

De entre los sistemas de formación basados en formas planas o bidimensionales, los más utilizados en la actualidad son el eje y el doble eje, por aportar el mejor compromiso entre la facilidad de formación y la rapidez de entrada en producción

# SISTEMAS DE FORMACIÓN EN FRUTALES DE HUESO: SITUACIÓN Y EVOLUCIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN EFICIENTE

**Dr. Ignasi Iglesias**

Technical Manager Agromillora Group.

La evolución de la fruticultura desde mediados del siglo XX se ha caracterizado por la reducción progresiva del volumen de copa, la intensificación y el tránsito hacia copas más bidimensionales y eficientes en el uso de la mano de obra.



**INTRODUCCIÓN**

La producción de las diferentes especies de fruta dulce en España se aproxima a los 3 millones de toneladas anuales, con una superficie cercana a las 200.000 hectáreas en el año 2020 y un crecimiento constante desde la década de los años 70 del siglo XX. Las especies de hueso, en particular el melocotonero y el cerezo, han ido ganando importancia en detrimento de las especies de pepita, ya sea manzano o peral, tendencia que se ha invertido en los últimos años por el retroceso del melocotonero, debido a la crisis de precios en el período 2014-2019. Dicho incremento se debió fundamentalmente a la mejor adaptación de las especies de hueso a los climas secos y calurosos que caracterizan la mayoría de las zonas frutícolas de España. En la Tabla 1 se resume la aportación por especies tanto a la superficie como a la producción nacional. Las especies de hueso aportaron el 73% de la superficie y el 70% de la producción. El melocotonero lidera tanto las superficies como las producciones y las exportaciones. Si se compara las producciones de las principales especies frutícolas en los períodos 1985-1986 y 2019-2020 (Tabla 1), como valores medios de los dos años de cada período, puede deducirse que el mayor cambio ha sido el notable incremento del melocotonero, pasando de 538.000 a 1.452.000 t, en detrimento en gran medida del manzano (983.000 a 510.278 t) y en menor grado del peral. También el resto de las especies de hueso han aumentado significativamente, en particular el cerezo, pasando de 72.000 a 127.398 t.

**LOS COSTES DE PRODUCCIÓN**

Los costes de producción unido a la producción y al precio de venta constituyen los factores determinantes de la rentabilidad de las empresas frutícolas. Considerando el período que se inicia con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (CEE) en el año 2002 y hasta 2021, el precio medio percibido para las principales frutas (manzano, melocotonero, peral, etc.) en el Valle del Ebro ha sido muy

ESPECIE	SUPERFICIE 2019 (ha)	PRODUCCIÓN MEDIA 2019-2020(T)
Manzano	29.637	510.278
Peral	20.623	308.278
Melocotonero	77.464	1.452.300
Cerezo	27.604	127.398
Albaricoquero	20.235	165.643
Ciruelo	14.851	178.383
<b>Total</b>	<b>190.414</b>	<b>2.742.317</b>

Tabla 1. Superficies y producciones de las especies de fruta dulce en España en el año 2019 y 2020. Fuente: elaboración a partir AFRUCAT, MAPA, EUROPECH y PROGNOFRUIT

inferior al incremento de los costes de producción. En la Figura 1 se exponen sus valores medios correspondientes al Valle del Ebro para variedades de recolección en la época precoz y media, así como los correspondientes a la cereza. El coste de los inputs (mano de obra, tratamientos, fertilizantes, maquinaria, mantenimiento del suelo, etc.) representan del 72% (cerezo) al 67% (melocotón precoz), respectivamente. De estos, la mano de obra es el más importante en todas las especies, llegando a alcanzar el 67% para la cereza, donde destaca el coste de recolección con el 53% del total. El segundo lo constituyen los tratamientos fitosanitarios, los fertilizantes, el mantenimiento del suelo y maquinaria. De los costes expuestos los que pueden reducirse son los variables, en particular la mano de obra y otros inputs como los tratamientos fitosanitarios. Esta reducción puede realizarse modificando la forma y el tamaño de la copa, incrementando la mecanización y la eficiencia productiva mediante la intensificación. De forma más concreta puede afirmarse que la combinación eficiente del mejor material vegetal (patrón/variedad), el mejor sistema de formación en lo referido a la accesibilidad a la copa y la mejor tecnología de producción (poda, aclareo, protección del cultivo, fertirrigación, etc.), son las claves para obtener producciones elevadas, constantes y de la máxima calidad, de donde emana la rentabilidad del cultivo.

