



Foto: Danilo Cabrera

El Dr. Ignasi Iglesias (Agromillora Group) explica manejos de planta de manzano en vivero (Jornada INIA sobre portainjertos Geneva, noviembre de 2022).

INNOVACIÓN EN FRUTICULTURA: la respuesta a los retos para una producción sostenible de manzana

Ing. Agr. Ignasi Iglesias¹, Ing. Agr. Tiago Macedo²,
Alberto Peverelli³,
Téc. Agr. Pablo Rodríguez⁴,
Ing. Agr. MSc. Danilo Cabrera⁵

¹Gerente Técnico-Agromillora Group, España
²Gerente Técnico-Agromillora Produção, Brasil
³Gerente Técnico-Laboratorio SESAR Ltda., Santa Rosa, Canelones
⁴Técnico Asistente, Sistema Vegetal Intensivo - INIA
⁵Investigador Principal, Sistema Vegetal Intensivo - INIA

Este artículo aporta una mirada holística a los pilares tecnológicos de una fruticultura basada en una producción cada vez más eficiente y sostenible: la mejora genética, los sistemas de conducción y las tecnologías para la gestión eficiente del cultivo.

La fruticultura en el mundo ha experimentado grandes cambios en las últimas décadas, debido entre otros factores al aumento de los costos de producción, lo que lleva a un escenario del uso eficiente de los insumos o *inputs*. Estos cambios también se han dado por la mayor sensibilidad de los consumidores hacia los aspectos medioambientales, en particular la protección del clima y la lucha contra el cambio climático. Esto se está dando de forma drástica por ejemplo en países

europeos, donde se obligará a una reducción significativa de los productos fitosanitarios (50 %) y de los fertilizantes (20 %), así como un incremento de la producción ecológica (hasta el 25 %) en el Horizonte 2030.

El objetivo es que el sector agroalimentario contribuya también a alcanzar la neutralidad climática de la Unión Europea en las emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2050 (Iglesias *et al.* 2022).

A esto hay que añadir las exigencias o demandas cambiantes de los consumidores en aspectos como la calidad gustativa, la innovación varietal, la facilidad de consumo, los productos ecológicos, el precio o los aspectos relacionados con la salud.

El cultivo de la manzana, en general, ha sido el que más cambios ha experimentado. Es así que para esta especie se han creado cultivares y portainjertos resistentes a enfermedades y/o plagas, sistemas de conducción más eficientes en el uso de la luz captada, y posibles de mecanizar, produciendo fruta de calidad. Todo esto suma para que el sistema requiera menos *input* de mano de obra e insumos, que son parte importante para lograr una producción de frutas más sustentable.

Este artículo se centra en el apartado de la tecnología productiva y concierne, por tanto, a viveristas y productores. Es claro que la eficiencia de producción en fruticultura moderna se basa en tres pilares que la sustentan: la innovación en material vegetal (variedades y portainjertos), los sistemas de conducción y la tecnología de producción (Figura 1).

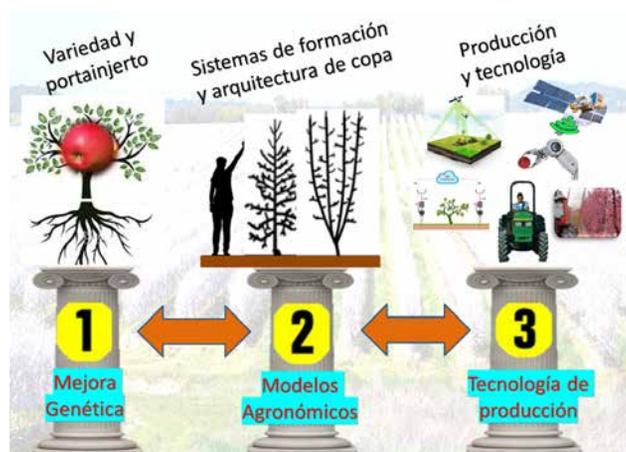


Figura 1 - Los tres pilares en los que se basa la producción eficiente de fruta: el material vegetal, los sistemas de formación y la tecnología de producción (Iglesias, 2022).

La integración holística de los mismos son los que han conducido y conducirán hacia una fruticultura basada en una producción cada vez más eficiente y sostenible de la mano de la innovación tecnológica. La sostenibilidad ambiental de la producción y de las rentas de los productores constituirán la hoja de ruta que deberá transitar el sector frutícola en todos los países.

Esta intensificación sostenible se fundamenta en tres pilares básicos que son: el material vegetal, portainjertos y variedades adaptados a los condicionantes edafoclimáticos y a los consumidores, la forma y el volumen de copa (bidimensional y de pequeño volumen) y la tecnología del cultivo (mecanización, monitorización, digitalización, etc.). La producción de fruta deberá sustentarse simultáneamente en los tres pilares mencionados para alcanzar la eficiencia en el uso de *inputs* como la mano de obra, los productos fitosanitarios, el agua o los nutrientes.

