

Uso de injertos en sandía



Tecnología para mayor sostenibilidad

Benjamín **Moreno M.**, bmoreno1@uc.cl
Samuel **Contreras E.**, scontree@uc.cl
Christian **Krarup H.**, ckrarup@uc.cl
Departamento de Ciencias Vegetales

El uso de plantas injertadas en hortalizas es una técnica de reciente introducción en el país. En el caso de sandía, el cultivo de plantas injertadas ha tenido una rápida adopción entre productores, principalmente por los aumentos de rendimiento que se observan, especialmente en suelos con problemas sanitarios. Pero el uso de esta tecnología también tiene algunas desventajas.



La producción agrícola, en general, y la hortícola, en particular, enfrenta desafíos como la disminución de superficie cultivable y una demanda creciente por productos de mayor calidad. Esto estimula la búsqueda, evaluación e implementación de nuevas tecnologías productivas, las que además de mejorar producción y calidad, deben ser sostenibles. El uso de plantas injertadas en cultivos herbáceos constituye una alternativa.

Si bien el uso de plantas injertadas en hortalizas es una técnica de reciente introducción en países de Europa y América, en países asiáticos –como Japón y Corea del Sur– se utiliza hace más de un siglo. En la actualidad, se cultivan plantas injertadas en especies de las familias *Solanaceae* (tomate, pimiento, ají, berenjena) y *Cucurbitaceae* (sandía, melón, pepino), especialmente para la obtención de resistencia o tolerancia a condiciones de estrés biótico (enfermedades y nemátodos) y abiótico (salinidad, bajas temperaturas, sequía). El aumento de vigor y productividad en plantas injertadas es otra de las ventajas observadas. Sin embargo, también existen limitaciones o desventajas en el uso de injertos como, por ejemplo, el mayor costo de las plantas, incompatibilidad entre patrón e injerto, y efectos negativos sobre la calidad de los frutos. Por esto, el uso de la tecnología requiere ser evaluada en cada condición productiva.

La sandía (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) es la especie cucurbitácea en que más se ha masificado el cultivo de plantas injertadas. En Corea del Sur y Japón prácticamente la totalidad de la producción de esta hortaliza se realiza en plantas injertadas para resistir el ataque de hongos del suelo. Los beneficios y justificación del uso de injertos en sandía dependen de la combinación patrón e injerto utilizado, además de las condiciones agrícolas y ambientales de cada localidad. A continuación, se describen los principales antecedentes respecto del uso comercial de plantas injertadas para el cultivo de sandía y utilización de la tecnología en Chile.

El uso de portainjertos

La práctica de injertación (“enjuertación”, según la RAE) consiste en juntar dos plantas de manera que sus tejidos vasculares logren formar una unión funcional y, así, ambas pasen a comportarse como una sola. Lo habitual es juntar el sistema radical de una planta con la parte aérea (tallo y hojas) de otra. La planta que aporta las raíces se conoce como patrón o porta injerto, mientras que a la que contribuye con tallo y hojas se le denomina injerto. El patrón se selecciona por las propiedades de sus raíces como, por ejemplo, vigor o resistencia a condiciones de estrés biótico (enfermedades del suelo) y/o abiótico (salinidad, sequía, temperatura). El injerto es el que aporta con el desarrollo de follaje, flores y frutos, por lo que comúnmente se eligen variedades de valor comercial por su rendimiento y calidad de producto a cosechar. Así, la planta injertada pasa a tener propiedades únicas, diferentes a las del patrón o injerto por sí solo. En la imagen 1 se muestra una planta injertada momentos después de su trasplante.

La injertación ha sido utilizada en especies frutales y ornamentales por cientos de años, principalmente con el objetivo de conferir rusticidad y mayor vigor a cultivares de valor comercial. En hortalizas, en cambio, el uso de esta técnica es más reciente y restringido. El uso de injertos en especies hortícolas comenzó en Asia, principalmente en Corea y Japón, con el fin de evitar las pérdidas asociadas al monocultivo y consecuente ataque de hongos fitopatógenos del suelo. Existen registros de que en 1931, en Japón, ya se cultivaban sandías injertadas en *Cucurbita moschata*. En años posteriores, habría aumentado el uso de *Lagenaria siceraria* y *Benincasa hispida* como portainjerto de sandía, debido a que estas especies mostraban mayor compatibilidad con sandía y una alta resistencia al ataque de *Fusarium*.

En los países de occidente, donde tradicionalmente ha existido una mayor disponibilidad de suelo para la rotación

Si bien el uso de plantas injertadas en hortalizas es una técnica de reciente introducción en países de Europa y América, en países asiáticos –como Japón y Corea del Sur– se utiliza hace más de un siglo.

