

Variedades tradicionales de melón para agricultura ecológica, un reto para la mejora: El Meló d'Or

El melón es un cultivo tradicional en España, donde existe una gran diversidad de variedades. Entre estas se encuentra el 'Meló d'Or', variedad autóctona de Ontinyent muy apreciada por su calidad. Hemos identificado los factores limitantes del cultivo de esta variedad con prácticas ecológicas y sostenibles. Se utilizaron 3 campos de ensayo con diferentes condiciones agroecológicas, cultivando plantas sin injertar e injertadas en 2 patrones, uno de melón y otro de calabaza. Se realizaron seguimientos de las plagas y enfermedades que afectaron al cultivo y se evaluó la producción y calidad de los frutos. El estrés causado por hongos del suelo fue el principal factor limitante de la producción en campos con cultivo previo de melón. El estrés salino no fue limitante y, combinado con el injerto, resultó en producciones adecuadas y de elevada calidad, con un incremento del dulzor de los frutos. La variedad tradicional fue altamente susceptible a los hongos de parte aérea y a virosis, transmitidas por áfidos y mosca blanca. El aprovechamiento de la variabilidad natural de la especie para introducir resistencia a estos patógenos es la mejor estrategia para que ésta y otras variedades tradicionales sean una alternativa real en sistemas agrícolas de reducido impacto ambiental

PALABRAS CLAVE: Cultivar tradicional, cultivo ecológico, hongos patógenos suelo, salinidad, injerto, resistencias.

B. Picó¹, A. Flores-León¹, S. García-Martínez², V. González³, A. Garcés³, M.L. Gómez Guillamón⁴, M. Valcárcel¹, A. Sifres¹, C. Sáez¹, G. Perpiñá¹, C. Esteras¹, J. V. Valcárcel¹, G. Castro¹, A. Cáceres¹, M. López¹, E. M. Martínez Pérez¹, C. Romero⁵, A. J. Monforte⁵, M. J. Díez¹, M. Ferriol⁶, J. Cebolla¹, A. Pérez-de-Castro¹, C. López¹, J. J. Ruiz Martínez², C. Gisbert¹

¹ Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAM). Universitat Politècnica de València.

² Departamento de Biología Aplicada. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández.

³ Unidades de Sanidad Vegetal/Hortofruticultura, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).

⁴ Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora, UMA-CSIC.

⁵ Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (BMCP). Consejo Superior de Investigaciones Científicas- Universitat Politècnica de València.

⁶ Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM). Universitat Politècnica de València.

INTRODUCCIÓN

La producción anual de melón (*Cucumis melo*, familia Cucurbitaceae) ya supera los 31 millones de toneladas. La mayor producción se concentra en Asia, y concretamente en China. España es el principal productor de la Unión Europea, con más de 650.000 toneladas anuales, de las cuales casi un 70% se dedican a la exportación. De hecho, nuestro país ha liderado durante años la exportación de melón a nivel mundial y aunque no destaca por la superficie cultivada, presenta una producción muy importante, consecuencia del elevado rendimiento de los cultivos.

Se sabe que el melón se ha cultivado al menos durante los últimos 4.000 años, aunque el momento y lugar de domesticación todavía son inciertos. Los trabajos más recientes sugieren una domesticación en Asia, que habría dado lugar a la diversidad genética de los melones actuales y otra domesticación más reciente y restringida en África (Endl *et al.*, 2018). La domesticación ocurrida en Asia resultó en una gran variabilidad de tipos que se habrían difundido y diversificado por todo el mundo. Tanto el este de Asia como la cuenca mediterránea se reconocen hoy como importantes centros secundarios de diversificación. Esta variabilidad se ha clasificado

en grupos de cultivares de acuerdo con su origen geográfico y características morfológicas y hortícolas, así como en base a su diversidad molecular (Pitrat, 2017).

Uno de los grupos de melones que surgió como consecuencia de la diversificación en el área mediterránea es el grupo inodorus, descrito inicialmente como el conjunto de variedades de melón no aromáticas. Se trata de un grupo de melones muy amplio y diverso que se ha redasificado en numerosas ocasiones e incluye los melones conocidos como melones españoles, que hoy se acepta que están en el grupo ibericus (Pitrat, 2017). Se trata

de cultivares con plantas vigorosas, andromonoicas, de frutos de tamaño medio a grande y formas ovaladas o redondeadas, corteza gruesa, más o menos rugosa, pulpa blanco verdosa o cremosa, jugosa y crujiente, con alto contenido en azúcar y ligero aroma. Los frutos presentan maduración no climatérica, con poco o ausencia de aroma externo, y una buena conservación postcosecha. La mayoría de estos melones se seleccionaron durante siglos en distintas regiones españolas y hoy son muy populares, no solo en España sino también en toda la cuenca mediterránea y América. Según la coloración y morfología del fruto se agrupan en cinco subgrupos: Piel de Sapo, Amarillo, Tendral, Rochet y Blanco. El tipo que alcanzó mayor proyección comercial fue el Piel de Sapo, pero de todos los tipos pueden encontrarse variedades locales en muchas regiones españolas, como por ejemplo en la Comunidad Valenciana, Aragón, Extremadura, Andalucía, Cataluña, Murcia y la Comunidad de Madrid (Lázaro *et al.*, 2017).

