



Situación actual e innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad

DR. IGNASI IGLESIAS

Technical Manager Agromillora Group



AGROMILLORA

It's in our nature



Situación actual e innovación tecnológica en fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad

01

Resumen

02

Situación
actual y
evolución

03

Precios, inputs
y costes de
producción

04

Tecnología de
producción y
fruticultura
eficiente

05

El futuro: hacia
la eficiencia y la
sostenibilidad



Resumen

Se expone la situación actual y la evolución de la producción de fruta dulce en España, así como los aspectos más destacables en el ámbito de la innovación tecnológica, basada en el material vegetal, los sistemas de plantación y la tecnología de producción. Las nuevas variedades han supuesto un cambio radical en la oferta de la mayoría de especies, aunque no siempre se ha traducido en un valor añadido para los productores. Los patrones disponibles han posibilitado la intensificación de las plantaciones, mejorar su eficiencia productiva y reducir los costes de producción. Los sistemas de plantación han evolucionado hacia copas de menor volumen, más bidimensionales y más eficientes, por su mejor accesibilidad a las personas, a las máquinas y a los productos fitosanitarios. Las formas en eje central y en doble eje son las más utilizadas en manzano y peral, mientras que el vaso lo es en las especies de hueso.

El pack “tecnología de producción” incluye las innovaciones en mecanización, monitorización y sensórica, como herramientas para una mejor eficiencia en el uso de inputs. Todo ello con el objetivo de disponer de modelos productivos cada vez más eficientes y sostenibles tanto ambientalmente como para las rentas de los productores.

Palabras clave: Producción, Innovación, Variedades y patrones, Sistemas de plantación, mecanización, Eficiencia, Sostenibilidad.

Abstract

State-of-the-art and technological innovation in fruit growing: commitment to efficiency and sustainability. The current situation and trends of fruit production in Spain is presented, as well as the most important aspects concerning technological innovation, based on plant material, planting systems and production technology. The new varieties have meant a radical change in the offer of most species, although it has not always translated into added value for growers. The rootstocks



available have made it possible the intensification of plantations, improving yield efficiency and reducing the cost of production. Planting systems have evolved towards smaller canopies, more bi-dimensional and efficient, due to their better accessibility to labour, machines and chemicals. The central axis and the bi-axis are the most commonly used training systems for apple and pear, while the gobelet is the most used for stone fruit species.

The “technology of production” pack includes innovations in mechanization, monitoring and sensor technology as a tool for improving the efficiency in the use of inputs. All this innovation in order to move towards more efficient and sustainable agronomical models, both environmentally and for grower’s profit.

Key words: Fruit production, Innovation, Varieties and rootstocks, Planting systems, Mechanization, Efficiency, Sustainability.

Situación actual y evolución

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 pasado.

Ello lo convierte en el segundo subsector, incluyendo los cítricos, por su aportación a la Producción Final Agraria (52.219 millones €), con el 18% de la misma (incluidos los cítricos) y un valor de 8.877 millones € en el año 2020.

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 fundamental-

mente a la mejor adaptación de las especies de hueso a los climas secos y calurosos que caracterizan la mayoría de zonas frutícolas de España. En el Cuadro 1 se resume la aportación por especies tanto a la superficie como a la producción nacional. Sin duda alguna, el melocotonero lidera tanto las superficies como las producciones y las exportaciones. Le siguen en importancia el manzano y el peral.

La distribución geográfica de la superficie nacional dedicada a la fruta dulce (Figura 1) muestra que más de la mitad se concentra en el Valle del Ebro, concretamente Cataluña y Aragón, siendo la principal área productora de manzana, pera y melocotón (Cuadro 2). Le siguen en importancia la Región de Murcia, Extremadura y la Comunidad Valenciana.

Además de la distribución de la superficie por Comunidades Autónomas, es importante conocer como la producción total de 2.742.317 t se distribuye regionalmente y cuál es la tendencia de las producciones en las mismas; ambas se reflejan en el Cuadro 2. Puede observarse un patrón similar al de las superficies, con el Valle del Ebro aportando el 53% de la producción nacional, liderada por Cataluña con el 31% y seguida por Aragón (21%), ambas regiones muy importantes en la producción de las tres especies más importantes: melocotonero, manzano y peral.

La distribución geográfica por especies muestra cómo el melocotón (todas las tipologías de fruto incluidas) es la más importante en todas las Comunidades Autónomas, mientras que el manzano y peral se concentran principalmente en el Valle del Ebro, el cerezo en Extremadura y Aragón y la ciruela en Extremadura.

Tras el incremento de todas las especies de hueso en las últimas tres décadas en los últimos años se observa una disminución o estabilización de las mismas. Lo mismo ocurre con el manzano y el peral que después de retroceder en las últimas décadas, actualmente se encuentran estabilizadas.

Especie	Superficie 2019 (ha)	Producción media 2019-2020 (t)
Manzano	29.637	510.278
Peral	20.623	308.315
Melocotonero	77.464	1.452.300
Cerezo	27.604	127.398
Albaricoquero	20.235	165.643
Ciruelo	14.851	178.383
Total	190.414	2.742.317

Cuadro 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 PROGNOSFRUIT.



Figura 1. Distribución porcentual de la superficie de las especies de fruta dulce cultivadas en España por Comunidades Autónomas en 2019.

Fuente: elaboración propia.

Un aspecto importante del sector frutícola es conocer la evolución de las producciones por especies en el tiempo. Ello constituye un buen indicador de cómo aquellas mejor adaptadas y/o las más exportadas o consumidas sustituyen a otras. Para ello se han comparado las producciones de las principales especies frutícolas en los períodos 1985-1986 y 2019-2020, como valores medios de los dos años de cada período. Los resultados se exponen en la Figura 2, donde se observa que el mayor cambio ha sido el notable incremento del melocotonero en detrimento en gran medida del manzano y en menor grado del peral. También el resto de especies de hueso han aumentado significativamente, en particular el cerezo.

Ello es consecuencia de su mayor adaptación, en particular del melocotonero, a los climas secos y calurosos que caracterizan las principales zonas frutícolas de España, en particular el Valle del Ebro, la Región de Murcia o Extremadura, donde se localiza mayoritariamente esta especie.

A pesar de este incremento, muestra una estabilidad, con un ligero retroceso en los últimos años, tras el veto ruso iniciado en agosto de 2014. El manzano ha perdido casi la mitad de la producción, estabilizándose en los últimos años en las 500 t anuales. Análogamente ha sucedido en el peral tras el fuerte retroceso debido al arranque de 'Blanquilla' iniciado hace 15 años.

El cerezo muestra un incremento importante en la década de los 90 y la primera de los 2000 para estabilizarse posteriormente, mientras que el ciruelo y el albaricoquero muestran una estabilidad o retroceso en los últimos años en algunas regiones. En cualquier caso, las especies de hueso se encuentran en un período de ajuste oferta-demanda tras su fuerte incremento en las décadas de los 90 y 2000. A pesar de ello siguen liderando las exportaciones, en particular el melocotonero, el cerezo y el ciruelo.

Globalmente, el sector de la fruta dulce ha perdido peso en los últimos 5 años, por la disminu-

Unidad geográfica	Comunidad Autónoma	Especie	Producción 2019 (t)	Producción 2020 (t)	Producción 2019-2020 (t)	Tendencia 2010-2020
Valle del Ebro	Cataluña	Manzano	315.533	235.434	275.484	↓ =
		Peral	141.163	138.044	139.604	↓ =
		Melocotonero	280.862	202.499	241.681	=
		Nectarino	226.408	140.183	183.296	=
		Albaricoquero	11.669	9.399	10.534	=
		Cerezo	8.018	8.127	8.073	=
		Cruelo	3.945	4.669	4.307	↓
		TOTAL	987.598	738.355	862.977	= ↓
	Aragón	Manzano	93.552	70.844	82.198	= ↓
		Peral	54.153	47.393	50.773	↓
		Melocotonero	244.893	228.221	236.557	=
		Nectarino	158.694	156.416	157.555	=
		Albaricoquero	20.936	20.451	20.694	= ↓
		Cerezo	41.549	29.383	35.466	=
		Cruelo	11.262	8.125	9.694	↓
TOTAL		625.039	560.833	592.936	= ↓	
TOTAL	1.612.637	1.299.188	1.455.913	= ↓		
Extremadura	Extremadura	Manzano	440	490	465	↓
		Peral	6.367	9.500	7.934	↓
		Melocotonero	51.200	47.050	49.125	↓
		Nectarino	57.450	58.450	57.950	↓
		Albaricoquero	4.699	2.150	3.425	↓
		Cerezo	41.799	22.084	31.942	=
		Cruelo	92.390	77.600	84.995	=
		TOTAL	254.345	217.324	235.835	↓

Cuadro 2. Producción (t) de las especies de fruta dulce en España por Comunidades Autónomas los años 2019, 2020 y la media de ambos (sigue pág. siguiente).

ción del melocotonero en favor de las especies de frutos secos, en particular el almendro (744.050 ha en 2021) y el pistachero (55.032 ha). Concretamente, las superficies de las especies de fruta dulce han pasado de las 212.800 ha (1985) a las 205.177 ha (2017) y a las 183.214 ha en 2021 (ESYRCE (2021)).

La asignatura pendiente, como en las últimas dos décadas, sigue siendo recuperar el consumo que en todas las frutas sigue a la baja y que en melocotonero fue en 2021 de tan solo 3 kg/habitante-año.

Precios, inputs y 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. Los precios percibidos por los productores constituyen el caballo de batalla del sector productor, en particular de melocotonero, pero también en manzana, ciruelo y cereza.

Considerando el período que se inicia con la entrada de España en la Comunidad Económica

Unidad geográfica	Comunidad Autónoma	Especie	Producción 2019 (t)	Producción 2020 (t)	Producción 2019–2020 (t)	Tendencia 2010–2020
Andalucía	Andalucía	Manzano	7.291	6.563	6.927	↓
		Pera	4.440	5.995	5.218	↓
		Melocotón	38.410	34.326	36.368	↓
		Nectarina	37.986	34.902	36.444	↓
		Albaricoquero	3.677	4.607	4.142	=
		Cerezo	6.632	6.993	6.813	=
		Ciruelo	23.350	19.673	21.512	=
		TOTAL	121.786	113.059	117.423	= ↓
Región de Murcia	Región de Murcia	Manzano	1.410	1.280	1.345	↓
		Pera	25.870	23.284	24.577	=
		Melocotón	228.089	225.016	226.553	=
		Nectarina	102.043	76.983	89.513	=
		Albaricoquero	72.758	64.524	68.641	=
		Cerezo	2.158	2.389	2.274	=
		Ciruelo	15.355	14.382	14.869	=
		TOTAL	447.683	407.858	427.771	= ↓
Comunidad Valenciana	Comunidad Valenciana	Manzano	8.441	6.113	7.277	↓
		Pera	4.339	3.796	4.068	↓
		Melocotón	26.447	18.876	22.662	↓
		Nectarina	17.458	11.970	14.714	↓
		Albaricoquero	25.306	18.551	21.929	=
		Cerezo	6.327	2.145	4.236	=
		Ciruelo	12.928	12.701	12.815	=
		TOTAL	101.246	74.152	87.699	= ↓
Otras	Otras CC. AA.	Todas especies	418.513	416.843	417.678	↓
España	Total	Todas especies y CC. AA.	2.956.210	2.528.424	2.742.317	↓

Cuadro 2. Continuación. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del MAPA.

Europea (CEE) en el año 2002 y hasta 2021 y las especies melocotón y manzano, el precio medio percibido en el Valle del Ebro no ha sido muy superior a los costes de producción expuestos en la Figura 3.

En esta misma figura, se exponen los precios anuales medios percibidos por los productores correspondientes a la variedad 'Golden'.

En ambos casos se observa una tendencia claramente bajista y divergente de la inflación alcista (línea punteada azul). Si se analizan para el mismo periodo los precios de dos importantes inputs como son la mano de obra y el gasóleo, se observa

que la tendencia es inversa con una tendencia alcista superior a la inflación (Figura 3) y muy superior a esta especialmente en 2021 tras los efectos de la Covid-19.