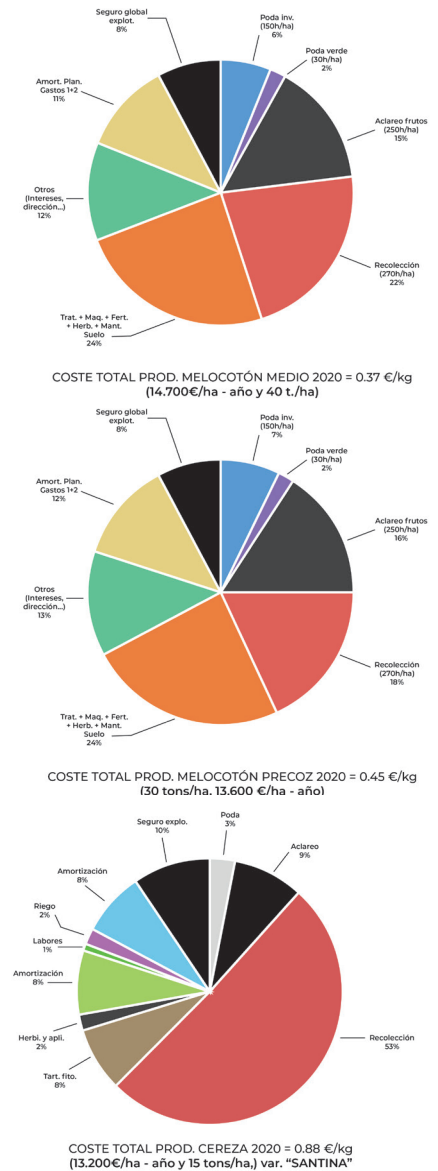


Figura 1. Partición de los costes de producción en el año 2020 correspondientes a variedades de melocotón de recolección precoz y media (primer y segunda) y de cerezo (tercera) en el Valle del Ebro.

**EL MATERIAL VEGETAL: LOS PATRONES**

El patrón junto a la variedad constituye el binomio y el pilar sobre el que se sustenta una producción eficiente en especies leñosas. La evolución de la fruticultura desde mediados del siglo XX se ha caracterizado por la reducción progresiva del volumen de copa, la intensificación y el tránsito hacia copas más bidimensionales y eficientes en el uso de la mano de obra. Esta evolución ha sido mucho menos importante en las especies de hueso por no disponer de patrones tan eficientes en el control de vigor como ocurre en manzano y en peral. Además, en estas especies y en particular en el melocotonero, albaricoquero y ciruelo, el vaso de volumen reducido con patrones de vigor medio-alto, unido a la utilización del paclobutrazol, ha posibilitado un buen nivel de eficiencia en lo referido al manejo del vigor y un buen compromiso entre el coste de plantación y la entrada en producción.

En melocotonero, los patrones vigorosos (GF-677, Garnem, etc.) asociados al sistema de formación en vaso sigue siendo la referencia en España, aunque se dispone de diferentes opciones para plantaciones más intensivas en eje o doble eje, la mayoría híbridos interespecíficos (Figura 2). En este caso, destacar los diferentes patrones de la serie Rootpac (Rootpac®20, Rootpac®40 y Rootpac®R), diferentes selecciones de ciruelo (Adesoto-101, Montizo, Tetra, Penta, etc.) y otros híbridos interespecíficos (Isthara®).

**SISTEMAS DE FORMACIÓN**

La combinación específica patrón/variedad elegida en base a los condicionantes edafo-climáticos y del mercado, condicionará el sistema de formación a desarrollar. Este se traducirá además de una entrada en producción más o menos rápida, en un volumen y forma de copa específicos con consecuencias importantes en el manejo de la plantación. En particular,



