

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

*ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
Y DEL MEDIO NATURAL (ETSIAMN)*

*GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO
RURAL*



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

***Evaluación del efecto de patrones
experimentales sobre la calidad de
variedades tradicionales de melón
(Cucumis melo L.)***

Trabajo Final De Grado

Curso académico 2019/2020

AUTOR: SARA FERNÁNDEZ INFANTES

TUTOR: JAIME CEBOLLA CORNEJO

COTUTOR: MERCEDES VALCÁRCEL GERMES

VALENCIA, Julio de 2020

Título: Evaluación del efecto de patrones experimentales sobre la calidad de variedades tradicionales de melón (*Cucumis melo* L.)

Resumen:

España cuenta con una amplia diversidad de variedades tradicionales de melón. Su introducción se asocia en parte a los romanos, aunque los tipos dulces llegaron posiblemente más tarde, con la entrada a la Península Ibérica de los musulmanes. Estas últimas se engloban dentro del grupo *Ibericus* de melón, entre los que destacan los tipos Rochet, Amarillo (Groc d'Ontinyent), Tendral, Hilo Carrete y Piel de Sapo. Actualmente, el consumo de las variedades tradicionales de melón dulce españolas es cada vez menor, siendo el tipo Piel de Sapo el de mayor proyección comercial.

Una de las principales causas de este detrimento, se debe a la dificultad de estas variedades para hacer frente a la cada vez mayor incidencia de enfermedades, principalmente de suelo, como son las provocadas por los hongos *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Monosporascus cannonballus* y *Macrophomina phaseolina*, los cuales dificultan enormemente su cultivo. Otro factor que puede llegar a ser perjudicial para estas variedades es la presencia elevada de sales en el suelo. Con la finalidad de evitar estos problemas, surge el uso de planta injertada, donde se emplean patrones que ofrecen un mejor comportamiento frente a las condiciones de suelo adversas. A su vez, estos patrones pueden afectar a la calidad, una característica distintiva de las variedades tradicionales.

En el presente trabajo, se ha evaluado el efecto sobre la calidad de variedades tradicionales del uso de patrones experimentales derivados de nuevos programas de mejora desarrollados en el COMAV, incluyendo un *Cucumis* silvestre y un híbrido de *Cucumis melo*. Como controles se han empleado un híbrido comercial de *Cucurbita* y plantas no injertadas. Para ello se ha analizado, mediante electroforesis capilar zonal, el contenido en los ácidos málico y cítrico, los azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), los equivalentes de sacarosa y los sólidos solubles totales. Como variedades tradicionales se han seleccionado para el trabajo Groc d'Ontinyent del tipo amarillo, dos entradas de Piel de Sapo y dos entradas de Rochet. De los resultados se desprende que el uso de los patrones evaluados no interfiere de forma importante sobre el contenido en azúcares y ácidos, ni en condiciones estándar del cultivo ni en condiciones salinas. Las diferencias quedan limitadas a determinadas combinaciones patrón-variedad. Se ha detectado una correlación inferior a la esperada entre el contenido en azúcares totales y el contenido en sólidos solubles totales, por lo que la determinación individual de azúcares ofrece información mucho más precisa sobre la calidad del melón. Por otro lado, se han detectado diferencias importantes en el perfil ácido de las entradas de Rochet que será de interés en futuros estudios.

Finalmente, se ha conseguido desarrollar el objetivo docente del proyecto, que planteaba iniciar a la alumna en el fenotipado de la calidad, una de las labores profesionales típicas de un mejorador graduado en ingeniería agronómica en una casa de semillas. Estas actividades implican a las competencias de grado correspondientes a la tecnología de la producción vegetal y animal referentes a biotecnología y mejora vegetal y de la tecnología de la producción hortofrutícola referentes a la genética y mejora vegetal.

Palabras clave: azúcares, calidad, injerto, enfermedades, salinidad.

Title: Evaluation of the effect of experimental rootstocks on the quality of melon landraces (*Cucumis melo* L.)

Abstract:

Spain owns a large diversity of traditional varieties of melon. Its introduction is partly associated with Romans, although the sweet types possibly came later, with the entry of Muslims into the Iberian Peninsula. The last ones are included within the *Ibericus* group of melon, and among them stand out Rochet, Amarillo (Groc d'Ontinyent), Tendral, Hilo Carrete and Piel de Sapo. Nowadays, the consumption of traditional Spanish sweet melon varieties is decreasing, with Piel de Sapo melon having a major commercial role.

One of the main causes of this decrease is the difficulty of these varieties to cope with the increasing incidence of diseases, mostly soilborne, such as those caused by fungi: *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Monosporascus cannonballus* and *Macrophomina phaseolina*. These diseases greatly hinder their cultivation. Another factor that can be detrimental to these varieties is the high salinity of the soil. To avoid these problems the use of a grafted plant arises as a solution, where rootstocks offer a better behavior against adverse soil conditions. But, in turn, these rootstocks can affect quality, a distinctive feature of traditional varieties.

In the present study, it was assessed the effect of the use of experimental rootstocks derived from new improvement programs developed in COMAV on the quality of traditional varieties, including a wild *Cucumis* and a hybrid of *Cucumis melo*. A commercial hybrid of *Cucurbita* and ungrafted plants were used as controls. For this purpose, the content of malic and citric acids, sugars (glucose, fructose, and sucrose), sucrose equivalents and total soluble solids were analysed, using zonal capillary electrophoresis. As traditional varieties, Groc d'Ontinyent of yellow type, two accessions of Piel de Sapo and two accessions of Rochet were selected for this project. The results suggest that the use of the assessed rootstocks does not significantly interfere with the content of sugars and acids, neither under standard conditions of the cultivation nor under saline conditions. The differences are limited to certain pattern-variety combinations. A lower-than-expected correlation was detected between the total sugar content and the total soluble solids content. Thus, the individual determination of sugars offers a much more precise information about the quality of melon. Additionally, important differences have been detected in the acid profile of Rochet's entries that will be interesting for future studies.

Finally, the educational goal of the project was achieved, with the initiation of the student into quality phenotyping; one of the typical professional tasks within the seed industry, performed by a breeder with a Degree in Agricultural Engineering. These activities involve the Degree skills corresponding to the technology of plant and animal production, regarding biotechnology and plant improvement, and to the technology of fruit and vegetable production, regarding plant genetics and improvement.

Keywords: sugars, quality, grafting, diseases, salinity.

Los datos contenidos en el presente trabajo han sido obtenidos gracias a los proyectos AGL2017-85563-C2-1-R-AR, financiado por la Agencia Estatal de Investigación, y PROMETEO/2017/078, financiado por la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana. La propiedad de los mismos corresponde a los investigadores del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	EL CULTIVO DEL MELÓN	1
1.2.	ORIGEN Y DOMESTICACIÓN	2
1.3.	IMPORTANCIA ECONÓMICA	4
1.3.1.	MELÓN EN EL MUNDO	4
1.3.2.	MELÓN EN ESPAÑA	7
1.4.	VARIETADES TRADICIONALES DE MELÓN EN ESPAÑA	11
1.5.	ENFERMEDADES Y PROBLEMAS DE SUELO	13
1.6.	INJERTO COMO SISTEMA DE CULTIVO	15
2	OBJETIVOS	17
3	MATERIAL Y MÉTODOS	18
3.1.	MATERIAL VEGETAL	18
3.2.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y MUESTREO	19
3.3.	CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO EN AZÚCARES Y ÁCIDOS.....	19
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	20
4	RESULTADOS	21
4.1.	GROC D'ONTINYENT	21
4.1.1.	GROC D'ONTINYENT EN CARRIZALES.....	23
4.1.2.	GROC D'ONTINYENT EN LA PUNTA.....	25
4.2	PIEL DE SAPO	26
4.2.1.	PIEL DE SAPO GENOTIPO A (PS-A).....	27
4.2.2.	PIEL DE SAPO GENOTIPO B (PS-B).....	28
4.3	ROCHET	29
4.3.1.	ROCHET GENOTIPO A (RC-A)	30
4.3.2.	ROCHET GENOTIPO B (RC-B).....	31
5.	DISCUSIÓN	32
6.	CONCLUSIONES	35
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la producción (t) y área cosechada (ha) mundial en los últimos 10 años del melón (FAO, 2020).	4
Figura 2. Producción de melón de los principales países productores (promedio de 2008 a 2018) (FAO,2020).	5
Figura 3. Valor y cantidad de importación de melón en los principales países importadores del mundo en 2017 (FAO, 2020).	6
Figura 4. Valor y cantidad de exportación de melón en los principales países exportadores del mundo en 2017 (FAO, 2020).	7
Figura 5. Evolución de la producción y área cosechada española en los últimos 10 años del melón (FAO, 2020).....	8
Figura 6. Distribución de la superficie cultivada de melón en España en 2019 (MAPA, 2020).	9
Figura 7. Evolución de las importaciones y exportaciones de la cantidad de melón en España del año 2006 al 2017 (FAO,2020).	10
Figura 8. Evolución del valor económico de las importaciones y exportaciones de melón en España del año 2006 al 2017 (FAO, 2020).....	10
Figura 9. Imagen fruto de alficoz, dentro del grupo flexuosus (Cortesía de M. Valcárcel y B. Picó).	11
Figura 10. Imagen grupo cantalupensis. Tipo Cantalupo (izquierda); Tipo Galia (derecha) (Autor: El Huerto 2.0)	11
Figura 11. Imagen de frutos de los principales subgrupos del grupo Ibericus en el que se encuentran las principales variedades tradicionales españolas (Autor Tendral y Piel de Sapo: El Huerto 2.0; Autor Rochet y Groc d’Ontinyent: cortesía de M. Valcárcel y B. Picó).	12
Figura 12. Injerto de aproximación de calabaza con melón (en semilleros Cucala, 2020)..	16
Figura 13. Variedades tradicionales empleadas en el ensayo y toma de muestras (Cortesía de M. Valcárcel y B. Picó).	18
Figura 14. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg^{-1}) en los frutos de la variedad Groc d’Ontinyent cultivados en Carrizales. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	23
Figura 15. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg^{-1}) en los frutos de la variedad Groc d’Ontinyent cultivados en Carrizales. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	23
Figura 16. Contenido en sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) de los frutos de la variedad Groc d’Ontinyent cultivados en Carrizales. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).	23
Figura 17. Correlación entre el contenido en azúcares totales (g kg^{-1}) y el contenido en sólidos solubles totales considerando todas las muestras obtenidas en Carrizales.....	24
Figura 18. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg^{-1}) en los frutos de la variedad Groc d’Ontinyent cultivados en La Punta. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	25

Figura 19. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en La Punta. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	25
Figura 20. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en La Punta. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).	25
Figura 21. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	27
Figura 22. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	27
Figura 23. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).	27
Figura 24. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	28
Figura 25. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	28
Figura 26. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).	28
Figura 27. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Rochet, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	30
Figura 28. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Rochet, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	30
Figura 29. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Rochet, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).	30
Figura 30. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Rochet, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	31
Figura 31. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg ⁻¹) en los frutos de la variedad Rochet, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).	31
Figura 32. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Rochet, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey)	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporción de la producción de melones en cada continente (promedio de 2008 a 2018) (FAO,2020).	5
Tabla 2. Superficie cultivada de melón (secano, regadío e invernadero) en cada Comunidad Autónoma y total de superficie cultivada en España en 2019 (Anuario de Estadística de España, 2020).	8
Tabla 3. Contenidos promedio (media de todos los tratamientos \pm error estándar) obtenidos en Carrizales y La Punta y resultado del ANOVA de los factores principales, ambiente y patrón, y su interacción.....	22

1 INTRODUCCIÓN

1.1. EL CULTIVO DEL MELÓN

El melón (*Cucumis melo* L.), pertenece a la familia *Cucurbitaceae* (Cucurbitáceas), al género *Cucumis*, de ahí su nombre científico. En esta familia se incluyen varios cultivos ampliamente empleados, como la calabaza (*Cucurbita* ssp.), la sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Naka], el pepino (*Cucumis sativus* L.), y el calabacín (*Cucumis pepo* L.), siendo uno de los grupos de plantas económicamente más importantes.

La planta del melón posee un sistema radicular ramificado, abundante y de rápido crecimiento; así como unas hojas grandes y pilosas, con un largo peciolo. Los tallos son rastreros, recubiertos de pilosidades, ramificados y con zarcillos. Interesa las ramificaciones del tallo principal, ya que, en estos brotes secundarios y terciarios, es donde se sitúan en mayor proporción las flores femeninas, mientras que las flores masculinas se encuentran mayoritariamente en el tallo principal (Maroto, J.V y Baixauli, C., 2016). Las flores son solitarias, amarillas y pueden ser femeninas, masculinas o hermafroditas, por lo que en función de la presencia o no de ellas, las plantas de melón se clasifican en ginoicas, hermafroditas, andromonoicas y monoicas, aunque de los primeros dos tipos no hay variedades comerciales de melón. Las plantas de los melones tradicionales se comportan como andromonoicas.

Por medio de la polinización, principalmente entomófila, entre estas flores, se produce la formación del fruto, que es la parte que se comercializa de la planta. Este fruto procede de un ovario ínfero, y se trata de una baya de gran tamaño, cuya forma, color, sabor... difiere mucho entre las distintas variedades que encontramos de esta especie.

Se trata de un cultivo de verano, ya que es muy exigente en temperatura. No obstante, como la mayoría de cultivos sembrados en estas fechas, puede ser cultivado fuera de estación mediante el uso de invernaderos en invierno o “tunelillos” para protegerlos durante el inicio de su crecimiento, los cuales permiten su plantación unos meses antes de lo que sería habitual. Las densidades de plantación habituales varían en función de la zona y tipo de cultivo, oscilando entre las 8.000 plantas ha⁻¹ en los tipos amarillo, *Charentais* o galia, las 5.000 plantas ha⁻¹ de Piel de Sapo en Almería (lugar donde predomina el cultivo bajo invernadero de plástico), y las 3.500-4.000 plantas ha⁻¹ en las provincias de Ciudad Real, Murcia y Toledo, en cultivo al aire (Alarcón Vera, A. L y Fuentes Pedreño, S., 2016).

El período de formación y maduración del melón se completa en unos 30-40 días. Durante los 15 primeros, tras la fecundación, el fruto alcanza la mitad de su volumen total. A partir de este momento, es cuando se inicia la pérdida de color de la pulpa por degradación de carotenos. Después de un mes desde la fecundación, el fruto alcanza prácticamente su tamaño definitivo, produciéndose la maduración durante los últimos 10 días, en los que cuales se generan importantes cambios bioquímicos, que llevan a un incremento notable de su contenido en azúcares (Maroto, J.V., 1995)

La composició en azúcares de los frutos es un aspecto fundamental en la determinación del punto óptimo de madurez del melón. El contenido en sacarosa procede de la descomposición y movilización de hidratos de carbono (sobre todo almidón) de las hojas; este proceso se genera al final del ciclo, por lo que, si se recolecta el fruto antes de tiempo, la pulpa no alcanza el grado de dulzor suficiente y el contenido en azúcares no aumenta tras la recolección. A medida que los frutos de melón maduran, este contenido en azúcares aumenta hasta superar el 97 % del total de sólidos solubles, siendo la sacarosa el azúcar mayoritario, con más del 50 % del total (Maroto, J.V., 1995). Debido a lo anterior, la determinación del momento óptimo de recolección es un tema complejo, pues complica el establecimiento de un calendario estricto y conlleva a la correlación de síntomas externos en planta o fruto con este momento óptimo. Entre los síntomas se incluye la aparición de una grieta concéntrica en la base del pedúnculo del fruto, el marchitamiento de la primera hoja sobre el fruto, el viraje de coloración de la corteza, el incremento de aromas, la mayor elasticidad en la base u ombligo de los frutos, el amarilleamiento de la parte inferior del fruto (en contacto con el suelo) y coloración de verde a marrón en la piel del fruto (en caso de piel de sapo), la desaparición de la capa cerosa del fruto y la aparición de un sonido apagado o hueco al golpear el fruto con el dedo (Maroto, J. V.,1995). Aun así, determinar el momento idóneo de cosecha es extremadamente difícil y más aún que todos los frutos se encuentren específicamente en el mismo estado.

