

# Retos actuales de eficiencia y sostenibilidad y su adaptación a los sistemas de conducción en cultivos leñosos

**DR. IGNASI IGLESIAS**

Dr. Ingeniero Agrónomo





# Retos actuales de eficiencia y sostenibilidad

**01**

Resumen

**02**

Bases de la  
tecnología de  
producción  
eficiente en  
leñosos

**03**

Portainjertos

**04**

La arquitectura  
de copa y los  
sistemas de  
formación





## Resumen

Dada la complejidad de la cadena de valor de la fruta dulce, frutos secos, cítricos o aceite, el presente artículo se centra en la tecnología de producción. Esta se sustenta en tres pilares considerados como fundamentales para una producción eficiente y a la vez sostenible, que son: la innovación en material vegetal (variedades y patrones), los sistemas de conducción y la tecnología de producción.

La superficie de las diferentes especies de fruta dulce en España superaba ligeramente las 190.000 hectáreas en el año 2020 con una producción anual de entre 2,5 y 3 millones de toneladas, destacando el melocotonero como principal especie, seguida por el manzano y el peral. Estas cifras le convierten en el segundo subsector agrícola, incluyendo los cítricos con 307.000 ha, por su aportación a la Producción Final Agraria (52.219 millones de euros), con el 18% de la misma (incluidos los cítricos) y un valor de 8.877 millones de euros en el año 2020.

Sin embargo, otras especies son mucho más importantes en cuanto a superficie, por ocupar grandes extensiones de las mismas en secano. Este es el caso del olivo con 2.700.00 hectáreas, la viña con 964.000 ha o el almendro con 712.000 ha.

**La superficie total ocupada por las especies leñosas en España se aproxima a los 5 millones de hectáreas, lo que le convierte en el primer país de Europa.**

La evolución de los cultivos leñosos en los últimos años ha sido variable en cuanto a innovación en variedades, portainjertos, sistemas de conducción y mecanización.

El condicionante común de estos cultivos es el creciente aumento de los costes de producción desde la entrada de España en la CEE en el año 2002 y en particular a partir del verano de 2021



Plantación de manzano en tall-spindle en el Estado de Nueva York

con el repunte de la inflación acentuado en estos momentos por la guerra Ucrania-Rusia.

Es importante en este escenario conocer cuáles son los costes más importantes y cómo pueden reducirse para mejorar el retorno a los productores, ante la dificultad de repercutir el incremento de costes en el precio de venta de la fruta, la uva o el aceite.

En la figura 1 se exponen los mismos, como valores medios correspondientes al Valle del Ebro, para las especies manzano, melocotonero (variedad de media estación), cerezo (variedad de media estación) y almendro, especies muy importantes en las principales zonas frutícolas.