Variedades

La variedad constituye la piedra angular en la producción frutal, pues al final se traduce en la innovación para el consumidor en los lugares de compra y en un mayor valor añadido que debe repercutir en los productores. En este aspecto la variedad permite mejorar 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 nutraceuticos y de salud. Pero para la producción, la variedad es clave para la sostenibilidad ambiental, porque de su elección depende la producción, su regularidad en el tiempo, la calidad del fruto y su mayor o menor sensibilidad frente a plagas y enfermedades. De ello puede proceder la reducción del número de tratamientos, que representan el tercer *input* con mayor impacto en la huella de carbono, después de los fertilizantes y los carburantes. En manzano, la tolerancia a la sarna (*Venturia inaequalis*) y/o oidio (*Podosphaera leucotricha*) donde el progreso ha sido más importante. La situación varietal del manzano en Uruguay se caracteriza por el predominio absoluto de las variedades del grupo 'Red Delicious' que ha sido históricamente dominante.

Se podría decir que el consumidor solamente conoce estas variedades 'Delicious' que han ido ganando en intensidad de coloración con la introducción de nuevos mutantes. De las nuevas variedades solamente 'Pink Lady' ha tenido una relativa importancia, seguida de diferentes mutantes de 'Gala' alta coloración de origen uruguayo y 'Granny Smith'. Están en proceso de introducción diferentes variedades de Novadif (Francia), y nuevas variedades resistentes a *Venturia* del CIV (Italia), destacando 'Red Pop', por su calidad gustativa,

La variedad es la piedra angular de la producción frutal, se traduce en innovación para el consumidor en los centros de compra y en un mayor valor añadido que debe repercutir en los productores.

resistencia a la sarna y alta coloración. Son de destacar nuevos cultivares que están a escala comercial en otros países como 'Opal', 'Bonita' o 'Inogo', entre otras. Otros ejemplos de calidad gustativa y presentación son las nuevas variedades con texturas jugosas y crujientes y sabor dulce o equilibrado, 'Honey Crisp', 'Envy', 'Sweet Tango' y 'Cosmic Crisp', y aquellas valoradas por su facilidad de consumo ('Rockit', 'Isaac') o las de pulpa roja con diversos colores de epidermis como los de la serie "Kisabelle".

Portainjertos

El portainjerto es clave para la eficiencia de las producciones debido a su capacidad de adaptación a las condiciones edáficas específicas y por determinar el vigor y la eficiencia productiva, así como las características del fruto conferidas a la variedad injertada (color, calibre, °Brix, etc.). La gran revolución de la producción de manzana en el siglo XX fue la reducción del volumen de copa con el tránsito hacia copas más bidimensionales. Este proceso ha ido asociado a la utilización progresiva de patrones enanizantes o semi-enanizantes. Ello condujo a la intensificación progresiva de las plantaciones, que posibilitan una entrada en producción más rápida, una mayor producción en árboles adultos con un menor costo de producción. El control del vigor se traduce 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 y una mejor disponibilidad de foto-asimilados. Además, las copas más pequeñas y bidimensionales aportan una mayor accesibilidad, mejorando la eficiencia de la mano de obra, de los tratamientos fitosanitarios y de la

mecanización, así como la iluminación de los frutos y la mejora del color.

El manzano ha sido 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 el M9 y sus diferentes selecciones a escala global. A este patrón se unieron otros de East Malling (Reino Unido) y en las últimas décadas diferentes selecciones de la serie Geneva (Cornell-USA) (Cuadro 1). En este grupo son de destacar el G41, G11, G202 y G213 utilizados en diferentes países de Europa (G11 y G41), Estados Unidos (G41) y Nueva Zelanda (G202). A ellos se han unido posteriormente las selecciones G969 y G210 de vigor medio alto, adaptadas a replantación, a la producción ecológica, a variedades de poco vigor y a sistemas de formación como planta multi-líder. Estos portainjertos, por su tolerancia a factores bióticos (tolerancia al replante, al fuego bacteriano y al pulgón lanífero) y por su mayor eficiencia productiva, aportan una mayor sostenibilidad a la producción de manzana que puede incrementarse con la utilización de variedades tolerantes a enfermedades y plagas y de buena calidad gustativa (Fazio *et al.*, 2013).

Un avance relevante ha sido la reducción del volumen de copa con el tránsito hacia copas más bidimensionales, asociado al uso progresivo de patrones enanizantes o semi-enanizantes.

Cuadro 1 - Características de portainjertos para manzano, ordenados en función del vigor conferido a la variedad injertada (adaptado de Robinson *et al.*, 2011).