La recolección es manual o semimecanizada, produciéndose manualmente el corte del fruto y depositándolo en una cinta de recolección o normalmente sueltos o en cajas, las cuales van al remolque y por último al almacén de confección o manipulación, para comercializarlos posteriormente.

1.2. ORIGEN Y DOMESTICACIÓN

El origen del melón es un tema controvertido, ya que se encuentran melones salvajes no cultivados tanto en África como en Asia. La hipótesis que más se ha extendido hasta hace poco tiempo, ubicaba el origen de *Cucumis melo* en África (Kirkbride, 1993), considerando el continente asiático como un importante centro de diversificación de esta especie. No obstante, se ha revelado mediante estudios recientes que el melón se encuentra más cerca filogenéticamente de un grupo de especies silvestres asiáticas/australianas que de las especies silvestres africanas (Sebastian *et al.*, 2010).

Se ha comprobado, que tanto las especies silvestres asiáticas como las africanas se parecen fenotípicamente, ya que muestran características físicas y visuales típicas del melón salvaje; pero son distintas genéticamente, siendo más similares a los cultivares de sus respectivos continentes que entre ellos. Los melones salvajes típicos, presentan hojas pequeñas, flores pequeñas y monoicas, tallos delgados con numerosas ramificaciones, , frutos de ovals a redondos, bastante más pequeños que los actuales (20-50 gramos), y con carne muy delgada, no comestible, la cual rodea a las semillas pequeñas (Pitrat, M., 2013). Otro carácter importante en los tipos silvestres, es la

latencia de sus semillas, en oposición a la ausencia de latencia en los cultivares actuales, lo cual es debido a la selección humana, en especial de los agricultores, los cuales aplicarían una selección negativa para la latencia de las semillas, ya que interesa que éstas germinen a la vez y no progresivamente durante varios años en el campo.

Por otro lado, los cultivares empleados en la actualidad, presentan notables cambios frente a sus antecesores, que engloban el conocido síndrome de domesticación, que conlleva la evolución y adaptación al ambiente cultivado y la selección directa por los agricultores en distintas zonas en base a distintos caracteres. Como resultado, en los melones actuales observamos un notable aumento de tamaño y peso (varía de 200 gramos a más de 5 kilogramos aproximadamente, dependiendo de la variedad), una carne mucho más gruesa, además de comestible, ya que es la parte del fruto que se consume, y con semillas de tamaño más grande (Pitrat, M., 2013; Sabato *et al.*, 2015); no obstante, en Asia se pueden encontrar cultivares de semillas pequeñas. Otro aspecto importante en la domesticación de estos cultivares es la notable ausencia de cucurbitacinas en el fruto, que son las que proporcionan el sabor amargo a los melones silvestres; así como la amplia gama de formas de frutos existentes (desde ligeramente planos a muy alargados, en el grupo *flexuosus*, al que corresponde el alficós), cuando los melones silvestres suelen ser redondos u ovalados únicamente. Por último, el rasgo más típico de la domesticación es la pérdida de adaptación al ambiente silvestre.

En algunos casos se ha escapado del estado de “domesticado” y se ha vuelto al estado “salvaje”, como ha ocurrido, por ejemplo, en América Central y las Islas del Caribe (lugares que no son el centro de origen de esta especie), donde se han encontrado melones que, a excepción del color amarillo del exocarpo del fruto, se ven como asilvestrados, y se conocen con el nombre de *chito* (Naudin, C., 1859).

Es probable que se produjeran dos eventos de domesticación del melón paralelos, uno en el continente asiático y otro en el continente africano. Por lo que los cultivares modernos de melón, se remontan a dos linajes que divergieron hace 2 millones de años: el *Cucumis melo* subsp. *melo*, en África o Asia occidental y el *Cucumis melo* subsp. *agrestis*, en India o Asia oriental. Además, en África, estudios demuestran que podría haberse dado un tercer evento de domesticación, el grupo *tibish* (también perteneciente a la subespecie *agrestis*). Se desconoce el tiempo absoluto y relativo en el que se dieron estos eventos de domesticación, pero, indudablemente, este proceso fue muy complejo, con intercambios genéticos que a día de hoy se continúan produciendo en las comunidades locales (Roy *et al.*, 2012).

Finalmente, todas estas especies fueron difundiendo a todas las zonas cálidas del planeta. Existen estudios donde se observa que los romanos eran muy aficionados al cultivo y consumo del melón, pero fueron los árabes los que finalmente los introdujeron en España, donde, en el siglo XI, los cultivaban en los huertos de Murcia y Valencia debido a sus propiedades medicinales y digestivas. En España, por tanto, su introducción fue relativamente temprana, propiciando una amplia diversificación que daría lugar a valiosas variedades tradicionales. A mitad de los años 50 y principios de los 60, el melón

fue progresiva y lentamente expandido en Europa, convirtiéndose en un producto de amplio consumo a finales de los años 60 (Botía, P., 1995).

Gracias a la globalización de los mercados, es fácil encontrar melones en lugares donde antes se consideraban como frutas exóticas, como Rusia o Finlandia. A todo esto, ha contribuido notablemente el aumento de la productividad de las explotaciones agrícolas, la existencia de una buena red de comunicaciones y el gran trabajo de los genetistas e investigadores que estudian día a día la manera de mejorar y crear variedades superproductivas con mayores resistencias a enfermedades y plagas, y con una mayor vida postcosecha (Deulofeu, C., 1997).

1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA

1.3.1. MELÓN EN EL MUNDO

El melón es un cultivo de importancia, muy valorado sobretodo por su dulzura y frescor, y consumido principalmente en los meses más calurosos. Los datos de superficie cosechada y producción mundial alcanzada (*Figura 1*) en el año 2018, fueron de 1.047.283 ha y 27.349.214 t respectivamente; mientras que hace 10 años, en el año 2008, los datos de producción y superficie cosechada eran de 25.374.237 t y 1.101.294 ha. A raíz de estos números, se puede observar que, a lo largo del tiempo, se ha producido un cierto descenso de la superficie cultivada (54.011 ha menos) y un notable aumento de la producción (de casi 2 millones más de toneladas). Estos cambios, son fruto de un notable aumento del rendimiento de este cultivo. En parte gracias a la reconversión de un cultivo de secano a regadío, pero también gracias al desarrollo de nuevas variedades más productivas, mayores estudios acerca del cultivo y su rentabilidad, etc.

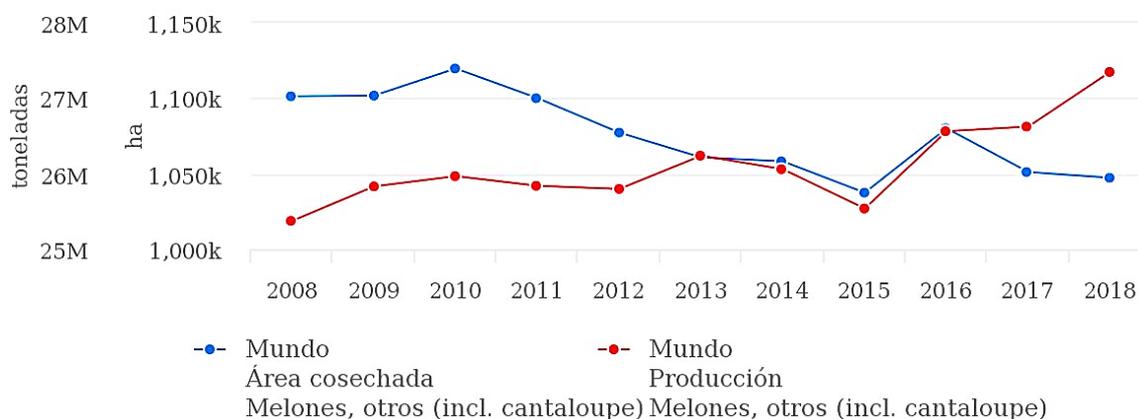


Figura 1. Evolución de la producción (t) y área cosechada (ha) mundial en los últimos 10 años del melón (FAO, 2020).

Aunque el rendimiento ha aumentado en la última década, a partir del 2011 y en especial en el año 2015 (*Figura 1*), se observa un descenso brusco de la superficie cultivada y la producción de melón a nivel mundial, esto se debe a que los precios percibidos por el agricultor, después de años de bonanza (entre 2008 y 2010), se redujeron notablemente (Alarcón Vera, A. L y Fuentes Pedreño, S., 2016).

Hoy en día, más de la mitad de la producción mundial (70,2%) se acumula en Asia (*Tabla 1*), que es uno de los posibles lugares de origen y domesticación del melón. Europa es el tercer continente con mayor producción de este cultivo, con un 8,2% de la producción mundial. Esta superproducción del continente asiático se debe principalmente a la superficie tan extensa que se dedica al cultivo del melón en China.

Tabla 1. Proporción de la producción de melones en cada continente (promedio de 2008 a 2018) (FAO,2020).

	PRODUCCIÓN (t)	PRODUCCIÓN (%)
EUROPA	2.135.726,91	8,2
ÁFRICA	1.909.029	7,3
ASIA	18.339.131,91	70,2
AMÉRICA	3.591.627	13,8
OCEANÍA	131.963,64	0,5

En efecto, China es el máximo productor de melón con casi la mitad de la producción mundial (11.293.360,27 t), a notable distancia, le siguen Irán con 1.721.357,64 t y Turquía con 1.720.517,09 t (*Figura 2*). Cabe destacar que, de todo el continente Europeo, España ocupa el primer puesto con una producción de 816.162,45 t, siendo el séptimo de los países más productores de este cultivo a nivel mundial (*Figura 2*).

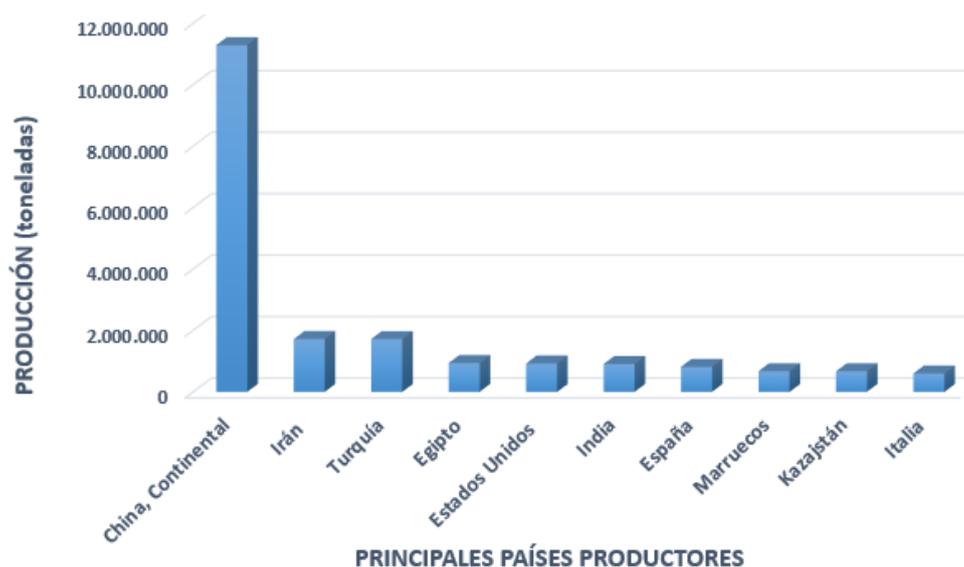


Figura 2. Producción de melón de los principales países productores (promedio de 2008 a 2018) (FAO,2020).

Respecto a la importación del melón, el principal país importador es Estados Unidos, el cual importó en el año 2017 (*Figura 3*), 671.915 t, con un valor económico (en miles de dólares americanos, 1000US\$) de 439.114. Seguido de lejos por los Países Bajos y Francia. Cabe destacar países como Alemania, con 129.059 t importadas y un valor económico de 141.807 miles de dólares americanos; y Bélgica, con 43.513 t importadas y un valor económico de 56.605 miles de dólares americanos; donde el producto tiene más valor económico, a pesar de importarse menos que en otros países como Canadá, donde se importa 157.720 t pero su valor económico es notablemente más bajo que los anteriores (104.199 miles de dólares americanos), relación producción y valor económico. España ocupa el séptimo puesto en cuanto a importación de melón en el mundo (*Figura 3*).

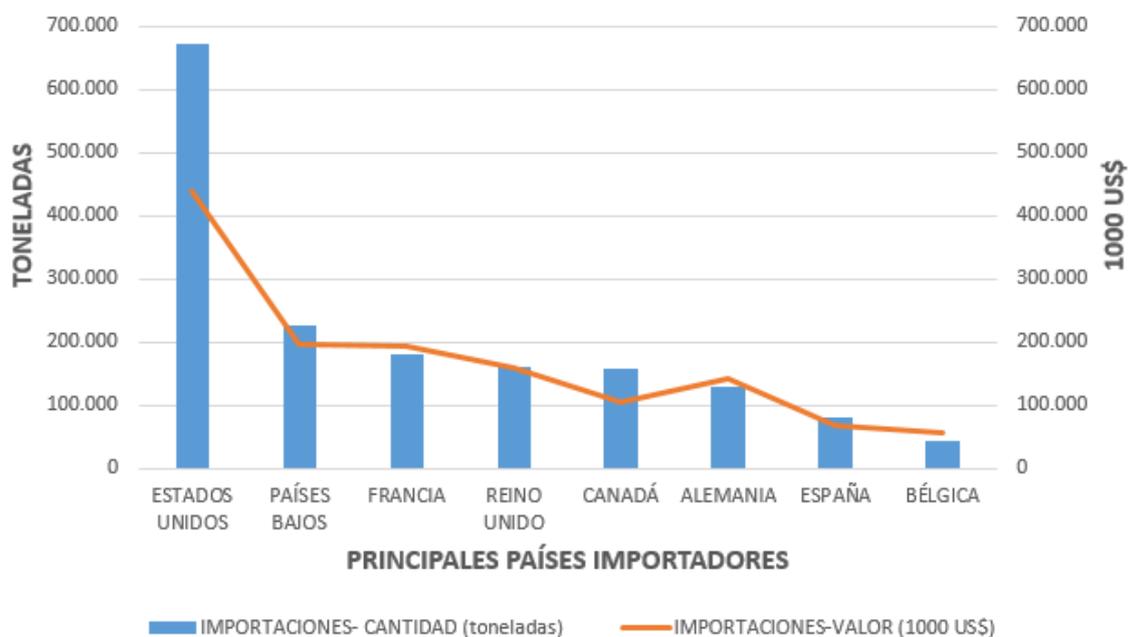


Figura 3. Valor y cantidad de importación de melón en los principales países importadores del mundo en 2017 (FAO, 2020).

