

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
ORIHUELA
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

“ESTUDIO DE LÍNEAS DE TOMATE
MUCHAMIEL DERIVADAS DEL
PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE
VARIETADES TRADICIONALES DE
TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) DE LA
EPSO-UMH INJERTADAS EN DOS
PATRONES COMERCIALES”

TRABAJO FIN DE GRADO
Enero 2020

AUTOR: Antonio Pérez Sancho
TUTORES: Santiago García Martínez
y José Ángel Cabrera Miras

Resumen

Se ha estudiado el efecto del injerto en dos patrones comerciales de varias líneas de tomate Muchamiel, así como la comparación entre los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18, para ayudar a decidir cuál de los dos se enviará al Registro de Variedades Comerciales. En ambos casos se estudiaron caracteres productivos y de calidad.

Se ha encontrado un efecto del patrón en los caracteres agronómicos estudiados producción y número de frutos. El híbrido UMH1200x4 sin injertar alcanza mayor producción. La línea de mejora UMH1200 y la variedad comercial Batlle injertadas ambas en Beaufort presentan mayor valor que las injertadas en Maxifort. El híbrido UMH1200x4 sin injertar supera a las plantas injertadas en los dos patrones comerciales, mientras que para el híbrido UMH1200x18 no se encuentran diferencias significativas. En los caracteres de calidad se ha observado un incremento del contenido de sólidos solubles en las plantas sin injertar con respecto a las injertadas Maxifort y Beaufort, mientras que en acidez no se han encontrado diferencias significativas.

Comparando los dos híbridos, UMH1200x4 supera a UMH1200x18 en producción en las plantas sin injertar e injertadas en Maxifort, y en el número de frutos en las plantas sin injertar y en las injertadas en Beaufort. En el resto de caracteres estudiados, tanto agronómicos como de calidad, no se han encontrado diferencias entre los híbridos. Con estos resultados, el híbrido UMH1200x4 sería el elegido para enviar al Registro, aunque la decisión definitiva se tomará tras los ensayos que se realizarán en 2020.

Palabras clave: Patrones comerciales, caracteres productivos y caracteres de calidad.

Abstract

The effect of grafting on two commercial rootstocks of several Muchamiel tomato lines has been studied, as well as the comparison between the hybrids UMH1200x4 and UMH1200x18, to help decide which of the two will be sent to the Commercial Varieties Registry. In both cases, productive and quality characteristics were studied.

An effect of the pattern on the agronomic characteristics studied was found production and number of fruits. The hybrid UMH1200x4 without grafting reaches higher production. The breeding line UMH1200 and the commercial variety Batlle grafted both in Beaufort present a higher value than those grafted in Maxifort. The ungrafted

UMH1200x4 hybrid outperforms the grafted plants in the two commercial rootstocks, while for the UMH1200x18 hybrid no significant differences are found. In the quality characteristics an increase in soluble solids content was observed in the ungrafted plants compared to the grafted Maxifort and Beaufort, while in acidity no significant differences were found.

Comparing the two hybrids, UMH1200x4 exceeds UMH1200x18 in production in the ungrafted and grafted plants in Maxifort and in the number of fruits in the ungrafted and grafted plants in Beaufort. In the other characteristics studied, both agronomic and quality, no differences were found between the hybrids. With these results, the hybrid UMH1200x4 would be the one chosen to send to the Register, although the final decision will be taken after the trials to be carried out in 2020.

Keywords: Comercial rootstocks, productive traits, quality traits.



AGRADECIMIENTOS

Lo primero de todo quiero agradecer a todas las personas que han hecho posible un sueño que empezó hace 5 años, y hoy se ha hecho realidad. En primer lugar, a cada persona de este campus que en el momento que me ha hecho falta cualquier cosa, siempre han estado ahí para ayudarme.

Sobre todo, a Santi por darme la oportunidad de hacer con él este TFG y enseñarme infinidad de cosas relacionadas con este sector. Y por supuesto a todos los compañeros que han estado conmigo durante todo el verano en la malla bajo el sol abrasador.

Por otro lado, agradecer a mis padres porque sin ellos esto habría sido imposible, y por obligarme a venir a vivir a Desamparados durante estos 5 años. Porque sinceramente si no hubiera estado viviendo aquí, lo más probable es que hoy no estuviera presentando este Trabajo Fin de Grado. Sin olvidar todos esos momentos de agobio por los exámenes finales donde habéis tenido tanta paciencia conmigo. GRACIAS.