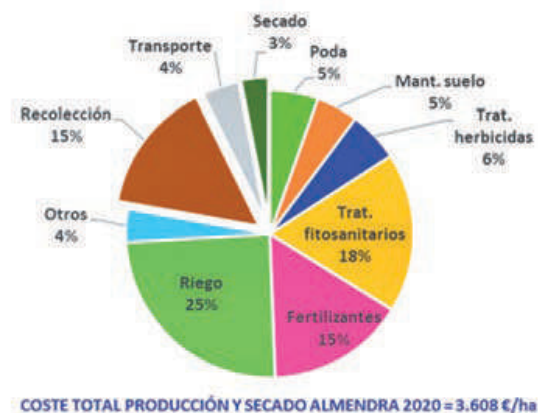
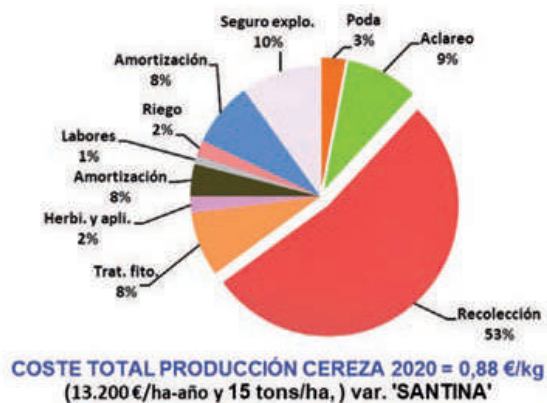
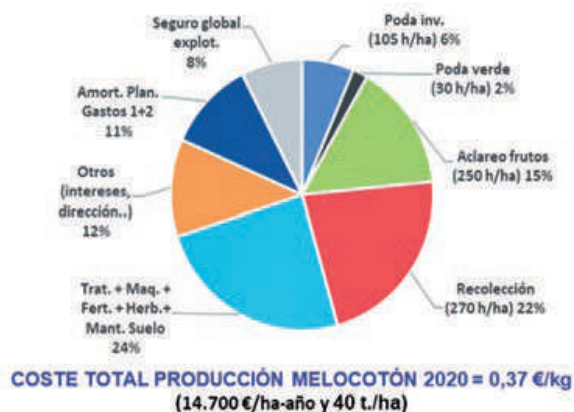
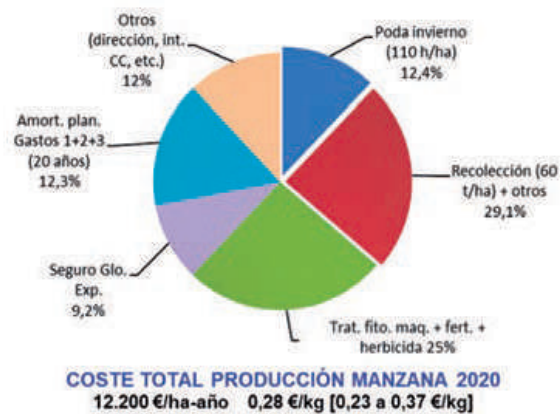
El coste de los inputs (mano de obra, tratamientos, fertilizantes, maquinaria, mantenimiento del suelo, etc.) representan entre el 66% y el 75% del coste de producción.

De entre estos, la mano de obra es el más importante en las especies de fruta dulce, llegando a alcanzar el 65% en la cereza. Su coste, a precios constantes, casi se duplicó en el período 2005-2021, pasando de 5,1 a 9,5 €/h, mientras que el precio de la fruta percibido por el productor ha sido en muchas especies constante o decreciente.

El segundo coste lo constituyen el conjunto formado por los tratamientos fitosanitarios, los fertilizantes, el mantenimiento del suelo y la maquinaria. El resto corresponden a costes fijos como son la amortización, el seguro o la gestión/asesoramiento, difíciles de disminuir.

El análisis de costes indica claramente que los que pueden reducirse son los costes variables, en particular la mano de obra y los inputs.

Esta reducción solo puede alcanzarse modificando la forma y tamaño de la copa e incrementando la eficiencia productiva, como se expone a continuación.



**Figura 1.** Partición de los costes de producción correspondientes a manzana, melocotón (variedad media estación), cerezo (variedad de media estación) y almendro (intensivo, recolección con paraguas invertido) para el año 2020 en el Valle del Ebro. Fuente: elaboración propia.





Recolección manzano Golden en intensivo 2,8 x 0,5 m y bi-eje (14.285 ejes/ha).



Nectarina Boreal/Rootpac-R conducida en bi-eje (izda) y en multi-eje (drcha).

## Bases de la tecnología de producción eficiente en leñosos

Dada la complejidad de la cadena de valor de la fruta dulce, frutos secos, cítricos o aceite, el presente artículo se centra solamente en la tecnología de producción.

Esta se sustenta en tres pilares considerados como fundamentales para una producción eficiente y a la vez sostenible que son: la innovación en material vegetal (variedades y patrones), los sistemas de conducción y la tecnología de producción (figura 2).

La integración holística de los mismos es lo que ha conducido y conducirá hacia la fruticultura del futuro, basada en la eficiencia, la sostenibilidad ambiental de la producción, la sostenibilidad de las rentas de los productores y también social, por tratarse de un sector altamente demandante de la mano de obra, y constituirá la hoja de ruta por la que se deberá transitar para adaptarse a los requisitos establecidos en el marco del Pacto Verde de la Unión Europea y de la Agenda 2030 de la ONU.