ESPECIES	MUY ALTO	ALTO	ALTO - MEDIO	MEDIO	MEDIO - BAJO	BAJO
MELOCOTONERO	GF-677 Garnem Nema-guard Atlas	Montclar®, GF-305 Cadaman Lovell Kuban	Rootpac®R Tetra Pentra	Adesoto - 101 Rootpac®40 Isthara® Controller-6	MP-26 Control-ler-6 IRTA1	Rootpac®20 Pilowred
CEREZO	F-12/1, Colt® Sta. Lucia (SL-64)	Adara, Maxma®14 Gisela®13, PIKU-1	Gisela®6, Giselo®12, Wei-root-158	Gisela®5, Gi®1482 Clinton™	Gisela®3, Lake™ Cass™, Crawford™	Clare™ Damil®
ALBARICOQUEIRO	Franco albaricoquero	Mirobolan 29C	Montclar, GF-305 AP-65	Adesoto-101 Isthara®	-	-
CIRUELO EUROPEO Y CIRUELO JAPONÉS	Marianna 2624 Marianna CF 8/1	Mirobolan 29C Adara	Rootpac®R Tetra Pentra	Adesoto - 101 Isthara®	Miral 3278 AD	Rootpac®20

Figura 2. Portainjertos disponibles en especies frutícolas de hueso ordenados en función del vigor conferido a la variedad injertada.

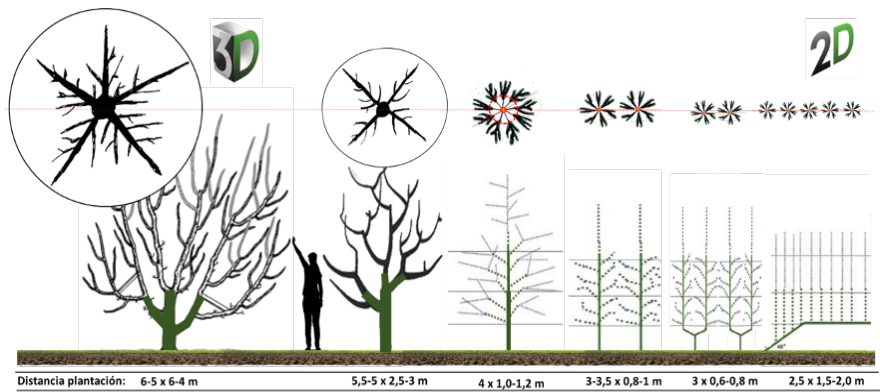


Figura 3. Evolución de los sistemas de formación en las últimas décadas en especies frutales, desde las formas en volumen ó 3D a las planas ó 2D como el eje, el doble eje y el multi eje. En la parte superior, proyección horizontal de la copa y en la inferior marcos de plantación asociados.

determinará el grado de accesibilidad a la copa de la mano de obra, las máquinas y la eficiencia de los pesticidas y consecuentemente el coste de producción. En frutales, la mano de obra constituye el principal coste de producción (Figura 1), seguido por la protección del cultivo, la fertilización y el mantenimiento del suelo. Reducir el volumen de la copa y mejorar la accesibilidad a la misma, además de disponer de sistemas de fácil manejo en la fase inicial de formación, se imponen ante el encarecimiento constante del coste de la mano de obra, su cada

vez menor especialización y escasez, así como de otros inputs. En todas las especies frutales los sistemas de formación muestran una clara tendencia hacia copas bidimensionales con árboles de pequeño volumen y plantaciones más intensivas, tal y como se ilustra en la Figura 3. Cada árbol debe ocupar un menor espacio al aumentar la densidad de plantación, no siendo preciso disponer de ramas secundarias ni terciarias, que se reemplazan por un mayor número de ejes y árboles de pequeño volumen unitario. Ello facilita y abarata la formación del

árbol a la vez que requiere de mano de obra menos cualificada, al tratarse de labores de poda de fácil ejecución. En estos tipos de formación y cuanto menor sea la distancia entre los ejes verticales, los frutos se sitúan muy cerca de los canales de sabia principal, están bien iluminados, resultando la calidad uniforme. Además, cuantos más ejes por unidad de superficie, más bidimensional es la copa y mejor es la accesibilidad para su poda, aclareo o recolección. En la última década y siguiendo este razonamiento se está desarrollando en manzano en diferentes países (Nueva Zelanda, Italia, Brasil, España, etc..) el multi eje de uno o dos brazos horizontales con ejes distanciados 20-30 cm y en los que cada brazo es portador de 5-7 ejes, con opción peatonal o de 3-3,5 m de altura (Figuras 3 y 7). Experiencias similares se están desarrollando en cerezo (UFO), ciruelo y melocotonero. En las especies de fruta de hueso se han ido desarrollando continuas modificaciones para reducir progresivamente su volumen a partir del vaso de mayor volumen de los años 70 hasta la actualidad. Ello gracias a la disponibilidad desde 1988 del regulador de crecimiento paclobutrazol. En las dos últimas décadas se ha transitado hacia plantaciones más intensivas y formas planas que permiten una entrada en producción más rápida y una mejor accesibilidad a la copa por las labores manuales