Por último, respecto a la exportación del melón a nivel mundial, destaca España como el mayor exportador de este cultivo con 440.992 t exportadas y un valor económico de 325.051 miles de dólares americanos (*Figura 4*). Por tanto, queda patente el valor estratégico del melón en la agricultura española, al tener una amplia orientación exportadora. En cuanto a exportación, le sigue de cerca Guatemala, con 370.102 t exportadas, pero respecto al valor económico ocupa el 4º puesto (141.614 miles de dólares americanos), superado por los Países Bajos (2º puesto, con una producción de 167.746 t y un valor económico de 191.317 miles de dólares americanos) y Brasil (3º puesto, con una producción de 233.653 t y un valor económico de 162.916 miles de dólares americanos). Por lo que la exportación de melón en los Países Bajos es de las más valoradas, con una relación de producción y valor económico significativamente

alta; esto puede deberse a la zona en la que se encuentra, lo cual es un incremento en cuanto a dificultad de plantación de este cultivo.

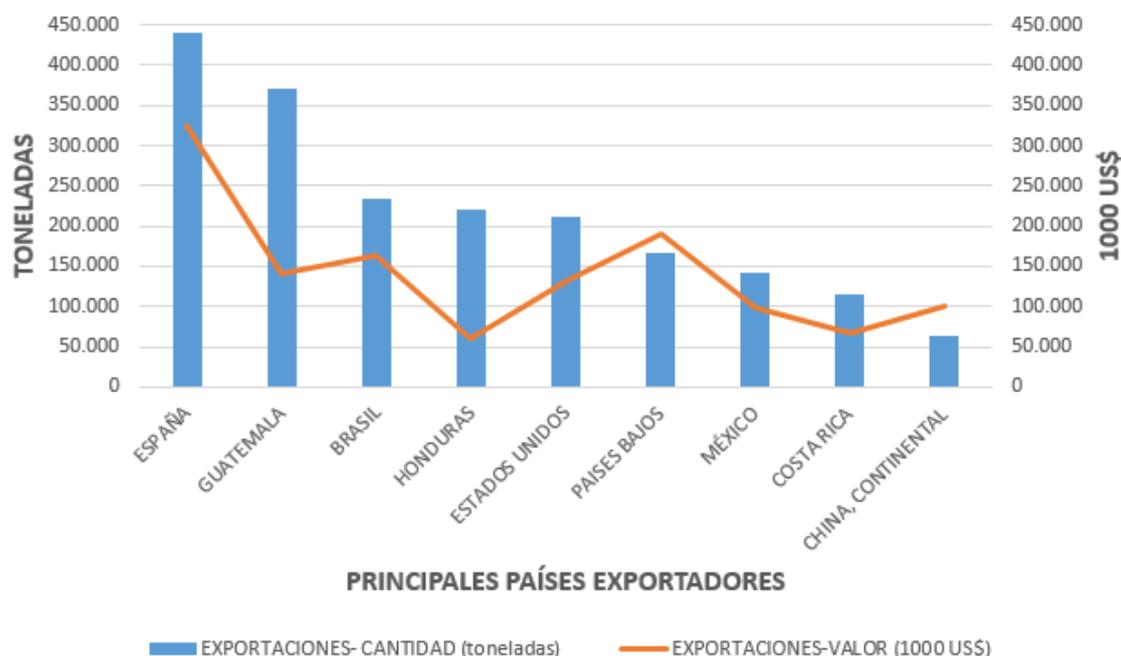


Figura 4. Valor y cantidad de exportación de melón en los principales países exportadores del mundo en 2017 (FAO, 2020).

1.3.2. MELÓN EN ESPAÑA

En España, la superficie dedicada al cultivo del melón aumentó progresivamente hasta alcanzar un máximo histórico de 73.400 ha en 1988; desde entonces esta cifra ha ido paulatinamente descendiendo, mientras que los rendimientos han ido en aumento desde 1,4 kg/m² en 1960, hasta superar los 3 kg/m² en la actualidad, como consecuencia de introducir variedades con mayor rendimiento, sistemas de cultivo más especializados como los sistemas forzados, cultivo sin suelo, técnicas de fertirrigación, etc (Alarcón Vera, A. L y Fuentes Pedreño, S., 2016).

Este descenso continúa en los últimos 10 años (*Figura 5*), en los que desciende tanto el área cosechada como la producción del melón, teniendo en 2008 una producción de 1.042.439 t y 33.388 ha y en 2018 de 664.353 t y 19.025 ha. Esto puede ocurrir por el bajo coste y rentabilidad de este cultivo para el agricultor, el cual decide sustituirlo por otros cultivos de verano que estén más valorados económicamente y de los que pueda obtener una mayor rentabilidad.

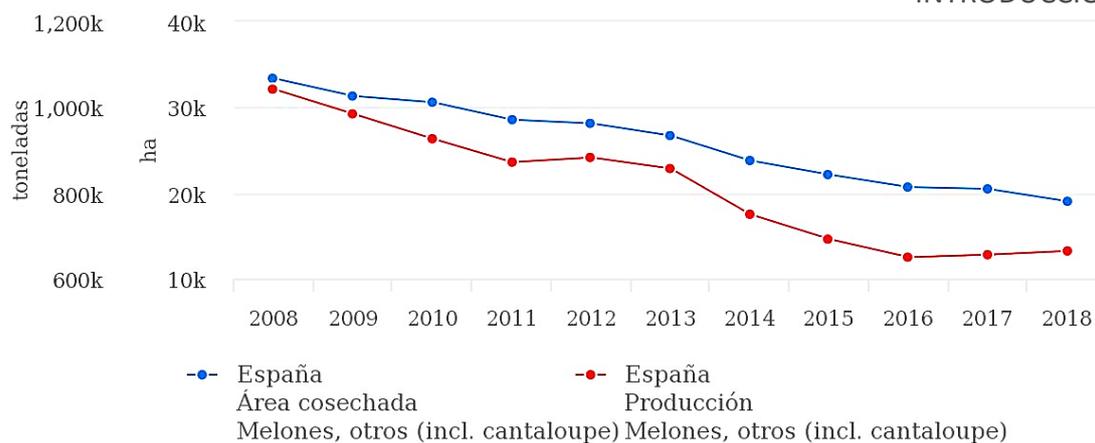


Figura 5. Evolución de la producción y área cosechada española en los últimos 10 años del melón (FAO, 2020).

En la zona norte de España (Galicia, Asturias, País Vasco...) no se da este cultivo (*Tabla 2*), debido a las condiciones adversas. El melón en España lo encontramos plantado tanto en superficies de secano y regadío como en invernadero, y la superficie total en el año 2019 fue de 24.298 ha, principalmente en regadío. En la Comunidad Valenciana, a pesar de la importancia que tuvo el cultivo del melón, en la actualidad se cultiva solo una superficie de 379 ha (*Tabla 2*), de las cuáles 11 ha se encuentran en secano y el resto en regadío.

Tabla 2. Superficie cultivada de melón (secano, regadío e invernadero) en cada Comunidad Autónoma y total de superficie cultivada en España en 2019 (*Anuario de Estadística de España, 2020*).

SUPERFICIES 2019 (ha)				
COMUNIDAD	SECANO	REGADÍO	INVERNADERO	SUPERFICIE TOTAL
GALICIA	-	-	-	-
P. DE ASTURIAS	-	-	-	-
CANTABRIA	-	-	-	-
PAÍS VASCO	-	-	-	-
NAVARRA	-	-	-	-
LA RIOJA	-	-	-	-
ARAGÓN	-	11	-	11
CATALUÑA	81	38	-	119
BALEARES	29	885	43	956
CASTILLA Y LEÓN	42	1	-	43
MADRID	-	159	-	159
CASTILLA LA MANCHA	614	5.787	-	6.401
C.VALENCIANA	11	368	-	379
R. DE MURCIA	-	12.491	126	12.617
EXTREMADURA	452	465	-	918
ANDALUCÍA	167	2.364	152	2.684
CANARIAS	-	12	-	12
ESPAÑA	1.397	22.581	321	24.298

Las principales zonas productoras en España (*Tabla 2 y Figura 6*) son: Andalucía (11% de la superficie total de España en 2019), especialmente en la zona de Almería, donde se cultiva principalmente en invernadero, por lo que en estas zonas se cultiva para producciones tempranas; a continuación, entra en producción la zona de Murcia (52% de la superficie total de España en 2019), con la mayor parte de los cultivos al aire libre o con protección bajo manta térmica o microtúnel y, finalmente Castilla-La Mancha, en especial en la provincia de Ciudad Real, con un 26% de la superficie total de España en 2019 (*Figura 6*).

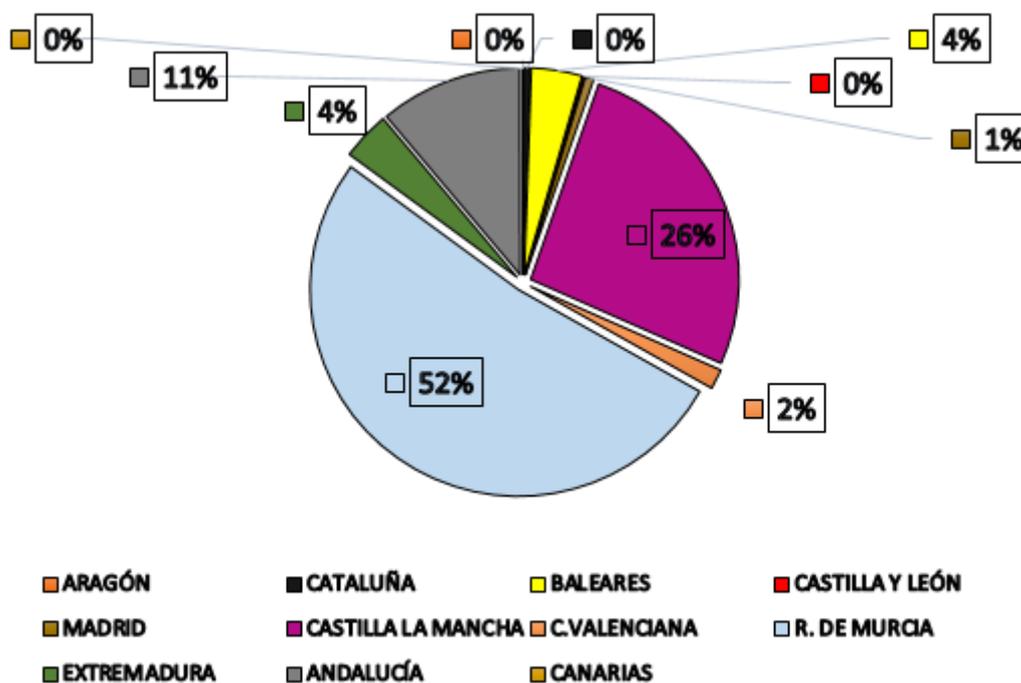


Figura 6. Distribución de la superficie cultivada de melón en España en 2019 (MAPA, 2020).

Como se ha comentado, España es el principal exportador de melón a nivel mundial, por lo que la producción exportada representa una parte importante de la producción total, con una tendencia al alza (*Figura 7*), con un claro repunte en el 2012, donde se exportó 435.811 t de melón; en la actualidad, en el año 2017 se exportó 440.992 toneladas. La importación se mantiene estable a lo largo de los últimos 10 años, no obstante, del año 1997 al 2004 hubo un notable ascenso de la cantidad de importación en España, pasando de 8.770 en 1997 a 49.412 t importadas en 2004 (FAO,2020); sin embargo, esta cantidad es notablemente menor a la producción exportada.

Por otro lado, el valor de las exportaciones ha sufrido más variaciones, como es lógico (*Figura 8*), y se han visto repuntes notables en los años 2008, con un valor de exportación en miles de dólares americanos de 352.547; y 2013, con un valor de exportación de 386.034 miles de dólares americanos. Sin embargo, en la actualidad (año 2017), este valor a descendido a 325.051 miles de dólares americanos.

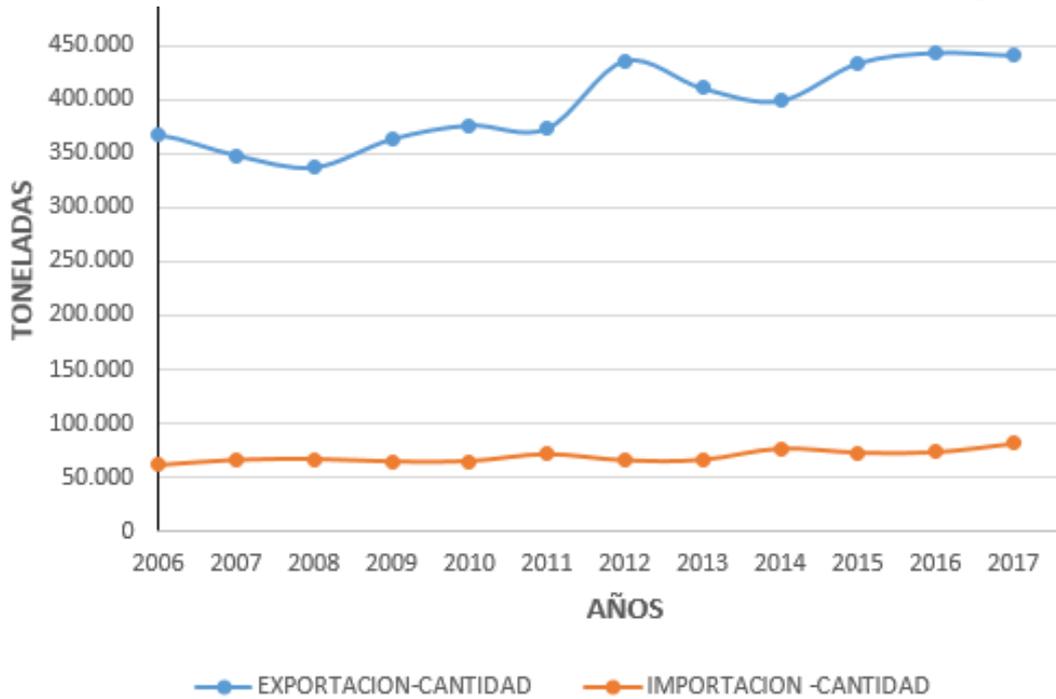


Figura 7. Evolución de las importaciones y exportaciones de la cantidad de melón en España del año 2006 al 2017 (FAO,2020).

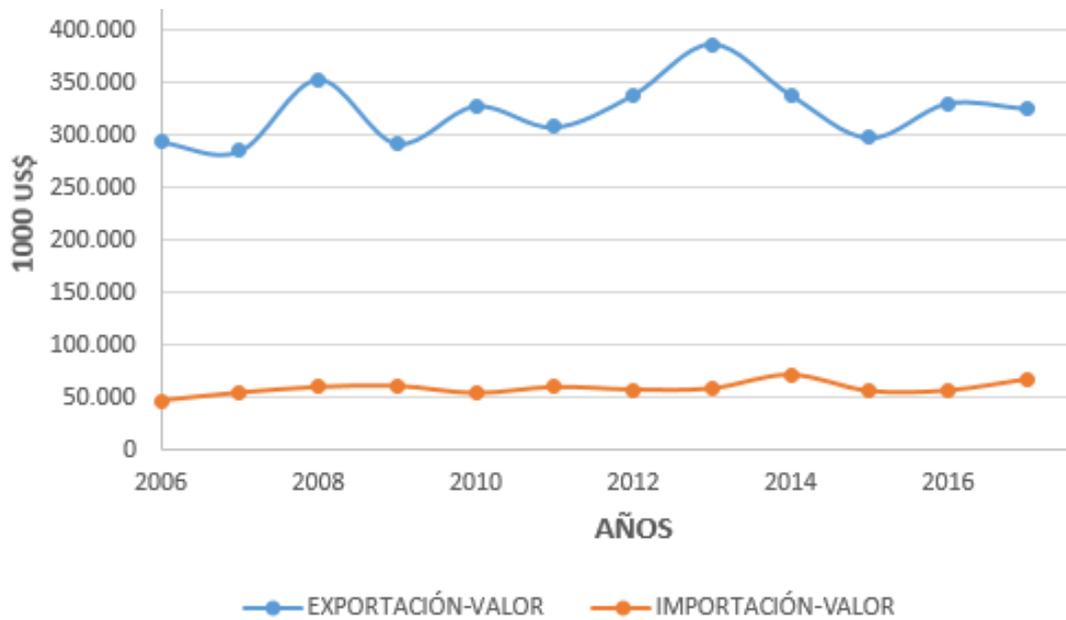


Figura 8. Evolución del valor económico de las importaciones y exportaciones de melón en España del año 2006 al 2017 (FAO, 2020).