IMAGEN 1. Planta injertada con callo de unión formado entre injerto (cv. ‘Delta’) y patrón (cv. ‘Marathon’).



CUADRO 1. Ventajas y desventajas del uso de injertos en sandía

Ventajas	Desventajas
Resistencia a hongos de suelo	Costos del portainjerto
Aumento del rendimiento	Mano de obra capacitada para implementar el injerto
Tolerancia a bajas y altas temperaturas	Manejo de plántulas injertadas
Aumento del vigor	Selección del portainjerto según fecha
Extensión del período de crecimiento y de cosecha	Selección del portainjerto según objetivo
Resistencia a nematodos	Cambios desfavorables en la calidad de la fruta
Reducción en la infección por virus	Desordenes fisiológicos
Control del marchitamiento por bacterias	Incompatibilidad injerto patrón
Tolerancia a estrés hídrico	Crecimiento vegetativo excesivo
Tolerancia a suelos salinos	Cambio en prácticas culturales
Mayor absorción de agua	Costo de semilla adicional para el patrón
Mayor absorción de nutrientes	Cosecha de frutos puede ser retrasada
Cambios favorables en la calidad de la fruta	Surgimiento de enfermedades de suelo secundarias
Aumento de la eficiencia en el uso del suelo	
Tolerancia a metales pesados	
Tolerancia a contaminantes orgánicos	

Modificado de Lee et al., 2010.



FIGURA 3. Comparación en terreno de plantas del cv. '1414' sin injertar o injertadas en 'Marathon'. En la parte superior muestra las plantas sobre la hilera de cultivo, mientras que en la parte inferior se ven desde el frente. Las plantas injertadas presentaron mayor vigor y fueron menos afectadas por *Fusarium*.

de cultivos, el uso de injertos en la producción de hortalizas no tuvo mayor relevancia sino hasta las últimas tres décadas. Además de una disminución relativa en la disponibilidad de suelo, en países de Europa y América han contribuido al cultivo de hortalizas injertadas las restricciones al uso de bromuro de metilo como fumigante de suelo, la búsqueda de prácticas más sostenibles de producción, el desarrollo de cultivares específicos como portainjertos y la existencia de viveros especializados capaces de producir plántulas injertadas en escala comercial. Un mayor vigor de las plantas, resistencia a condiciones de estrés abiótico como salinidad y bajas temperaturas, y mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes del suelo, son algunas de las posibilidades que ofrece el uso de plantas injertadas y que hacen prever un crecimiento en la adopción de la técnica por parte de los productores hortícolas. Sin embargo, el uso de plantas injertadas también acarrea desventajas o problemas que deben abordarse al adoptar la técnica. El cuadro 1 resume las principales ventajas y desventajas que han sido observadas al usar plantas injertadas en sandía.

Importancia de la combinación patrón – injerto y su evaluación

Parte de las desventajas asociadas al uso de plantas injertadas pueden superarse mediante la correcta combinación de patrón e injerto, la que debe considerar no solo la compatibilidad entre genotipos sino también aspectos ambientales y de manejo agronómico. En la actualidad, distintas empresas de semillas presentan programas que se enfocan en la obtención de patrones, los que son evaluados en combinación con distintos cultivares de sandía (como injerto) y en distintos ambientes. De esta forma, se han sobrellevado problemas importantes que limitaban el uso de esta tecnología, como la incompatibilidad entre patrón e injerto y efectos desfavorables en la calidad de los frutos.

CUADRO 2. Características de diferentes patrones utilizados en sandía

Patrón	Fusarium ^b				Nematodos		Tolerancia estrés abiótico		Compatibilidad
	I	II	III	IV	M. incogita	M. halpa	Bajas temp	Sal	
Cucurbita moschata	ARc	AR	AR	LR	S	S	MR	MR	AC d
C. maxima x C. moschata	AR	AR	AR	AR	S	S	AR	AR	AC
Cucurbita fisifolia	MR	LR	MR	LR	S	S	AR	AR	I
Lagenaria siceraria	MR	AR	AR	LR	S	S	LR	MR	AC
Benincasa hispida	AR	MR	MR	AR	S	LR	LR	LR	AC
Sicyos angulatus	AR	AR	AR	AR	S	LR	LR	LR	AC
Cucumis metuliferus	AR	AR	AR	AR	S	MR	LR	-	AC

Modificado de Davis et al., 2008. b) I (*Fusarium oxysporum* f. sp. Niveum), II (*F. oxysporum* f. sp. cucumerinum), III (*F. oxysporum* f. sp. melonis) y IV (*F. oxysporum* f. sp. lagenariae). c) AR (altamente resistente), MR (moderadamente resistente), LR (levemente resistente) y S (suceptible). d) AC (altamente compatible) e I (incompatible).