Para finalizar, a todos los amigos que he hecho durante este tiempo, pero en especial a uno que ha vivido conmigo desde el primer día hasta el último. Muchísimas gracias Tino, por ser ese gran apoyo que todo el mundo necesita día a día.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 REFERENCIA HISTÓRICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL TOMATE	1
1.2 SITUACIÓN TAXONÓMICA	3
1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y FISIOLÓGICA	4
1.4 CARACTERES MORFOLÓGICOS	5
1.4.1 EL SISTEMA RADICAL	5
1.4.2 EL SISTEMA AÉREO.....	6
1.4.3 EL TALLO.....	6
1.4.4 LAS HOJAS.....	6
1.4.5 LAS FLORES	7
1.4.6 EL FRUTO.....	7
1.4.7 LAS SEMILLAS.....	7
1.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE.....	8
1.5.1 A NIVEL MUNDIAL	8
1.5.2 A NIVEL NACIONAL	10
1.6 VARIEDADES TRADICIONALES	12
1.6.1 EL TOMATE MUCHAMIEL.....	14
1.7 UTILIZACIÓN DEL INJERTO EN TOMATE	15
1.8 PROGRAMA DE LA MEJORA GENÉTICA DE LA EPSO-UMH.....	17
1.8.1 EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE LA RESISTENCIA GENÉTICA A VIRUS	20
1.9 LINEA EN LA QUE SE ENGLOBA ESTE TRABAJO.....	22
2. OBJETIVOS	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 MATERIAL VEGETAL UTILIZADO	24
3.2 MÉTODOS DE CULTIVO.....	25
3.2.1 INSTALACIONES	25

3.3 PRÁCTICAS DE CULTIVO	26
3.3.1 SEMILLERO	26
3.3.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	26
3.3.3 TRASPLANTE.....	26
3.3.4 MARCO DE PLANTACIÓN	26
3.3.5 ENTUTORADO Y PODA.....	27
3.3.6 FERTIRRIGACIÓN.....	28
3.3.7 TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS	29
3.3.8 ESTADO SANITARIO DURANTE EL ENSAYO	30
3.3.9 RECOLECCIÓN.....	30
3.4 PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS	31
3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
3.5 CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.....	32
3.5.1. CARACTERES PRODUCTIVOS	32
3.5.1.1. <i>PRODUCCIÓN TOTAL</i>	32
3.5.1.2. <i>PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO</i>	32
3.5.1.3. <i>NÚMERO DE FRUTOS TOTAL POR PLANTA</i>	32
3.5.2 CARACTERES DE CALIDAD.....	32
3.5.2.1. <i>SÓLIDOS SOLUBLES</i>	32
3.5.2.2 <i>ACIDEZ</i>	34
3.6 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 CARACTERES PRODUCTIVOS	36
4.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL.....	36
4.1.2. PESO MEDIO DE FRUTOS	37
4.1.3 NÚMERO TOTAL DE FRUTOS	39
4.2 CARACTERES DE CALIDAD.....	41
4.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES.....	41
4.2.2. ACIDEZ	43

5. CONCLUSIONES 45

6. BIBLIOGRAFÍA..... 46



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el tomate es uno de los alimentos más populares en Europa, debido en parte a su versatilidad y su facilidad para combinarse bien con una amplia variedad de alimentos y de hierbas aromáticas. Existen más de cien variedades de tomates que se clasifican según su uso, tamaño y forma (Zudaire, 2015).

1.1 REFERENCIA HISTÓRICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL TOMATE

La planta del tomate es original del oeste de Sudamérica, específicamente de la región de los Andes, y su cultivo se extendió por Centroamérica y el actual territorio mexicano antes de la llegada de los europeos. Estos frutos nativos y silvestres eran como pequeñas bayas, y predominaban los de color amarillo y verde en vez de rojo (Millares y Rodríguez, 2016).

Los hallazgos arqueológicos de civilizaciones preincas del norte del Perú, permiten afirmar que estas culturas ancestrales cultivaban y consumían el tomate, como uno de los ingredientes básicos de su alimentación. En la región andina de este país, aún se encuentran al menos trece especies silvestres de tomatas, en variedades que no se conocen en otras partes del mundo (*peruvianum*, *hirsutum*, *chilense*, entre otros) (Millares y Rodríguez, 2016).

Las evidencias señalan que la domesticación se produjo en dos etapas. La primera, se inicia en Los Andes donde se seleccionaron los frutos de mayor tamaño para producir semillas por autofecundación. En la segunda etapa se llevan a México donde las culturas prehispánicas, maya y azteca, continúan su ‘domesticación’ (Millares y Rodríguez, 2016).

También el territorio mexicano presenta evidencias de cultivo de tomate hacia el año 700 a.C. Es probable que las civilizaciones nativas que habitaron los actuales territorios de México y Perú antes de la llegada de los europeos, domesticaran el cultivo del tomate de manera independiente y coetánea. Por ello, cualesquiera de los dos países

se postulan como origen del cultivo del tomate, y no hay evidencias que definan sobre uno u otro (Millares y Rodríguez, 2016).

Cuando el tomate llegó a América Central, la civilización Maya lo cultivó y le adjudicó propiedades mágicas: todo aquel que presenciara la ingestión de sus semillas adquiriría poderes adivinatorios. Los aztecas también conocieron y se beneficiaron de las propiedades del tomate: fue en sus ciudades donde los europeos observaron por primera vez su cultivo (Millares y Rodríguez, 2016).