PI ordenados por vigor	G.41	G.213	G.214	G.814	G.202	G.210
Características	M9 T337	M9 T337	M9/M26	M9/M26	M26	M7
Resistencia a pulgón lanífero	Resistente	Resistente	Resistente	Susceptible	Resistente	Resistente
Resistencia a Fuego Bacteriano	Muy resistente					
Aptitud para replante	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
Tolerancia a Phytophthora	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante	Tolerante
Emisión de rebrotes	No	No	No	Pocos	No	No / pocos
Formación de Burknots	No	No	No	No	No	No
Susceptibilidad a virus latentes	No	No	No	Si / ?	No	No



Figura 2 - Portainjertos para manzano en evaluación en INIA Las Brujas, a) M9T337, b) G41, c) G202, d) G210, e) G213, f) G214 y g) G814.

Desde el año 2007, INIA en colaboración con viveristas y productores, viene realizando la evaluación de los portainjertos Geneva® 41 y Geneva® 16 con muy buenos resultados.

A partir de introducciones posteriores, en el año 2019, se comenzó en INIA Las Brujas una nueva etapa de evaluación a campo de portainjertos para manzano, incluyendo en este caso a los Geneva® 41, 202, 210, 213, 214 y 814, y como testigos M9 y M7 (Figura 2). En estas evaluaciones, estos portainjertos se combinaron con los siguientes cultivares: Gala Baigent Brookfield®, Gaia, Fujion, Esmeralda, Modi, Condessa, Lady in Red®, Holly, Red Chief y DanaRed. Los portainjertos Geneva® en las condiciones de Uruguay, han demostrado en sus primeras cosechas, alta precocidad y eficiencia productiva.

Como ejemplo se presenta la producción acumulada del cultivar Gala Baigent - Brookfield® sobre los diferentes portainjertos en evaluación, y en dos sistemas de conducción, MURAL (Muro Alto - 3,5 m x 1,2 m = 2381 plantas / hectárea) y MURBA (Muro Bajo - 2,5 m x 1,2 m = 3333 plantas / hectárea) (Cuadro 2).

Sistemas de conducción

Los menores volúmenes de copa utilizando portainjertos para el control del vigor, han posibilitado una progresiva intensificación de las plantaciones que ha conllevado a una mayor rapidez de entrada en producción y a una reducción de los costos de producción, a pesar de una mayor inversión inicial debido a la intensificación, y los mayores requerimientos de mano de obra para la formación de los sistemas planos que se proponen.

Cuadro 2 - Rendimiento anual y acumulado y eficiencia productiva del cv Gala Baigent Brookfield sobre diferentes portainjertos clonales conducidos en Muro Alto (MURAL) y Muro Bajo (MURBA).

PORTA INJERTOS	MURO ALTO - MURAL				MURO BAJO - MURBA			
	Rendimiento (t/ha)			Eficiencia Productiva (kg/cm ²)	Rendimiento (t/ha)			Eficiencia Productiva (kg/cm ²)
	2021	2022	Acum.	2022	2021	2022	Acum.	2022
M9	2,6	14,6	17,2	2,5	1,6	20,0	21,6	1,2
G 41	3,4	18,7	22,1	2,7	3,7	29,2	32,9	2,8
G 202	1,9	18,8	20,7	2,2	5,5	24,5	30,0	1,9
G 210	3,5	27,7	31,2	2,8	3,6	33,4	37,0	2,8
G 213	2,4	16,9	19,3	2,7	1,8	22,2	24,0	3,5
G 214	2,2	13,8	16,0	3,0	3,2	14,0	17,2	1,3
G 814	3,2	28,6	31,8	3,1	5,7	44,5	50,2	3,9