En cuanto a la selección del patrón, hay distintas opciones, por lo que se debe considerar el objetivo o ventaja que se espera al injertar. En el cuadro 2, se presentan algunos de los atributos asociados a las alternativas de portainjertos usados en sandía. Hoy, si bien la elección del patrón varía según cada localidad y condición de cultivo, las alternativas más utilizadas corresponden a variedades de *Lagenaria siceraria* e híbrido interespecíficos del género *Cucurbita* (*C. máxima* x *C. moschata*). La principal razón de ello es su resistencia a *Fusarium* y alto vigor de sus raíces.

En Chile, se cultivan aproximadamente tres mil hectáreas de sandía, de las cuales cerca de mil corresponderían a cultivos con plantas injertadas. La técnica se introdujo hace aproximadamente seis años y su alta tasa de adopción por los agricultores se debe a los buenos resultados observados, especialmente en cuanto a resistencia a enfermedades del suelo y vigor de las plantas.

En estudios realizados por la Facultad, se observó que al cultivar plantas injertadas y sin injertar (francas) en suelo infestado con *Fusarium*, los rendimientos de las plantas injertadas superaron significativamente a los de plantas sin injertar (ver figura 2). En esta investigación, se usaron combinaciones de algunos de los cultivares de sandía más utilizados en el país, injertados sobre patrones comerciales de *Lagenaria* (cv. 'Macis') y *C. maxima* x *C. moschata* (cv. 'Marathon'). Las diferencias de producción se tradujeron en que las plantas injertadas produjeron mayor número de frutos y de mayor tamaño, lo que estaría asociado a una menor susceptibilidad a *Fusarium* (ver figura 3). Además del peso, se evaluaron diversos aspectos de calidad de los frutos, como, por ejemplo, color, contenido de sólidos solubles (dulzor) y firmeza de la pulpa.

El uso de plantas injertadas no afectó la calidad de las sandías cosechadas en ninguno de estos atributos y, cuando se observaron diferencias, estas fueron en favor de las plantas injertadas. El único

efecto negativo del uso de injertos que se observó fue que, en plantas injertadas, la madurez de los frutos se retrasó cerca de una semana respecto de las sandías francas (ver figura 4). Dado los significativos efectos en rendimiento que se constataron, el estudio concluyó que el mayor costo de usar plantas injertadas se justifica plenamente en suelos con alta presión de enfermedades, comunes cuando se tiende al monocultivo.

Un excesivo aumento de vigor en plantas injertadas se cita como otro posible inconveniente del uso de injertos en sandía. Problemas como retrasos en la producción y rajadura de guías y frutos estarían asociados. No obstante, la elección de la correcta combinación patrón e injerto, junto a un adecuado manejo de las plantas, debiese permitir sobre llevar el problema. Por ejemplo, entre los patrones de *Lagenaria* e híbridos interespecíficos de *Cucurbita* (*C. máxima* x *C. moschata*) se ha visto que plantas injertadas en este último tienden a presentar un mayor vigor. Ajustes de riego, fertilización, población y distribución de plantas permiten controlar su exceso. De hecho, es común que al usar plantas injertadas, las poblaciones sean en torno a cuatro mil 400 plantas por hectárea, mientras que en cultivos de sandía con plantas francas, las poblaciones típicamente fluctúan entre siete mil y diez mil plantas por hectárea. En este caso, el mayor vigor de las plantas y la posibilidad de usar menos por unidad de superficie, puede ser visto como una ventaja, ya que permite un ahorro y reduce el costo de las operaciones de establecimiento.

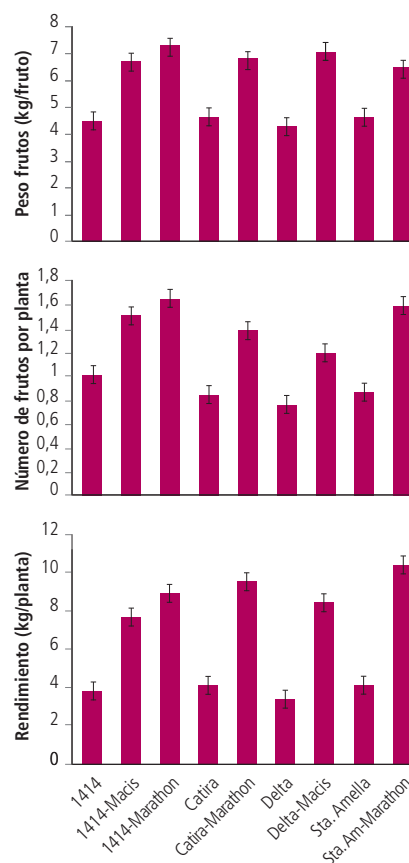
Perspectivas

Una de las desventajas asociada al uso de injertos es el mayor costo de las plantas. En Chile, el valor de una planta injertada de sandía fluctúa entre \$450 y \$500, dependiendo de la combinación de cultivares (patrón-injerto) utilizada, lo que es sustancialmente mayor a los \$100 que cuestan las plantas francas. Este mayor valor se