Este es el caso del Meló d'Or (melón de oro), una variedad autóctona de la ciudad valenciana de Ontinyent. Pertenece al grupo de melones Amarillos, que se caracterizan por tener frutos de corteza amarilla, pulpa blanco verdosa y crujiente, con propiedades organolépticas muy apreciadas. El Meló d'Or se cultiva desde hace más de 700 años en la zona. Según consta en el archivo municipal de la localidad, ya se referenciaba a principios del siglo XV, llegando a exportar a las casas reales de toda Europa por su apreciada calidad. De hecho, hoy en día se consume en restaurantes de reconocido prestigio como melón de calidad.

El grupo de Mejora Genética de Cucurbitáceas del Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) lleva varios años trabajando en la mejora de este cultivar tradicional de melón. En un proyecto interdisciplinar en el que participaron

otros grupos, historiadores y edafólogos, el COMAV obtuvo una huella genética del Meló d'Or que facilitó la presentación, en 2012, del Meló d'Or como marca de calidad por parte de la Concejalía de Agricultura del Ayuntamiento de Ontinyent, activando la recuperación de esta variedad (Las Provincias, 2012). Durante los años 2016-2017, ensayamos el cultivo de esta variedad en cultivo al aire libre, empleando las prácticas habituales de cultivo comercial en la zona. La presencia de hongos del suelo, concretamente *Monosporascus cannonballus*, en las parcelas utilizadas (donde se realizaba cultivo continuado de melón) causó un grave impacto en la producción del Meló d'Or (Gisbert *et al.*, 2016). De hecho, la variedad tradicional solo pudo acabar el ciclo de cultivo con la calidad adecuada en el tratamiento en el que se injertó en un patrón de melón resistente a *M. cannonballus*.

El empleo de variedades tradicionales se enfrenta en la actualidad a nuevos retos. El contexto de globalización y cambio climático en el que se enmarca la agricultura actual conlleva la entrada de plagas y enfermedades alóctonas y el agravamiento de las habituales. La demanda social de una actividad agraria más compatible con el medio implica que cualquier plan de recuperación de estos cultivos pasa por la posibilidad de su uso en sistemas agrícolas de menor impacto ambiental. En el marco del proyecto PROMETEO/2017/078 de la convocatoria de investigación para grupos de excelencia (financiado por la Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport, Generalitat Valenciana), un equipo formado por los grupos de Mejora Genética del COMAV (UPV), la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, de la Universidad Miguel Hernández (EPSO, UMH) y el Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (IBMCP, CSIC-UPV) ha identificado las principales limitaciones del cultivo del Meló d'Or en 3 zonas agroecológicas diferentes de las provincias de

Valencia y Alicante, en condiciones de cultivo ecológico y sostenible. La identificación de estas limitaciones ha permitido iniciar los programas de mejora orientados a conseguir una producción rentable y de calidad en distintos tipos de sistemas agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones de cultivo

El cultivo del Meló d'Or (BGV016451) se llevó a cabo en 3 parcelas, representando 3 condiciones agroclimáticas diferentes, dos situadas en la provincia de Valencia y una tercera en la provincia de Alicante (Flores *et al.*, 2018; García Martínez *et al.*, 2019).

La primera parcela se localizó en el municipio valenciano de Moncada (Latitud: 39°33'26.8"N, Longitud: 0°25'06.5"W), en un campo sin historial previo de cultivo de melón. De hecho, este campo había estado plantado de cítricos los últimos 20 años. La segunda parcela se localizó en la zona periurbana de la ciudad de Valencia, denominada La Punta (Latitud: 39°26'41.3"N, Longitud: 0°21'14.9"W), con un largo historial de cultivo de melón en el campo. En ambos casos el trasplante se realizó entre la última semana de marzo y la primera de abril y se llevó a cabo cultivo ecológico. Se trasplantaron plantas procedentes de plántulas ecológicas, en caballones con acolchado de plástico negro, el cual permite controlar la humedad del suelo y la aparición de malas hierbas. Para las labores preparatorias del terreno se subsoló el suelo, aplicando así mismo estiércol de oveja (1 Kg/m²), y posteriormente se realizó una pasada con fresadora para deshacer los terrones grandes y mezclar el estiércol con el suelo. En La Punta se utilizó 2 m de separación entre calles y 0,6 m entre plantas y se regó a manta con suministros cada 2 semanas, con agua procedente de acequia con una conductividad de 2,1 dS/cm. En Moncada la separación entre calles fue de 1,1 m

y 1 m entre plantas y se regó por goteo con agua procedente de pozo con una conductividad de 1,9 dS/cm. En La Punta no se realizaron tratamientos de abonado ni fitosanitarios. En Moncada se aplicó azadiractina junto a *Equisetum arvense* y tierra de diatomeas en dos ocasiones para combatir una plaga de pulgón y otra de mosca blanca.