1.4. VARIEDADES TRADICIONALES DE MELÓN EN ESPAÑA

Una parte importante del cultivo del melón se basa en los tipos tradicionales, especialmente para consumo interno. Los melones de tipo dulce y el alficoz o cohombro, se introdujeron por varias rutas en España, procedentes probablemente de Asia Central y Oriente Próximo vía el Norte de África y otros países del mediterráneo. En España, el cultivo del alficoz se conoce desde tiempos romanos, mientras que los melones dulces se introdujeron probablemente por los árabes. Esta diversidad de melones dulces en forma de tipos locales que fueron seleccionados y adaptados por los agricultores a distintas condiciones agroecológicas, es ya evidente en la Edad Media (Lázaro *et al.*, 2017).

En España se cultivan diversas variedades de melón. Según el Portagrano 2019-2020, existe un total de 309 variedades en el mundo. La taxonomía del melón es especialmente compleja y ha sufrido cambios en los últimos años. En cualquier caso, según las últimas clasificaciones, los principales materiales cultivados en España pertenecerían a los siguientes grupos según la clasificación de Pitrat (2017):

- Grupo *flexuosus*: Cultivares de frutos muy alargados con forma de serpiente. En la Comunidad Valenciana se les conoce con el nombre de alficós o alficoz y en el resto de España puede nombrarse Cogombro.



Figura 9. Imagen fruto de alficoz, dentro del grupo *flexuosus* (Cortesía de M. Valcárcel y B. Picó).

- Grupo *cantalupensis*: Variedades con frutos pequeños, globosos, piel rugosa o acostillada. No hay variedades tradicionales españolas, pero destaca el cultivo de variedades comerciales de los tipos Cantalupo y Galia.



Figura 10. Imagen grupo *cantalupensis*. Tipo Cantalupo (izquierda); Tipo Galia (derecha) (Autor: El Huerto 2.0)

- Grupo *ibericus* (antes incluido en el grupo *inodorus*): Frutos de tamaño medio, lisos, reticulados o moteados, con una coloración intensamente verdosa, corteza gruesa y carne delgada y aromática. Este grupo es en el que se centra este trabajo, ya que en él se sitúan las variedades tradicionales españolas. Entre ellas destacan:
 - Tendral: De piel asurcada, verde oscura y gruesa, la cual le confiere una buena resistencia durante el transporte; forma redondeada, tamaño medio a grande, con pulpa de color blanco, muy sabrosa y dulce. Presenta una muy buena conservación.
 - Piel de sapo: Fruto alargado, piel de color amarillo verdoso, con manchas verdes más oscuras y un escriturado débil. De tamaño variable, de medio a grande. La carne es de color blanco-amarillento, de sabor muy dulce. Se cultiva principalmente al aire libre y presenta una muy buena conservación. Dentro de las variedades tradicionales es la más comercializada.
 - Rochet: Melón de planta muy vigorosa, tallos gruesos y hojas muy amplias. Frutos alargados, de tamaño medio, piel algo arrugada de color verde con manchas amarillas y algo escriturada, pulpa blanco amarillenta, y con buena conservación.
 - Amarillo: Entre ellos destaca el Groc d'Ontinyent con fruto de ovalado a redondo, con un peso de 1,1 a 2,8 kg; de piel más o menos arrugada, carne de color verde clara a blanca y muy dulces.



Figura 11. Imagen de frutos de los principales subgrupos del grupo *Ibericus* en el que se encuentran las principales variedades tradicionales españolas (Autor Tendral y Piel de Sapo: El Huerto 2.0; Autor Rochet y Groc d'Ontinyent: cortesía de M. Valcárcel y B. Picó).

1.5. ENFERMEDADES Y PROBLEMAS DE SUELO

Algunas de las variedades tradicionales españolas anteriores, seleccionadas hace siglos, han llegado hasta la actualidad, pero en el ámbito comercial están siendo desplazadas por variedades híbridas mejoradas, en especial del tipo “Piel de Sapo”, incorporando fundamentalmente resistencias a distintos tipos de estrés.

Las enfermedades limitan significativamente la producción; ya que reducen los rendimientos o afectan a la calidad del producto final. Éstas, pueden ser causadas por distintos organismos, los más importantes en orden decreciente según los daños económicos que generan son: hongos, bacterias y virus. Menos importantes son los nemátodos, fitoplasmas y viroides (Apablaza *et al.*, 1999).

Las enfermedades que afectan con mayor frecuencia al cultivo del melón, ya sea al aire libre o bajo invernadero, son producidas por hongos y virus. En semillero, es frecuente el ataque por *Phytophthora* spp., causante de la podredumbre húmeda del cuello de la raíz; o por *Rhizoctonia solani*, la cual afecta a la planta adulta también. Otras enfermedades fúngicas importantes que afectan al cultivo ya adulto son (Alarcón Vera, A. L y Fuentes Pedreño, S., 2016):

- Fusariosis: Se combate empleando variedades resistentes y/o tolerantes a esta enfermedad, ya que en el mercado no hay pesticidas curativos para fusariosis. Las que más afectan al melón son:
 - *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*: Corresponde a una marchitez de guías, produciéndose un cambio de coloración de verde a amarillo clorótico; continúa con la detención del crecimiento de la planta infectada y finalmente éstas se desecan y mueren (Blancard *et al.*, 2000). Cerca de cosecha, en plantas con demandas hídricas elevadas, mucha carga frutal y abundante follaje, se ha observado frutos completos colapsar debido a esta enfermedad, que se desarrolla con rapidez en épocas calurosas y se ve favorecida por daño en raíces o diversos estreses (Apablaza *et al.*, 1999).
 - *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*: Provoca una necrosis en el tallo basal, marchitez y muerte. El primer informe de este agente causal de la pudrición de la corona del melón en Europa se dio en la provincia de Almería, España.
- Colapso de la planta causado por acremonosis (*Acremonium cucurbitacearum*) o *Monosporascus*. Esta enfermedad, especialmente grave redujo drásticamente el cultivo del melón en zonas como la Comunidad Valenciana, y hoy en día sigue siendo uno de los problemas más preocupantes de este cultivo.
- *Macrophomina phaseolina*: Se puede confundir fácilmente con *Monosporascus cannonballus*. Provoca el marchitamiento de la planta y la pudrición de las raíces

(parecido a la pudrición por *Pythium*) con el desprendimiento de la capa epidérmica.

- Chancro gomoso del tallo (*Dydimella bryoniae*): Lesión beige en el tallo, recubierto de picnidios y peritecas, y se producen exudaciones gomosas cercanas a la lesión. En la parte aérea provoca la marchitez y muerte de la planta.
- Oídio o blanquilla (*Sphaerotheca fuliginea*): Se observan manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas, tanto en el haz como en el envés, que van cubriendo e invadiendo la hoja entera; afecta también a tallos y peciolos e incluso frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos afectados se vuelven de color amarillento y se secan.
- Mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*): Los síntomas aparecen en las hojas, como manchas amarillentas de forma anulosa delimitadas por los nervios. Se observa en el envés una capa gris violácea, correspondiente a los esporangióforos y esporangios del hongo. Las manchas se van necrosando, tomando un aspecto apergaminado y afectando a la hoja entera, la cual se seca y se queda adherida al tallo.
- Otros: Gomosis (*Mycosphaerella citrullina*), *Phytophthora*, *Sclerotinia*, *Rhizoctonia* y *Verticillium*.

Además, para evitar estos múltiples problemas, hay que evitar someter a estrés al cultivo, ya sea por falta o exceso de riego, uso de agua contaminada (por nitratos, excesiva salinidad, cal, etc), o presencia de malas hierbas que compitan con el melón por el agua y nutrientes.

También puede causar importantes daños en el cultivo del melón nematodos del género *Meloidogyne* (García-Jiménez., 1997), ya que las raíces de los melones son sensibles a estos nematodos de agallas, los cuales ocasionan pérdida de vigor y marchitez en el cultivo, por invasión secundaria de estos agentes fitopatógenos.

Por último, las virosis más frecuentes del cultivo del melón en nuestro país son (Jordá, C., 1997):

- Virus del cribado (MNSV): Se transmite por hongos del suelo (*Olpidium radicale*) y semillas.
- Virus del rizado amarillo del tomate de Nueva Delhi (ToLCNDV): De reciente aparición en España, transmitido por la mosca blanca, y cuyos daños han sido de importancia.
- Virus del amarilleo del melón (MYV y CYSDV).
- Virus del mosaico de la calabaza (SqMV): Se transmite por semillas, de forma mecánica y por insectos masticadores.

- Otros: Virus del mosaico del pepino (CMV); Virus del mosaico amarillo del calabacín (ZYMV); Virus del mosaico I y II de la sandía (WMV-1 y WMV-2). Se transmiten por pulgones, por lo que habrá que hacer un control de estas plagas.

No existe cura para los virus, la única manera de luchar contra ellos es evitando su transmisión y por tanto sus vectores, ya sea realizando controles de plagas, eliminación de malas hierbas, de plantas afectadas, utilización de semillas libres de virus... O el empleo de variedades resistentes, como sucede con el virus del cribado del melón (MNSV).

1.6. INJERTO COMO SISTEMA DE CULTIVO

Una de las formas más eficientes de evitar las enfermedades del suelo, que comprometen el cultivo del melón, y especialmente de las variedades tradicionales que no cuentan con resistencias, es el injerto. Esta técnica consiste en unir íntimamente o insertar una parte de la planta en otra, de manera que queden unidas y continúen su crecimiento como una única planta. La parte de la combinación que constituirá la parte aérea o parte superior de la nueva planta, recibe el nombre de injerto o púa, y la que constituirá la parte radical de la planta formada (o parte baja) se denomina patrón, pie o portainjerto. Para que esta unión tenga lugar es necesario que las plantas tengan afinidad filogenética, pero la única regla existente para el éxito del injerto es que cuanto más afines botánicamente sean las plantas a injertar, mayores serán las probabilidades de que la unión tenga éxito. (Pascual España, B. *et al.*, 2020).

Uno de los objetivos principales de esta técnica, es la de aprovechar características interesantes de algunos patrones, como la tolerancia o resistencia a enfermedades, o a condiciones de suelo desfavorables (suelos húmedos, calizos, salinos, etc), sabiendo que estos patrones influirán a su vez en el cultivar injertado y, por tanto, en la calidad y tamaño de los frutos de la variedad comercial. Según Portagrano 2019-2020, existen 15 variedades distintas de portainjertos de melón.

En el caso del melón, los injertos se realizan mayoritariamente por aproximación, donde se hace un corte inclinado en el tallo, eliminando la copa en el caso del portainjerto y eliminando la parte radical de la variedad. El corte se hace de forma que acople perfectamente una parte con otra, y una vez realizado el injerto se pone en unas condiciones adecuadas para que la planta injertada prenda y se desarrolle de forma correcta (*Figura 12*).



Figura 12. Injerto de aproximación de calabaza con melón (en semilleros Cucala, 2020).

Esta técnica de cultivo es cada vez más importante en el cultivo del melón, sobre todo por el objetivo de prevenir enfermedades fúngicas del suelo como el *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, evitar el daño del virus del cribado del melón (MNSV), así como contra el resto de hongos del suelo causantes del “colapso del melón”.

Normalmente se emplean como portainjertos los híbridos de *C. máxima* x *C. moschata*, pero suelen tener poca afinidad con los melones tradicionales españoles.

2 OBJETIVOS

En la actualidad, las variedades tradicionales de melón dulce españolas, destacando los tipos Piel de Sapo, Rochet, Amarillo o Groc d'Ontinyent, Tendral e Hilo Carrete, persisten únicamente en mercados locales o en autoconsumo; siendo la única que mantiene una mayor proyección comercial la variedad de Piel de Sapo.

Además, la incidencia de enfermedades, específicamente las de suelo, como las provocadas por los hongos *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Monosporascus cannonballus* y *Macrophomina phaseolina*, dificultan bastante el cultivo del melón, especialmente de las variedades tradicionales. Esta situación dificulta por tanto el desarrollo de programas de conservación en finca, como una forma de conservación *in situ*, que complementa a la conservación *ex situ*, que se realiza en los bancos de germoplasma.

Como solución a estos problemas, surge el uso de planta injertada, donde se emplean patrones (se ha popularizado el uso de híbridos de calabaza) que presenten un comportamiento más satisfactorio en condiciones de suelo adversas, y que presenten cierta resistencia o tolerancia a las enfermedades fúngicas citadas anteriormente. No obstante, el uso de estos patrones puede afectar a la calidad de los frutos de las variedades injertadas, siendo la calidad del fruto una de las características más distintivas de las variedades tradicionales.

Recientemente, en el COMAV se han desarrollado nuevos patrones experimentales en el desarrollo de programas de mejora. Por lo que el objetivo de este trabajo es la evaluación del impacto de estas selecciones sobre la calidad, y más específicamente sobre la acumulación de azúcares y ácidos en variedades tradicionales de melón españolas en condiciones de cultivo ecológico.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. MATERIAL VEGETAL

Para la realización del proyecto, se estudiaron una colección de 5 variedades de los principales tipos de melón tradicionales españoles (*Figura 13*): 2 de Piel de Sapo (PS-A y PS-B), 2 de Rochet (RC-A y RC-B) y 1 de Groc d'Ontinyent (GO-A), éste último se cultivó en 2 parcelas distintas, una situada en La Punta (Valencia) y otra en Carrizales, al sur de la provincia de Alicante; las otras fueron cultivadas en la parcela de Carrizales, al sur de la provincia de Alicante. El cultivo en esta última zona destaca por el uso de agua de riego de elevada salinidad que confiere un especial valor a la producción.



Figura 13. Variedades tradicionales empleadas en el ensayo y toma de muestras (Cortesía de M. Valcárcel y B. Picó).

Estas variedades fueron seleccionadas de la colección de variedades tradicionales españolas procedentes del Banco de Germoplasma del COMAV de la Universidad Politécnica de Valencia.