y máquinas (Figura 3). Ello permite una reducción importante de los costes de producción estimada en 2.647 €/ha, tal como se ilustra en la Tabla 2, donde se compara el efecto del patrón (GF-677 y Rootpac®40) y del sistema de formación (vaso y eje central) en la producción y los costes de la variedad 'Luciana®'. La reducción de los mismos, de entre 6 y 7 cts €/kg, se debe principalmente a la sustitución de la mano de obra por las máquinas en las operaciones de aclareo y la poda, la mayor producción, el mayor rendimiento en la recolección y la mayor eficiencia de los tratamientos fitosanitarios. En melocotonero, albaricoquero, cerezo y ciruelo, el tránsito hacia copas más bidimensionales en plantaciones intensivas y sostenibles pasa por la no dependencia del paclobutrazol gracias a la utilización de patrones para el control del vigor y sistemas de formación bidimensionales como el eje central, el doble eje o el triple eje. Las formas en volumen: el vaso español

Las formas en volumen representan alrededor del 90% de las plantaciones existentes en España de frutales de hueso. Entre estas el modelo más utilizado es el vaso español o de pequeño volumen desarrollado inicialmente en melocotonero, donde se cuenta con más de tres décadas de experiencia. Posteriormente, este

mismo concepto con ligeras modificaciones se aplicó al albaricoquero, al ciruelo y al cerezo. Las distancias de plantación oscilan entre 2,5 a 3,5 m entre filas y de 4,5 a 5,5 m entre líneas, dependiendo del suelo y del patrón utilizado. Este sistema posibilita una cierta mecanización de operaciones como la poda o el aclareo de flores y frutos, pero el trabajo de las máquinas es menos eficiente que en formas bidimensionales como el eje central o el doble eje o Ypsilon. La principal ventaja del vaso es que aporta un buen compromiso entre el coste de plantación y la entrada en producción que se mejora por el vigor medio-alto de los patrones utilizados. A la vez su vigor en plantaciones adultas se controla de forma eficiente con el paclobutrazol, con registro actual solo para el melocotonero/hectarina y ciruelo hasta finales de 2023. En la Figura 4 se ilustra el proceso de formación del vaso español hasta su tercer año de plantación. La estructura del árbol se basa en 4 ó 5 ramas principales sobre las que se asientan las secundarias o directamente las portadoras. El uso de máquinas podadoras facilita en gran medida la formación de los árboles durante los tres primeros años mediante la poda en verde. En el tercer año se obtienen las primeras producciones importantes y en el quinto año la plena producción.

SISTEMAS DE FORMACIÓN PATRÓN MARCO PLA.	PRODUCCIÓN (kg/ha)	COSTE TOTAL (€/ha)*	COSTE TOTAL (cts/kg)	OTROS (€/ha)	FITO-SANIT + FERTILIZAN. (€/ha)	PODA INVIERNO (€/ha)	ACLAREO FLORES Y FRUTOS (€/ha)	RECOLECCIÓN (€/ha)	TOTAL COSTES VARIABLES (€/ha)	EFICIENCIA MANO OBRA (h/t)
VASO ESPA. /GF-677 5 x 3 m	40.000	14.700	0,37	5,634	3.528 (2.293pest.) (1.235fert.)	920	1,785	2.833 333h (120kg/h)	9.066	(651 h/ha) 16h/t
EJE CENTRAL /RP-40 3,5 x 1,1 m	50.000	12.614	0,26	6,195	2.810 (1.885fito.) 1.025fert.)	750	836	2.023 238h (210kg/ha)	6.419	(398 h/ha) 7,6 h/t
DIFERENCIA	+10.000	-2.086	-0,11	+648	-718	-170	-949	-897	-2.647	+39%

Tabla 2. Producciones y costes de producción correspondientes al vaso y al eje central con la variedad de nectarina de media estación 'Luciana' en el Valle del Ebro, año 2020.