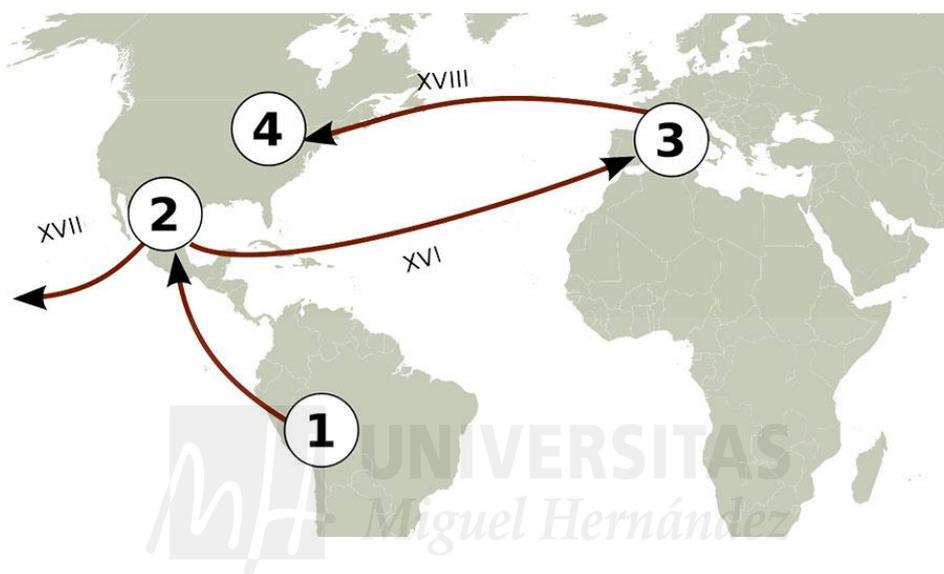


Figura 1. Centro de origen, domesticación y distribución del tomate (Millares y Rodríguez, 2016).

La palabra tomate, deriva de la palabra en nahuatl (lenguaje que hablaban los aztecas de América Central) “tomatl” y, aunque muchos lo discutan, es una fruta. Su nombre en náhuatl, una de las lenguas mexicanas locales, fue tomatl, cocoztli, cocoztomalt (Millares y Rodríguez, 2016).

Su nombre en español deriva del azteca xitomatl. De hecho, en México todavía se denomina jitomate (tomate de ombligo), término procedente del azteca xicttitomatl.

Sabemos poco de cómo los indios usaban el tomate porque la conquista devastó las costumbres precolombinas. Bernal Díaz del Castillo dijo que en 1538 fue apresado por unos indios en Guatemala que se lo querían comer en una cazuela con sal, ají y tomates; y que los aztecas comían los brazos y piernas de sus vencidos con salsa de pimientos, tomates, cebollas silvestres y sal. Sahagún (1499-1590), en su Historia general de las cosas de Nueva España, escribió que los indígenas “venden unos guisados hechos

de pimientos y tomates, pepitas de calabaza y otras cosas que los hacen sabrosos” (Millares y Rodríguez, 2016).

En 1559, Hernán Cortés encontró estos frutos creciendo en los jardines de Moctezuma, quien entonces era gobernador de la ciudad de Tenochtitlan. El conquistador llevó el tomate en su viaje de regreso al Viejo Continente (Millares y Rodríguez, 2016).

1.2 SITUACIÓN TAXONÓMICA

La primera descripción botánica del tomate la realizó Pier Andrea Mattioli, del jardín botánico de Padua (Italia), quien publicó su herbario en 1554 (Nuez, 1995). Sin embargo, el espécimen de tomate más antiguo conservado en un herbario hasta la fecha actual se encuentra en el herbario de Ulisse Aldrovandi (herbario considerado como la colección más antigua existente de las plantas prensadas que fue comenzado en 1551 y ampliado por Aldrovandi a lo largo de su vida), ahora conservado en el herbario del Jardín Botánico de Bolonia (Peralta et al., 2008). Por lo tanto, la descripción botánica del tomate comenzó a mediados del siglo XVI. A partir de ese momento fue descrito en numerosos herbarios como el de Matthias de L’Obel en 1581, el de Gerard en Inglaterra en 1597 o el de Salmon ya en 1710 en Estados Unidos (Nuez, 1995).

Siempre se ha situado taxonómicamente al tomate en la familia de las solanáceas, aunque su ubicación genérica no ha sido así, se ha creado controversia. En 1700, Tournefort establece siete géneros reconociendo *Lycopersicon* como distinto de *Solanum*. Linnaeus (1754) en contra de la práctica común de su época incluyó *Lycopersicon* dentro del género *Solanum*. Simultáneamente Miller clasificó al tomate en el género *Lycopersicon* denominándolo *Lycopersicon esculentum* Mill. (1754) diferenciándolo así del género *Solanum*. Tanto Jussieu (1789) en su *Genera Plantarum* como Wettstein (1895), en su sinopsis sobre las solanáceas mantuvieron el criterio de Linnaeus (1754) (D’Arcy, 1979; en Nuez, 1995).