Cada una de las variedades evaluadas fueron injertadas sobre dos patrones experimentales, incluyendo un híbrido de *Cucumis melo* y un *Cucumis silvestre* y sobre

“Shintoza” (Intersemillas SAU), un patrón comercial híbrido de *Cucurbita máxima* x *Cucurbita moschata*. También se empleó un control sin injertar.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MUESTREO

El diseño experimental seleccionado fue el de bloques completos al azar. En cada bloque se incluyeron tres plantas de cada uno de los tratamientos (variedad – patrón). El número de plantas muestreadas dependió de la evolución del ensayo en cada una de las localidades. En el ensayo de Carrizales (Alicante), en el caso de los patrones híbrido de *Cucumis melo* y “Shintoza” y en las plantas sin injertar se seleccionaron dos plantas al azar de cada uno de los bloques; mientras que en el caso de *Cucumis silvestre*, debido a la menor disponibilidad de semilla y plantas, se muestreó una planta por bloque. Para la entrada PS-B injertada en el patrón híbrido de *Cucumis melo*, únicamente pudo muestrearse una planta en dos de los bloques. En el caso de La Punta (Valencia), se consiguió mantener las mismas cantidades de plantas muestreadas para los patrones *Cucumis silvestre*, “Shintoza” y para las plantas sin injertar de la variedad evaluada, pero en el caso del híbrido de *Cucumis melo*, solo se pudo muestrear una planta en dos de los bloques.

Los frutos se cosecharon en función de indicadores externos de madurez, como la senescencia del zarcillo o el nivel de resistencia al presionar con el pulgar la zona del melón que es contraria al pedúnculo.

De cada fruto se obtuvo una muestra de 5 cm alrededor de la zona ecuatorial del fruto (plano medio de la longitud más larga del fruto). Se eliminó la corteza y las semillas, obteniendo la carne comestible, que se homogeneizó (Krupps KB720, Groupe Seb Iberica, Barcelona, España). Se midieron los sólidos solubles totales por refractometría con un refractómetro digital Atago PR-1 (Atago, Tokyo, Japón) y se prepararon varias alícuotas. Éstas se congelaron a -80°C hasta análisis.

3.3. CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO EN AZÚCARES Y ÁCIDOS

Las muestras de fruta, almacenadas a -80°C, se descongelaron en un refrigerador en completa oscuridad. Posteriormente, se centrifugaron a 13000 rpm durante 5 minutos. La fase superior se diluyó (1:20) con agua desionizada; y la solución se filtró empleando filtros de tubo de centrífuga con membranas de 0,22 µm (Costar[®] Spin-X[®], Corning, Amsterdam), analizándose posteriormente.

Los azúcares sacarosa, fructosa y glucosa; así como los ácidos málico y cítrico, se cuantificaron por electroforesis capilar (Cebolla Cornejo *et al.*, 2012) en un sistema Agilent 7100 (Agilen Technologies, Waldbronn, Alemania); utilizando capilares de sílice fundida (Polymicro Technologies, Phoenix, AZ, EE.UU.), con 50 µm de diámetro interno,

363 μm de diámetro externo, 67 cm de longitud total y 60 cm de longitud efectiva. Los capilares se acondicionaron previamente con los siguientes enjuagues a 95.000 Pa y 50°C:

- 1 mol L⁻¹ de NaOH durante 5 minutos.
- 0.1 mol L⁻¹ de NaOH durante 5 minutos.
- Agua desionizada (Elix 3, Millipore, Billerica, MA, Estados Unidos) durante 10 minutos.

Al inicio de cada sesión de trabajo, el capilar se enjuagó a 20°C con el electrolito de fondo durante 30 minutos. El electrolito de fondo consistió en 20 mmol L⁻¹ de ácido piridin-2, 6- dicarboxílico a pH 12,1 y bromuro de hexadimetrina al 0,1% p / v. Entre inyecciones, el capilar se enjuagó con 58 mmol L⁻¹ de sodio dodecil sulfato (SDS) durante 2 minutos e hizo pasar electrolito de fondo durante 5 minutos.

Las muestras se inyectaron hidrodinámicamente a 3400 Pa durante 10 segundos. Las separaciones se realizaron a -25 kV y 20°C. La detección indirecta se realizó a 214 nm.

Los resultados se expresan en miligramos por kilogramo de peso fresco (FW). Los equivalentes de sacarosa se calcularon multiplicando el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa por 1; 0,74 y 1,73 respectivamente, y posteriormente sumándolos (Koehler y Kays *et al.*, 1991).

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El efecto del patrón en el contenido de azúcares y ácidos de la variedad tradicional injertada, se realizó por medio de ANOVAs individuales con el programa StatGraphics Centurion XVII (Statgraphics Net, Madrid, España). En los casos en los que se observó la presencia de diferencias significativas, se aplicó el test de separación de medias de Tuckey ($p=0,05$).

4 RESULTADOS

El cultivo se desarrolló sin alteraciones reseñables, dentro de lo esperado en cultivo en condiciones de cultivo ecológico. La elevada salinidad del agua de riego de la zona principal de cultivo empleada en estudio (Carrizales, Alicante) se mantuvo elevada, con medidas de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. En el campo de La Punta, en Valencia, las medidas de salinidad fueron considerablemente inferiores $2,1 \text{ dS m}^{-1}$. La salinidad medida en suelo también presentó diferencias importantes ($3,2 \text{ dS m}^{-1}$ frente a $0,67 \text{ dS m}^{-1}$). En este campo, además del presente ensayo se desarrollaron otros ensayos relacionados con el cultivo del melón, viéndose afectados de forma notable por enfermedades del suelo.

En cualquier caso, el desarrollo del cultivo permitió obtener muestras suficientes para estimar el efecto sobre la calidad del fruto de distintos patrones experimentales en una entrada de la variedad tradicional Groc d'Ontinyent, dos entradas de Piel de Sapo y otras dos de Rochet. De forma adicional, el estudio comparativo para la primera variedad en dos zonas de cultivo permitió realizar una estimación inicial del efecto del ambiente y su interacción.

4.1. GROC D'ONTINYENT

Los efectos de los distintos injertos sobre la calidad fueron muy limitados, afectando principalmente al contenido en ácidos. En este sentido, en la variedad Groc d'Ontinyent, los frutos de plantas injertadas sobre el patrón comercial "Shintoza" en la zona de Carrizales, presentaron un contenido significativamente menor de ácido málico (cerca de la mitad) que el control (no injertados) o que aquellos injertados sobre el híbrido de *Cucumis melo* (Figura 14). Los frutos de plantas injertadas sobre *Cucumis silvestre* no presentaron diferencias significativas ni con el control ni con "Shintoza". En el caso de los contenidos de ácido cítrico, estos no se vieron afectados por el injerto (Figura 14).

En esta misma localidad (Carrizales), el contenido en azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa), fue similar para todos los patrones empleados, no existiendo diferencias significativas entre estos y el control sin injertar (Figura 15). Como era de esperar, el contenido en sacarosa fue muy superior a los correspondientes de fructosa y glucosa. Entre las dos hexosas, los contenidos de glucosa fueron algo mayores. El injerto no afectó significativamente al contenido en estos azúcares ni al contenido en azúcares totales calculado como la suma de los anteriores (Figura 15). Se optó por calcular de forma adicional el contenido en equivalentes de sacarosa, ya que se trata de una variable que suele tener mayor correlación con la percepción de dulzor (Baldwin *et al.*, 1998), puesto que pondera la suma de azúcares teniendo en cuenta el poder edulcorante de cada uno (Koehler y Keys *et al.*, 1991). Esta variable tampoco se vio afectada por los injertos estudiados, que presentaron valores similares al control no injertado (Figura 15).

El contenido en sólidos solubles, expresado como °Brix, no se vio afectado por el injerto, como era de esperar considerando la falta de efecto sobre el contenido de azúcares (*Figura 16*). En efecto, como se ha comentado en la introducción, 1 grado Brix es la densidad de una disolución de sacarosa al 1% de peso, a la cual le corresponde un índice de refracción, estableciéndose así la correspondencia entre grados Brix y el porcentaje de sólidos solubles, por lo que los sólidos solubles totales dependen del contenido en azúcares, estando ambas variables muy correlacionadas. Para comprobarlo, se calculó la correlación entre ambas variables, empleando todos los datos obtenidos en Carrizales, obteniéndose un resultado moderado de $R=0,75$ (*Figura 17*).

Como se ha comentado, esta variedad también se cultivó en La Punta (Valencia), con el objetivo de hacer una primera aproximación al efecto del ambiente y su interacción. El ambiente tuvo un efecto significativo sobre el contenido en ácido málico, fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales, equivalentes de sacarosa y sólidos solubles totales. En todos los casos, los valores obtenidos fueron muy superiores en Carrizales (*Tabla 3*).

El efecto del patrón fue significativo para los contenidos en málico, fructosa y glucosa, pero no para el resto de variables. Por otro lado, se identificó una interacción ambiente x patrón para el contenido en glucosa (*Tabla 3*).

Al analizar por separado los resultados obtenidos específicamente en La Punta, esta vez no se detectaron diferencias significativas en el caso de los ácidos (*Figura 18*). En lo que respecta al contenido en azúcares, solo se detectaron diferencias significativas en el caso de los contenidos de glucosa, siendo inferiores los niveles detectados en frutos de plantas injertadas sobre "Shintoza" respecto al control sin injertar, aunque no presentó diferencias significativas con el resto de injertos (*Figura 19*). Tampoco hubo diferencias significativas en cuanto a los sólidos solubles totales (*Figura 20*).

En cualquier caso, cabe destacar que los niveles de variación detectados en la mayor parte de variables fueron relativamente elevados.

Tabla 3. Contenidos promedio (media de todos los tratamientos \pm error estándar) obtenidos en Carrizales y La Punta y resultado del ANOVA de los factores principales, ambiente y patrón, y su interacción.

	Málico (g kg ⁻¹)	Cítrico (g kg ⁻¹)	Fructosa (g kg ⁻¹)	Glucosa (g kg ⁻¹)	Sacarosa (g kg ⁻¹)
Carrizales	0,086 \pm 0,005	4,57 \pm 0,12	12,7 \pm 0,5	17,3 \pm 0,7	69,8 \pm 3,6
La Punta	0,064 \pm 0,006	4,37 \pm 0,14	14,7 \pm 0,6	22,4 \pm 0,8	47,3 \pm 4,3
ANOVA factores (valor-P)					
Ambiente	0,014	0,290	0,014	0,000	0,000
Patrón	0,006	0,174	0,017	0,018	0,172
Interacción	0,119	0,409	0,180	0,016	0,467
	Azúcares totales (g kg ⁻¹)	Equivalentes de sacarosa (g kg ⁻¹)	SST (°Brix)		
Carrizales	99,8 \pm 3,2	104,6 \pm 3,2	13,6 \pm 0,5		
La Punta	84,4 \pm 3,8	89,3 \pm 3,8	10,4 \pm 0,5		
ANOVA factores (valor-P)					
Ambiente	0,004	0,005	0,000		
Patrón	0,291	0,238	0,223		
Interacción	0,625	0,547	0,566		

4.1.1. GROC D'ONTINYENT EN CARRIZALES

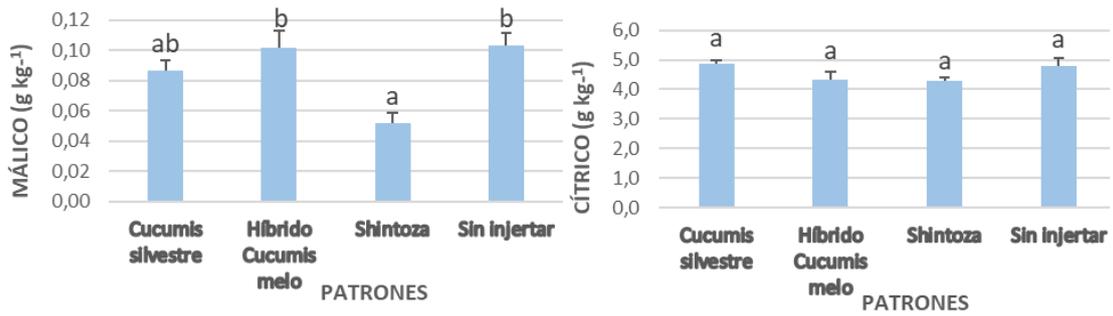


Figura 14. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en Carrizales. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

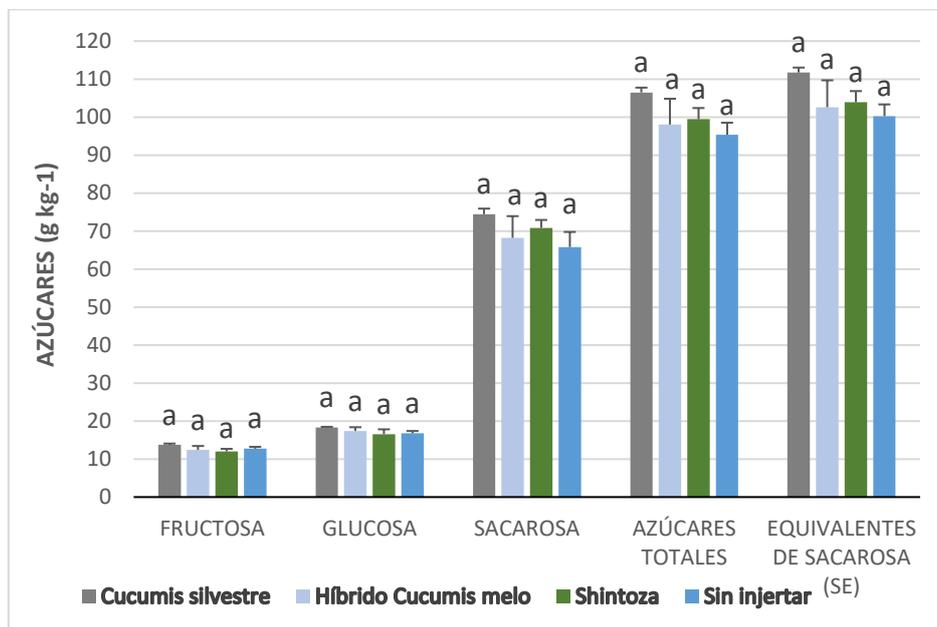


Figura 15. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en Carrizales. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

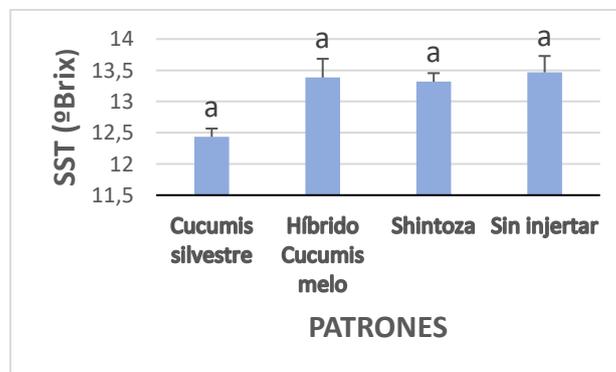


Figura 16. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en Carrizales. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).

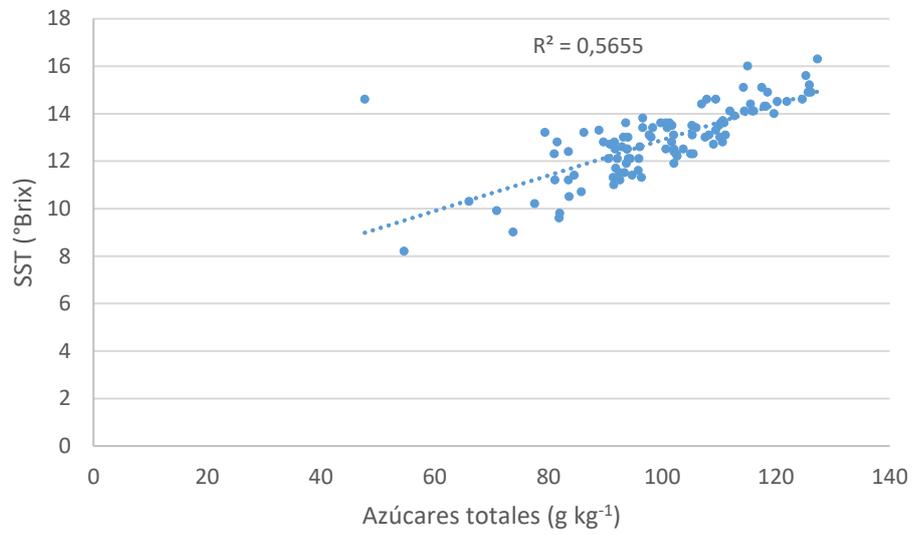


Figura 17. Correlación entre el contenido en azúcares totales (g kg⁻¹) y el contenido en sólidos solubles totales considerando todas las muestras obtenidas en Carrizales.