El alza fue especialmente importante en todas las materias primas pero en particular los fertilizantes, la energía eléctrica, los carburantes y la mano de obra.

En ambos casos se han considerado precios corrientes. Además de la tendencia altamente inflacionista de la mano de obra desde 2011, esta es cada vez más escasa y menos especializada, por

lo que es hay que pensar en una fruticultura con labores fáciles de explicar y de ejecutar.

Los datos de la Figura 3 muestran que nos encontramos ante un largo período, desde la entrada de España en la CEE en 2002, con una tendencia alcista o muy alcista en 2021 de los costes de los inputs (mano de obra, gasóleo, electricidad, maquinaria, agua, fertilizantes, etc.) y bajista de los precios percibidos por los agricultores.

Como consecuencia, la supervivencia, continuidad y competitividad de las empresas frutícolas ante la imposibilidad en la práctica de repercutir en los precios el incremento de los costes de producción, pasa por su reducción mejorando la eficiencia en el uso de los inputs en el proceso productivo y aumentando la productividad de las plantaciones, objetivos no siempre fáciles de alcanzar tras décadas de ajustes.

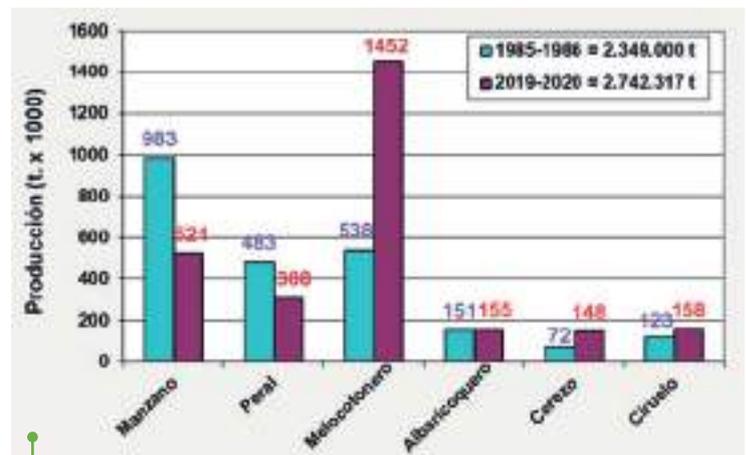


Figura 2. Comparación de las producciones de las especies de fruta dulce en España en los períodos 1985-1986 y 2019-2020. Fuente: elaboración propia.

La eficiencia en el uso de inputs se ha mejorado continuamente desde hace más de 30 años gracias a la mejora genética (nuevos patrones y variedades), a la intensificación de las plantaciones, a sistemas de formación basados en formas pla-

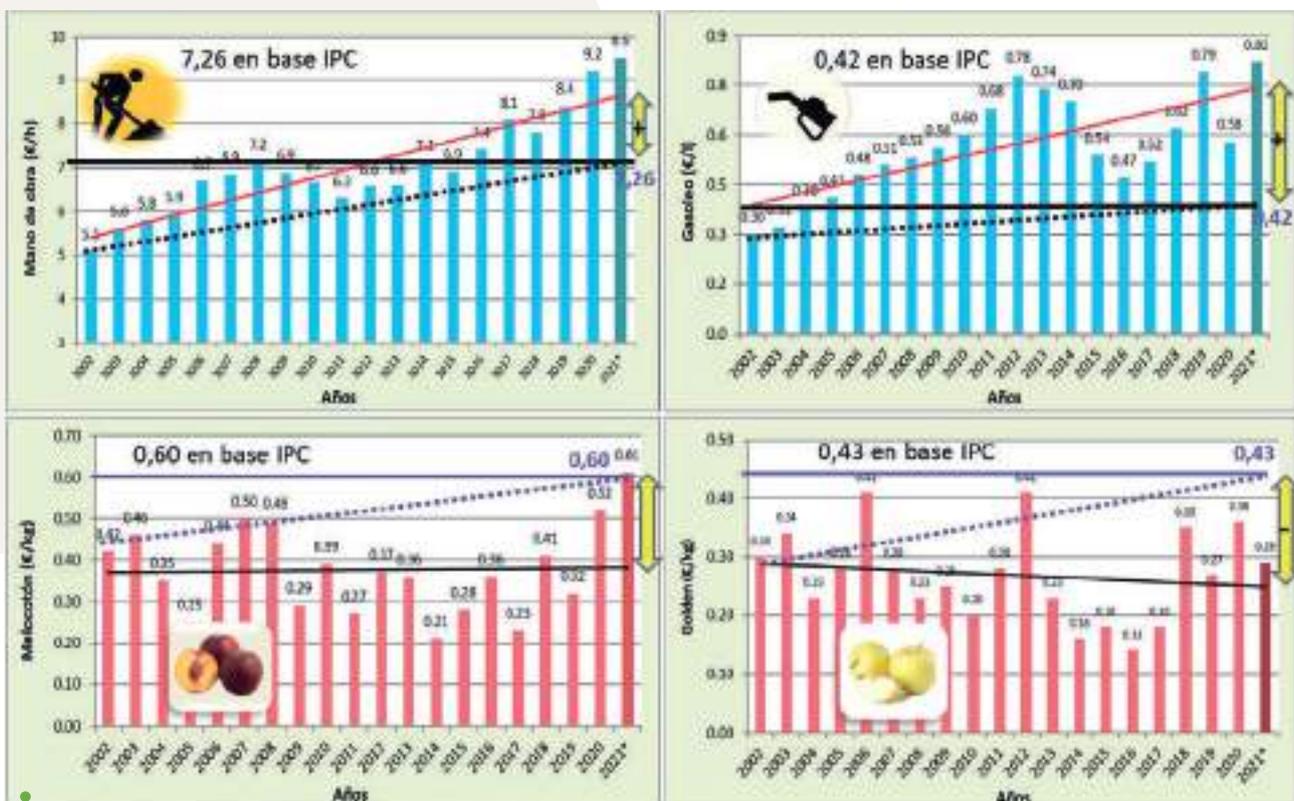


Figura 3. Superior, de izquierda a derecha, precios corrientes de la mano de obra y del gasóleo agrícola a lo largo del período 2002-2021. Inferior, precios medios corrientes percibidos por los productores del Valle del Ebro para el melocotón (izda.) y la manzana (dcha.) para el mismo período, con las correspondientes líneas de ajuste en continuo. Las líneas discontinuas indican la tendencia del precio que hubiera correspondido a cada concepto considerando la inflación de dicho período. (*): valores para 2021 provisionales. Fuente: Elaboración propia.

nas y árboles de pequeño volumen con fácil accesibilidad a las labores manuales y a las máquinas, y a la tecnología de producción en particular la mecanización, la fertirrigación, la digitalización, la automatización, en definitiva, a la fruticultura más tecnificada.

Estos factores se analizan a continuación.

Finalmente es importante analizar los costes de producción y su partición por conceptos para así conocer cuáles son los más importantes y cómo pueden reducirse.

En la Figura 4 se exponen los mismos, como valores medios correspondientes al Valle del Ebro, para las especies manzano, peral, melocotonero (variedad de media estación) y cerezo (variedad

de media estación), especies muy importantes en las principales zonas frutícolas.

El coste de los inputs (mano de obra, tratamientos, fertilizantes, maquinaria, mantenimiento del suelo, etc.) representan el 66%, 63%, 69% y 75%, respectivamente para la manzana, pera, melocotón y cereza, respectivamente.

De estos la mano de obra es el más importante en todas las especies, llegando a alcanzar el 65% para la cereza, donde destaca el coste de recolección. El segundo lo constituyen los tratamientos fitosanitarios, los fertilizantes, el mantenimiento del suelo y maquinaria. El resto corresponden a costes fijos como son la amortización, el seguro o la gestión/asesoramiento. El análisis de costes realizado indica claramente que los que pueden

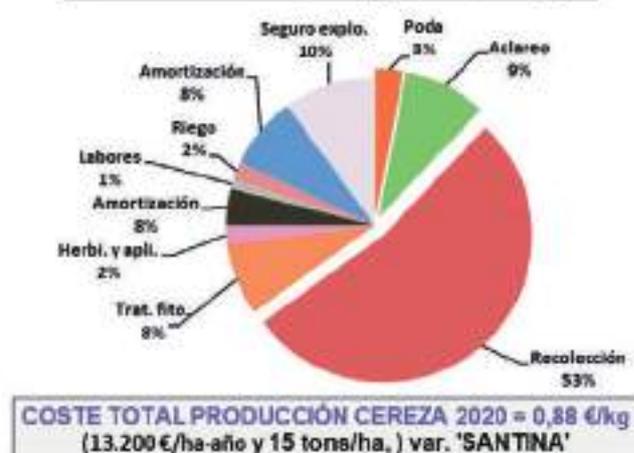
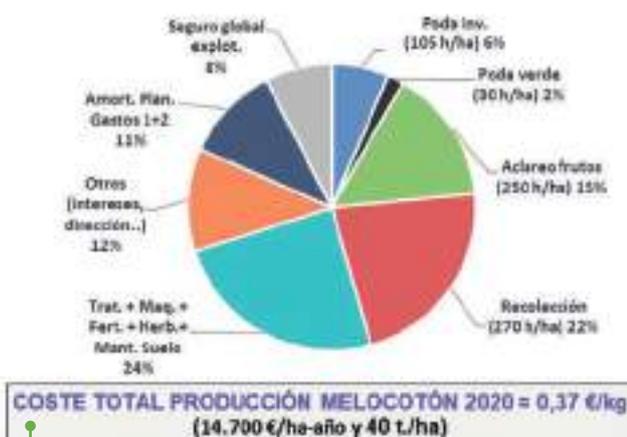
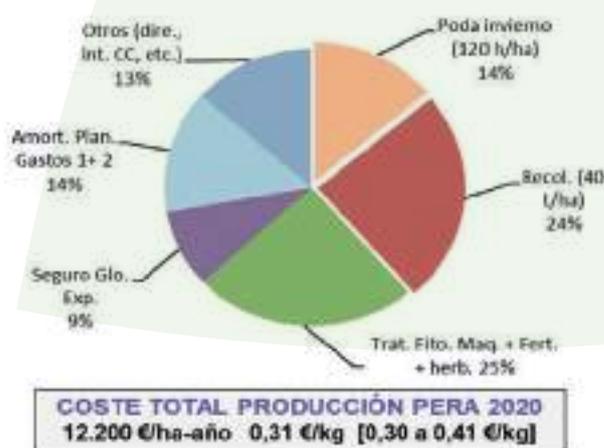
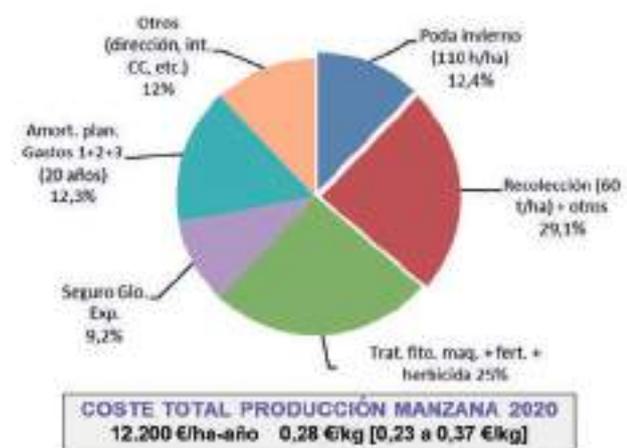


Figura 4. Partición de los costes de producción correspondientes a manzana, pera, melocotón (variedad media estación) y cereza (variedad de media estación) para el año 2020 en el Valle del Ebro. Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Los tres pilares en los que se basa la producción eficiente y sostenible de fruta: las nuevas variedades y patrones, los sistemas de formación/arquitectura de copa y la tecnología de producción. Fuente: Iglesias y san Miguel, 2022.

reducirse son los variables, en particular la mano de obra y otros inputs, como los tratamientos fitosanitarios. Esta reducción puede alcanzarse modificando la forma y tamaño de la copa e incrementando la eficiencia productiva, como se expone a continuación.