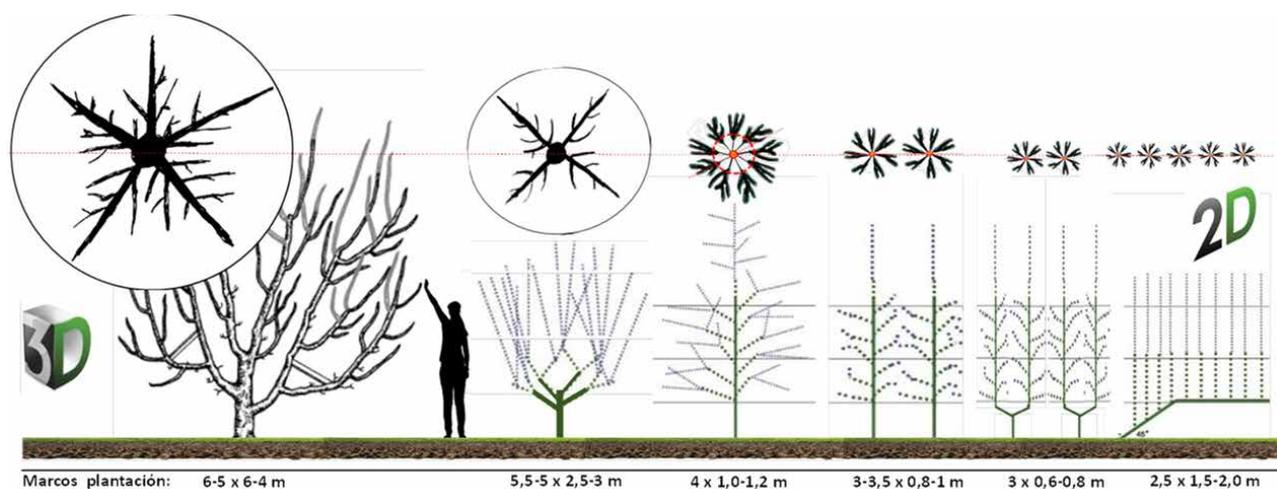


Figura 3 - Evolución de los sistemas de formación en las últimas décadas en especies frutales, desde las formas en volumen o 3D a las planas o 2D como el eje, bиеje y multi-lider. En la parte superior, proyección horizontal de la copa. En la inferior, marcos de plantación asociados (Iglesias *et al.*, 2022).

La Figura 3 muestra la evolución de los sistemas tridimensionales a la innovación que se destaca como multi-lider o multi-eje, en los que, con un menor número de árboles/ha respecto al eje, se dispone de un elevado número de ejes con copas bidimensionales, de elevada accesibilidad y por tanto óptimas para la mecanización de la poda, del raleo y de la recolección robotizada.

La intensificación con copas bidimensionales a partir de árboles de pequeño volumen y menores marcos de plantación implica una ocupación más rápida del espacio asignado a cada árbol, reduciendo el período improductivo. De esta manera, ya no es preciso disponer de ramas secundarias y terciarias, que se reemplazan por un mayor número de ejes y árboles de pequeño volumen unitario resultando un fruto de calidad más uniforme.

CONCLUSIONES

Se han expuesto los tres pilares sobre los que se sustenta la producción frutícola moderna. La mejora genética como generadora de nuevas variedades y de portainjertos, cada vez mejor adaptados a las condiciones edafo-climáticas, al cambio climático, con la incorporación progresiva de resistencias a plagas y enfermedades y una constante adaptación a las exigencias de los consumidores constituirá la piedra angular. El desarrollo de plantaciones intensivas, asociadas a copas bidimensionales como requisito indispensable para reducir el período improductivo, mejorar la eficiencia de la mano de obra, de la maquinaria y de los productos fitosanitarios, por su mejor accesibilidad. La mejora continua de la tecnología de producción, mediante la mecanización y la robótica en último término, la

digitalización para facilitar la gestión de plagas y enfermedades, riego y nutrición serán claves para una gestión eficiente de *inputs*, en particular la mano de obra y la sostenibilidad ambiental de las plantaciones.

El disponer de la mejor genética, unido a la intensificación basada en el uso de formas planas y la recuperación del papel del suelo y de la agroecología conducirán a una fruticultura de precisión y eficiente. En definitiva, el tránsito hacia la intensificación sostenible de la mano de la agroecología, definida por la FAO. Esta es la respuesta al Pacto Verde y a la estrategia de la Granja a la Mesa propuesta por la Unión Europea en el marco de la nueva PAC 2023-2027. Es el futuro y a la vez el reto para una fruticultura eficiente y sostenible. Una sostenibilidad basada en el uso intensivo del conocimiento y de la innovación para la reducción de los insumos, necesaria para el ambiente, la sociedad y las rentas de los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- Fazio, G.; Aldwinckle, H. and Robinson, T. 2013. Unique characteristics of Geneva® apple rootstocks. Anais VI-Palestras. XIII ENFRUTE. Fraiburgo, Santa Catarina, Brasil. p. 1-10.
- Iglesias, I. 2022. Situación actual e innovación tecnológica em fruticultura: una apuesta por la eficiencia y la sostenibilidad. Revista de Fruticultura. Quatrebcn, Madrid, España. 85: 6-45.
- Iglesias, I.; Dallabetta, N.; Macedo, T.; Monturiol, A.; Giori, M.; Rufato, L. Fazio, G., 2022. Sistemas de formación en manzano: situación e innovación para una producción eficiente y sostenible. Revista de Fruticultura. Especial 2022. pp 36-75.
- Robinson, T., Hoying, S. and Fazio, G. 2011. Performance of Geneva® rootstocks in on-farm trials in New York State. Acta Hort. 903: 249-255.