La sostenibilidad ambiental requiere de la intensificación de las plantaciones como requisito para la eficiencia de los inputs, también denominada “intensificación sostenible”.

Esta se basa en un mayor número de plantas por unidad de superficie para una producción más rápida y a un menor coste de producción por tratarse de árboles de menor tamaño.

En esta intensificación, el material vegetal (patrones y variedades), la forma y el volumen de copa (bidimensional y de pequeño volumen) y la tecnología del cultivo (mecanización, sonorización, monitorización, etc.) constituirán las bases para alcanzar la eficiencia en el uso de inputs como la mano de obra, los productos fitosanitarios, el agua y los fertilizantes.

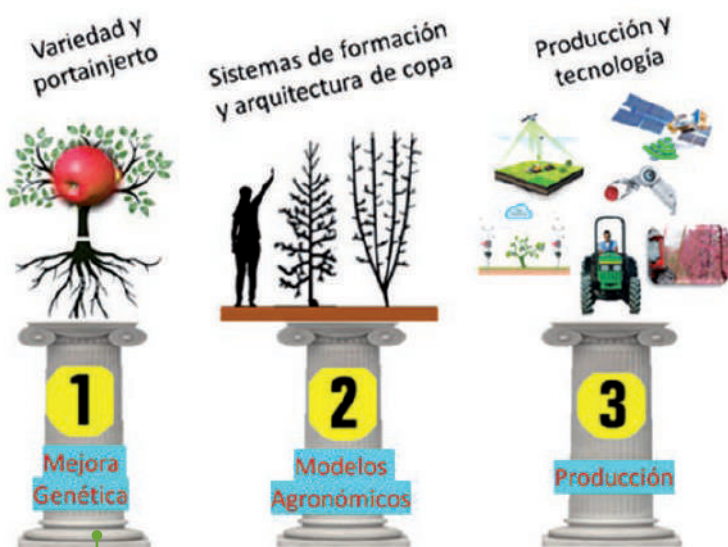


Fig.2 Los tres pilares en los que se basa la producción eficiente y sostenible de fruta: la nuevas variedades y patrones, los sistemas de formación/la arquitectura de copa y la tecnología de producción.

La combinación eficiente de los tres pilares expuestos en la figura 2 es clave para obtener un buen nivel de producción, lo más constante posible a lo largo de los años y con la mejor calidad posible (alto pack-out). Esta es la tarea del productor acompañado de la tecnología disponible para ser eficiente.

## Los portainjertos

La variedad juega un papel determinante en la innovación de producto y su consecuente valorización por el consumidor en beneficio del productor. El patrón es clave tanto en la adaptación a las condiciones edáficas específicas, como en el vigor y tamaño del árbol conferido, la eficiencia productiva y las características del fruto conferidas a la variedad.

La evolución de la fruticultura desde mediados del siglo XX hasta la actualidad se ha caracterizado por la reducción progresiva del volumen de copa y el tránsito hacia copas más bidimensionales, aunque con diferencias importantes entre especies, por ejemplo entre manzano y almendro.

Este proceso ha ido asociado a la utilización de patrones enanizantes o semi-enanizantes que ha conducido a la intensificación progresiva de las plantaciones, que posibilitan con una mayor inversión inicial una entrada en producción más rápida. El control del vigor se traduce en árboles más pequeños, con una mayor eficiencia productiva.

**La disminución del volumen unido a copas más bidimensionales se traduce en una mejor exposición de los frutos a la luz y una mejor calidad.**

Pero el factor más destacable relacionado con copas de reducido volumen es que posibilitan una mayor accesibilidad a la copa de personas y máquinas que se traduce en un menor coste de producción. El impacto de la utilización de patrones para el control del vigor ha sido variable entre especies. Los más destacables se expusieron en



Aclareo mecánico de flores con equipo Darwin en melocotón.



Recolección robotizada con equipo FF Robotics en Israel.