Actualmente los estudios moleculares más recientes han colocado al tomate, previamente clasificado como indicó Miller en el género *Lycopersicon*, dentro del género *Solanum*, pasándose a denominar *Solanum lycopersicum* L. (Knappet al., 2004).

El tomate es una planta que presenta flores radiales y con cinco estambres. El ovario es súpero, bicarpelar, con numerosos primordios seminales, produciendo bayas polispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano mediano

de la flor. Con la domesticación y cultivo es frecuente observar flores con mayor número de pétalos y sépalos, así como ovarios multiloculares.

Siguiendo a Hunziker (1979), la taxonomía generalmente aceptada es:

- ❖ Clase: *Dicotyledoneas*.
- ❖ Orden: *Solanales (Personatae)*.
- ❖ Familia: *Solanaceae*.
- ❖ Subfamilia: *Solanoideae*.
- ❖ Tribu: *Solaneae*.
- ❖ Género: *Solanum*.
- ❖ Especie: *lycopersicum*.

1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y FISIOLÓGICA

Plantas herbáceas anuales o perennes, autóгамas, de porte erecto y hasta más de 1,5 m de altura, vellosas e inermes. Hojas compuestas imparipinnadas, de 15-45 cm de longitud. Foliolos 5-9 por hoja, ovados u oblongos, de 5-7 cm de longitud, con el borde dentado o lobulado, el ápice agudo y la base oblicua. Pseudoestípulas presentes. Flores con pedicelos de 9-12 mm en cimas escopioideas o racemiformes simples o bífidas. Brácteas ausentes. Cáliz profundamente 5-lobulado. Corola amarilla y de más de 2,5 cm de diámetro. Baya roja, rosada o amarillenta, oblonga, globosa y deprimida o piriforme, de más de 2 cm de diámetro, lampiña y plurilocular. Semillas numerosas, aplanadas y amarillentas. $2n = 24$. Se cultiva por sus frutos que se comen como verdura y en ensalada se utilizan para preparar condimentos, salsas y zumos. Multiplicación por semilla. Tiene preferencia por los ambientes cálidos, con buena iluminación y drenaje, siendo la exposición prolongada a temperaturas inferiores a 10 °C, la escarcha, una iluminación diurna inferior a las 12 horas, un drenaje deficiente o un abonado nitrogenado excesivo parámetros que le afectan negativamente.



Figura 2. Representación de la planta del tomate en “Icones Plantarum Medicinalium” (Joseph Jacobi Plenck, 1788).

1.4 CARACTERES MORFOLÓGICOS

Se trata de un cultivo que puede durar varios años, aunque su cultivo la convierte en anual. Es una planta herbácea con un sistema radicular amplio que desarrolla entre los 50-60 cm de profundidad. Se compone de una raíz principal desde la que parten una gran cantidad de ramificaciones (Nuez, 1995).

1.4.1 EL SISTEMA RADICAL

Tiene como funciones la absorción y el transporte de nutrientes, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo. Está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. Una sección transversal de la raíz principal pone de manifiesto la existencia de tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular.

La epidermis está especializada en la absorción de agua y nutrientes y generalmente tiene pelos absorbentes, que son extensiones tubulares de células epidérmicas. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex, un anillo de tres o cuatro células de espesor, siendo

la capa cortical más interna constituyente de la endodermis, que establece el límite entre la corteza o córtex y el cilindro central o vascular. La capa más externa del cilindro central, que está en contacto con la endodermis es el periciclo, un tejido uniestratificado a partir del cual se forman las raíces secundarias.

Además de las características citadas, debemos destacar que cuando la raíz crece directamente de la semilla sin sufrir trasplantes, desarrolla una potente raíz principal que le permite adaptarse a ecosistemas semidesérticos, pero cuando la raíz principal se daña, como por ejemplo a consecuencia del trasplante, se desarrolla un sistema de raíces laterales adventicias (Nuez, 1995).

1.4.2 EL SISTEMA AÉREO

El sistema aéreo de la planta es el de un simpodio, es decir, los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o a ramas abortivas. El tallo principal forma de 6 a 12 hojas, que crecen lateralmente con una filotaxia de 2/5, antes de que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El crecimiento subsiguiente se produce a partir de la yema axilar de la última hoja, la cual desarrolla un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia (Nuez, 1995).

1.4.3 EL TALLO

El tallo es anguloso y recubierto de una vellosidad perfectamente visible. Muchos de estos pelos son de origen glandular y dotan a la planta de un olor característico. En un principio es de porte erguido, pero cuando alcanza un determinado desarrollo, y debido al peso, se vuelve rastrero.

1.4.4 LAS HOJAS

Las hojas de la planta son compuestas, imparipinnadas con 7 a 9 folíolos y una filotaxia 2/5, siendo una hoja típica de unos 0,5 metros de largo, con algo menos de anchura, un gran folíolo terminal y hasta ocho grandes folíolos laterales que pueden ser compuestos. Los folíolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo, y

son de tipo dorsiventral o bifacial. El envés contiene estomas que facilitan el intercambio gaseoso, siendo escasos en la parte superior (Nuez, 1995).