El campo de la provincia de Alicante se localizó en el Parque Natural Agrario de Carrizales (Latitud: 38°08'32.8"N, Longitud: 0°42'44.7"W), en el que se había cultivado alfalfa durante los 3 años anteriores y llevaba 6 meses de barbecho. Se realizó una labor de subsolado y otra de fresadora para preparar el terreno, aplicando estiércol de oveja (3 kg/ m²). Las líneas se separaron 2 m y las plantas 0,9 m. Tras el trasplante, las plantas se cubrieron con manta térmica hasta finales de mayo, con el fin de regular la temperatura y la humedad y actuar como barrera física frente a las plagas. Durante el cultivo se realizaron 2 aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos en el riego. Durante la fase de maduración se aplicó sulfato de potasio en el riego. Se realizaron aplicaciones de azufre en polvo cada 15-20 días, con dosis variables entre 15-25 kg/ha junto con Vivafusan G (15 kg/ha), un mejorador de la absorción de nutrientes. Se realizaron 2 aplicaciones foliares del bioestimulante F Aspir, a una dosis de 5 l/ha. En las líneas de cultivo se eliminaron las malas hierbas de forma manual y en el caso de los bordes se controló de forma mecánica. En este parque agrario, el melón se cultiva con prácticas sostenibles en condiciones de elevada salinidad, ya que el riego se realiza por goteo y se basa en la reutilización del agua de drenaje de elevada conductividad (4-5 dS/cm). Así mismo, la conductividad del suelo fue de 3,2 dS/cm, frente a los 0,7 y 0,4 de La Punta y Moncada, respectivamente.

En todos los casos se realizó un diseño en bloques al azar con 4

bloques y 3 plantas por bloque. En Moncada se cultivó Meló d'Or sin injertar, mientras que en La Punta y en Carrizales se cultivó sin injertar, e injertado en dos patrones, uno comercial híbrido F1 entre dos especies de calabaza *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* (Ma x Mo) y otro experimental híbrido F1 entre dos entradas de melón *Cucumis melo* subsp. *meloo* grupo *ibericus* Piel de Sapo y *Cucumis melo* subsp. *agrestis* grupo chinensis Pat 81 (Me x Ag). Esta última entrada es resistente a *M. cannonballus*, lo que confiere resistencia al patrón híbrido (Roig *et al.*, 2012).

Análisis de patógenos en campo y respuesta del Meló d'Or a patógenos en condiciones de inoculación artificial

En todos los casos, se realizaron visitas periódicas al campo con objeto de detectar posibles plagas y enfermedades que afectaron al cultivo. Cuando se observaba decaimiento o mortalidad en alguna planta se recuperaba la raíz y base del tallo, realizando aislamientos fúngicos para determinar la presencia de patógenos. La determinación de los patógenos fúngicos se llevó a cabo en colaboración con el grupo de patología y mejora genética del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) (González *et al.*, 2019).

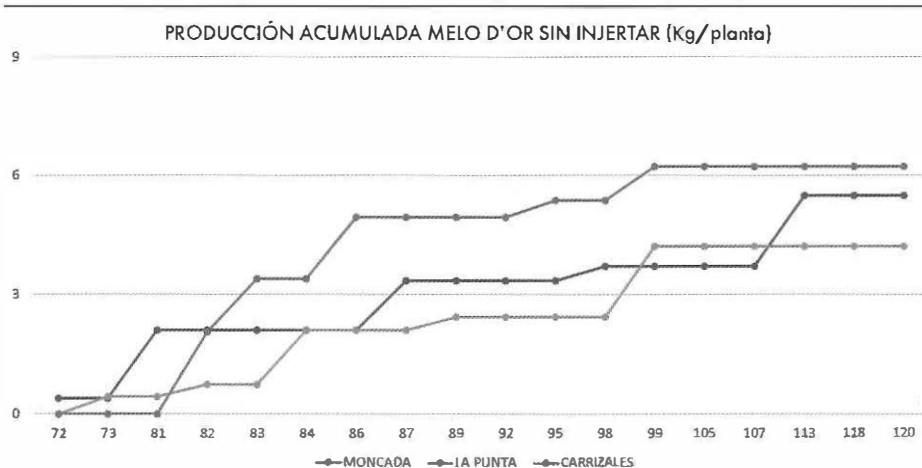


Figura 1. Producción acumulada a diferentes días después del trasplante de la variedad tradicional Meló d'Or en las tres localidades ensayadas.

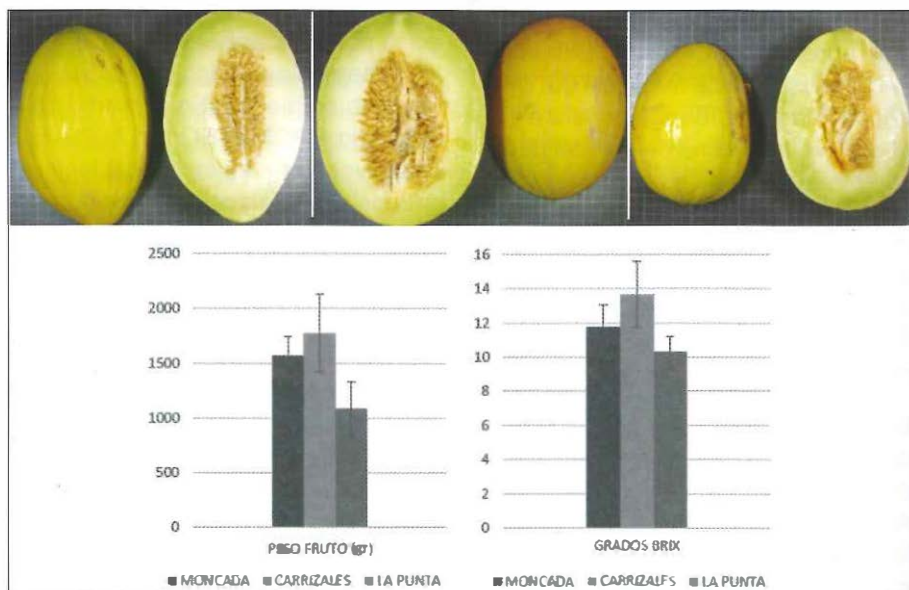


Figura 2. Características de los frutos del Meló d'Or en las tres localidades ensayadas. Izquierda: Moncada; Centro: Carrizales; Derecha: La Punta.