4.1.2. GROC D'ONTINYENT EN LA PUNTA

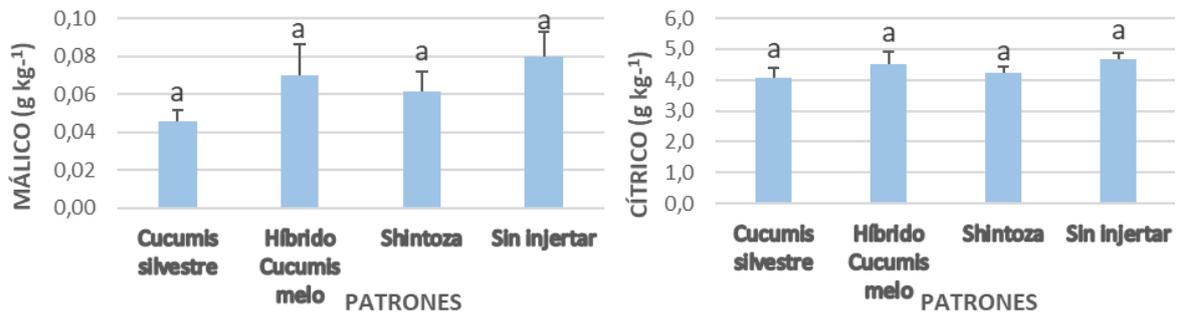


Figura 18. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en La Punta. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

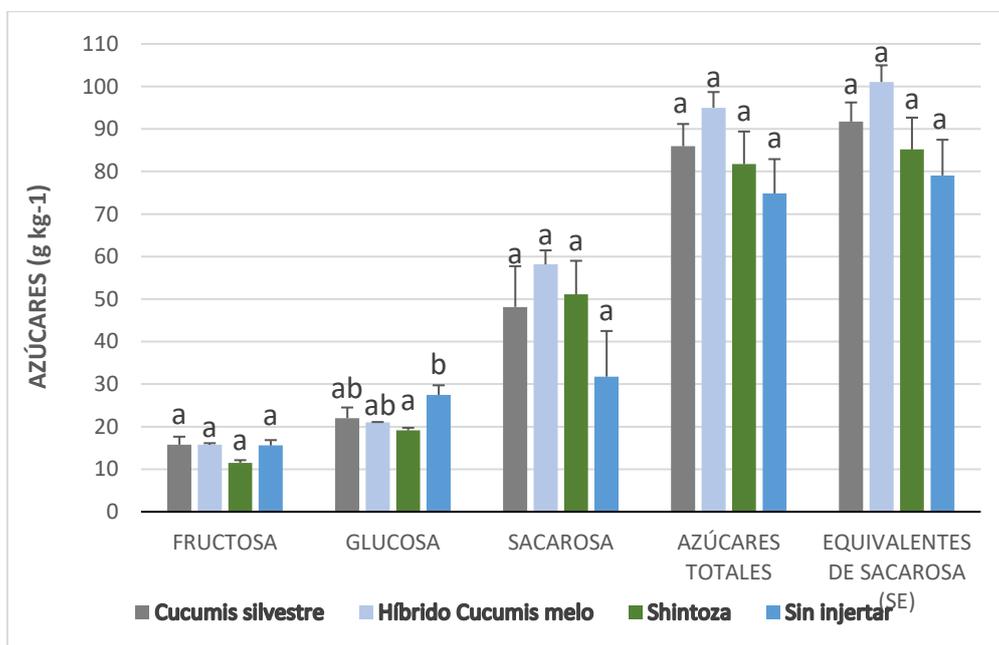


Figura 19. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en La Punta. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

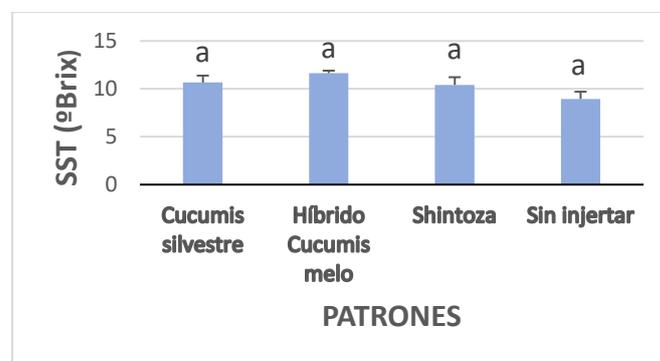


Figura 20. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Groc d'Ontinyent cultivados en La Punta. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).

4.2 PIEL DE SAPO

En el caso de la variedad Piel de sapo se evaluaron dos entradas, PS-A y PS-B. Tanto el genotipo A como el B, se cultivaron exclusivamente en la zona de Carrizales.

El contenido en ácidos, tanto málico como cítrico, de los frutos de la variedad Piel de Sapo, no fue significativamente distinto entre los diferentes tratamientos de injerto y el control sin injertar en la entrada PS-A (*Figura 21*).

En el caso de la entrada PS-A, sí se observaron diferencias significativas en el contenido de fructosa y los equivalentes de sacarosa (*Figura 22*). En cuanto al contenido en fructosa, los frutos correspondientes al injerto con el patrón híbrido de *Cucumis melo* presentaron un contenido significativamente mayor en comparación con el control no injertado o el injerto con el patrón *Cucumis* silvestre, cuyo promedio fue notoriamente inferior. Por otro lado, con respecto al contenido en equivalentes de sacarosa, los frutos procedentes del injerto con el patrón híbrido de *Cucumis melo* obtuvieron valores significativamente mayores que aquellos injertados sobre *Cucumis* silvestre, aunque en este caso esta diferencia no fue significativa con respecto a los frutos procedentes de las plantas no injertadas. No se observaron diferencias significativas en el contenido en sólidos solubles totales (*Figura 23*).

En el caso de la entrada PS-B, no existieron diferencias significativas en el contenido de ácido málico y cítrico (*Figura 24*), en los contenidos de azúcares y variables derivadas (*Figura 25*) ni en el contenido en sólidos solubles totales existentes en el fruto (*Figura 26*).

No obstante, el nivel de variación en el contenido de los ácidos málico y cítrico de las dos entradas de Piel de Sapo (PS-A y PS-B) fue muy elevado.

4.2.1. PIEL DE SAPO GENOTIPO A (PS-A)

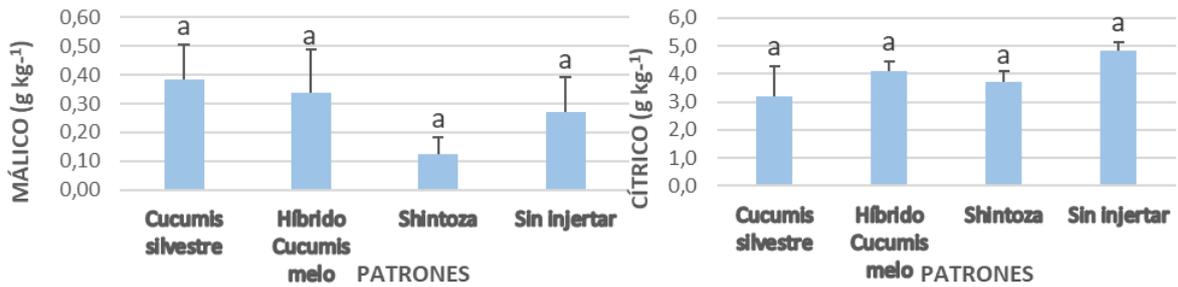


Figura 21. Contenido en los ácidos málico y cítrico ($g\ kg^{-1}$) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

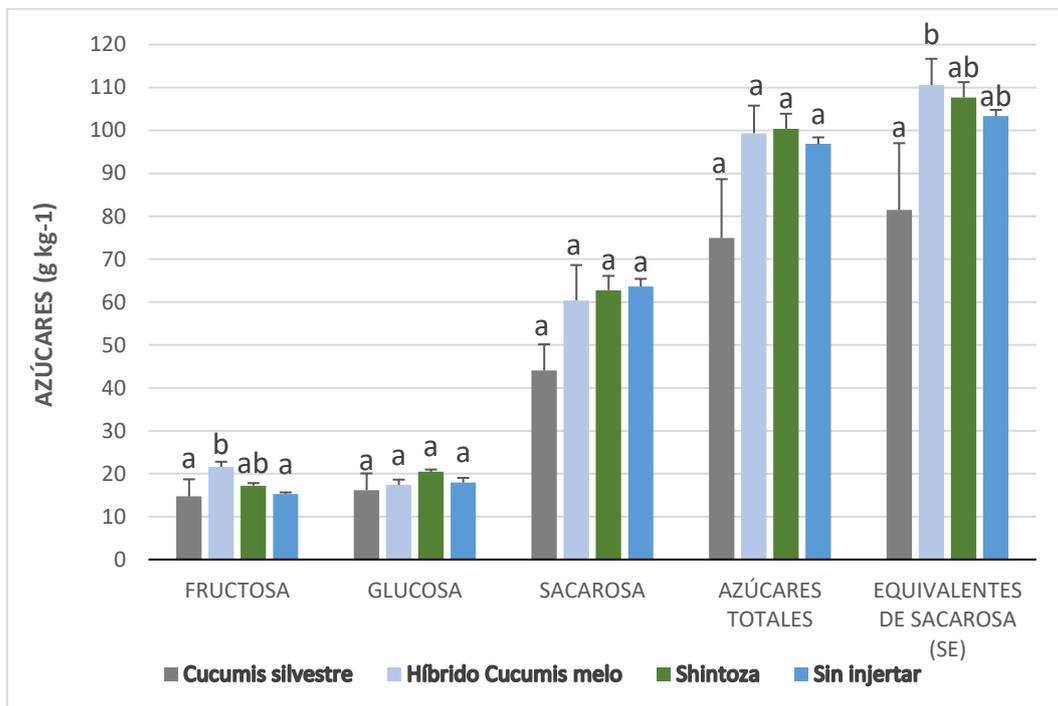


Figura 22. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa ($g\ kg^{-1}$) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

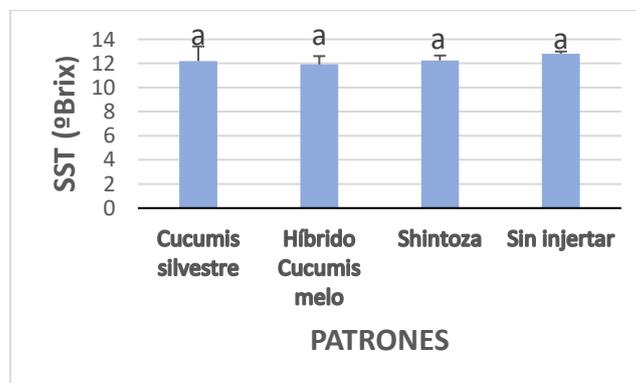


Figura 23. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).

4.2.2. PIEL DE SAPO GENOTIPO B (PS-B)

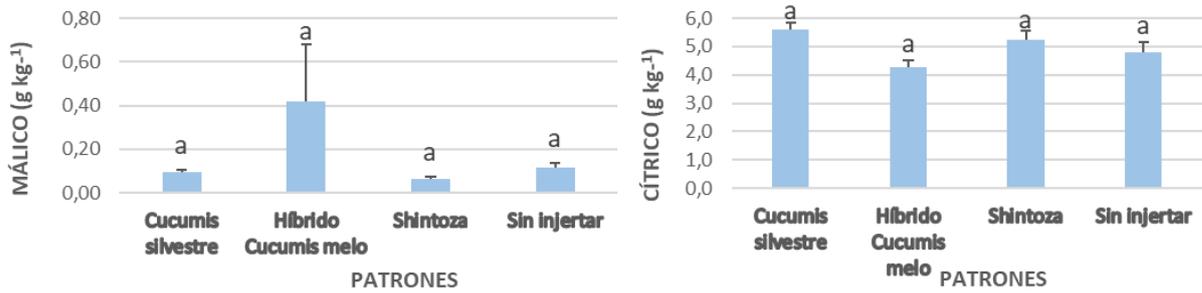


Figura 24. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

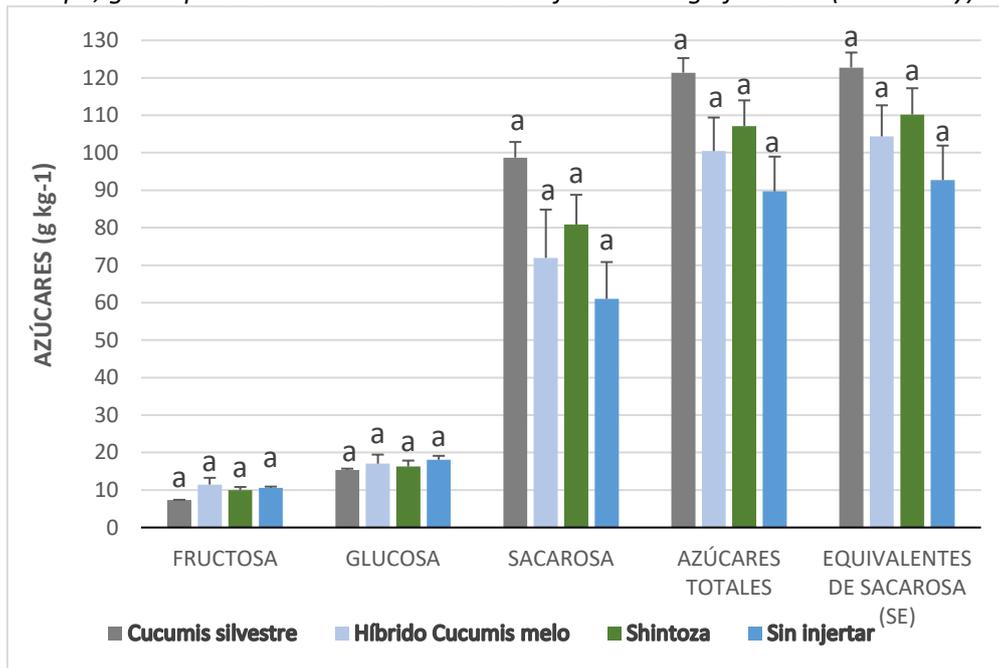


Figura 25. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

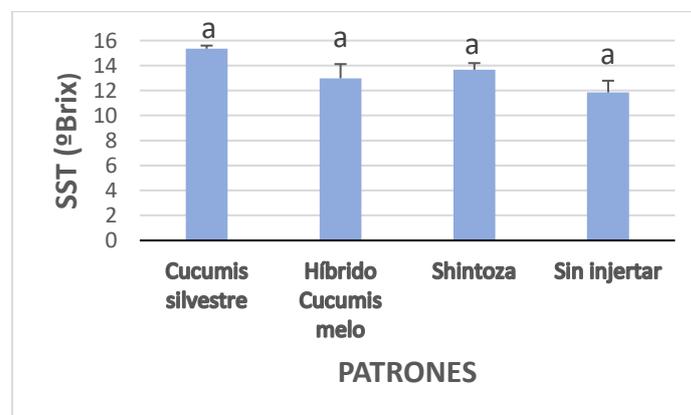


Figura 26. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad Piel de Sapo, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).