### Las formas bidimensionales

Las formas bidimensionales se caracterizan por copas más estrechas y una mejor ocupación del espacio asignado a cada árbol con respecto al vaso. Son varias las opciones disponibles para formar los árboles en esta modalidad, desde el eje central, el doble eje, el triple eje o el multi eje. En función de la opción escogida el patrón puede ser diferente. Así para las formas en eje o en doble eje, se requiere habitualmente patrones menos vigorosos, pues cada árbol debe ocupar menor espacio. Para el triple eje se utilizan patrones de vigor medio a alto, lo mismo que para el multi eje no peatonal, dado que el vigor se reparte en más de 1 eje. La elección de uno u otro sistema tendrá como principal condicionante la disponibilidad de mano de obra y su especialización. Así en las condiciones actuales de mano de obra escasa, cara y poco especializada, la tendencia es a utilizar sistemas como el eje o el doble eje de fácil ejecución a pesar de requerir un mayor número de árboles. El triple eje requiere ocupar el espacio entre árboles posicionando los 2 ejes laterales de forma manual y además lograr un equilibrio entre ejes, lo que supone un mayor coste de mano de obra. La altura de la plantación también condicionará la elección del patrón, aunque la tendencia es a plantaciones de menor altura y calles más estrechas, pudiéndose plantear con patrones de menor vigor plantaciones peatonales o casi peatonales.

### El eje central

Actualmente el eje central es el sistema más utilizado en manzano, peral y en algunos países en cerezo, siempre asociado a patrones eficientes en el control del vigor. En la última década se han desarrollado en España nuevas plantaciones intensivas en eje central, ya sea con patrones de vigor medio alto (Garnem, GF-677) y el uso de

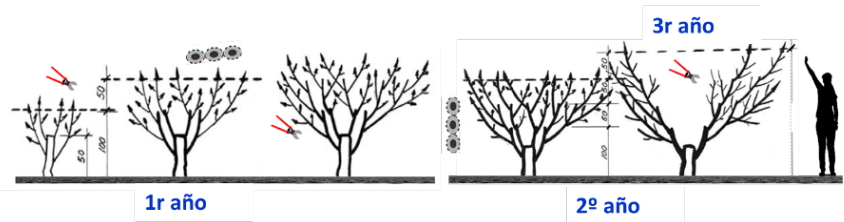


Figura 4. Diferentes fases y tipos de poda en verde y de invierno para el sistema de formación en vaso español o vaso de verano a lo largo de sus tres primeros años.

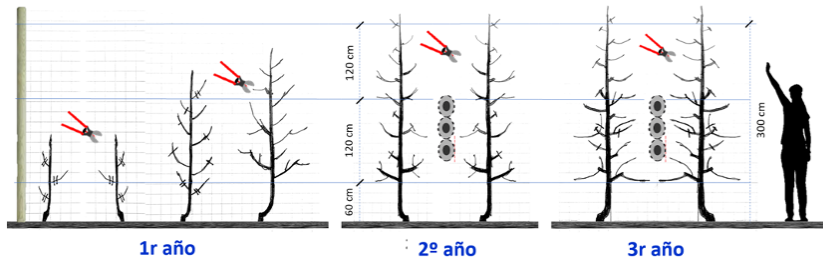


Figura 5. Diferentes fases y tipos de poda en verde y de invierno para el sistema de formación en eje central a lo largo de sus tres primeros años.



Imagen 1. La poda en verde es esencial en el periodo de formación del vaso español (izquierda) y se aplica anualmente en formas planas de plantaciones más intensivas como el eje, el doble eje (derecha) o el triple eje.

paclobutrazol o con patrones de vigor inferior principalmente de la serie Rootpac® (20, 40 ó RR, según tipo de suelo y vigor de la variedad), Isthara®, Adesoto-101, etc. y sin regulador de crecimiento. El eje central es la forma de más fácil ejecución por requerir muy poca mano de obra para su formación. Ésta se basa en pinzamientos en verde el primer y segundo año de plantación, con una ligera poda de invierno tal y como se ilustra en la Figura 5. Debido a la mayor intensificación, la entrada en producción es muy rápida, con las primeras producciones importantes al segundo año (15-25 t/ha) y la plena producción al tercer o cuarto año. Los marcos de plantación utilizados son de 3-3,5 m entre filas y de 0,6 a 1,2 m entre árboles. En plantaciones adultas la poda se realizará en verde de forma mecánica en uno o dos

pases, según época de recolección, con un repaso en invierno para eliminar ramas mal posicionadas o con demasiado vigor.