Las plantas con síntomas virales se analizaron con el fin de determinar la presencia o ausencia de los principales virus que afectan al melón, desde los transmitidos por pulgones (*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV; *Watermelon mosaic virus*, WMV; *Cucumber mosaic virus*, CMV; y *Moroccan watermelon mosaic virus*, MWMV), hasta los transmitidos por mosca blanca (*Tomato yellow leaf curl New Delhi virus*, ToLCNDV; *Cucurbit yellowing stunting disorder virus*, CYSDV; *Cucumber vein yellowing virus*, CVYV; y *Cucurbit chlorotic yellows virus*, CCTV) y otros de importancia en melón como el *Cucumber green mottle mosaic virus*, CGMMV).

Además de la detección de los patógenos encontrados en campo se comprobó la susceptibilidad del Meló d'Or a patógenos fúngicos y virales mediante inoculación artificial empleando los procedimientos descritos previamente por el grupo (Nunes *et al.*, 2017; Sáez *et al.*, 2017; Castro, 2019).

Evaluación de la producción y características del fruto

La recolección de los frutos se realizó cada 2-4 días según el ritmo de cuajado y maduración de cada campo y se llevó a cabo desde los primeros días de junio hasta la segunda semana de julio. Se recogieron y pesaron todos los frutos de las 3 plantas de cada bloque y se calculó la producción en Kg/planta. Además, se seleccionaron 3 frutos por bloque para su caracterización, para lo cual se pesaron individualmente, se midieron los grados Brix con un refractómetro y se tomó una muestra de la pulpa de cada fruto para futuros análisis metabólicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y calidad de la variedad tradicional en distintas condiciones agroecológicas: severa infección fúngica y condiciones de agua y suelo salino

La producción acumulada por planta del Meló d'Or sin injertar siguió un patrón diferente en los tres campos ensayados (**Figura 1**). Destaca la menor producción obtenida en el campo de La Punta, que no superó los 4,5 kg/planta, frente a los alrededor de 6 kg/planta que se obtuvieron en los campos de Moncada y Carrizales.

Este efecto sobre la producción en La Punta se debió al gran impacto que los hongos del suelo tuvieron sobre el desarrollo de las plantas. De hecho, a partir de la tercera semana de junio, se comenzó a observar un decaimiento en algunas plantas, que provocó la mortalidad de aproximadamente el 40% de las mismas a lo largo de la primera y segunda semana de julio. Se recogieron para su análisis los frutos ya desarrollados de estas plantas y, a su vez, las plantas se analizaron para la determinación de los patógenos fúngicos presentes en el suelo.

Los patógenos identificados y su relevancia para el cultivo de esta y otras variedades se discute más adelante.

En la producción final acumulada no se observaron diferencias significativas entre el cultivo de Carrizales y de Moncada, aunque la producción en el parque natural fue más temprana, posiblemente debido al uso de la manta térmica y otras prácticas de cultivo. En ninguno de los dos casos, se observó un importante ataque fúngico. El hecho de que no haya habido cultivo previo de melón en ninguno de estos dos campos (20 años de cítricos y 3 años de alfalfa, en Moncada y Carrizales respectivamente) podría explicar la menor incidencia de patógenos fúngicos en el suelo. De hecho, la rotación de cultivos es un factor clave en el manejo sostenible de los problemas de suelo.

Por otro lado, es destacable que con la elevada salinidad de agua y suelo de Carrizales no hubiera una pérdida importante de producción. El melón es una planta no excesivamente susceptible a la salinidad. El cultivo salino, al igual que ocurre en tomate, puede llevar a una mejora de la calidad y puede ser sostenible, si no implica pérdidas importantes de producción. De hecho, al analizar los frutos obtenidos en cada uno de los campos se observó un incremento en el contenido en sólidos solubles en los frutos recolectados en Carrizales, sobrepasando en ocasiones los 14 grados Brix (**Figura 2**), y lo que es más importante, sin una alteración significativa del tamaño del fruto. Este efecto, se observó no solo en el Meló d'Or, sino que fue generalizado para otras variedades tradicionales y comerciales cultivadas en la zona (García-Martínez *et al.*, 2019). Los frutos de La Punta mostraron un menor peso promedio y menor contenido en sólidos solubles, por el efecto del ataque fúngico.

Efecto del injerto sobre la producción y características del fruto

En los campos de Carrizales y La Punta, en los que los cultivos se desarrollaron en condiciones de estrés biótico y abiótico, con presencia de ataque fúngico en La Punta y salinidad en Carrizales, el Meló d'Or se cultivó sin injertar e injertado en dos patrones. La producción se vió afectada por el patrón en el cultivo en condiciones salinas. De hecho, los dos patrones utilizados incrementaron significativamente la producción (**Figura 3**), hasta alcanzar más de 12 kg/planta, lo que supone duplicar la producción frente a las plantas no injertadas en esta zona. Este efecto, se observó tanto con el patrón de calabaza como con el de melón, de forma que ambos son buenas opciones para el cultivo de variedades en suelo salino. Además, el incremento de la producción no afectó ni al tamaño del fruto (frutos

de peso medio 1,7; 1,8 y 1,5 Kg en plantas sin injertar o injertadas en patrón de calabaza y melón respectivamente), ni al contenido en sólidos solubles (°Brix 13,7; 13,7 y 13,8, respectivamente) (**Figura 4**).