1.4.5 LAS FLORES

La floración se produce en forma de racimos dispuestos en diferentes pisos. En cada inflorescencia suele haber entre 3 y 10 flores. Son de polinización autógena.

En cuanto a la floración, la diferenciación y desarrollo de la flor constituyen etapas previas a la fructificación, y en consecuencia, todos los factores que afectan a la floración pueden influir sobre la precocidad, rendimiento y calidad de los frutos. Es un proceso complejo, afectado por varios factores entre los que destacan la variedad, la temperatura, la iluminación, la competencia con otros órganos de la planta, la nutrición mineral y los tratamientos con reguladores del crecimiento. El hábito de ramificación de la planta también tiene una influencia determinante sobre la floración, produciéndose ésta de forma prácticamente continuada en los cultivares de crecimiento indeterminado, mientras en los determinados lo hace en una época específica (Nuez, 1995).

1.4.6 EL FRUTO

Se trata de una baya globosa de color rojo en la maduración habitualmente. Estas bayas pueden ser lisas o acostilladas, según las variedades. En el interior de la baya se diferencian claramente los lóculos carpelares que pueden variar de 2 a 30. El tamaño de los frutos también es variable, desde 3 cm de diámetro hasta 16 cm.

Los principales agentes del medio físico, como la temperatura, la luz y la humedad juegan un papel importante en la fecundación y cuajado del fruto: las condiciones óptimas para que se produzcan estos procesos pueden cifrarse en 14 – 17°C durante la noche y 23-25°C durante el día (Maroto, 2002).

1.4.7 LAS SEMILLAS

Las semillas de tomate son grisáceas, con forma de disco y pequeñas. En un gramo puede haber hasta 350 semillas. La capacidad germinativa de estas semillas es de 4 o 5 años.

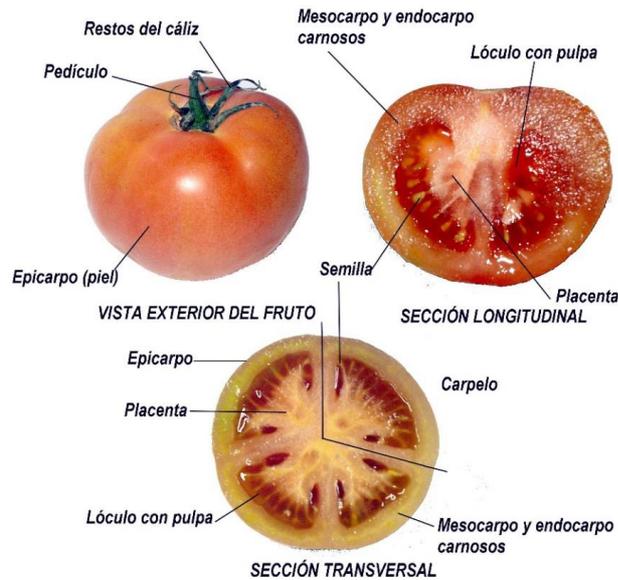


Figura 3. Vista exterior, Sección longitudinal, Sección Transversal del fruto del tomate. Fuente: Universidad Politécnica de Valencia.

1.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE

El tomate es una de las hortalizas más cultivada en todo el mundo y de mayor valor económico (Cuartero, 2001; visto en García-Martínez, 2006). A nivel mundial, la superficie cultivada en los últimos años ha alcanzado casi 5 millones de hectáreas, con una producción media de 176 millones de toneladas y un valor medio de la producción agrícola de 55.000 millones de euros. A nivel europeo, la superficie alcanza las 500 mil hectáreas, la producción media es de 24 millones de toneladas y el valor medio de la producción agrícola de 7.500 millones de euros. A nivel nacional, 62.500 hectáreas cosechadas, 5.200.000 toneladas y 1.519 millones de euros para el valor de la producción agrícola (FAOSTAT, 2019; visto en Cabrera, 2019).

1.5.1 A NIVEL MUNDIAL

Es la hortaliza más importante en muchos países del mundo. Su cultivo está difundido a todos los continentes y en muchos casos representa una de las principales fuentes de vitaminas y minerales para las personas (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995). Se destina principalmente para consumo en fresco, pero también sirve como materia prima para elaborar diversos derivados, como pastas, sopas y deshidratados, entre otros (CORFO, 1986). A su vez, se ha producido un incremento en investigación y mejora del

cultivo del tomate tanto por centros públicos como privados debido a esta importancia económica y social.

En los últimos 10 años hemos visto cómo ha ido incrementando tanto la superficie cultivada como la cantidad de producción, exceptuando un pequeño descenso en la producción entre el año 2009 y el año 2010 (gráfico 1). Y otro descenso esta vez en el área cosechada entre el 2014 y el 2015. A pesar de ello vemos cómo se va aumentando año tras año tanto la producción como el área cosechada.