### El doble eje

El doble eje o bi-eje o Ypsilon, es un sistema muy interesante y el más utilizado actualmente junto con el eje central, por aportar un mejor control del vigor cuando éste es requerido. Es por ello que pueden utilizarse según sean las condiciones edáficas patrones de vigor bajo o medio, como Rootpac®20, Rootpac®40, Rootpac®R, Adesoto-101, Isthara® o francos de semilla. Este sistema permite, con el mismo número de árboles, disponer de un doble número de ejes por unidad de superficie, resultando una copa más estrecha y continua. El único inconveniente es lograr la mayor

igualdad posible entre ejes, lo que requiere intervenciones adicionales y un mayor coste de mano de obra durante el periodo vegetativo, comparado con el eje central. Para la formación puede partirse bien de árboles a ojo dormido o plantones de injerto de junio como la opción más interesante por facilitar su manejo. Las intervenciones durante los dos primeros años se limitarán a varios pinzamientos en verde y una ligera poda en invierno. Al final del segundo año el árbol estará casi finalizado alcanzando la parte más alta y la plena producción en el cuarto año (Figura 6). El manejo de la poda será el mismo que en el eje central descrito anteriormente en la Figura 5. La renovación de las ramas portadoras se realizará sobre el eje dejando siempre un taco para favorecer su emisión. Los marcos de plantación son muy parecidos al eje central. Así entre filas se mantendrá entre 3,0 y 3,5 m y entre árboles puede ampliarse de ser necesario el intervalo entre 0,8 hasta 1,5 m para disponer los ejes entre 40 y 75 cm de distancia.

**El triple eje**

El triple eje es en la actualidad un sistema que sustituye a la tradicional palmeta utilizada durante décadas en melocotonero, por su mayor facilidad de formación. Es una opción interesante cuando se eligen patrones de vigor medio-alto (Figura 2) y se quiere disponer de una forma plana por sus ventajas para la mecanización (Figura 6). El proceso de formación requiere más mano de obra y más cualificada con respecto al eje central o el doble eje para lograr una igualdad entre ejes que deberán ocupar de forma eficiente el mayor espacio entre árboles con respecto al eje central o el doble eje. El disponer de 3 ejes en lugar de 1 o 2 permite disponer de una copa más bidimensional y un mejor control del vigor. Además, la densidad de plantación es menor con lo que se

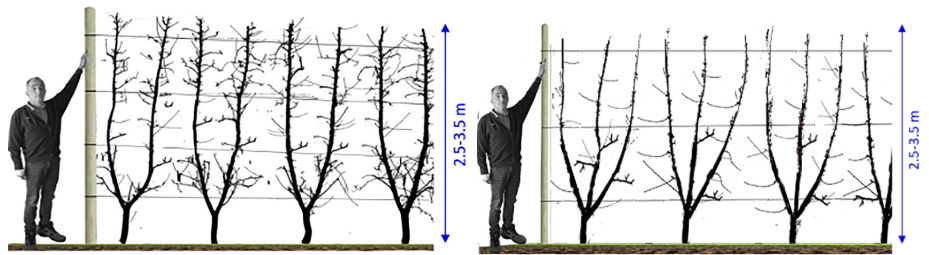


Figura 6. Ejemplos de la estructura de los árboles adultos con los sistemas de formación en eje central y en doble eje.



Imagen 2. Ejemplo de perfecta accesibilidad a los frutos de nectarina 'Latered' con sistema de formación en triple eje, a 80 cm de distancia entre ejes y 3,5 m entre líneas.

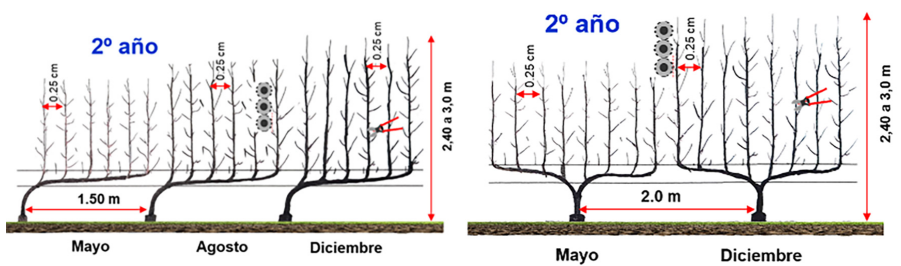


Figura 7. Ejemplos de la estructura de los árboles adultos con los sistemas de formación en multi eje de un brazo y multi eje de dos brazos.

reduce el coste de plantación. Los marcos de plantación utilizados son de 3,5 a 4,0 m entre líneas, según sea la altura de la plantación y 1,5 a 3,0 m entre árboles, según el vigor del patrón y tipo de suelo. Tras el eje y el doble, es el sistema más utilizado en melocotonero.