Tecnología de producción y fruticultura eficiente

Una mirada retrospectiva al sector de la fruta dulce en España en la tecnología de producción permite observar importantes cambios en las últimas décadas. Cambios necesarios por la cambiante coyuntura política, económica y social a la que el sector ha debido adaptarse constantemente a

base de la innovación, que siempre ha caracterizado al sector.

Citar como hechos significativos la entrada de España a la Comunidad Económica Europea en el año 2020, la progresiva globalización de los mercados y de los intercambios comerciales, las crisis de precios recurrentes y el aumento continuado de los costes de producción, el giro a las políticas verdes (Green Deal y las estrategias de la “Granja a la mesa” y “Biodiversidad” en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU) de la Unión Europea a partir del año 2023 con la sostenibilidad y la protección del medio ambiente como telón de fondo (Berners-Lee, 2019; Iglesias, 2021a; WMO, 2021).

Y más recientemente la adaptación a los efectos de la Covid-19 y a la revolución tecnológica en curso. En el primer caso, ha supuesto una mayor valoración y apuesta de los consumidores por el producto local.

En el segundo, la disrupción de nuevas tecnologías que posibilitarán una producción más eficiente en el uso de inputs basada en la medida y en la precisión.

A ello hay que añadir las exigencias o demandas cambiantes de la sociedad y su mayor sensibilidad a los aspectos medioambientales, en particular la protección del clima y la lucha contra el cambio climático. Las demandas de los consumidores en múltiples aspectos como calidad gustativa, innovación, facilidad de consumo, productos ecológicos, precio o aspectos relacionados con la salud, cada vez más importantes.

El presente artículo y dada la complejidad de la cadena de valor de la fruta desde el productor

hasta el consumidor, se centra únicamente en el apartado de la tecnología de producción y concierne por tanto a los productores de fruta.

Esta se sustenta en tres pilares: la innovación en material vegetal (variedades y patrones), los sistemas de conducción y la tecnología de producción (Figura 5). La integración holística de los mismos son los que han conducido y conducirán hacia la fruticultura del futuro, basada en una producción cada vez más eficiente y sostenible de la mano de la innovación tecnológica.

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, constituirán la hoja de ruta por la que deberá transitar el sector 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

Buena producción y constante



Óptima calidad



Buenos precios o razonables

Figura 6. Los tres requisitos clave y necesarios para la rentabilidad de las explotaciones frutícolas. Desde la producción y la calidad hasta la comercialización.

Especie	Variedades de referencia	Variedades en desarrollo
Manzana	Gala, Red Delicious, Golden, Fuji, Pink Lady® (Cripps Pink), Story® (Inored)	Kanzi®, Honey Crisp, Envy®, Sweet Tango®, Cosmic Crisp®, Ever Crisp®, Rockit®, Jazz®, Luiza®, Red Pop®, Lory® (Inogo), Galy® (Inobi)
Pera	Ercolini, Blanquilla, Conference, Williams, Comice	Elliot, Q-Tee®, Cheeky®, Fred®, Pika® series, Cape Fire®, Red Sienna Pride®
Cerezo	Early Bigy, Burlat, Sunburst, New Star, Summit, Lapins, Regina	Royal Tioga®, Red Pacific®, Frisco®, Sweet Ariana®, S. Saretta®, Santina®, Senntennial®
Albaricoquero	Wondercot®, Moniqui, Bergarouge Oscar®, Mirlo Blanco®, Orangered,	Florpria®, Lido®, Colorado®, Rojo Pasión®, Priscia®, Farbaly®, Swired®, Aprisweet®
Ciruelo japonés	Black Gold, Black Amber, TC-Sun, Larry Ann, Shiro, Angeleno	Sweet Peeketa®, Lovita®, Vampire®, Lucia® Myrtea, Victoria Myrtea®

Cuadro 3. Ejemplos de innovación varietal en diferentes especies frutícolas.

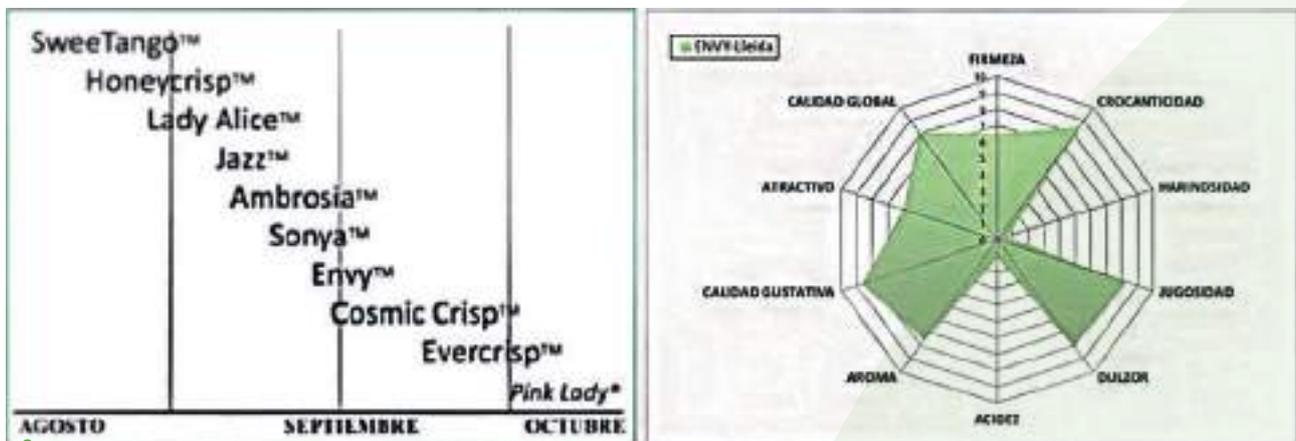


Figura 7. Ejemplo de innovación varietal en manzano en el Estado de Washington (US) focalizado en las características sensoriales y en la satisfacción del consumidor. A la izda. diferentes variedades de esta tipología de fruto y a la dcha. perfil sensorial de 'Envy®'. Fuente: Iglesias et al., 2016.

denominada “intensificación sostenible” (Willet et al., 2019).

Es decir, utilizar la intensificación como vía para la sostenibilidad; al final es hacer más con menos recursos.

Esta es la respuesta del sector productor de fruta para alcanzar los objetivos establecidos por Pacto Verde de la UE (Iglesias, 2021b).

En esta intensificación sostenible, 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.) (Figura 5) constituirán las bases para alcanzar la eficiencia en el uso de inputs como la mano de obra, los productos fitosanitarios, el agua y los nutrientes.

La combinación eficiente de los tres pilares expuestos en la Figura 6 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).



Ejemplos de innovación varietal en diferentes especies frutales. De izda. a dcha., y de arriba abajo: 'Kisabelle', 'Rockit®', 'Q-Tee®', 'Diablotina', 'Perla2501®', 'Ice® Peach', 'FAV1-24', 'Lucia® Myrtea'.

Esta es la tarea del productor, la tecnología disponible, y el asesoramiento disponible. Pero con esto no es todo, falta la pieza clave y que se ha debatido anteriormente y es el precio percibido por la venta de la fruta (Figura 6), generalmente fuera del control del sector productor pero clave para su futuro.

El material vegetal: variedades y patrones:

Variedades

La variedad constituye sin duda la piedra angular en fruticultura, pues al final se traduce en innovación en los lineales perceptible por el consumidor.

La creación varietal aporta y amplía las perspectivas de los consumidores en aspectos tan importantes como la calidad gustativa, la comodidad de consumo, la diversidad de tamaños, colores y formas, la diversidad de fechas de recolección y los aspectos nutraceúticos y de salud.

Esta innovación deberá por tanto añadir valor en destino y a los productores, la base de la cadena. Buen ejemplo de ello es el desarrollo de nuevas variedades en forma de "club" en diferentes especies.

Al progreso que ha aportado la mejora genética tradicional se ha unido en las últimas décadas el avance de la ingeniería genética y de las nuevas técnicas de edición genómica como CRISPR/ Cas9.

En el Cuadro 3 se expone a modo de ejemplo un resumen de la innovación varietal en diferentes especies. Como común denominador, citar como objetivos de la mejora la presentación visual de



Ejemplos de innovación varietal en diferentes especies frutales. De izda. a dcha., y de arriba abajo: 'Kisabelle', 'Rockit®', 'Q-Tee®', 'Diablotina', 'Perla2501®', 'Ice® Peach', 'FAV1-24', 'Lucia® Myrtea'.

los frutos, en particular color y calibre; las características organolépticas, como textura, jugosidad, o dulzor; la tolerancia a enfermedades como el moteado, oídio o monilia, entre otras; la ampliación de los calendarios de maduración; menores requerimientos en horas frío; adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y buen comportamiento en poscosecha.

Como ejemplo de esta innovación, en manzano destacar las nuevas variedades con texturas jugosas y crujientes y sabor dulce o equilibrado ('Honey Crisp', 'Envy®', 'Sweet Tango®' o 'Cosmic Crisp®', 'Ever Crisp®', etc.), las tolerantes a moteado ('Story®', 'Opal®', 'Bonita®', 'Inobi®', 'Inogo®', 'Red Pop®', etc.), las de calibre pequeño y su facilidad de consumo ('Rockit®', 'Isaac®') o las de pulpa roja con diversos colores de epidermis (serie "Kisabelle®").

Pero sin duda el carácter más innovador y que afecta en gran medida a la satisfacción del consumidor ha sido la mejora de la calidad sensorial, en particular la textura, la jugosidad y el sabor (Iglesias et al., 2016).

En la Figura 7 se exponen como ejemplo algunas de las nuevas variedades que corresponden a esta tipología de fruto y un perfil sensorial de una de las mismas, la variedad 'Envy®'. Son numerosas las variedades en proceso de desarrollo con el objetivo de aunar múltiples atributos de interés en una misma variedad como son: la excelente calidad sensorial, la tolerancia a enfermedades y plagas, la presentación diversa de los frutos, la excelente productividad o el buen comportamiento en poscosecha.





Ejemplos de 'drivers' ('local', 'natural', 'organic') para el consumo de manzana (superior izda.) en Boulder, Colorado, EE.UU. y de innovación varietal en Dallas -Texas, EE. UU., noviembre 2021. Abajo, precios muy diferentes según sean variedades tradicionales ('Delicious') o nuevas variedades como 'HoneyCrisp' y 'SweetTango®' o nuevas variedades ecológico como 'Opal®', 'LadyApple®' (Babyapple) y 'HoneyCrisp' (Precios USD/lb x 2 = €/kg).



Valor añadido por la innovación varietal a la manzana (arriba izda.) y al paraguayo (abajo izda.) y el 'driver' "km 0". Lleida, julio, 2021.



Los patrones enanizantes del manzano han posibilitado, además de mejorar la eficiencia productiva, la intensificación de las plantaciones con copas pequeñas bidimensionales y de fácil acceso (arriba dcha.), lo que ha constituido un avance en la accesibilidad a la copa y en la eficiencia de la recolección, abriendo las puertas a la robotización de la misma (abajo).

En **peral**, un objetivo destacable ha sido la tolerancia o resistencia al fuego bacteriano, seguido de innovación en la presentación de los frutos ('Q-Tee®', 'Cheeky®', 'Cape Fire®', etc.) y en su textura y comportamiento en poscosecha (serie "Pika®" procedente de Nueva Zelanda).

En esta especie y a pesar de las numerosas variedades obtenidas, es difícil su desarrollo a escala comercial dado que el consumidor está habituado a pocas variedades, muy específicas de cada país y de alta calidad gustativa como es el caso de 'Conference', 'Abate Fetel', 'Ercolini' o 'Blanquilla'.

El melocotonero es, sin duda, la especie donde la creación varietal ha sido mayor con numerosas variedades en todas las tipologías de fruto, aunque de forma global no han aportado un salto diferencial comparado con otras especies en lo referido aspectos de textura, colores de pulpa o tolerancia a enfermedades y plagas.

La mejora se ha centrado fundamentalmente en la presentación de los frutos (color y calibre, ejemplo serie "Rich"), la ampliación de los calen-

darios de maduración, el sabor (con la aparición de la nectarina 'Big Top®' subácida y las numerosas variedades obtenidas con texturas slow-melting y ponibilidad de fotoasimilados.