Recolección manzano Golden en intensivo 2,8 x 0,5 m y bi-eje (14.285 ejes/ha).



Nectarina Boreal/Rootpac-R conducida en bi-eje (izda) y en multi-eje (drcha).

Vida Rural no 500, páginas 82 a 90 y se resumen a continuación:

- Manzano: el patrón M9 y sus diferentes selecciones libres de virus o VF es el más utilizado en la mayoría de zonas productoras del mundo. Como innovación más destacable señalar los nuevos patrones de la serie Geneva (EE.UU).
- Peral: los membrilleros y sus diversas selecciones son los más utilizados en Europa (BA-29, M-A, Sydo, Adams, MH o M-C), mientras que en Estados Unidos o Sudáfrica lo son diferentes selecciones del género Pyrus.
- Melocotonero y almendro: los patrones francos e híbridos melocotonero x almendro son actualmente los más comunes. Nuevos patrones como los de la serie Rootpac o nuevos híbridos interespecíficos melocotón x almendro están en fase de desarrollo.
- Olivo: no se dispone de patrones clonales y se cultiva mayoritariamente sobre sus propias raíces, por lo que el vigor del árbol depende de la variedad, siendo las variedades Arbequina y Arbosana dos de las más plantadas en seto.
- Cítricos: la disponibilidad de patrones que permitan controlar el vigor es baja. Es por ello que el Carrizo, que induce un vigor notable, es el patrón más utilizado. De los patrones más recientes y que permiten un control del vigor citar el FA-5, el CIVAC-19 y diferentes selecciones de la Universidad de Florida (EE.UU).

## La arquitectura de copa y los sistemas de formación

El vaso, con patrones vigorosos con sus diferentes modalidades, fue el sistema de referencia a mediados del s. XX en todas las especies frutícolas (figura 3).

Progresivamente se desarrollaron sistemas planos como la palmeta, con mayores requerimientos de mano de obra para su formación pero con

copas más accesibles. El desarrollo posterior de los patrones enanizantes en manzano y peral, dio paso al eje central con sus diversas modalidades, como solaxe, tall-spindle o super spindle, el doble eje y, en menor grado, el triple eje.

En especies de hueso, la transición hacia formas planas es más reciente debido a la baja disponibilidad de patrones de poco vigor y resultante en los últimos años de la necesidad de reducir los costes de producción gracias a la mecanización. La evolución de la arquitectura de copa hacia formas bidimensionales y plantaciones más intensivas se ilustra en la figura 3, donde puede observarse cómo el volumen de copa se ha ido reduciendo, las ramas estructurales han desaparecido y se han sustituido por ejes cada vez más pequeños, más próximos, con puntos de fructificación cerca de los ejes, como se observa en el sistema multieje. La intensificación de las plantaciones unida a un mayor número de ejes por hectárea y a formas de copa más dimensionales, posibilita el uso más eficiente de máquinas para la poda, el aclareo y recolección y a la vez mejora la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios. Todo ello permite una reducción significativa de los costes de producción estimada en un 24% en manzano, 26% en melocotonero, 20% en almendro y 40% en olivo.

**“La necesidad de disponer de modelos agronómicos cada vez más eficientes en el uso de inputs ha propiciado en las últimas décadas el desarrollo de sistemas de plantación cada vez más intensivos con copas de menor volumen y más bidimensionales que aportan una mayor accesibilidad para las máquinas y las personas.”**