**El multi eje**

El multi-eje es un sistema de formación de nuevo desarrollo en melocotonero, albaricoquero y ciruelo, con una amplia experiencia en manzano y en cerezo, donde es denominado UFO o Upright Fruiting Offshoots. Se concibe como un sistema muy adaptado a la mecanización por su arquitectura de copa muy plana formando un cordón de vegetación continuo, debido a la proximidad

entre ejes. Por el hecho de ocupar cada árbol entre 1,50 y 2,0 m, se reduce el número de árboles por hectárea. Por contar cada árbol con varios ejes, la dominancia apical se elimina y el vigor se redistribuye en varios ejes partiendo de una estructura horizontal formada por 1 ó 2 brazos horizontales (Figura 7). El sistema se basa en chifonas y ramos mixtos de poca longitud y su renovación es directa sobre los ejes. A partir del 4º ó 5º año los ejes se renuevan en su totalidad. Cuando la plantación es peatonal un patrón de vigor bajo (sistema en un brazo) o medio (sistema de dos brazos) es suficiente para ocupar el espacio asignado. Para alturas de más de 3,0 m y con 1 ó 2 brazos se requiere de patrones de vigor medio o alto en suelos de menor calidad.

Las distancias de plantación utilizadas en este sistema oscilan entre 2 a 3 m entre líneas y de 1,5 a 2,5 m entre árboles. Se trata de un sistema innovador en cuanto a las características de la copa, las distancias de plantación y su manejo. Si bien la interceptación de la luz es menor por el hecho de ser las copas más estrechas, el hecho de disminuir las distancias entre filas compensa este hecho y permite aumentar la productividad de la plantación. Una vez la plantación es adulta, su manejo para la poda invernal es simple y también se adapta muy bien a la mecanización para la poda en verde, el aclareo y un acceso perfecto de los operarios para la recolección. El principal inconveniente de este sistema es que para la formación y tutoraje de los árboles durante los dos primeros años, requiere mayores necesidades de mano de obra y más especializada. También la estructura de soporte para guiar los ejes es más cara respecto al eje central o el doble eje, pero se compensa por un menor número de árboles por hectárea.

## CONCLUSIONES

Se ha expuesto la situación del sector de la fruta de hueso en España,

su importancia, los patrones y los principales sistemas de formación y patrones en desarrollo. En las especies de hueso, los sistemas de formación basados en formas en volumen y patrones de vigor medio a alto constituyen la mayoría de las plantaciones. Sin embargo, estos sistemas plantean limitaciones para una mecanización eficiente y para una reducción de los inputs y de los costes de producción. Es por ello que hace más de dos décadas se desarrollan sistemas de plantación más intensivos, basados en copas bidimensionales y patrones para el control del vigor. Ello se traduce en una mayor coste de plantación, pero permite aumentar la productividad y la calidad del fruto, mecanizar eficientemente diferentes labores como la poda o el aclareo y reducir los costes de producción gracias al uso eficiente de inputs, en particular la mano de obra. Todo ello sin la necesidad de fitoreguladores, de forma sostenible y a lo largo de toda la vida de la plantación.

De entre los sistemas de formación basados en formas planas o bidimensionales, los más utilizados en la actualidad son el eje y el doble eje

por aportar el mejor compromiso entre la facilidad de formación y la rapidez de entrada en producción. En definitiva, son los requerimientos para el tránsito hacia la intensificación sostenible, también requerida en especies de hueso. Esta es la respuesta del sector productor al Pacto Verde y a la estrategia “de la granja a la mesa” para una producción sostenible de fruta. Sostenibilidad basada en el conocimiento y en la innovación en el material vegetal y en los modelos agronómicos. Innovación necesaria para el uso eficiente de los inputs y para la sostenibilidad tanto medioambiental como de las rentas de los productores. ■

Imagen 3. La disponibilidad de copas bidimensionales de alta accesibilidad a los frutos, es clave para una robotización eficiente de la recolección. En la fotografía prototipo propuesto por Tevel (Israel) basado en el trabajo colaborativo de varios drones por palot (Fotografía: Tevel).



