modelo productivo desarrollado en los últimos 10 años en manzano y cerezo es el multilíder, también denominado UFO en cerezo. Su concepción se basa en el cordón Royat de la viña. El objetivo es disponer de copas extraplanas formadas por múltiples ejes verticales sepa-

rados a 20–30 cm e insertados directamente en uno o dos brazos portadores (Figura 22) y una distancia entre líneas reducida entre 1,7 y 2,5 m.

En ciruelo, al contrario que en otras especies frutales, el sistema en multilíder es testimonial disponiendo de referencias a escala comercial en Australia. En la Figura 23 se ilustra de forma comparativa diferentes ejemplos de 4 y 7 ejes con las variedades 'Greenred'® y 'Silvered'® sobre patrones Rootpac®20 y Rootpac®40. En la Figura 24 puede observarse la estructura de la plantación en árboles adultos y el modelo de copa en el multieje.

El tipo de copa que se consigue con la multiplicación de los ejes es progresivamente más estrecho y bidimensional, con respecto a las formas en



Figura 22. Ejemplos de formación en multilider en manzano, arriba (foto DCA–UNIBO, Italia) y abajo izda. (Val di Non, Italia). Abajo dcha., en melocotonero (Soses–Lleida).

eje o doble eje expuestas. Los frutos se insertan directamente en el eje o en ramificaciones cortas (Figura 24). Ello posibilita la mecanización eficiente de operaciones como el aclareo de frutos o

la poda en verde y en el futuro la recolección robotizada. Además, la fácil accesibilidad a la copa se traduce en una alta eficiencia de la recolección que puede realizarse desde el suelo o con la ayu-



Figura 23. Sistema de formación en ciruelo japonés, patrones Rootpac®20 y Rootpac®40, con 4 ejes y 7 ejes en Woorinen (Victoria, Australia). Fotos: Gaetan Cutri.

da de plataformas automotrices. En este sistema, la mayor separación entre árboles compensa la menor distancia entre líneas. Los mayores costes lo constituyen la estructura de soporte, que puede ser individual para cada eje (Figuras 22 y 23) o con alambres horizontales (Figura 22, abajo izda.), y el atado de todos los ejes a la estructura de soporte durante los dos primeros años.

Los diferentes modelos expuestos en este Apartado, aunque todavía en fase de desarro-

llo en diferentes países, constituyen un claro ejemplo de opciones disponibles para aumentar la eficiencia productiva y reducir los costes, al tratarse plantaciones peatonales, gracias a paredes verticales o inclinadas de reducido espesor y fácil accesibilidad a máquinas y personas. Si bien es cierto que la inversión inicial es mucho más elevada y la mecanización (poda, aclareo) en el caso de la doble fila y el tatura no es completa, el potencial productivo compensa



Figura 24. Arriba, vista lateral y frontal del sistema de formación en 5 ejes con ciruelo japonés y patrón Rootpac®40 en Woorinen (Victoria, Australia). Fotos: Gaetan Cutri. Abajo, comparación del multieje de un brazo a 1,2 m entre árboles con el eje central en su 5º año de plantación en la finca experimental de Gradilis, Manguio (Francia).

estas limitaciones y más aún si se trata de nuevas variedades con las que se espera obtener un alto valor añadido, como las que se encuentran en fase de desarrollo en diferentes países (Figura 1 y otras).

Conclusiones

Se han expuesto las principales características de los diferentes modelos productivos y en particular de nuevos sistemas de formación utilizados en ciruelo en las últimas décadas en dife-

rentes países. El vaso sigue siendo el dominante, aunque con una clara tendencia a la disminución del volumen. En esta especie, el limitado número de patrones de vigor medio-bajo ha ralentizado el proceso hacia la intensificación de las plantaciones iniciado hace décadas en otras especies frutales. Las formas axiales en eje central o en doble eje se encuentran en fase de desarrollo en diferentes países, siendo el más común el eje central, por la facilidad de formación. El uso de nuevos sistemas como la doble fila, tatura o multilíder aporta un elevado potencial productivo por ser más eficientes en la intercepción de luz y por el hecho de ser peatonales facilitan el manejo de la plantación reduciendo los costes de producción, pero precisan de una mayor inversión inicial. El sistema de conducción en seto cuando el destino de la ciruela es la industria o la deshidratación, o bien para su uso mixto en fresco o transformación, posibilita la mecanización de la poda y de la recolección con máquinas cabalantes reduciendo los costes de plantación, además de obtener producciones muy rápidas y mejorar la eficiencia de los insumos. Los nuevos ensayos y las experiencias en curso aportarán información adicional respecto a los sistemas en alta densidad en seto, en formas axiales o en cordón horizontal.