La disminución del volumen unido a copas más bidimensionales se traduce en la reducción de zonas de sombreado, una mejor exposición de los frutos a la luz y una calidad más uniforme. El impacto de la utilización de patrones para el control del vigor ha sido variable entre especies, indicándose los más destacables en la Figura 12.

El **manzano** ha sido sin duda la especie de referencia en cuanto al uso de patrones enanizantes, por el gran impacto que a partir de 1950 y hasta la actualidad ha tenido a escala mundial el M9 y sus diferentes selecciones, al posibilitar la intensificación y el incremento de la eficiencia productiva y en el uso de inputs (Figura 15).

Se trata del patrón enanizante que mayor impacto ha tenido en la historia de la fruticultura.

A este patrón se unieron posteriormente otros de East Malling y en las últimas décadas diferentes selecciones de la serie Geneva (Cornell-USA) como el G-11, G-41, G-213, G-969, etc., que aportan tolerancia a plagas como el pulgón lanígero, a enfermedades como el fuego bacteriano o a la replantación.

En la Figura 9 se observa la mejora de la eficiencia productiva y del tamaño de fruto que aportan los patrones G-41 y al G-11 con respecto al M9. En la Figura 10 se ilustra como esta mayor eficiencia productiva y el mayor tamaño del fruto se traducen en unos mayores ingresos para el productor, por el efecto del patrón.

En **peral**, el uso de los membrilleros se ha generalizado en la mayoría de países a excepción del norte de Europa, norte de EE. UU., China y Sudáfrica. De entre estos los más utilizados en el sur de

Europa son el Provence BA-29, el M-A, el Sydo y más recientemente el M-H. A estos se añaden en variedades de vigor medio y con deficiente compatibilidad con los membrilleros el OHF-87 (Farold), el Fox-9 y las mismas variedades autoenraizadas en el caso de 'Williams', Guyot', 'Conference' y 'Abate Fetel'. En países del sur de Europa como España, Portugal, Italia o sur de Francia y quizás acentuado por el cambio climático, es cada vez más patente con variedades de vigor bajo o medio como 'Williams', 'Guyot', 'Conference' o 'Abate Fetel', una pérdida progresiva de vigor con la edad del árbol, que en muchos casos hace a las plantaciones inviables a partir del año 15 (Figura 11).

Aún y utilizando una variedad como intermediario y el patrón de membrillero de mayor vigor como el BA-29, el vigor conferido en muchos casos no es suficiente y no impide el decaimiento progresivo del árbol y el arranque de la plantación.

Es por ello que en estos casos la solución pasa por la utilización de patrones del género *Pyrus* disponibles (OHF-87 y Fox-9) o por las variedades autoenraizadas con más de 20 años de experiencia en Italia y España con 'Williams', 'Conference' y 'Abate Fetel'.

En **melocotonero**, los patrones vigorosos (GF-677, Garnem, etc.) asociados al sistema de formación en vaso de mayor o menor volumen siguen siendo los más utilizados, aunque se dispone de diferentes opciones para plantaciones más intensivas en eje o doble, la mayoría híbridos interespecíficos (Figura 12).

En este caso, destacar los diferentes patrones de la serie Rootpac (Rootpac-20, Rootpac-40 y Rootpac-R), diferentes sabor dulce), la forma (desarrollo de variedades de melocotón plano o paraguay), las variedades con bajo reposo invernal o low-chilling adaptadas a climas donde antes no era posible la producción de melocotón de calidad

Calendario de maduración de las principales variedades por subtipos (2020)

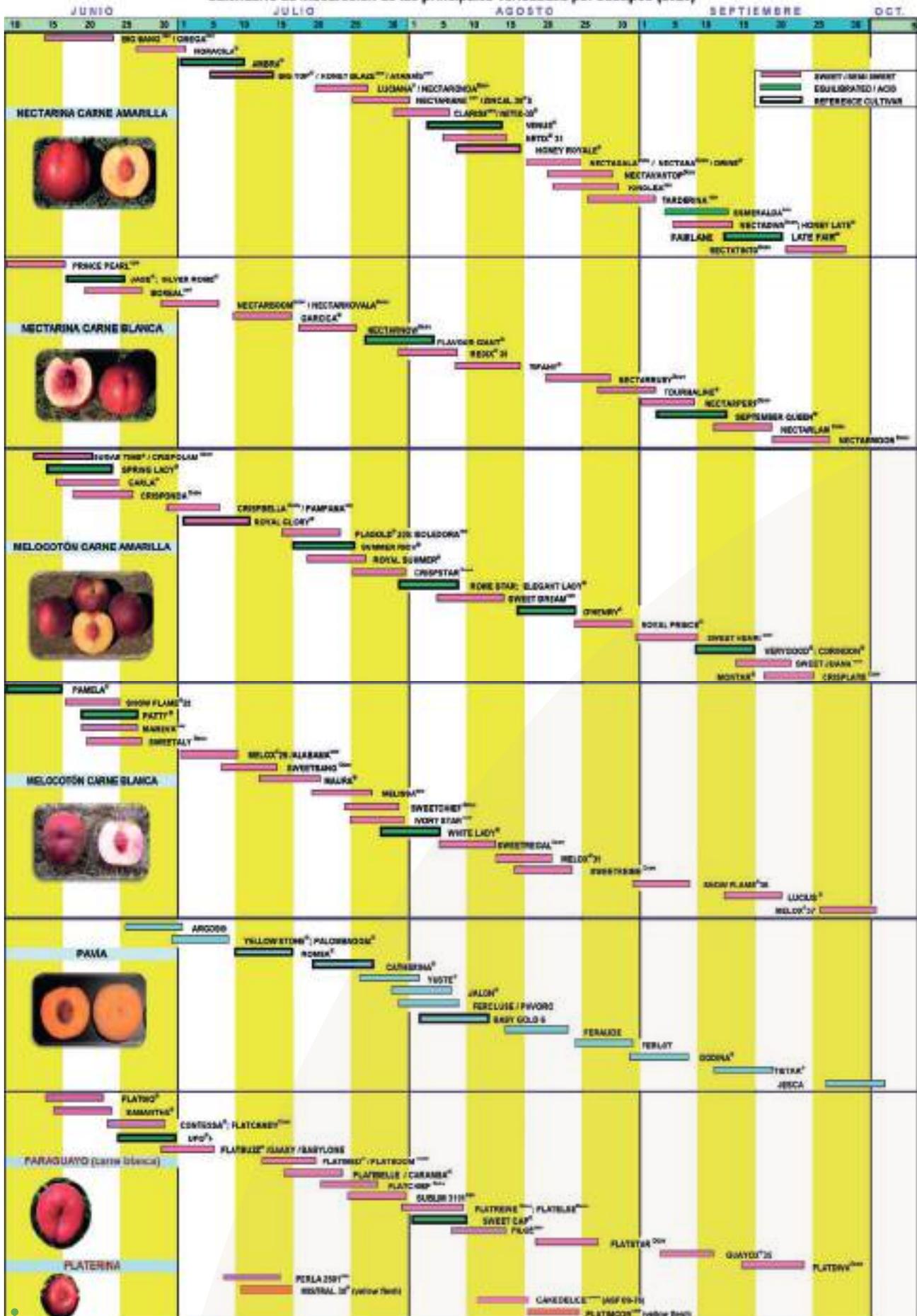


Figura 8. Calendario de maduración de variedades de melocotón, nectarina, pavía, paraguay y platerina en la zona media del Valle del Ebro y correspondiente al año 2020. Fuente: elaboración propia



Ejemplos de plantaciones intensivas de manzano y peral con copas cada vez más estrechas y bidimensionales en un eje (superior), en dos ejes (centro) y en multieje (inferior, FEM, Italia).

y más recientemente las de pequeño calibre, de pulpa roja o las tolerantes a diversas plagas (pulgón verde) y enfermedades (abolladura y oídio) (Iglesias y Echeverría, 2021).

La gama varietal existente hace tan solo dos décadas se ha renovado casi en su totalidad a excepción de las pavías (carne dura y hueso adherido) donde la innovación selecciones de ciruelo

(Adesoto-101, Montizo, Tetra, Penta, etc.) y otros híbridos interespecíficos (Isthara).

Además de la reducción de vigor y la mayor eficiencia productiva del RootPAC®20, Rootpac®40, Isthara®, Adesoto-101 o IRTA-1, con respecto al GF-677, el Rootpac®40 aporta un anticipo de la fecha de recolección y una mejora del calibre del fruto o el Rootpac®R un buen com-

portamiento en replantación (Iglesias et al., 2018; Reig et al., 2020)..

Si ello se combina con formas planas y mecanización permiten la reducción del coste de producción entre 6 y 10 cts/kg (Iglesias 2021, Com. personal).

En **cerezo**, también las formas en vaso de pequeño o medio volumen son las más utilizadas con los patrones Adara o SL-64. Sin embargo, en los últimos años cada vez son más importantes las plantaciones intensivas asociadas a copas bidimensionales y patrones de vigor medio o medio-bajo como los de la serie "Gisela". Nuevas selecciones



La mecanización y la fácil accesibilidad a la copa permiten un importante ahorro de mano de obra en melocotonero. La mejor eficiencia se obtiene con copas bidimensionales y patrones que permitan el control del vigor como Rooptac®40 en las 4 fotos inferiores, en eje, bi-eje y multieje, este último en fase de experimentación.



Arriba, utilización de las dos cámaras multiespectrales y estación GPS acopladas al tractor para realizar simultáneamente el tratamiento fitosanitario y el aforo de la cosecha mediante la tecnología On-Fruit 360 de Agerpix. Abajo, visión de los pequeños frutos por la red neuronal (izda.) y mapa de producción aforada con diferentes colores según la carga de frutos (dcha.) (Fotos: AGERPIX).

procedentes de la Universidad de Michigan (EE. UU.), del CEAF de Chile y de Hungría, se encuentran en fase de evaluación (Iglesias et al., 2020). En **albaricoquero** y **ciruelo**, la situación es similar a la del melocotonero, utilizándose mayoritariamente patrones vigorosos como el Mirobolán 29C o el Marianna, respectivamente (Figura 12).

La disponibilidad ha sido menor. La oferta actual es muy amplia y abarca un amplio calendario de maduración desde mayo hasta octubre (Figura 8). Excepto en las pavías, las variedades introducidas las dos últimas décadas son mayoritariamente de sabor dulce, con una alta coloración de los frutos. Estos atributos destacables en cuanto a calidad

organoléptica de los frutos y su excelente presentación no siempre están relacionados con producciones regulares a lo largo de los años debido fundamentalmente a las heladas primaverales cada vez más recurrentes, ya estén o no relacionadas con el cambio climático. Ello supone un problema creciente para la rentabilidad de las explotaciones. Sin duda, el hecho que ha caracterizado la innovación en esta especie en España ha sido el fuerte desarrollo del paraguay o melocotón plano, iniciado en el año 2002.

En la actualidad cuenta con más de 15.000 ha y en el año 2019 alcanzó las 325.000 t (sobre un total de 1.605.000 t de melocotón, nectarina y pavía),

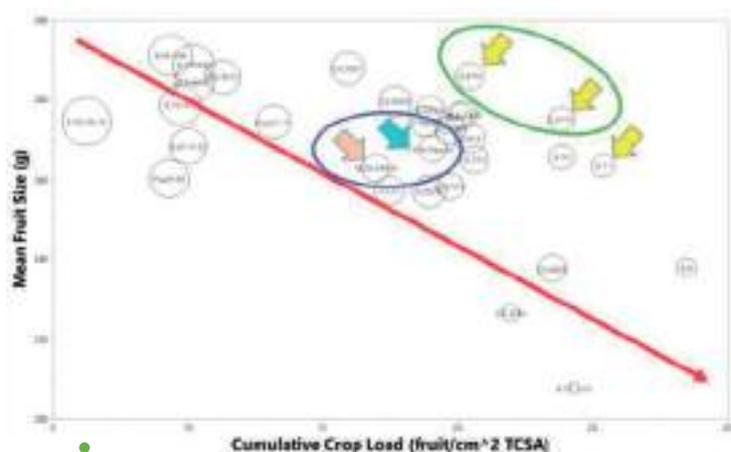


Figura 9. By-plot entre el peso medio del fruto (g) y la producción acumulada por sección de tronco (frutos/cm²) de la variedad 'Honey Crisp' injertada sobre 31 portainjertos. Se resaltan dos selecciones de M9 (EMLA y Pajam-2), el G41 (N y TC) y el G.11 (N). Fuente: Fazzlo, 2018.

procedentes principalmente de Cataluña, Murcia y Aragón.