En las condiciones de estrés biótico de suelo de La Punta, el empleo de patrones no supuso un incremento de la producción del Meló d'Or, que se mantuvo baja, alrededor de los 4-5 kg/planta (**Figura 3**). En este caso, el tamaño del fruto se redujo con respecto al tamaño obtenido en Carrizales, siendo el efecto similar con los 2 patrones (1,09; 0,96 y 1,04 Kg) (**Figura 4**). El contenido en sólidos solubles de los frutos procedentes de plantas injertadas en patrón de calabaza fue muy bajo, similar al de los frutos sin injertar, y significativamente inferior al de los frutos recogidos sobre las plantas injertadas en el patrón híbrido de melón (°Brix 9,9; 10,3 y 13,1, respectivamente) (**Figura 4**).

Hongos del suelo que afectan a las raíces de melón

El resultado de la parcela de La Punta parece discrepar de resultados anteriores en los que el injerto sobre patrones resistentes permitió cultivar esta variedad tradicional en campos con infección fúngica, concretamente infestados con el hongo responsable del colapso, *M. cannonballus* (Gisbert *et al.*, 2016). Para determinar la causa del elevado grado de decaimiento y mortalidad observado incluso en plantas injertadas, se recuperaron las raíces de las plantas muertas y se reaislaron los patógenos fúngicos de las mismas. La identificación de estos patógenos permitió determinar la diversidad de especies fúngicas patogénicas, no solo para melón, sino también para calabaza, en el campo de ensayo.

De forma frecuente, tanto en raíces de plantas sin injertar como en raíces del patrón de calabaza y de melón, se detectó el hongo

Macrophomina phaseolina. Este hongo es responsable de la podredumbre carbonosa del melón, y aunque su presencia se ha descrito en nuestros campos desde hace años (García-Jiménez *et al.*, 1993), su incidencia en España no había sido importante en comparación con países de clima más cálido donde se cultiva melón, como Israel, Brasil o países del Norte de África. En los muestreos que se están realizando por toda España en el marco del proyecto AGL 2017-85563-C2, hemos detectado un incremento importante de la incidencia y severidad de este patógeno en los últimos años. Por otro lado, se detectó, únicamente en raíces del patrón de melón y en las plantas sin injertar el hongo *M. cannonballus*, agente responsable del mencionado colapso del melón. Este hongo, supone un factor limitante importante para el cultivo de variedades tradicionales en España (Gisbert *et al.*, 2016). Mediante ensayos de inoculación artificial, utilizando los aislados de

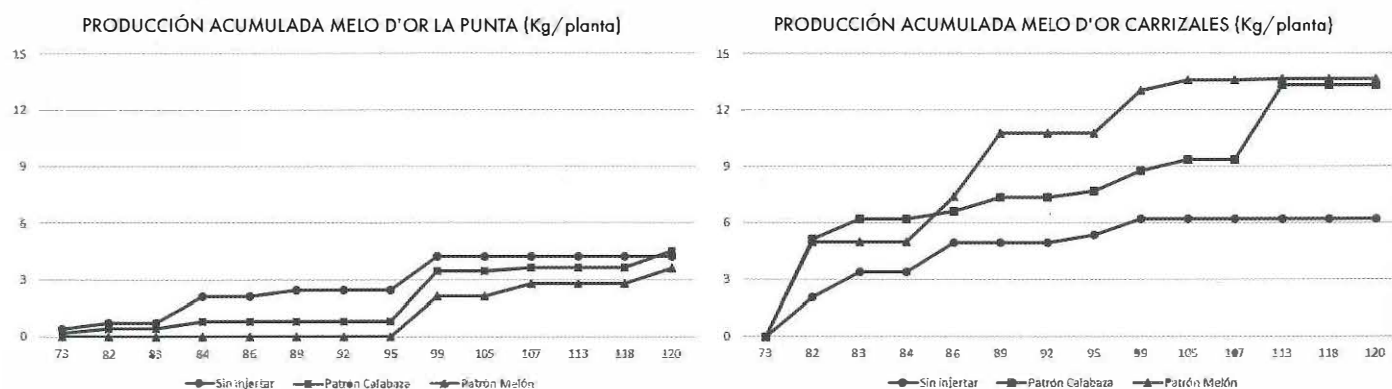


Figura 3. Producción acumulada a diferentes días después del trasplante de la variedad tradicional Meló d'Or en cultivo en condiciones salinas de Carrizales y en condiciones de infección por hongos del suelo en La Punta, sin injertar e injertada sobre un patrón híbrido de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) y sobre un patrón híbrido de melón (*Cucumis melo* subsp. *melo* x *C. melo* subsp. *agrestis*).