4.3 ROCHET

De la variedad tradicional Rochet también se cultivaron dos entradas distintas, RC-A y RC-B, que se cultivaron exclusivamente en Carrizales. En el caso de la primera, se encontraron diferencias significativas en el contenido de ácido málico (*Figura 27*), siendo mayor en los frutos de la variedad injertada sobre *Cucumis silvestre* en comparación con aquellos injertados sobre “Shintoza”, aunque las diferencias no fueron significativas respecto al control sin injertar. En el caso del ácido cítrico, no hubo diferencias entre los distintos tratamientos y el control (*Figura 27*).

En relación al contenido en azúcares, en la entrada RC-A de Rochet, se observaron diferencias significativas en el contenido de fructosa, donde los frutos procedentes del patrón “Shintoza” presentaron un contenido significativamente mayor respecto a aquellos injertados en *Cucumis silvestre* o el híbrido de *Cucumis melo*, aunque las diferencias respecto al control sin injertar no fueron significativas (*Figura 28*). Para el resto de azúcares y variables derivadas (*Figura 28*) y para el contenido en sólidos solubles totales, las diferencias entre los distintos injertos y entre éstos y el control sin injertar no fueron significativas (*Figura 29*).

En el caso de la entrada RC-B, los contenidos en ácidos málico y cítrico no se vieron afectados por los distintos injertos (*Figura 30*). Por otro lado, en el caso de los azúcares, la entrada RC-B fue muy similar a la RC-A, con mayor contenido en fructosa en “Shintoza” respecto al híbrido de *Cucumis melo*, pero sin diferencias con el control no injertado. También se mantuvo la similitud de contenidos en el resto de azúcares y variables derivadas (*Figura 31*) y en el contenido en sólidos solubles totales (*Figura 32*).

No obstante, es curioso que se mantuvo una tendencia hacia menores contenidos en málico en las dos entradas de Rochet (RC-A y RC-B), al emplear el patrón “Shintoza”.

4.3.1. ROCHET GENOTIPO A (RC-A)

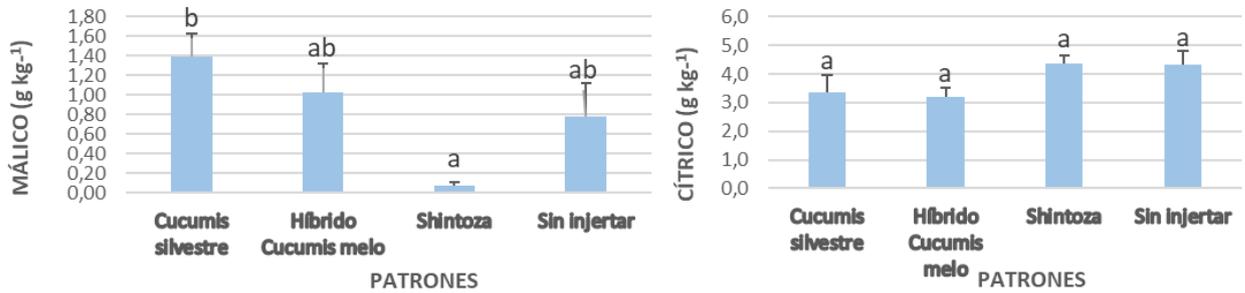


Figura 27. Contenido en los ácidos málico y cítrico ($g\ kg^{-1}$) en los frutos de la variedad Rochet, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

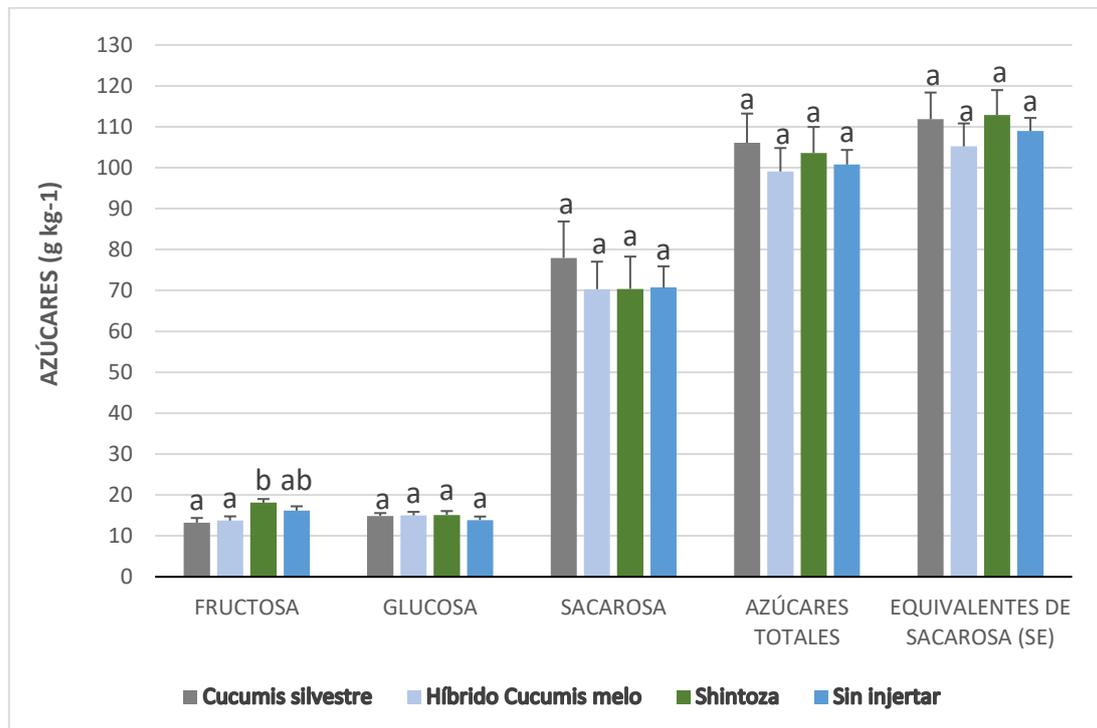


Figura 28. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa ($g\ kg^{-1}$) en los frutos de la variedad Rochet, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

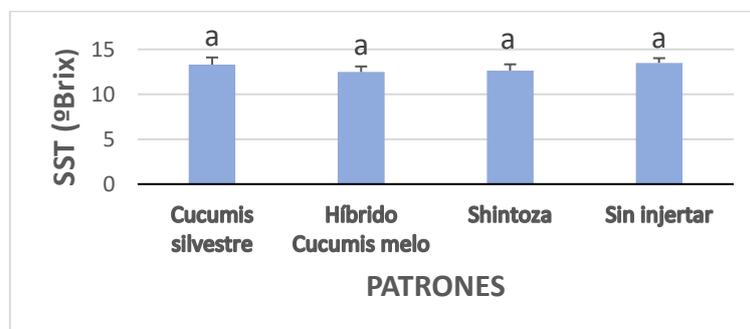


Figura 29. Contenido en sólidos solubles totales ($^{\circ}Brix$) de los frutos de la variedad Rochet, genotipo A. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey).

4.3.2. ROCHET GENOTIPO B (RC-B)

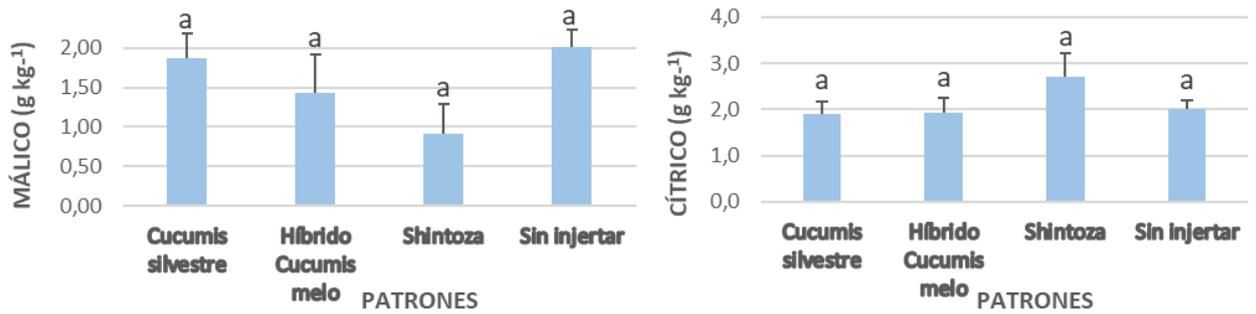


Figura 30. Contenido en los ácidos málico y cítrico (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad *Rochet*, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

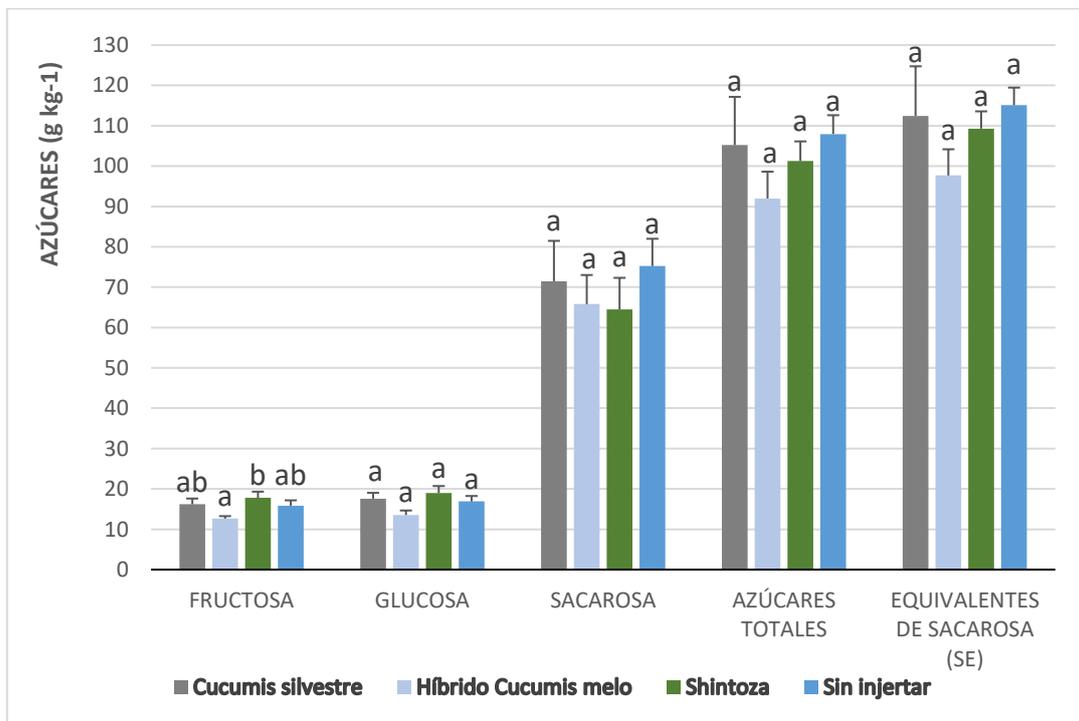


Figura 31. Contenido en los azúcares fructosa, glucosa, sacarosa, azúcares totales y equivalentes de sacarosa (g kg⁻¹) en los frutos de la variedad *Rochet*, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test Tukey).

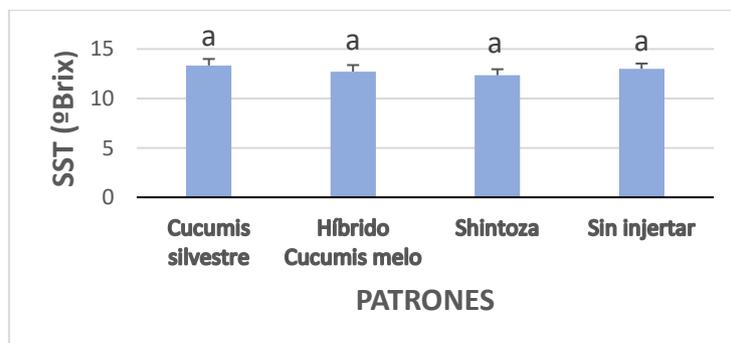


Figura 32. Contenido en sólidos solubles totales (°Brix) de los frutos de la variedad *Rochet*, genotipo B. Letras distintas indican diferencias significativas (Test de Tukey)

5. DISCUSIÓN

No hay muchos estudios que analicen el contenido en ácidos en variedades tradicionales españolas de melón para comparar, pero teniendo en cuenta los datos disponibles para melón, el contenido en ácidos es en general bajo en melón, siendo el ácido cítrico el predominante. Nuestros resultados confirman esta tendencia, con contenidos en cítrico entre tres y cuatro veces superiores al málico. A pesar del bajo número de entradas evaluadas, se ha podido comprobar, que dentro de cada variedad los contenidos en cítrico son variables. Por ejemplo, en el caso de Rochet, los contenidos de cítrico de la entrada PS-A casi doblan en la mayor parte de tratamientos los correspondientes a PS-B. Este resultado abre nuevas oportunidades de estudio, ya que un objetivo de mejora en melón consiste en derivar selecciones de alto contenido en ácidos y alto contenido en azúcares por conllevar un patrón sensorial muy específico (Burger *et al.*, 2003).

En todas las variedades tradicionales evaluadas, el principal azúcar en cuanto a contenido fue la sacarosa. En menor concentración y a niveles similares se encontraron la fructosa y la glucosa, aunque en algún caso específico los niveles de glucosa fueron superiores, como es el caso de la entrada de Groc d'Ontinyent o Piel de sapo PS-B. Este resultado era esperable, ya que durante el desarrollo temprano del fruto predomina el catabolismo de la sacarosa, pero a medida que madura el fruto, se produce una transición de catabolismo a almacenaje (Leida *et al.*, 2015). Así, según madura el fruto aumenta drásticamente el contenido en sacarosa (Perpiñá *et al.*, 2017).

Estos tres azúcares representan una importante parte del contenido en sólidos solubles totales, por lo que su evaluación mediante refractometría se ha empleado rutinariamente como estima indirecta de la acumulación de azúcares. No obstante, cada azúcar tiene un poder edulcorante distinto, y las proporciones relativas de cada azúcar pueden dar lugar a diferencias en el sabor para un mismo contenido de azúcares totales (Burger *et al.*, 2006). De hecho, por esta razón se decidió en este estudio incorporar la variable de equivalentes de sacarosa. Esta variable se correlaciona mejor con la percepción del dulzor en otros cultivos (Baldwin *et al.*, 1998) y se obtiene ponderando la suma de azúcares por el poder edulcorante de cada uno (Koehler y Kays *et al.*, 1991). El uso de esta variable debería tenerse en cuenta en el futuro, ya que se ha detectado, por ejemplo, en el caso de la entrada PS-A, para la que no se detectaron diferencias significativas en el contenido de azúcares totales según el injerto, mientras que sí que las hubo para el valor de equivalentes de sacarosa. De esta forma, se podrían estar obviando efectos importantes sobre la percepción del dulzor de no considerar el poder edulcorante de cada azúcar.