También en el cerezo la creación varietal ha sido muy importante. La mejora se ha centrado principalmente en la autofertilidad, la productividad, el calibre y la calidad gustativa (Whiting, 2018).

La sensibilidad al cracking de la mayoría de variedades de recolección precoz o semi-precoz sigue siendo un factor limitante, aunque los avances de los últimos años han sido importantes.

En albaricoquero, el cambio ha sido sustancial en lo referido a la presentación del fruto (color y calibre), calidad gustativa y fechas de maduración, ampliándose el calendario de recolección hasta septiembre.

A ello hay que añadir la buena aptitud a las manipulaciones y al transporte, la autofertilidad de muchas variedades y su tolerancia a la sharka. En ciruelo europeo, la innovación ha sido menor en comparación con el japonés, donde más de 90 nuevas variedades se han registrado en tan solo 10 años. La presentación de los frutos (color y calibre), color en todas sus gamas, la alta calidad gustativa (sabor y textura) y el buen comportamiento en poscosecha han sido los objetivos de la mejora genética. España junto a Chile han aportado variedades destacables (Cuadro 3), actualmente en proceso de desarrollo comercial.

Patrones

Como se acaba de exponer, la variedad juega un papel determinante en la innovación de producto y su consecuente valorización por el consumidor en beneficio del productor.

El patrón al no ser visible directamente suele ocupar un lugar secundario, pero su importancia es clave tanto en la adaptación a las condiciones edáficas específicas, como en el vigor del árbol, la efi-

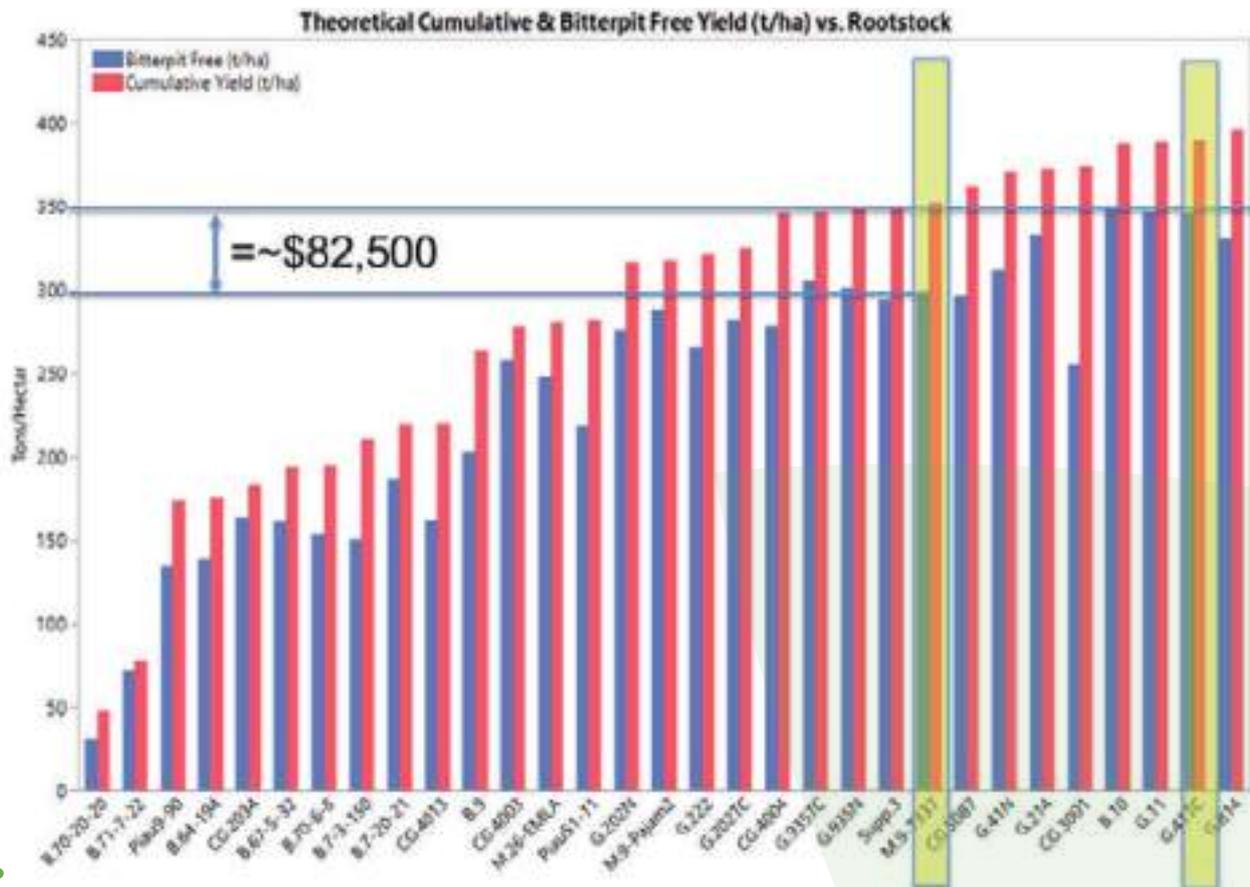


Figura 10. Producción acumulada, producción exenta de bitter pit (t/ ha) y valor de la producción (USD/ ha) de la variedad 'Honey Crisp' sobre diferentes patrones en el 8o año de producción. Se han destacado solamente los patrones M9-T337 y el G-41 de in vitro (TC). Fuente: Roblson, 2019.

ciencia productiva y las características del fruto conferidas a la variedad (color, calibre, oBrix, etc.). La evolución de la fruticultura desde mediados del siglo XX se ha caracterizado por la reducción progresiva del volumen de copa y el tránsito hacia copas más bidimensionales, aunque con diferencias entre especies.

Este proceso ha ido asociado a la utilización progresiva de patrones enanizantes o semi-enanizantes. Ello 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 resulta en árboles más pequeños, con una mayor eficiencia productiva debido a la genética del patrón y a que disponen de menor madera estructural, con frutos insertados más cerca del canal de savia con

una mejor dis de patrones de vigor medio y bajo (Rootpac-20) ha posibilitado plantaciones más intensivas, con copas de menor volumen y formas planas.

En cualquier caso, el conocimiento de su comportamiento agronómico y de su capacidad de adaptación a las diferentes zonas de producción son claves para determinar su interés en futuras plantaciones.

En todas las especies es patente la progresiva intensificación de plantaciones con la utilización de patrones de menor vigor y la menor dependencia de reguladores de crecimiento por las crecientes restricciones y limitaciones a su utilización en un marco de producción sostenible. El hecho de intensificar las plantaciones incrementa el coste de



Figura 11. El decaimiento del peral por la falta de vigor cuando se utilizan patrones de membrillero es un problema que afecta a diferentes países del sur de Europa como España, Portugal o Italia en plantaciones de peral con variedades de vigor medio-bajo como 'Williams', 'Limonera' o 'Conference' injertadas sobre patrones de membrillero. En la parte superior, dos ejemplos de decaimiento del árbol en plantaciones adultas de 'Conference'/BA-29 (izda.) y 'Williams'/MH/BA29 (dcha.). En la parte inferior, autoenraizado de 'Conference' de 26 años (izda.) y 'Conference'/OHF-87 de 12 años (dcha.); todas plantaciones en el Valle del Ebro.

plantación, pero reduce el coste de formación, al no requerir el arqueamiento o posicionamiento de las ramas secundarias de forma manual.

Sistemas de conducción

Una mirada retrospectiva a la evolución de la conducción en frutales evidencia una nítida tendencia hacia la disminución del volumen de copa y a la utilización de copas más bidimensionales, con situaciones diferentes entre especies.

Los menores volúmenes de copa a partir de árboles más pequeños han llevado a una progresiva intensificación, es decir, a un mayor número de plantas por unidad de superficie. Ello unido a la necesidad de una estructura de soporte que implica un mayor coste de plantación, compensado por

una mayor rapidez de entrada en producción, por costes de producción inferiores tanto en el periodo de formación como en la fase de plena producción, y el control del vigor sin la necesidad del uso de reguladores de crecimiento.

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 en 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, determinará el grado de accesibilidad a la copa de la mano de obra, las máquinas y los pesticidas, su eficiencia y, consecuentemente, el

coste de producción. En frutales, la mano de obra representa entre el 40 y el 65% de dicho coste, 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 formación de fácil manejo, se imponen ante el encarecimiento constante del coste de la mano de obra, su cada vez menor disponibilidad, y de otros inputs.

El vaso, con patrones vigorosos con sus diferentes modalidades, fue el sistema de referencia a mediados del siglo XX en todas las especies frutícolas. Progresivamente se desarrollaron sistemas planos como la palmeta, con mayores requerimientos de mano de obra para su formación. El desarrollo posterior de los patrones enanizantes, en manzano y peral, dio paso al eje central con sus diversas modalidades como el “solaxe”, el “tal-

spindle” o el “super spindle”. Actualmente, son el eje o bieje con menores marcos de plantación los más utilizados.

En especies de hueso (melocotonero, cerezo, albaricoquero, ciruelo), el sistema de conducción más común es el vaso con sus diversas variantes, como el vaso de verano de pequeño volumen, basado en patrones semi-vigorosos o vigorosos y el uso generalizado de paclobutrazol, aunque de disponibilidad incierta a partir del 31 de mayo de 2024. Ello obliga a plantear sistemas de formación con patrones de menor vigor, como en manzano, peral o cerezo.

La evolución de los últimos años indica en todas las especies una clara tendencia hacia copas bidimensionales a partir de árboles de pequeño volumen y menores marcos de plantación, tal como se ilustra en la Figura 13. Cada árbol debe ocupar un menor espacio al aumentar la densidad de plan-



ESPECIE	Muy alto	Alto	Alto-medio	Medio	Medio-bajo	Bajo
MANZANO	Franco, M-25	M-4, M-793, MM-111, G-8189	M-7, MM-106 G-257, G-969	M-26 G-41, G-213	M-9 EMLA o NAKB G-11	M-27, B-9 G-65
PERAL	Kirschensaler, BP-3, CHF-93	CHF-87, BP-1 Fox*9	BA-29 Pyrodwarf*	M-A	M-H	M-C
MELOCOTONERO	GF-677 Garnen Nemaguard Atlas	Montclar*, GF-305 Cadaman Lovel Kuban	Rootpac®R Tetra Penta	Adesoto-101 Rootpac®40 Isthara® Controller-6	MP-29 Controller-6	Rootpac®20
CEREZO	F-12/1, Colt® Sta. Lucia (SL-64)	Adara, Maxma®14 Gisela®13, PIKU-1	Gisela®6, Gisela®12 Weirroot-158	Gisela®5, GI®1482 Clifton™	Gisela®3, Lake™ Cass™, Crawford™	Clare™ Damil®
ALBARICOQUERO	Franco albaricoquero	Mirobolan 29C	Montclar, GF-305 AP-65	Adesoto-101 Isthara®		
CIRUELO EUROPEO CIRUELO JAPONÉS	Marianna 2624 Marianna GF 8/1	Mirobolan 29C Adara	Rootpac®R Tetra Penta	Adesoto-101 Isthara®	Miral 3278 AD	Rootpac®20

Figura 12. Portainjertos disponibles en diferentes especies frutales ordenados en función del vigor conferido a la variedad injertada. Fuente: elaboración propia.