Los datos expuestos muestran de forma inequívoca que al igual que en otras especies, también en el ciruelo la hoja de ruta del futuro inmediato pasa por la intensificación de las plantaciones. Para ello se deberá contar con la mejor genética varietal y patrones eficientes que además posibiliten el control del vigor. Los nuevos sistemas de conducción derivados de dicha genética permiten un uso más eficiente del uso de insumos, en particular de la mano de obra, pero también de los pesticidas, fertilizantes y agua. Esta eficiencia solo puede conseguirse con copas de menor volumen, bidimensionales y con mejor accesibilidad. Es lo que la FAO define como “intensificación sostenible”, que se traduce en una mayor sostenibilidad tanto económica para los productores, social para los trabajadores y ambientalmente en favor de la protección del clima y del medio ambiente. Es la hoja de ruta y el reto del sector productor de ciruela hacia la

Europa verde que establece el *Green Deal* de la Unión Europea en su estrategia “de la granja a la mesa”. •

Bibliografía

- BENITO, A., E. DÍAZ, J. TORRENTS, (2018). Mecanización de la recolección. Clave para mejorar la competitividad en la fruta con destino industrial. *Revista de Fruticultura* 69, 50–59.
- CAMPOSEO S., (2020). ¿Altísima densidad o altísima sostenibilidad? *Revista de Fruticultura*, 74, 46–55.
- IGLESIAS, I., (2019). Costes de producción, sistemas de formación y mecanización en frutales, con especial referencia al melocotonero. *Revista de Fruticultura* 69, 50–59.
- IGLESIAS, I., (2020). El avellano: situación actual y nueva propuesta productiva en alta densidad. *Revista de Fruticultura*, 75, 6–51.
- IGLESIAS, I., TORRENTS, J., (2020). Diseño de nuevas plantaciones adaptadas a la mecanización en frutales. *Horticultura*, 346, 60–67.
- IGLESIAS, I., TORRENTS, J., MORENO, M.A., ORTIZ, M., (2020). Actualización de los portainjertos utilizados en cerezo, duraznero y ciruelo. *Revista Frutícola* 42(2), 8–18.
- IGLESIAS, I., ECHEVERRÍA, G., (2021). Overview of peach industry in the European Union with special reference to Spain. *Acta Horticulturae* 1304, 163–176.
- IGLESIAS, I., (2021). La intensificación sostenible como respuesta al Pacto Verde de la Unión Europea: retos y ejemplos en la producción agrícola y el consumo alimentario. *Revista de Fruticultura* 79, 45–57.
- IGLESIAS, I., ZUÑIGA, M. (2021). Cultivation of the french prune in edge. *Agromillora Technical Report* 1, 1–22.
- IGLESIAS, I., FOLES, P., OLIVEIRA, C., (2021). El cultivo del almendro en España y Portugal: situación, innovación tecnológica, costes, rentabilidad y perspectivas. *Revista de Fruticultura*, 81, 6–49.
- LUGLI, S., CORRELALE, R., GRANDI, M., BERTOLAZZI, M., TARUSCIO, G., CECCARELLI, A., ROCCHI, R., TAIOLI, M., VIDONI, S. AND COSTA, G., (2015). Qualità e sistemi di impianto, Convegno Nazionale del Ciliegio 2.0 – “Innovazioni di prodotto e di processo per una cerasicoltura di qualità”, Vignola (Italy), 25 febbraio 2015.
- MORENO MA, GELLA R, APARICIO J, TABUENCA MC., (1995a). Incompatibilidad entre patrón e injerto. Variedades de ciruelo injertadas sobre híbridos almendro x melocotonero. *An. Aula Dei*. 21 (3), 217–220.
- MORENO MA, TABUENCA MC, CAMBRA R., (1995b). Adara, a plum rootstock for cherries and other stone fruit species. *HortScience* 30 (6), 1316–1317.
- MORENO MA, TABUENCA MC, CAMBRA R., (1995c). Adesoto 101, a plum rootstock for peaches and other stone fruits. *HortScience* 30, 1314–1315.
- MORENO M.A., (2004). Breeding and selection of *Prunus* rootstocks at Aula Dei Experimental Station, Zaragoza, Spain. *Acta Hort.* 658, 519–528.
- REIG G, FONT I FORCADA C, MESTRE L, JIMÉNEZ S, BETRÁN JA, MORENO MÁ., (2018a). Horticultural, leaf mineral and fruit quality traits of two ‘Greengage’ plum cultivars budded on plum based rootstocks in Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae* 232: 84–91.
- REIG G, FONT I FORCADA C, MESTRE L, BETRÁN JA, MORENO MA., (2018b). Potential of new *Prunus cerasifera* based rootstocks for adapting under heavy and calcareous soil conditions. *Scientia Horticulturae* 234: 193–200.
- WILLET, W., ROCKSTRÖM, J., LOKEN, B., SPRINGMANN, M., LANG, T., VERMEULEN, S., GARNETT, T., TILMAN, D., DECLERCK, F., WOOD, A., JONELL, M., CLARK, M., GORDON, L.J., FANZO, J., HAWKES, C., ZURAYK, R., RIVERA, J.A., DE VRIES, W., SIBANDA, L.M., AFSHIN, A., CHAUDHARY, A., HERRERO, M., AGUSTINA, R., BRANCA, F., LARTEY, A., FAN, S., CRONA, B., FOX, E., BIGNET, V., TROELL, M., LINDAHL, T., SINGH, S., CORNELL, S.E., REDDY, K.S., NARAIN, S., NISHTAR, S., MURRAY, C.J., (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet Commissions. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).