Nuestros resultados de hecho muestran que, a pesar de que los azúcares representan una fracción mayoritaria del contenido en sólidos solubles totales, lo cierto es que la correlación entre esta variable y el contenido en azúcares totales es relativamente baja ($R=0.75$) (Figura 17), considerando la elevada proporción señalada. Este resultado implica que a pesar del arraigo del uso de refractometría en melón, podría ser muy

interesante abordar la determinación del contenido en azúcares individuales, especialmente en estudios de mejora. Aunque esta determinación puede ser relativamente cara y costosa en tiempo, lo cierto es que se podría evaluar el uso de métodos indirectos como la espectrometría en el infrarrojo medio con transformada de Fourier (FTIR), que ha dado resultados muy positivos en especies relacionadas como lo es la sandía (Martí *et al.*, 2019).

Respecto al principal objeto de estudio del presente trabajo, el injerto con los patrones experimentales no parece afectar en gran medida a la acumulación de azúcares y ácidos en las tres variedades tradicionales evaluadas. No obstante, hay que tener en cuenta que el nivel de variación detectado es elevado, lo que junto a las restricciones en el número de muestras dificulta la identificación de diferencias significativas. En este sentido, es interesante el hecho de que, en algunos casos, sí que se identificaron tendencias hacia niveles elevados de equivalentes de sacarosa en entradas injertadas sobre el *Cucumis silvestre* o el híbrido de *Cucumis melo*, como en el caso de Groc d'Ontinyent y Piel de sapo. Sería conveniente continuar los estudios con un mayor número de plantas para acabar de discernir si el efecto positivo puede llegar a ser significativo.

Por otro lado, una vez comprobado que el uso de estos patrones experimentales no afecta a los contenidos de los principales ácidos y azúcares, quedaría por comprobar el efecto sobre los contenidos en compuestos volátiles relacionados con el aroma. En este sentido, en cultivos como la sandía, se ha comprobado que el uso de patrones basados en *Cucurbita*, inducen una mayor acumulación de compuestos como el Z-6-nonen-1-ol (Fredes *et al.*, 2017), un compuesto asociado a notas olfativas de la calabaza y que afecta negativamente a la aceptabilidad sensorial (Saftner *et al.*, 2007).

Otros estudios han puesto de manifiesto un rol claro del injerto en la acumulación de azúcares, como en el caso del trabajo de Xu *et al.*, (2005). En este caso, los autores evidenciaron diferencias en los patrones de acumulación de azúcares debidos, probablemente, a las diferentes actividades de las invertasas en etapas tempranas de desarrollo y de las actividades de la sacarosa fosfato sintasa y la sacarosa sintasa y en el contenido en ácido abscísico. Diferencias que acabaron dando lugar a una mayor acumulación de azúcares en los frutos injertados.

Por otro lado, Liu *et al.*, (2010) confirmaron un efecto del injerto sobre la actividad metabólica relacionada con la sacarosa, aunque en este caso el efecto específico sobre la acumulación de azúcares en madurez dependía de la combinación variedad/patrón.

Parece evidente que, en este caso, el efecto del ambiente es mucho más importante que el injerto, al menos por lo que se desprende del estudio comparativo entre La Punta y Carrizales en el Groc d'Ontinyent.

Así, en la zona de Carrizales, se obtuvieron unos contenidos en azúcares elevados y, en consecuencia, altos contenidos en sólidos solubles totales (Grados Brix). De hecho, en Carrizales prácticamente todos los melones de esta variedad, tanto injertados como controles, superaban los 12 °Brix, mientras que aquellos procedentes de la zona de La

Punta (*Figura 20*), raramente alcanzaban los 10-11 °Brix. El efecto del ambiente en este caso es muy complejo ya que abarca aspectos como el clima, suelo o incluso manejo de cultivo. No obstante, parece que en este caso la elevada salinidad del agua de riego y del suelo en Carrizales podría explicar este comportamiento. Hay que tener en cuenta que se trata de una zona abastecida por aguas muertas, las cuales se aprovechan más de una vez para regar; como consecuencia, la concentración de sales que contienen las aguas va aumentando en cada riego, llegando a alcanzar valores superiores a los 10 dS m⁻¹. Además, la zona posee un origen marino y sedimentario, por lo que destaca por su elevada salinidad, produciendo frutos muy dulces que suelen alcanzar los 15 °Brix (García-Martínez *et al.*, 2019a).

En efecto, la salinidad en melón tiende a aumentar los contenidos de la mayor parte de metabolitos. Del Amor *et al.* (1999) comprobaron que, en melón tipo *Galia*, los contenidos en azúcares reductores y acidez aumentaban para niveles crecientes de salinidad. A las mismas conclusiones llegaron Colla *et al.*, (2015) con el cultivar *Cyrano* del tipo *Charentais*. No obstante, hay que destacar que, en este caso en condiciones de alta salinidad, la acidez total y el contenido en sólidos solubles de las plantas injertadas resultó ser inferior que las no injertadas. Un efecto que no ha sido apreciado en el presente estudio.

En cualquier caso, aunque el uso del injerto en variedades tradicionales no llegue a suponer una clara mejoría de la calidad en melón, lo cierto es que se ha demostrado que puede mejorar hasta en un 35% el rendimiento en zonas de cultivo salino como en Carrizales (García -Martínez *et al.*, 2019a). En estas condiciones, el rendimiento de entradas de Groc d'Ontinyent ha llegado a duplicar el de plantas no injertadas, aunque en zonas menos salinas como en La Punta, este efecto no es en absoluto obvio (García-Martínez *et al.*, 2019b).

6. CONCLUSIONES

Mediante los análisis realizados con las diferentes variedades tradicionales y sus respectivos injertos sobre los patrones de estudio, la conclusión principal de este trabajo es que los 3 patrones empleados, tanto el “Shintoza” (*C. máxima* x *C. moschata*), como el *Cucumis* silvestre y el híbrido de *Cucumis melo*, son unos patrones aptos para su injerto sobre variedades tradicionales. De forma específica, con las entradas de la variedad tradicional Groc d’Ontinyent, las dos entradas de Piel de Sapo y las dos entradas de Rochet empleadas.

El efecto sobre la acumulación de ácidos y azúcares fue muy limitado, afectando solo a alguna variable en combinaciones variedad-patrón muy específicas. Este resultado se pudo comprobar tanto en condiciones estándar de cultivo ecológico como en condiciones de alta salinidad en el caso de la variedad Groc d’Ontinyent.

Se ha podido comprobar el gran efecto que ejerce el ambiente sobre la calidad de los frutos, concretamente la alta salinidad, ya que éste interfiere de forma significativa en la mayoría de los caracteres anteriores, elevando la acumulación de metabolitos.

Es importante destacar la importancia de priorizar en los programas de mejora la determinación individual en los contenidos de azúcares tanto de las variedades tradicionales como de los patrones, ya que la correlación entre los sólidos solubles totales y los azúcares totales obtenidos a partir de todos los datos de Carrizales, presentaron un valor notablemente más bajo de lo que cabría esperar.

Finalmente, se ha encontrado una importante variación en el perfil ácido de las entradas de la variedad Rochet, que será de gran interés para futuros estudios.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Vera, A.L; Fuentes Pedreño, S. (2016). *Cultivos hortícolas al aire libre*. Cajamar Caja Rural, pp. 570-593.
- Apablaza H., Gastón. (1999). *Patología de cultivos. Epidemiología y control holístico*. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 347 p.
- Baldwin, E.A., Scott, J.W., Einstein, M.A., Malundo, T.M.M., Carr, B.T., Shewfelt, R.L. and Tandon, K.S., (1998). Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(5), pp.906-915.
- Blancard, D; Lecoq, H. y Pitrat, M. (2000). *Enfermedades de las cucurbitáceas. Observar, Identificar, Luchar*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. España. 301 p.
- Botía, P. (1995): *Respuesta del melón (Cucumis melo L.) al riego con aguas salinas*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- Burger, Y., Sa'ar, U., Paris, H.S., Lewinsohn, E., Katzir, N., Tadmor, Y. and Schaffer, A.A., (2006). Genetic variability for valuable fruit quality traits in Cucumis melo. *Israel Journal of Plant Sciences*, 54(3), pp.233-242.
- Burger, Y., Sa'ar, U., Distelfeld, A., Katzir, N., Yeselson, Y., Shen, S. and Schaffer, A.A. (2003). Development of sweet melon (Cucumis melo) genotypes combining high sucrose and organic acid content. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(4), pp.537-540.
- Cebolla-Cornejo, J., Valcárcel, M., Herrero-Martínez, J. M., Roselló, S., Nuez, F. (2012). High efficiency joint CZE determination of sugars and acids in vegetables and fruits. *Electrophoresis*, 33 (15), 2416-2423.
- Colla, G., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Massa, D., Salerno, A. and Rea, E., (2006). Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melon plants grown under saline conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(1), pp.146-152.
- Del Amor, F.M., Martínez, V. and Cerda, A. (1999). Salinity duration and concentration affect fruit yield and quality, and growth and mineral composition of melon plants grown in perlite. *HortScience*, 34(7), pp.1234-1237.
- Deulofeu, C. (1997): «Situación y perspectivas del melón en el mundo»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 21-24.
- Díaz, A; Montserrat Martín-Hernández, A; Dolcet-Sanjuan, R; Garcés-Claver, A; Álvarez, J. M; Garcia-Mas, J; Picó, B; Monforte, A. J. (2017). Quantitative trait loci analysis of melon (*Cucumis melo* L.) domestication-related traits. *Theor Appl Genet*, 130, pp. 1837-1856.

- Endl, J; Achigan-Dako, E. G; Pandey, A. K; Monforte, 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* 105 (10): pp. 1662-1671.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QV/visualize> [consulta: mayo 2020].
- Fredes, A., Roselló, S., Beltrán, J., Cebolla-Cornejo, J., Pérez-de-Castro, A., Gisbert, C. and Picó, M.B. (2017). Fruit quality assessment of watermelons grafted onto citron melon rootstock. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), pp.1646-1655.
- García-Jiménez, J. (1997): «*Enfermedades del melón causadas por hongos y nemátodos*»; *Compendios de Horticultura* (10); Ediciones de Horticultura SL; pp. 131-139.
- Jordá, C. (1997): «*Enfermedades virales del melón*»; *Compendios de Horticultura* (10). Tarragona. *Ediciones de Horticultura SL*; pp. 141-152.
- Kirkbride, J.H. (1993) Biosystematic Monograph of the Genus *Cucumis* (Cucurbitaceae). *Parkway publishers, Boone* (NC, US), 159 pp
- Koehler, P.E. and Kays, S.J., (1991). Sweet potato flavor: quantitative and qualitative assessment of optimum sweetness. *Journal of food quality*, 14(3), pp.241-249.
- Leida, C., Moser, C., Esteras, C., Sulpice, R., Lunn, J.E., de Langen, F., Monforte, A.J. and Picó, B., (2015). Variability of candidate genes, genetic structure and association with sugar accumulation and climacteric behavior in a broad germplasm collection of melon (*Cucumis melo* L.). *BMC genetics*, 16(1), p.28.
- Liu, Y., Li, T., Qi, H., Qi, M., Chen, W., Xu, C. and Li, J. (2010). Effects on carbohydrate and amino acids accumulation in muskmelon fruit (*Cucumis melo* L.) with different grafting rootstocks. *Acta horticulturae*, 871, pp.579-588.
- MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos de España 2019*. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/comentariosespana2019_tcm30-522390.pdf [consulta: mayo 2020].
- Marín Rodríguez, J. Portagrano 2019-20. Pp. 477
- Maroto, J.V. y Baixauli, C. (2016). *Cultivos hortícolas al aire libre*. Ed, Cajamar, Caja Rural. Pp.: 786.
- Maroto, J. V. (1995): «*Botánica, fisiología y adaptabilidad del melón*»; *El cultivo del melón*. *Fundación Cultural Caja Rural de Valencia*; pp. 13-17
- Martí, R., Sánchez, G., Valcárcel, M., Roselló, S. and Cebolla-Cornejo, J., (2019). High throughput FT-MIR indirect analysis of sugars and acids in watermelon. *Food chemistry*, 300, p.125227.

- Martínez, S.G., León, A.F., Cabrera, J.A., Sifres, A., Valcárcel, J.V., de Castro, A.P., Cornejo, J.C., Romero, C., Gilabert, A.J.M., Gisbert, C. and Niclos, M.J.D., (2019a). 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: Fruticultura, horticultura, floricultura*, (417), pp.43-48.
- Naudin C (1859). Essais d'une monographie des espèces et des variétés du genre *Cucumis*. *Ann Sci Nat* 11: 5–87.
- Navarro, V. (1997): «La búsqueda de la larga vida en el melón»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 35-40.
- Odet, J. (1985): *Le melon. Centre Technique Interprofessionel des Fruits et Legumes (CTIFL)*; pp. 159-205.
- Pascual España, B.; Pascual Seva, N.; San Bautista Primo, A.; Castell Zeising, V. (2020). *Propagación de plantas*. pp. 88. Editorial Universitat Politècnica de València (Valencia).
- Perpiná, G., Cebolla-Cornejo, J., Esteras, C., Monforte, A.J. and Picó, B., (2017). 'MAK-10': A Long Shelf-life Charentais Breeding Line Developed by Introgression of a Genomic Region from Makuwa Melon. *HortScience*, 52(11), pp.1633-1638.
- Picó, B., Flores León, A., García Martínez, S., González García, V., Garcés Claver, A., Gómez Guillamón, M.L., Valcárcel, M., Sifres, A., Sáez, C., Perpiñá, G. and Esteras, C., (2019b). Variedades tradicionales de melón para agricultura ecológica, un reto para la mejora: el Meló d'Or. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura* (421): 188-195.
- Pitrat, M. (2017). Melon genetic resources: phenotypic diversity and horticultural taxonomy. In: Grumet R, Katzir N, Garcia-Mas J (eds) *Genetics and genomics of the Cucurbitaceae*. Springer, New York. doi: 10.1007/7397_2017_1
- Pitrat, M. (2013). Phenotypic diversity in wild and cultivated melons (*Cucumis melo*). *Plant biotechnology, Advance Publication by J-STAGE*, pp. 1-6.
- Pitrat, M. (2012). Domestication and diversification of melon. *INRA*, pp. 31-40.
- Roy, A., Bal, S.S., Fergany, M., Kaur, S., Singh, H., Malik, A.A., Singh, J., Monforte, A.J., Dhillon, N.P.S. (2012) Wild melon diversity in India (Punjab State). *Genet Resour Crop Evol*, 59:755–767.
- Sabato, D., Esteras, C., Grillo, O., Pico, B., Bacchetta, G. (2015). Seeds morphocolorimetric analysis as complementary method to molecular characterization of melon diversity. *Sci Hortic-Amsterdam* 192:441–452.



- Saftner, R., Luo, Y., McEvoy, J., Abbott, J.A. and Vinyard, B., (2007). Quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene- and/or ethylene-treated whole fruit. *Postharvest Biol Technol* 44:71–79.
- Sebastian, P., Schaefer, H., Telford, I.R.H., Renner, S.S. (2010). Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *Proc Natl Acad Sci USA* 107: 14269–14273.
- Torres, J. M. (1997): «*Los tipos de melón comerciales*»; *Compendios de Horticultura* (10). Ediciones de Horticultura SL; pp. 13-19.
- Xu, S.L., Chen, Q.Y., Li, S.H., Zhang, L.L., Gao, J.S. and Wang, H.L., (2005). Roles of sugar-metabolizing enzymes and GA3, ABA in sugars accumulation in grafted muskmelon fruit. *J. Fruit Sci*, 22, pp.514-518.