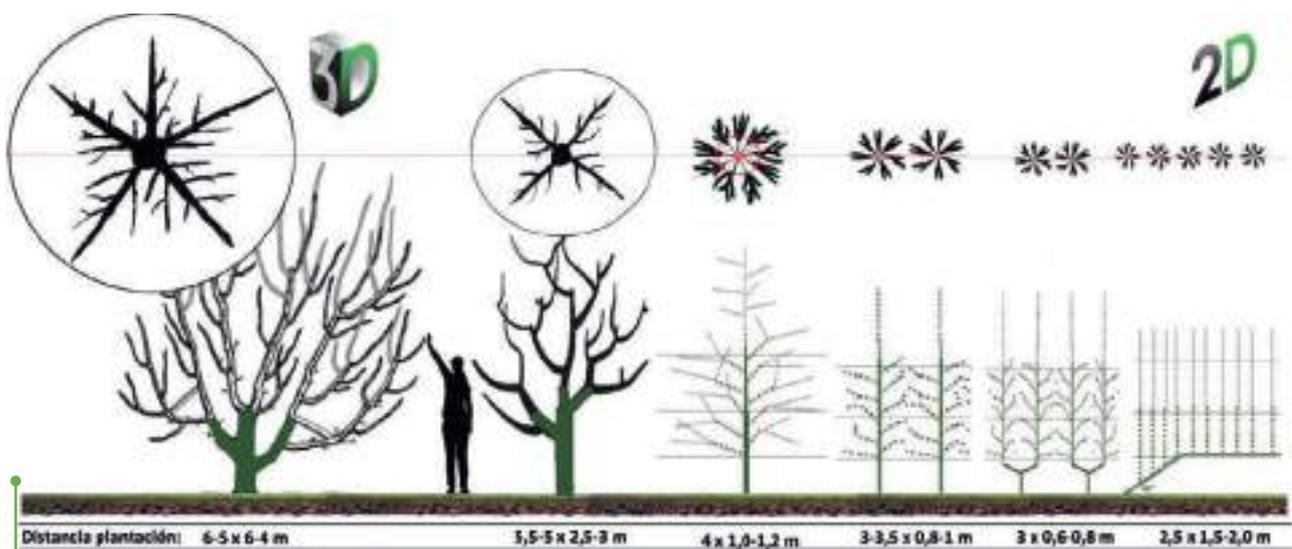


Figura 13. Evolución de los sistemas de formación en las últimas décadas en especies frutales, desde las formas en volumen o 3D a las planas o 2D como el eje, bieje y multieje. En la parte superior, proyección horizontal de la copa. En la inferior, marcos de plantación asociados. Fuente: elaboración propia.

tación, no siendo preciso disponer de ramas secundarias y 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 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 desarrollado en diferentes países (Nueva Zelanda, Italia, Brasil, España, etc.) el multi-eje de uno o dos brazos 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. Experiencias similares se están desarrollando en cerezo (UFO o Upright Fruiting Offshoots), ciruelo y melocotonero. Como ejemplo de los sistemas actualmente utilizados o en desarrollo en diferentes especies de fruta dulce, se exponen en la

Figura 14 diferentes posibilidades partiendo de patrones de vigor medio o bajo.

La intensificación de las plantaciones unido a un mayor número de ejes por ha y a formas de copa más dimensionales (Figuras 13 y 14), 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 recolección. Una opción cada vez más interesante para el futuro es reducir la altura de la plantación, disminuyendo a la vez la distancia entre líneas en alrededor de 2,5 a 3 m. Ello permite realizar todas las operaciones desde el suelo sin la necesidad de plataformas para la poda, aclareo o recolección, en definitiva, plantaciones peatonales.

Tecnología de producción

Una vez definida la óptima combinación patrón variedad y asociado un sistema de formación específico se procede a la plantación para obtener tras un breve periodo improductivo la plena pro-

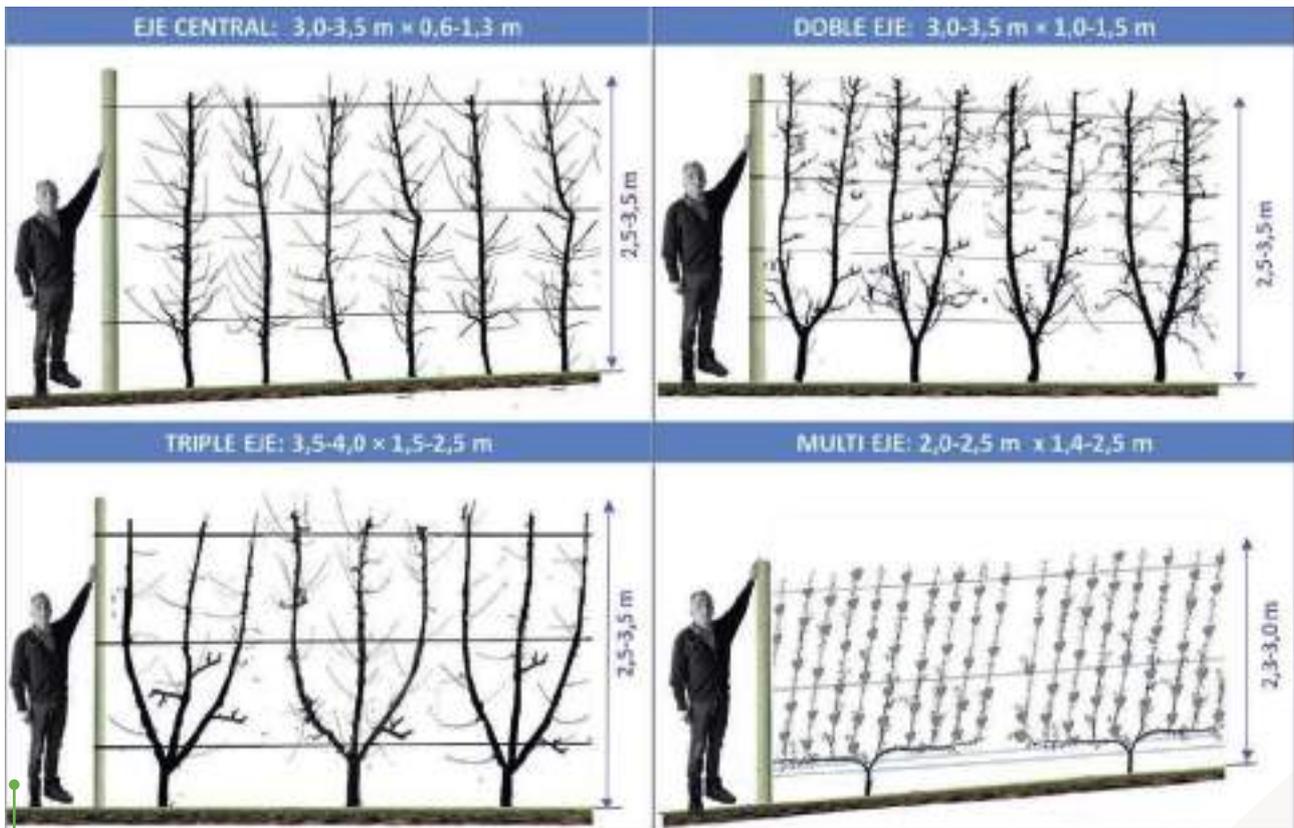


Figura 14. Sistemas de formación utilizados en especies frutales como el manzano, el peral, el melocotonero o el cerezo, consistentes en el aumento del número de ejes, la reducción de la distancia entre los mismos, de su altura y de la anchura de copa, con el tránsito hacia formas bidimensionales y/o peatonales mejor adaptadas a la mecanización. Fuente: Iglesias y echeveRRía, 2022.

ducción en un periodo que se prolongará entre 10 y 25 años, según especies e innovación varietal, desde el melocotonero al peral. Los componentes de la tecnología de producción que conforman la mayor parte de los costes son:

- Poda de invierno y poda en verde. y Aclareo de flores o frutos.
- Protección del cultivo.
- Mantenimiento del suelo.
- Riego y fertilización.
- Recolección.

La poda, tanto de verano como de invierno, supone entre el 8 y el 14% del coste de producción en frutales (Figura 4). La poda de invierno suele realizarse de forma manual en la mayoría de especies, mientras que la poda en verde se realiza habitualmente de forma mecánica, complementada con la

manual. En el primer caso se dispone ya de los primeros prototipos para realizar esta operación de forma robotizada. El aclareo de flores o frutos se realiza químicamente en manzano, complementada por un repaso manual.

Cada vez es más común con la generalización de las formas planas el aclareo mecánico de flores, con un interés especial en producción ecológica. En especies de hueso y formación en vaso, el aclareo de flores y frutos se realiza de forma manual, aunque cada vez es más común y práctica habitual realizar el aclareo mecánico con maquinaria específica como son los cepillos manuales neumáticos o eléctricos (Saflores, Electroflor, etc.). También pueden utilizarse el Ericius o Eclairivale, para el clareo de flores y frutos en sistemas de formación 3D como el vaso. Sin embargo, su eficiencia mejora en formas planas o bidimensionales como son el eje, el doble eje o el triple eje y la palmeta. En estas formas, la mayor eficiencia se consigue con



El cambio del volumen y de la arquitectura de copa, unido a la mejora de los equipos de pulverización, ha posibilitado incrementar la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios en más del 50%, reduciendo su coste e impacto ambiental, claves para la sostenibilidad de las producciones. Abajo, Vertical Over Tree Row System (VOTRS) en Holanda.

el Darwin o Fuet por una su mejor accesibilidad al interior de la copa, al igual que ocurre con el aclareo manual.

De dichas operaciones la que es totalmente dependiente de la mano de obra es la recolección, hasta poder realizar en un futuro próximo la recolección robotizada.

Esta precisará obligatoriamente de forma planas para un trabajo eficiente. La mano de obra para la recolección supone el mayor coste de producción en especies de fruta dulce, pudiendo alcanzar hasta el 53% en cerezo o el 22% en melocotonero (Figura 4). Su rendimiento y eficiencia se mejora significativamente con formas peatonales planas o bidimensionales que, además del fácil acceso desde el suelo, conllevan frutos más accesibles.

Cuando las plantaciones peatonales no son posibles, la utilización de máquinas automotrices permite acceder a las partes altas de la plantación, aunque ello suponga un coste añadido, pero con la ventaja de que se utilizan para la poda, el aclareo y la recolección.

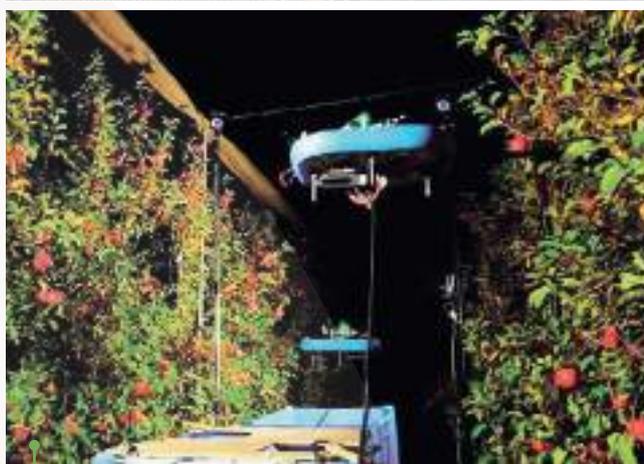
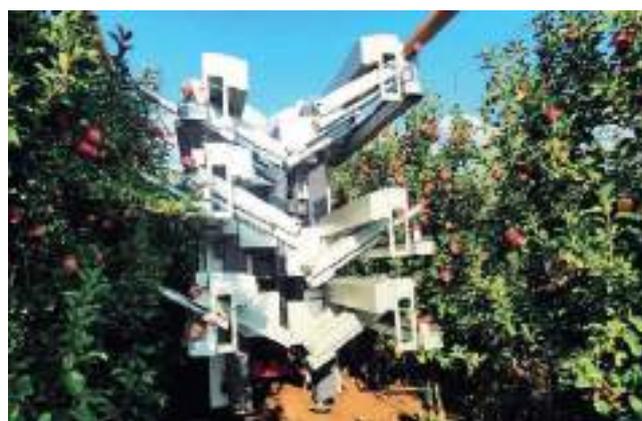
Y en el mismo apartado mencionar la importancia de disponer de faros de cosecha para la planificación de la mano de obra a utilizar y para la programación de ventas a los clientes.