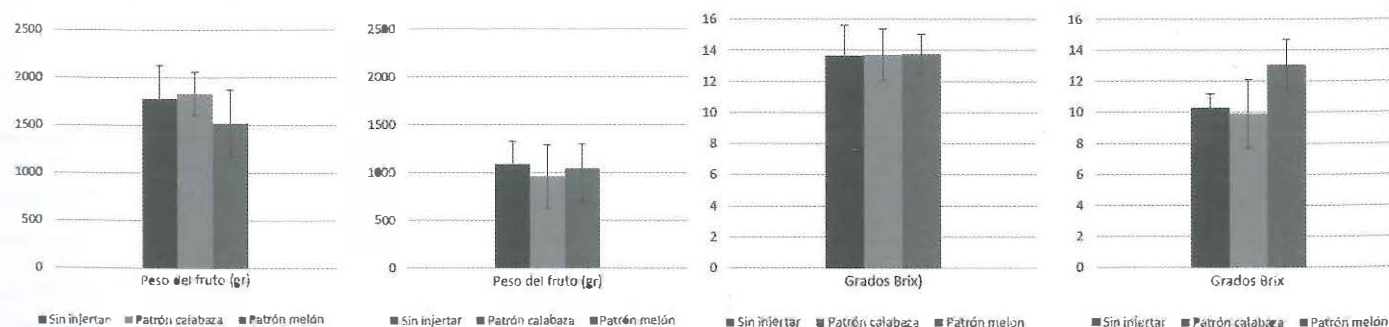


Figura 4. Características de los frutos de la variedad tradicional Meló d'Or en cultivo en condiciones salinas de Carrizales (izquierda) y en condiciones de infección por hongos del suelo en La Punta (derecha), sin injertar e injertada sobre un patrón híbrido de calabaza (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) y sobre un patrón híbrido de melón (*Cucumis melo* subsp. *melo* x *C. melo* subsp. *agrestis*).

M. phaseolina y *M. cannonballus* recuperados de las plantas de La Punta, hemos comprobado que el patrón de calabaza es resistente a ambos patógenos (Figura 5), mientras que el patrón de melón (derivado de la entrada Pat 81, con resistencia a *M. cannonballus*), es moderadamente tolerante a *M. phaseolina* y resistente a *M. cannonballus*, siendo el Meló d'Or altamente susceptible a ambos patógenos (Figura 5).

Además, el análisis fúngico permitió también identificar la presencia de numerosas especies de hongos del género *Fusarium*. La fusariosis del melón está causada habitualmente en España por la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. Sin embargo, el género *Fusarium* es muy amplio y diverso e incluye también otras formas patogénicas de *F. oxysporum* y numerosas especies del complejo *solani*. De hecho, en el campo de La Punta se identificaron varias especies pertenecientes a

este género. Además de *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, asociado a las raíces de plantas sin injertar e injertadas sobre patrón de melón, se detectó *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* asociado a las plantas no injertadas y *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*, *Fusarium equiseti* y *Fusarium falciforme* (sin. *Neocosmospora falciformis*) asociado a raíces de melón y de calabaza. Este último, es la primera vez que se ha identificado en raíces de melón en España (González *et al.*, 2019).



Figura 5. Susceptibilidad del Meló d'Or a hongos del suelo. Izquierda: tallos de Meló d'Or afectados por la podredumbre causada por *M. phaseolina* tras la inoculación artificial realizada con el método del palillo o toothpick en la base del tallo (Castro, 2019) (Meló d'Or, patrón híbrido de Melón y patrón híbrido de calabaza). Derecha: raíces con lesiones tras la inoculación artificial con *M. cannonballus* (Meló d'Or sin inocular e inoculado, y raíces inoculados del patrón híbrido de melón y del patrón híbrido de calabaza).



Figura 6. Susceptibilidad del Meló d'Or a hongos de parte aérea y virus. Izquierda: planta de Meló d'Or con una fuerte infección de oídio 15 días después de la inoculación con la raza 3.5 comparado con la respuesta resistente del híbrido del Meló d'Or con la variedad resistente de la India PI 414723. Derecha: planta de Meló d'Or con síntomas severos de ToLCNDV tras la inoculación artificial con un aislado español de este virus comparada con la respuesta resistente del híbrido del Meló d'Or con la variedad resistente de la India PI 414723.



Figura 7. Arriba izquierda: Variedades tradicionales de melón pertenecientes a distintas tipologías (Piel de sapo, Amarillo, Rochet, Blanco, Hilo Carrete), conservados en el Banco de Germoplasma del COMAV, en fase de caracterización y recuperación en el marco del proyecto PROMETEO 2017/078. Arriba derecha y Abajo: Catas y degustaciones de las variedades tradicionales de melón realizadas para promover el conocimiento de las mismas.

Esta gran diversidad de hongos patógenos en La Punta, consecuencia posiblemente del cultivo repetido de melón en la zona, explicaría las bajas producciones observadas en esta variedad tradicional. Los efectos de estas poblaciones patógenas sugieren que el control de enfermedades de suelo va a ser una necesidad en el cultivo de variedades tradicionales en condiciones de cultivo ecológico o sostenible. En nuestros resultados con cultivo comercial de esta misma variedad descritos en Gisbert *et al.* (2016), el patrón con resistencia a *Monosporascus cannonballus* permitía mantener buenas producciones en suelos infestados. En el caso del cultivo ecológico en La Punta este patrón sigue siendo el que mejores resultados proporciona, y aunque las producciones son bajas, es el único patrón que permite recoger frutos con un nivel de sólidos solubles adecuado para su comercialización (Figura 4). Los patrones de Cucurbita se han empleado, sobre todo en sandía, por su resistencia a la fusariosis causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*, otra variante patogénica de esta especie que afecta a la sandía. Estos resultados ponen de manifiesto que su utilidad deberá ser nuevamente comprobada si se confirma la presencia frecuente de otras especies de *Fusarium* que puedan afectar a las especies de este género.