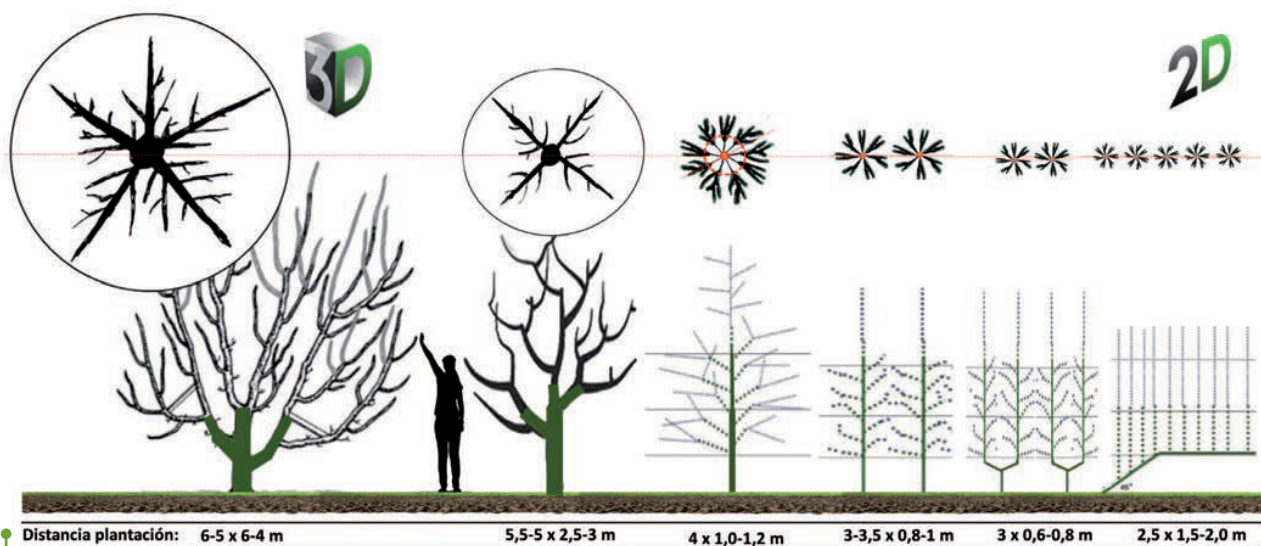
### **Manzano, peral, melocotonero, cerezo o ciruelo**

En el caso de estas especies frutales, las diferencias en el tránsito hacia formas bidimensionales y plantaciones intensivas es variable. Así, en manzano y peral, el eje y el doble eje con sus múltiples variantes asociados a patrones de vigor bajo o medio, son los sistemas de formación más comu-



**Joven plantación de olivo en seto en Les Garrigues (Lleida) y recolección mecanizada de naranja con máquina cabalgante en el Centro las Torres del IFAPA (Sevilla).**





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

nes con densidades de plantación de entre 2.000 y 4.000 árboles/ha. En melocotonero, cerezo y ciruelo, el vaso de verano o español es el más utilizado, con densidades de plantación de entre 500 y 800 árboles/ha. En este caso el desarrollo de formas bidimensionales y plantaciones intensivas es progresivo ante la necesidad de reducir los costes de producción gracias a la mecanización.

La disponibilidad de patrones para el control del vigor será clave para una producción futura no dependiente de reguladores de crecimiento. En todas estas especies se están evaluando nuevos sistemas de formación más eficientes gracias a una mayor intercepción de luz, sistemas que pasan por la reducción progresiva de la distancia entre líneas, de la altura de los árboles y de la anchura de la copa (figura 3). En la figura 4 se representan esquemáticamente los diferentes sistemas utilizados en la actualidad, así como el multieje en fase de estudio.