En este apartado de cosecha y previsión de cosecha, mencionar que ya se dispone a escala comercial de cámaras multiespectrales acopladas al tractor que permiten realizar de forma eficiente los aforos en diferentes fechas, aprovechando por ejemplo la realización de los tratamientos fitosanitarios. Su eficiencia se basa también en la visibilidad de los frutos por las cámaras de visión y aumenta cuanto más bidimensional es la copa.

La protección del cultivo más el mantenimiento del suelo, herbicidas, fertilizantes, correctores, suponen el 25% del coste total de producción.



La disponibilidad de equipos de pulverización autónomos es un paso más hacia la automatización de tareas rutinarias en las explotaciones frutícolas como la protección del cultivo. En las fotografías las dos versiones propuestas por GUSS (California-USA) para baja (izda.) y alta densidad de plantación (dcha.). Fotos: GUSS, California -USA.

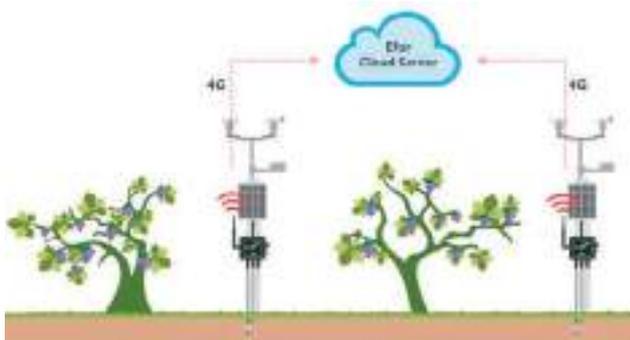


La recolección, por su alto requerimiento en mano de obra, ha sido la primera tarea objeto de robotización en manzana por varias empresas como Abundant Robotics (USA), FF Robotics (Foto: FF Robotics) y Tevel (Israel), de izda. a dcha, y de arriba abajo. Abajo dcha. recolección de kivi por prototipo de Robotic Plus (Nueva Zelanda).

De este porcentaje, el 65% es atribuible a pesticidas, fungicidas y su aplicación, es decir a la protección del cultivo. El tránsito de formas de mayor volumen a copas más pequeñas y bidimensionales, unido a la gran mejora de los equipos de pulverización, ha posibilitado la reducción de la deriva hasta en un 60% cuando la aplicación es

side-by-side. Esta reducción supone un ahorro para el productor, además de un notable beneficio medioambiental, requerido por las futuras políticas agrarias de la UE en el marco del Green Deal. El avance de los últimos años de las estrategias de producción integrada unido al desarrollo de estaciones climáticas automáticas permite la

Imágenes satelitales, monitorización de datos, sensorización y digitalización, herramientas cada vez más utilizadas para una gestión eficiente de los inputs (mano de obra, fertilizantes, agua, pesticidas) y como herramienta de ayuda en su aplicación (Fuente: HEMAV y LIBELIUM).



monitorización de las condiciones ambientales y el desarrollo de modelos predictivos de enfermedades como el moteado o el mildiu.

Ello constituye una gran ayuda para la decisión del momento óptimo de aplicación que, unido a la mejora de los pulverizadores, supone una mejora significativa en la eficiencia del uso de pesticidas, un importante coste de producción (Figura 4).

Los fertilizantes, correctores, junto al agua de riego representan en frutales alrededor del 10% del coste de producción (Figura 4). El desarrollo en la última década de estaciones meteorológicas con mayores prestaciones en el registro de datos y previsiones climáticas, incluyendo sensores para la medición de la temperatura ambiental, de hojas o raíces, del contenido de agua del suelo y del estado hídrico de la planta ha posibilitado, además de automatización del riego, una notable mejora de la eficiencia del agua y de los fertilizantes, cada vez más ajustados a las necesidades hídricas y nutritivas reales de la planta.

Ello unido a formulaciones cada vez más eficientes desde el punto de vista de absorción y contenido de nutrientes, a la generalización de la fertirrigación y al progresivo proceso de intensificación, basada en árboles más pequeños y eficientes pro-

Monitoreo mediante teledetección de alta resolución de imágenes satelitales (en bruto) de Planet Labs y establecimiento del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en una parcela de manzanos en la zona de Lleida. Fuente: E-STRATOS Geosystems.



ductivamente, ha posibilitado la reducción por ejemplo de N de entre un 40–60% respecto a los años 70–80 del siglo pasado. La teledetección de alta resolución permite disponer de mapas NVDI de cada parcela y realizar una monitorización para el seguimiento del estado hídrico del cultivo.

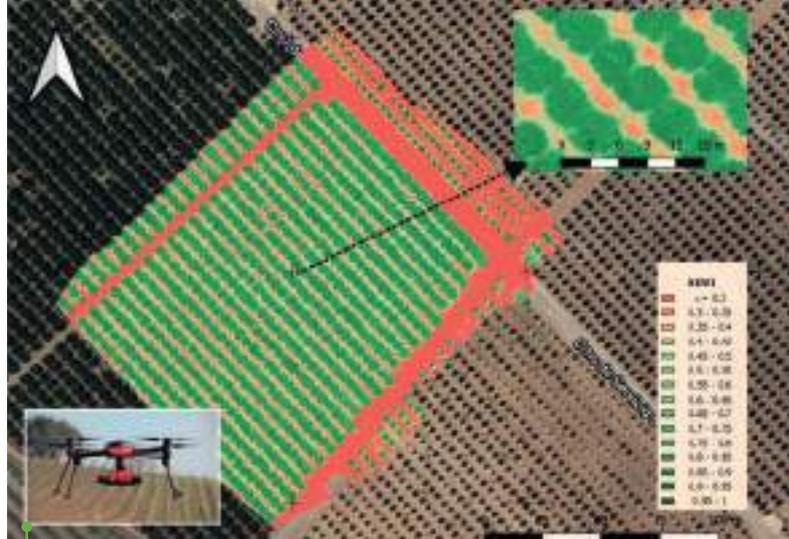
Ello permite corregir posibles anomalías debidas a averías del sistema de fertirrigación. En otros casos, diseñar antes de la plantación o rediseñar correctamente los sectores de riego en función de las características edafológicas de cada parcela. En ambos casos, riego y fertilización, está ampliamente demostrado que la eficiencia del agua y los fertilizantes están estrechamente ligados a copas de menor volumen y consecuentemente con menor leño estructural.

En parte porqué el transporte de agua, nutrientes y fotoasimilados se realiza a más corta distancia y se evita el gasto energético de la planta en mantener la actividad metabólica de la estructura de soporte, minimizada en sistemas intensivos. Adicionalmente, la distribución de la luz a hojas y frutos se mejora sustancialmente y, en consecuencia, la calidad del fruto.

En definitiva, se trata de disponer de herramientas y soluciones tecnológicas cada vez más eficientes y que sirvan como herramienta de ayuda en la toma de decisiones en aspectos como el momento óptimo de realización de los tratamientos fitosanitarios, el riego, la fertilización o la época de recolección. Las visitas directas y periódicas a las plantaciones seguirán siendo tan o más imprescindibles como hasta ahora, habida cuenta de los retos planteados.

El futuro: hacia la eficiencia y la sostenibilidad

Según la Comisión Europea, dado que los sistemas alimentarios siguen siendo uno de los principales motores de la crisis del cambio climático y la degradación del medio ambiente, existe una necesidad urgente en la producción agrícola de



Mapa NVDI correspondiente a plantación adulta de limoneros ubicada en el Campo de Cartagena. Imagen tomada desde un dron equipado con una cámara multiespectral (Foto: A. Pastor, UPTC).



Monitorización del estado hídrico del suelo y planta a través de sondas EnviroScan y dendrómetros, respectivamente, en una plantación de almendros variedad 'Marta' en la Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro de la Universidad Politécnica de Cartagena (Foto: A. Pastor, UPTC).

Sistema Formación/ equipo pulveri.	Marco planta- ción (m)	Volumen aplica- do (m ³ /ha)	Intercepción fitosa- nitario por copa (%)	Volumen perdido (l/ha y %)	Velocidad tractor (km/h)	Tiempo aplica- ción (h/ha)
❶ Intensivo / 2 medias caras (1 fila)	6 x 4	600	11,3	532,0 (88%)	5,8	1,25
❷ Seto SHD / 2 medias caras (1 fila)	3,2 x 1,25	400	20,8	318,8 (79,5%)	7,5	0,50
❸ Seto SHD / 6 medias caras (3 filas)	3,2 x 1,25	400	24,1	303,6 (75,9%)	5,5	0,30

Cuadro 4. Indicadores de eficiencia en la aplicación de productos fitosanitarios en plantaciones de 4 años de almendro, variedad 'Avijor', en vaso a 6 x 4 m patrón GF-677, frente a la de alta densidad o seto con patrón Rootpac®20 en la zona de Lleida, año 2021, utilizando pulverizador estándar (??y?) y tipo pulpo de filas múltiples (??).

reducir la dependencia de plaguicidas y de otros inputs. En las últimas décadas, las plantaciones intensivas con copas bidimensionales de reducido volumen, formadas en eje central o en doble eje, con el uso de patrones enanizantes, son la práctica habitual en muchas especies frutales (Iglesias 2019; Iglesias y Torrents, 2020).

Realizando un análisis global de lo que ha aportado la innovación tecnológica de las últimas décadas, el manzano es un claro ejemplo de cómo se ha avanzado de forma decidida hacia la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas productivos (Camposo, 2020; Iglesias, 2021b). Así, se ha combinado eficientemente los avances de la mejora genética en patrones y variedades.

En las diferentes especies de fruta dulce se han desarrollado sistemas de formación basados en plantaciones intensivas y copas más bidimensionales y se han aplicado los importantes avances en riego, fertilización, protección del cultivo y

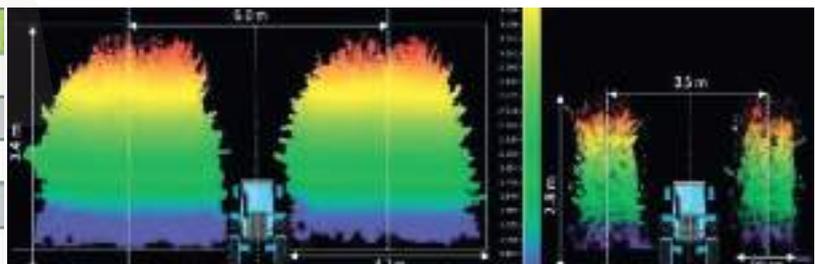
mantenimiento del suelo.

Esta experiencia está sirviendo de base para realizar este tránsito también en especies de frutos secos como el almendro, el pistacho o el avellano.

En el caso del almendro como la especie leñosa más plantada actualmente en España se ha demostrado también que copas más pequeñas y bidimensionales de plantaciones intensivas son más eficientes también en el uso de productos fitosanitarios, tanto en los primeros años de la plantación (Cuadro 4), como en árboles adultos (Cuadro 5). En el Cuadro 4 se indican diversos parámetros de eficiencia en plantaciones al segundo año de la variedad de almendro 'Lauranne' conducida en vaso y en seto.

En plantaciones de almendro de cuatro años se determinó la eficiencia de la aplicación de productos fitosanitarios comparando el vaso a 6 x 4

Parámetro	Intensivo	Seto (SHD)
Volumen de copa (m ³ /ha)	11.200	5.867
Volumen aplicado (l/ha)	1.100	700
Deposición en hoja (%)	52%	64%
Deriva (%)	31%	18%
Coste tratamientos (€/año)	924	689



Cuadro 5. Resultados preliminares de eficiencia en la aplicación de fitosanitarios en almendro comparando el vaso (6 x 4 m y patrón GF-677) y el seto (3,5 x 1,2 m y patrón RP-20) y árboles en su cuarto año de plantación en la zona de Lleida.