En estudios realizados por la Facultad, se observó que al cultivar plantas injertadas y sin injertar (francas) en suelo infestado con *Fusarium*, los rendimientos de las plantas injertadas superaron significativamente a los de plantas sin injertar.

FIGURA 2. Rendimiento y sus componentes para cultivares de sandía injertados o sin injertar.

Producción realizada en Curacaví en suelo que durante las dos temporadas previas había sido cultivado con cucurbitáceas. Se presentan promedios de 5 repeticiones y su error estándar.





Plantas cv. '1414',
sin injertar

Plantas cv. '1414',
injertar en 'Marathon'

FIGURA 4. Producción de plantas del cv. '1414' sin injertar (francas) e injertadas en el patrón 'Marathon'. Plantas injertadas tuvieron un mayor rendimiento asociado a más frutos por planta y de mayor tamaño. Sin embargo, la madurez de los frutos se atrasó respecto a lo observado en plantas francas. La fotografía muestra que al cosechar un mismo día, parte de los frutos de las plantas injertadas aún no alcanzaban madurez de cosecha. En esos casos la cosecha debiese realizarse cerca de una semana después.

explica por el hecho de que en la producción de plantas injertadas se deben producir dos plantas y luego sumar la labor de injertación, la que debe ser realizada por personal entrenado y en condiciones adecuadas para asegurar sanidad y una buena unión o “pegado” entre patrón e injerto. Si bien existen modelos de maquinaria que permiten injertar las plantas de manera automática o semiautomática, éstas presentan altos valores y su uso solo se justificaría si se necesita producir altas cantidades de plantas por temporada (sobre 10 millones por año).

Dado el tamaño de mercado y costos de la mano de obra en Chile, es probable que los viveros especializados sigan haciendo las plantas de manera manual. Una persona capacitada puede injertar en torno a mil 200 plantas diarias. La capacitación del personal y continuo mejoramiento del proceso de injertación son algunos de los desafíos que los viveros nacionales enfrentan para responder a la creciente demanda por plantas injertadas de los productores de hortalizas. Hoy, esta demanda es significativa en sandía y tomate, y es probable que aumente en otras especies como pimiento y melón.

Parte de los desafíos relacionados al uso de plantas de hortalizas injertadas en el país, es cuantificar los beneficios y riesgos de esta técnica, más allá de las evidentes mejoras en rendimiento observadas. Medir en qué medida el uso de plantas injertadas ayuda a aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes y agua, así como también la disminución de aplicaciones con productos fitosanitarios, permitiría una mejor valoración de la contribución de la tecnología a una agricultura más sostenible. Será importante también mantener un correcto monitoreo para detectar el surgimiento de enfermedades secundarias o nuevas razas de hongos del suelo.

Otro de los retos se refiere a la evaluación y uso de patrones específicos para condiciones de estrés abiótico como salinidad y sequía. Esto permitiría cultivar o mejorar rendimientos en ambientes que típicamente han sido desfavorables para el cultivo de sandía.

En resumen, el uso de plantas injertadas en hortalizas es una técnica de reciente introducción en el país. En el caso de sandía, el cultivo de plantas injertadas ha tenido una rápida adopción entre productores, principalmente por los aumentos de rendimiento que se observan, espe-

Dado el tamaño de mercado y costos de la mano de obra en Chile, es probable que los viveros especializados sigan haciendo las plantas de manera manual.

cialmente en suelos con problemas sanitarios. Se estima que, actualmente, 30 a 35% de la superficie cultivada con sandía se realiza usando plantas injertadas, y distintos actores de la industria prevén que el porcentaje de adopción de la técnica superaría al 50% dentro de los próximos años. El uso de esta tecnología significa un mayor costo en el establecimiento del cultivo, requiere de una correcta elección de variedades a usar como patrón e injerto, y obliga a algunos ajustes del manejo tradicional del cultivo. Sin embargo, los beneficios económicos asociados al mayor rendimiento justifican su uso. La tecnología, además, ofrece posibilidades que merecen ser exploradas, como una probable mayor eficiencia en el uso de recursos y eventual mayor producción en zonas con pobre calidad de suelo y/o baja disponibilidad de agua. 