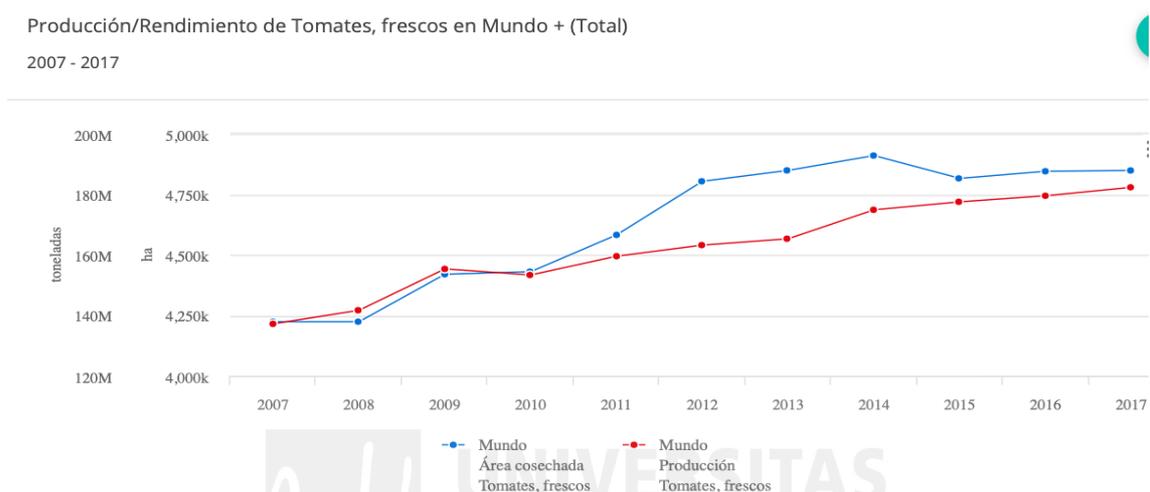


Gráfico 1. Producción y superficie mundial de tomate fresco en el periodo 2007-2017 (Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2017, consultado en noviembre 2019).

El mayor productor a nivel mundial sigue siendo China abarcando un total de casi 60 millones de toneladas y un 1 millón de ha cosechadas, seguido de la India con 20 millones de toneladas. En el tercer lugar tenemos a Turquía con 12 millones, que estos últimos años ha aumentado mucho su producción y ha terminado adelantando a EEUU, situada en la cuarta posición (Tabla 1).

Aunque la producción ha ido en aumento, la superficie empleada para el cultivo ha disminuido, debido a una mejora en las técnicas de cultivo, con lo que resultará un mayor rendimiento, como podemos observar en el gráfico 1.

España participa con el 2,92% de la producción mundial, ocupando el octavo puesto, y con el 21,20% de la producción europea, situándose en el segundo lugar tras Italia (FAOSTAT, 2019)

Tabla 1. Superficie y producción de tomate de los 10 principales países del mundo en el año 2017 (F.A.O. consultado en noviembre de 2019).

POSICIÓN	PAIS	AREA COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (T)
1	CHINA	1.033.276,00	59.626.900,00
2	INDIA	797.000,00	20.708.000,00
3	TURQUIA	187.070,00	12.750.000,00
4	EEUU	126.070,00	10.910.990,00
5	EGIPTO	182.444,00	7.297.108,00
6	IRÁN	153.735,00	6.177.290,00
7	ITALIA	99.750,00	6.015.868,00
8	ESPAÑA	60.852,00	5.163.466,00
9	MÉXICO	92.933,00	4.243.058,00
10	BRASIL	61.534,00	4.230.150,00
TOTAL		2.794.664,00	137.122.830,00

1.5.2 A NIVEL NACIONAL

El tomate es un producto básico de la horticultura española, siendo la hortaliza con mayor superficie cultivada en España. Su producción también se sitúa entre las más altas, destacando que es un cultivo de alto rendimiento, puesto que supera a cultivos con mayor superficie como la patata, las naranjas o los melocotoneros. Exceptuando los cultivos de olivares y viñedos por presentar producciones mayores, el valor de producción del tomate es el mayor de todos los cultivos, lo que indica el alto valor de su producción (Tabla 2).

Tabla 2. Datos de los principales cultivos en España en el año 2016. FAO. FAOSTAT (2019).

Cultivo	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Valor (€)
Tomate	62715	5233542	1.519.347.720
Melón	20686	649767	107.227.384
Lechuga y achicoria	35646	929944	382.645.736
Alcachofa	16045	225619	117.783.336
Patata	72136	2246204	311.383.688
Trigo	2256848	7873135	893.330.328
Maíz	359275	4069508	554.232.008
Naranja	142171	3673915	533.593.104
Limonero	41099	954479	299.273.216
Manzano	30872	621164	220.682.176
Melocotones y nectarinas	85320	1421678	732.961.592
Viñedo	940154	5950719	2.985.058.208
Olivar	2521694	7082550	4.622.216.632

En el Gráfico 2 podemos observar como en los últimos años ha habido una fluctuación bastante considerable, tanto en el área cosechada como en la producción del tomate. Se observa un descenso entre los años 2010 a 2013, en parte debido a la crisis nacional que sufrimos. A partir de 2013 se produce un ascenso hasta el 2016 donde se estabiliza la producción.