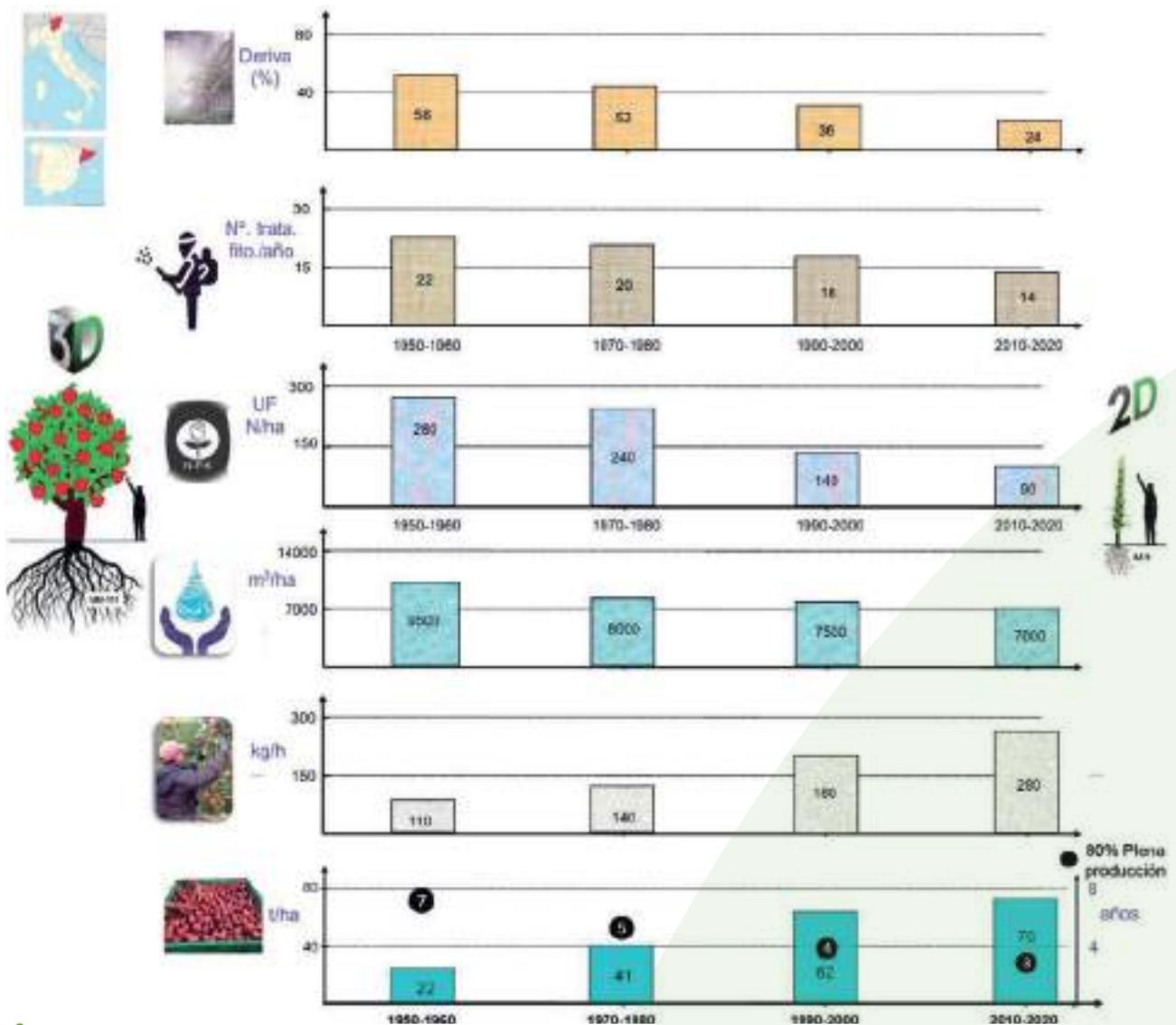


Figura 15. Evolución de las producciones de manzana (kg/ha) y año de plena producción, variedad 'Golden' (inferior), del consumo de los principales inputs como la mano de obra para la recolección, el agua de riego, los fertilizantes (N), el número y eficiencia de los tratamientos fitosanitarios desde el período 1950-60 al 2010-2020 y desde plantaciones en vaso con patrón MM-111 en volumen a las intensivas y bidimensionales con M-9. Valores medios del Sur Tyrol (Italia) y Valle del Ebro (España).

m y el seto a 3,5 x 1,25 m en la zona de Lleida. En ensayo se llevó a cabo por el GRAP de la UdL en julio de 2020.

La aplicación se realizó con el atomizador apropiado a cada sistema de formación. En el Cuadro 5 se indican los resultados preliminares que demuestran de forma clara como la arquitectura de la copa mejoró significativamente la eficiencia del tratamiento, disminuyendo la deriva, incrementando la deposición en hoja y reduciendo el coste de la aplicación por ha. Estos resultados obtenidos

en almendro pueden extrapolarse a otras especies frutales de hueso, manzano y peral cuando se comparan las formas en vaso de mayor volumen con las formas axiales más bidimensionales.

La evolución hacia dichos sistemas tuvo lugar a partir de los años 1950 con la generalización del uso del patrón enanizante M9 y sustitución de patrones más vigorosos como el M7, el MM111 o el franco. Como ejemplo de la mejora en la eficiencia de estas plantaciones tanto en la producción, como en el uso de inputs (agua de riego, ferti-



Figura 16. Etapas en la evolución de la agricultura hacia la Agricultura/Fruticultura de precisión, bajo el concepto de Smart Farming. Fuente: escolà 2020.

zantes, tratamientos fitosanitarios, mano de obra para la poda y recolección), en la Figura 15 se expone su evolución en manzano, desde plantaciones tradicionales en vaso de la década de los años 1950–60 a las actuales plantaciones intensivas en eje central.

Se trata de un interesante ejemplo que ilustra como con la intensificación y la mejora de la tecnología de producción de las plantaciones (riego, abonado, protección del cultivo, poda, mantenimiento del suelo, etc.) se aumenta la productividad y, a la vez, se reduce significativamente el uso de inputs. Es decir, más producción con menor consumo de inputs por unidad de superficie, incluida la mano de obra. Dicho de otra forma, producir en 1 ha lo que antes se producía con 3 ha, pero reduciendo los inputs en más de la mitad, de aquí el concepto de “intensificación sostenible” propuesto por la FAO.

La optimización del uso de los inputs puede mejorarse además de las herramientas y tecnologías, expuestas en el apartado anterior “Tecnología de producción”, transitando así hacia la intensificación ecológica o agroecología, que busca aumentar la producción en base a la intensificación de procesos ecológicos que sostengan este tipo de producción. Por ejemplo, en lo referido a nutrición, reforzando el papel de la actividad microbiana del suelo o con técnicas de mantenimiento del suelo minimizando o sin el uso de herbicidas o en la protección del cultivo con la ayuda de antagonistas naturales frente a plagas y enfermedades (Scarlato et al., 2022).

El desarrollo de sistemas de formación que permitan el uso eficiente de inputs en las plantaciones frutales es una constante que se viene desarrollando en otros sectores como la viña o la horticultura. El concepto es común para todas las especies: plantas de menor volumen con mayor número por unidad de superficie y poder realizar las diferentes técnicas de cultivo, como la poda a los tratamientos, por encima de las copas de los árboles. Es lo que en fruticultura se denomina



Estaciones meteorológicas, sensores de humedad, de temperatura ambiente, de hojas, frutos y estado hídrico del suelo, son claves para la monitorización del cultivo y de las condiciones edafo-climáticas en tiempo real, para el uso más eficiente y sostenible del agua, fertilizantes y productos fitosanitarios.

“Over Tree Row” (Whiting, 2018), que permite avanzar en el concepto de fruticultura de precisión o Fruticultura 4.0 (Figura 16), con labores cada vez más afinadas basadas en copas pequeñas y bidimensionales, tomando como referencia los modelos desarrollados en los cultivos hortícolas. De esta manera se reduce el tiempo requerido para los tratamientos, las pérdidas por deriva y su coste en más del 40%.

A ello se han unido recientemente los equipos de pulverización autónomos, tanto para plantaciones en vaso como intensivas. Y esta será la hoja de ruta del futuro a la cual deberán adaptarse los diferentes modelos agronómicos propuestos en las especies frutícolas.

Conclusiones

Se acaban de exponer los aspectos más relevantes referidos a la situación del sector frutícola y a la innovación tecnológica basada en los tres pilares de la innovación: la mejora genética, los sistemas de conducción y la tecnología de producción.

La mejora genética como generadora de nuevas variedades y de nuevos patrones, cada vez mejor adaptados a las condiciones edafo-climáticas y al cambio climático, con la incorporación progresiva de resistencias a plagas y enfermedades, hábitos de fructificación específicos y en variedades una constante adaptación a las exigencias de los pro-

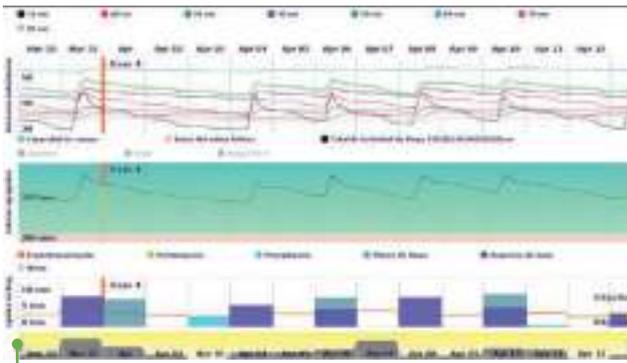
ductores y de los consumidores.

El desarrollo de plantaciones intensivas, asociadas a copas bidimensionales como requisito indispensable para reducir el período improductivo, mejorar la accesibilidad y la eficiencia del uso de inputs como la mano de obra, la maquinaria y los productos fitosanitarios por su mejor accesibilidad.

La mejora continuada de la tecnología de producción, mediante la mecanización, automatización y la robótica en último término, la sensórica y la digitalización como herramienta para una mayor precisión en la gestión de plagas y enfermedades, la monitorización de la plantación, el riego y el abonado y que serán claves en la toma de decisiones para una gestión y un uso eficiente de inputs. Todo ello conducente a la sostenibilidad ambiental y a la resiliencia de los sistemas productivos frutícolas.

Bajo esta perspectiva solamente la intensificación basada en el uso de formas planas y de pequeño volumen puede llevar a una fruticultura de precisión y eficiente.

En definitiva, el tránsito hacia la intensificación sostenible definida por la FAO. Y esta es la respuesta al Pacto Verde y a las estrategias de la Granja a la Mesa y de la Biodiversidad propuestas

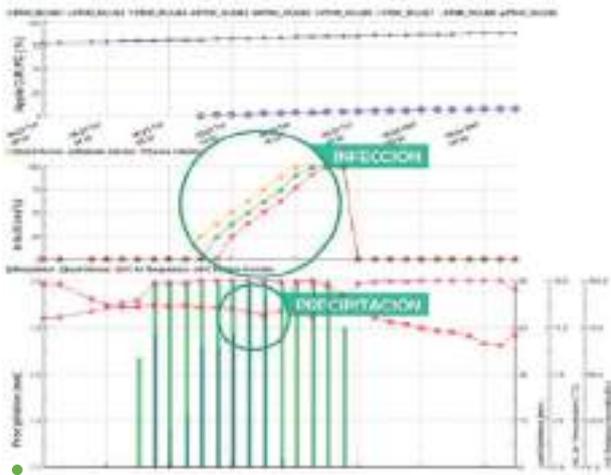


Ejemplo de monitorización y registro del riego en tiempo real en una plantación adulta de frutales con lecturas de los sensores a diferentes profundidades, valores agregados, evapotranspiración, fertiirrigación, precipitación, planes de riego y registros de riego por días (Fuente: Hydrosshop).

por la Unión Europea en la nueva PAC 2023–2027 y en el marco de la Agenda 2030 de la ONU y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Es el futuro y, a la vez, el reto para una fruticultura eficiente y sostenible. Sostenibilidad basada en el conocimiento y la innovación; necesaria tanto ambientalmente, como socialmente y para las rentas de los productores.

Y obtener unas rentas justas, aunque se trata de una tarea ardua o “misión casi imposible”, deberá constituir la prioridad de las políticas agrarias para la continuidad de un sector, la fruticultura, que preserva el territorio, genera empleo y produce alimentos saludables de alta calidad.



Indicación de los grados de severidad de la infección por moteado (baja, media, alta en el círculo central) en manzano, en función de la humedad relativa y de la precipitación, como herramienta de decisión para determinar el momento óptimo para realizar el tratamiento (Fuente: i-METOS).



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