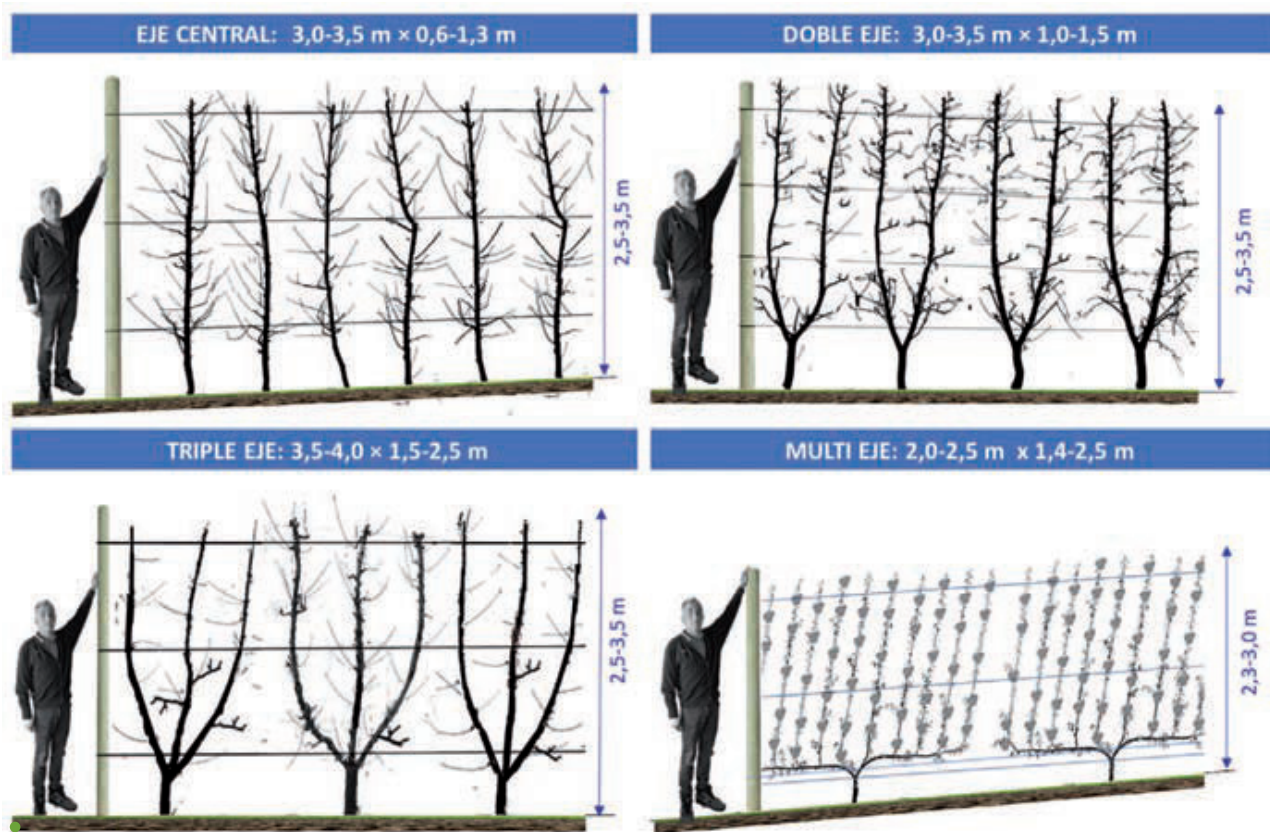
### Almendo y olivo

La situación es bien diferente a los frutales y también lo es entre ambas especies. Así, en almendo, la recolección se encuentra más o menos mecanizada al disponer de varias opciones: desde el pa-

raguas invertido, pasando por los mantos y buggies, el sistema californiano, los planos inclinados o las máquinas cabalgantes. Contrariamente en el olivo tradicional, la recolección se realiza mayoritariamente de forma manual, asistida con vibradores, según variedades. Solamente la utilización de máquinas cabalgantes permite la mecanización total de la recolección que supone a la vez el mayor coste de producción.

Es por ello que el uso de sistemas de alta densidad iniciado hace más de 30 años supuso una revolución en el cultivo al posibilitar la recolección mecanizada y también la poda, lo que supone una disminución de coste de alrededor del 40% con respecto al vaso.

El sistema en alta densidad o seto, se basa en disponer de setos estrechos formando paredes verticales que posibilitan la mecanización del cultivo, tanto para la poda como para la recolección. Las dimensiones del seto o pared frutal, así como las distancias de plantación, se exponen en la figura 5. Estas deberán ajustarse en cada caso según sea la variedad, la localidad, las condiciones edafoclimáticas y la localización de la plantación. La dis-



**Figura 4.** Sistemas de formación utilizados en especies frutales como el manzano, el peral, el melocotonero o el cerezo. Desde el eje central con mayor anchura de copa, hasta el multieje con copa más estrecha.

tancia entre líneas, unida a la óptima ocupación del espacio por las copas, son los dos factores que tienen mayor importancia para optimizar el potencial productivo.