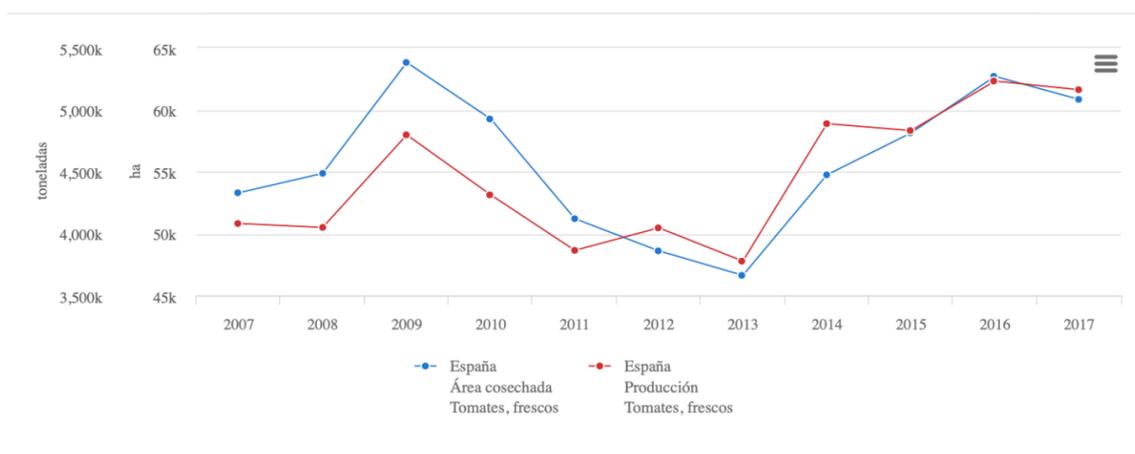


Gráfico 2. Producción nacional de tomate fresco en el periodo 2007-2017. (Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2017, consultado noviembre de 2019).

En España la mayor parte de la producción de tomate en fresco se concentra en Almería, Murcia, Alicante, Valencia y Canarias. En el caso del tomate de industria, se especializan en su producción Navarra, La Rioja, Zaragoza y Extremadura (Nuez, 1995).

Tabla 3. Análisis regional de superficie, rendimiento y producción, 2015. Fuente: Anuario de Estadística MAGRAMA 2016 (consultado en noviembre de 2019).

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)			Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)	
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
ESPAÑA	297	38.257	19.580	58.134	10.119	77.898	94.461	4.832.700
ANDALUCÍA	35	9.354	14.445	23.834	13.014	66.831	96.591	2.020.845
EXTREMADURA	–	22.453	–	22.453	–	87.023	–	1.953.930
R. DE MURCIA	–	–	2.397	2.397	–	–	79.468	190.484
NAVARRA	–	2.009	47	2.056	–	79.631	70.766	163.305
CANARIAS	–	87	889	976	–	43.318	103.117	95.440
GALICIA	–	221	876	1.097	–	60.186	90.421	92.510
CASTILLA-LA MANCHA	3	1.095	30	1.128	15.000	79.579	160.000	91.985
C. VALENCIANA	38	725	480	1.243	8.211	36.307	104.496	76.793
ARAGÓN	21	662	15	698	16.131	74.613	120.667	51.543
CATALUÑA	50	981	155	1.186	5.118	34.441	103.451	50.077
LA RIOJA	–	152	18	170	–	73.000	105.000	12.986
BALEARES	14	214	57	285	7.200	34.800	55.100	10.689
PAÍS VASCO	80	139	75	294	9.669	20.845	51.806	7.556
CASTILLA Y LEÓN	–	115	34	149	–	36.028	75.000	6.693
MADRID	–	22	34	56	–	50.000	120.000	5.180
P. DE ASTURIAS	40	28	28	96	10.000	25.000	45.000	2.360
CANTABRIA	16	–	–	16	20.250	–	–	324

1.6 VARIEDADES TRADICIONALES

Las variedades tradicionales proporcionan un valor añadido adicional, ya que no sólo son producidas localmente, sino que fomentan la biodiversidad y recuperan sabores y tradiciones perdidos ante el auge de los cultivos comerciales. Son el resultado de selección y mejora realizada a lo largo del tiempo por los agricultores para la obtención de semilla para la próxima campaña (García, 1999; Guzmán et al., 2000; Cebolla y Nuez, 2005).

La adaptación a la zona de cultivo, la adecuación a los ámbitos de consumo y otros aspectos relacionados con las características organolépticas, han sido fundamentalmente los criterios de selección, obteniendo así, a través del tiempo grupos varietales

especialmente adaptados a cada ambiente y con productos muy apreciados en los mercados a los que se destinaban (García-Martínez, 2006).