La susceptibilidad a otros patógenos de las variedades tradicionales: oídio y virus

Durante el cultivo se llevó a cabo también un seguimiento de las enfermedades causadas por los hongos de la parte aérea de las plantas y aquellas de etiología viral. El oídio de las Cucurbitáceas, causado por *Podosphaera xanthii* es el principal patógeno fúngico de la parte aérea del melón. Las variedades tradicionales del grupo ibericus suelen ser susceptibles a este patógeno. En los campos de La Punta y Moncada, se detectó la aparición de oídio independientemente de que se tratara de plantas injertadas o sin injertar. En ambas localidades la raza de oídio predominante ha sido la raza 2, aunque dos de los aislados de Moncada podrían corresponderse con la raza 4, lo que está pendiente de confirmación. Dado que la raza 3.5 es la más extendida y agresiva de las presentes en nuestro país, en el marco del proyecto AGL 2017-85563-C2, se ha comprobado la susceptibilidad del Meló d'Or a esta raza; no obstante, los híbridos de esta variedad con la entrada resistente PI 414723, procedente de la India, presentan resistencia (Figura 6).

En relación con los virus, en condiciones de campo se observaron los dos tipos de vectores transmisores más importantes en cucurbitáceas, pulgones y mosca blanca, y aunque en cultivo ecológico se llevaron a cabo tratamientos para evitar la proliferación de los mismos, no se consiguió evitar su efecto como transmisores de virosis. De hecho, se detectaron a partir de la semana 7 y 9 en Moncada y La Punta, respectivamente, plantas infectadas con virus, fundamentalmente el cucumovirus CMV y el potyvirus WMV (Flores *et al.*, 2018; Pérez-de-Castro *et al.*, 2019). Se analizaron también las plantas para la presencia de otras virosis importantes en melón, transmitidas por pulgones ZYMV, MWMV, por

mosca blanca ToLCNDV, CCYV, CYSDV y CVYV, o con otras formas de transmisión, como el CGMMV, pero estas virosis no se detectaron en campo. No obstante en condiciones de inoculación artificial se ha comprobado la elevada susceptibilidad del Melo d'Or a alguna de estas virosis (Figura 6).

El reto de la mejora de las variedades tradicionales

La diversidad genética natural existente en la especie nos proporciona una herramienta para poder mejorar la respuesta de las variedades tradicionales frente a plagas y enfermedades, de forma que sean una alternativa real de cultivo a las variedades comerciales en cultivo ecológico. Existen variedades de melón, procedentes de su centro de origen y diversificación, la India, que presentan resistencias a muchos de los patógenos descritos. Por ejemplo, la entrada PI 414723, perteneciente al grupo momordica, es una de ellas. Esta entrada presenta resistencia a oídio, a los virus ToLCNDV, ZYMV, WMV, y a otros patógenos del melón. Mediante el cruzamiento con esta fuente de resistencia y la selección por resistencia y calidad, estamos mejorando el Meló d'Or y otras variedades tradicionales para hacer que su cultivo en condiciones ecológicas y sostenibles sea posible. El conocimiento de la secuencia del genoma de melón y de la localización en el mismo de algunos de los genes que controlan la resistencia a los distintos patógenos permite disponer de marcadores que facilitan una selección muy rápida y eficiente, incorporando solo los genes necesarios para la resistencia, pero manteniendo el fondo genético tradicional característico de estos melones.

CONCLUSIONES

El cultivo continuado de melón incrementa los problemas fúngicos del suelo, agotando éste microbiológicamente, siendo la rotación de cultivos y el injerto prácticas culturales adecuadas para minimizar las pérdidas de producción, sobre todo cuando se emplean variedades tradicionales de melón, altamente susceptibles a numerosos patógenos y en condiciones de cultivo en que se minimizan los tratamientos. La introducción de resistencia genética a los hongos del suelo es una estrategia esencial en estos casos, muy potente, que permitiría el cultivo directo sobre suelo. Sea cual sea la estrategia elegida es necesario conocer la situación epidemiológica actual de los patógenos fúngicos en nuestros suelos para adaptar portainjertos y encontrar las resistencias específicas necesarias. Por ejemplo, pese a contar con patrones resistentes al colapso sobre los que injertar determinadas variedades tradicionales, con el paso del tiempo y el monocultivo, la producción puede llegar a estar comprometida. En el desarrollo de nuevos portainjertos deberá tenerse en cuenta la diversidad de especies de hongos del género *Fusarium*, cuya incidencia real ha de ser aún determinada, que pueden afectar a los patrones de Cucurbita, y la relevancia, mayor de la esperada, de las infestaciones por *Macrophomina phaseolina*. En cuanto a la salinidad, el melón es un cultivo moderadamente sensible, específicamente la variedad tradicional empleada. Por otro lado, el empleo de agua y suelo salino puede incluso incrementar el contenido en sólidos solubles, sin reducir el tamaño del fruto ni la producción. En este caso, el empleo de patrones de melón y calabaza es una buena opción para incrementar las producciones en condiciones de salinidad. El estudio del impacto sobre la calidad de las condiciones salinas y de los distintos patrones deberá completarse con estudios de los perfiles metabólicos de azúcares,

ácidos, minerales y compuestos volátiles.