La altura del seto vendrá determinada por la altura máxima de la máquina cabalgante. Las primeras plantaciones de olivo en seto o SHD se realizaron en el Valle del Ebro hace ya más de 30 años. Se estima que en la actualidad la superficie ocupada en el mundo por este sistema es próxima a las 500.000 hectáreas, la mayoría ubicadas en España.

En almendro, el desarrollo ha sido más reciente y ha ido ligado a la disponibilidad de patrones de poco vigor como el Rootpac-20. La primera plantación se realizó hace doce años en la Granja d'Escarp (Lleida). Se estima que a finales de 2022, la superficie ocupada será de 10.500 ha ubicadas principalmente en España y Portugal. Al igual que

en el olivo, la principal ventaja que aporta el seto en almendro, además de una entrada en producción más rápida, es una mecanización casi total de las operaciones de poda y recolección, que lo hace poco dependiente de la disponibilidad de mano de obra.

Otras ventajas que aporta este sistema es una mejor aireación de la copa, lo que supone una menor incidencia de enfermedades y una mayor eficiencia en el uso de productos fitosanitarios, reduciendo su coste.

## Conclusiones

La necesidad de disponer de modelos agronómicos cada vez más eficientes en el uso de inputs ha propiciado en las últimas décadas el desarrollo de sistemas de plantación cada vez más intensivos, con copas de menor volumen y más bidimensionales, que aportan una mayor accesibilidad por



las máquinas y las personas. Este proceso muestra importantes diferencias entre especies y ha estado relacionado con la disponibilidad de patrones para el control del vigor.

En cualquier caso, supone un mayor coste de plantación pero posibilita, además de una entrada en producción más rápida, una mayor eficiencia en el uso de inputs como la mano de obra, productos fitosanitarios, agua o fertilizantes.

Eficiencia que se traduce en la reducción de los costes de producción y una mayor sostenibilidad, tanto medioambiental como de las rentas de los productores.

Todo este cambio se basa principalmente en modificar la arquitectura de la copa, su volumen y forma, como factor sobre el que pivota la eficiencia en el uso de inputs. Y este tipo de copas son necesarias para aplicar de forma eficiente los importantes avances tecnológicos en mecanización, robótica, visión artificial, sensorización o monitorización, herramientas claves para una agricultura eficiente, de precisión o smart farming.

Esta será la hoja de ruta de la fruticultura de los próximos años: innovar en material vegetal, en sistemas de conducción y en tecnología de producción para ser más eficientes.

**Más conocimiento y más tecnología para la reducción de inputs mediante la intensificación sostenible.**

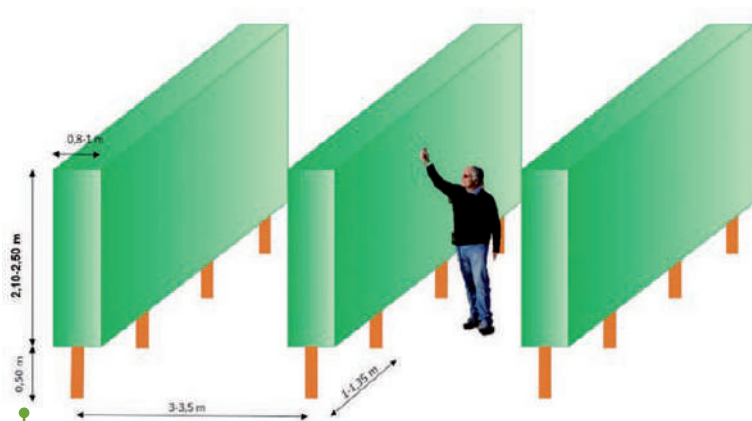


Figura 5. Geometría y dimensiones del sistema de formación en seto o SHD utilizado en almendro y olivo.



P/Manuel Raventós 3-5 | 08770 Sant Sadurní d'Anoia  
info.es@agromillora.com