El Meló d'Or estudiado en este trabajo es un modelo de variedad tradicional, pero conclusiones similares se pueden obtener para otras variedades tradicionales. Gracias a la actividad de salvaguarda de la diversidad de los melones españoles que el Banco de Germoplasma del COMAV lleva realizando desde hace décadas, nuestro grupo está trabajando con un conjunto de 30 variedades tradicionales Valencianas, Castellano Manchegas y Andaluzas en el mismo sentido; así se está validando su posible uso en distintos tipos de sistemas agrícolas y proponiendo soluciones basadas en el conocimiento de la especie y las estrategias de mejora actual que permitan cultivarlas de forma rentable manteniendo su calidad tradicional (**Figura 7**).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida por el proyecto PROMETEO/2017/078 de la convocatoria de investigación para grupos de excelencia (financiado por la Conselleria d'Educació, Investigació, Cultura i Esport, Generalitat Valenciana) y el proyecto AGL 2017-85563-C2 (financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades con cofinanciación de Fondos FEDER).

BIBLIOGRAFÍA

- Endl J., Achigan-Dako E.G., Pandey A.K., Monforte Gilabert A.J., Picó B., Schaefer H. 2018. Repeated domestication of melon (*Cucumis melo*) in Africa and Asia and a new close relative from India. *American Journal of Botany* 1(15), 1662-1671.
- Flores A., Sifres A., García-Martínez S., Valcárcel J. V., Perpiñá G., Sáez C., Pérez A., Cebolla J., Díez M. J., Gisbert C., Ruiz J.J., López C., Ferriol M., Picó B. 2019. Selección de cultivares tradicionales de melón adecuados para cultivo ecológico en la provincia de Valencia. *Revista Agroecológica de Divulgación* 33, 22-23.
- García-Jiménez J., Martínez-Ferrer G., Armengol J., Velázquez M.T., Orts M., Ortega A., Jordá M.C., Alfaro A. 1993. Agentes asociados al «colapso del melón» en distintas zonas españolas. *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas* 19, 401-423.
- García-Martínez S., Flores-León A., Cabrera J.A., Sifres A., Valcárcel J.V., Pérez De Castro A., Ruiz Martínez J.J. 2019. Selección de cultivares tradicionales de melón adecuados para cultivo ecológico en condiciones de elevada salinidad en el Parque Natural Agrario de Carrizales (Alicante). *Agrícola Vergel* 417, 43-48.
- Gisbert C., Cáceres-Burbano A., Perpiñá G., Gerardo B., Pérez De Castro A.M., Armengol J., Picó B. 2016. El injerto como técnica para la recuperación de variedades tradicionales: 'El meló d'Or d'Ontinyent' un caso de estudio. *Phytoma España* 282, 40-47.
- Gonzalez V., García-Martínez S., Flores-León A., Ruiz J.J., Picó B., Garcés-Claver A. 2019. First report of *Neocosmospora falciformis* causing wilt and root rot of Muskmelon in Spain *Plant Disease Notes* (en prensa).
- Lázaro A., Fernández I.C., Borrero M.J., Cabello F., Lopez-Sese A., Gómez-Guillamón M., Picó B. 2017. Agromorphological genetic diversity of Spanish traditional melons. *Genetic Resources and Crop Evolution* 7 (64), 1687-1706. Ribera B. 2012. El Meló d'Or se presenta como marca de Ontinyent. Las Provincias, 9 agosto. Disponible en <https://www.lasprovincias.es/v/20120809/ribera-costera/melo-presenta-como-marca-20120809.html>
- Nunes E.W.L.P., Esteras C., Ricarte A.O., Martínez-Pérez E., Gómez-Guillamón M.L., Nunes G.H.S., Picó B. 2017. Brazilian melon landraces resistant to *Podosphaera xanthii* are unique germplasm resources. *Annals of Applied Biology* 2(171), 214-228.
- Pitrat M. 2017. Melon genetic resources: phenotypic diversity and horticultural taxonomy. In: Grumet R., N. Katzir, J. Garcia-Mas. (eds) *Genetics and genomics of Cucurbitaceae*. *Plant Genetics and Genomics: Crops and Models*, vol 20. Springer, Cham.
- Roig C., Fita A., Ríos G., Hammond J.P., Nuez F., Picó B. 2012. Root transcriptional responses of two melon genotypes with contrasting resistance to *Monosporascus cannonballus* (Pollack et Uecker) infection. *BMC Genomics* 13(1), 601-612.
- Sáez C., Esteras C., Martínez C., Ferriol M., Dhillon N.P.S., López C., Picó B. 2017. Resistance to Tomato leaf curl New Delhi virus in melon is controlled by a major QTL located in chromosome 11. *Plant Cell Reports* 36(10), 1571-1584.
- Castro G. 2019. Aprovechamiento de Herramientas Genéticas y Genómicas para Desarrollo de Nuevas Poblaciones para la Mejora del Melón por Resistencia a Patógenos y Calidad. Tesis Doctoral, Picó B. (dir.), Esteras C. (dir.). Universitat Politècnica de València.
- Pérez de Castro A., Martínez A.E., Sáez C., Flores A., Sifres A., Gómez-Guillamón M.L., López C., Picó B. 2019. Incidence and genetic diversity of cucurbit viruses in Spain. *Acta Horticulturae* (en prensa).