Las principales características de estas variedades tradicionales son:

- ❖ La ubicación geográfica determinada que hace referencia a la pertenencia a una zona geográfica delimitada (Almekinders et al., 1994).
- ❖ Heterogeneidad. Una de las características más importantes de las variedades tradicionales, es su considerable variación de fenotipo, si se comparan con las variedades comerciales (Amurrio et al., 1993).
- ❖ Selección local de los agricultores. Estas variedades no son algo estático, sino que presentan una diversidad y un dinamismo que, bajo la presión del hombre y la naturaleza, han evolucionado en el tiempo (Hawtin et al., 1996).

A partir de la segunda mitad de siglo XX, con la llamada Revolución Verde, las variedades tradicionales se fueron sustituyendo paulatinamente debido a la llegada al mercado de las semillas híbridas, conseguidas mediante la selección genética para la obtención de variedades de alto rendimiento, más asociadas estas a la explotación intensiva (Ceccon, 2008).

Los parámetros que han primado la selección de semillas para el cultivo de tomate han sido fundamentalmente los de resistencia, productividad y alargamiento de la vida comercial de los frutos, obteniéndose así variedades comerciales de diseño (Martínez-Carrasco et al., 2012). Estas variedades han desplazado el cultivo de variedades tradicionales locales al ser menos rentables para los agricultores, poniendo en peligro su conservación y, por ende, la biodiversidad de los ecosistemas agrarios.

La búsqueda de uniformidad en los mercados agrarios, la desaparición de las pequeñas unidades de autoconsumo, la exclusiva comercialización de las casas de semillas y el número reducido de especies que le reportan beneficios, también ha ayudado al desplazamiento de las variedades tradicionales (Nuez y Ruiz, 1999).

Todos estos factores han influido en gran medida en que las variedades tradicionales puedan desaparecer en un futuro próximo, debido a las desventajas que suponen frente a las nuevas variedades tanto para el agricultor como para el consumidor y el mercado.

En el sureste español se encuentran presentes diversas variedades tradicionales de tomate, como el “Muchamiel” de Alicante, el “De la pera” y “Cherry” de la Vega Baja

del Segura, el “Tres cantos” de Elche, el “Valenciano”, los “tomates morunos”, o el “Flor de Baladre” de Murcia.

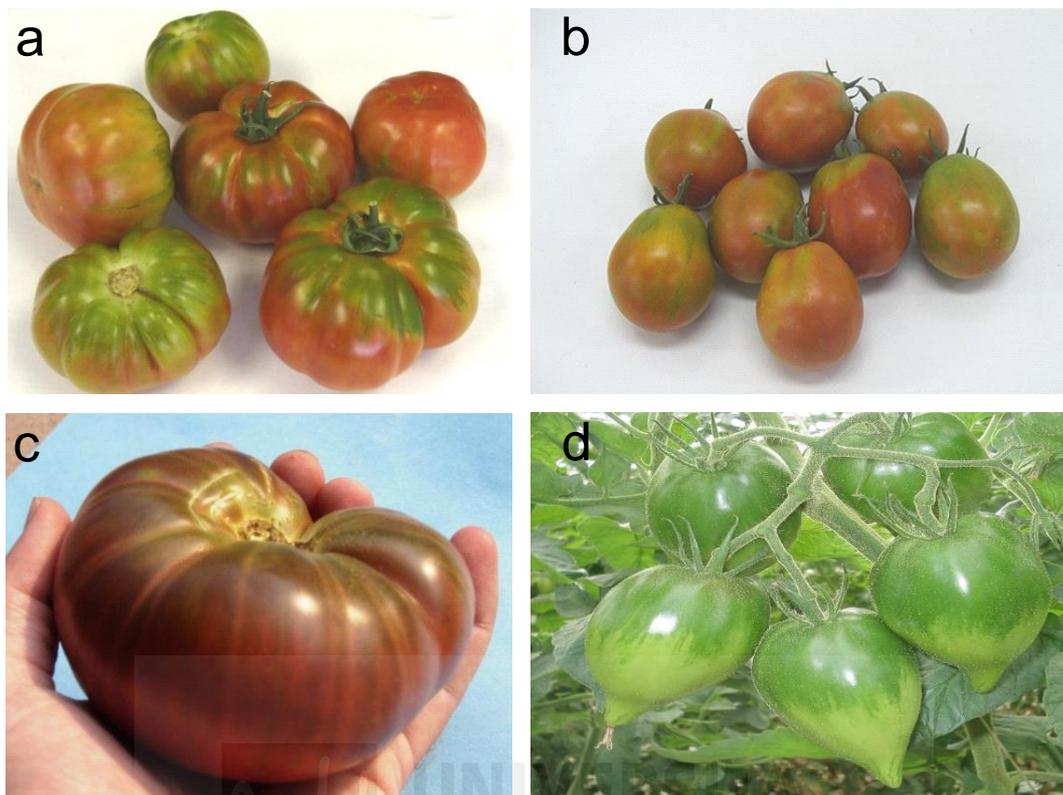


Figura 4. Frutos de las variedades tradicionales Muchamiel (a), De la pera (b), Morunos (c) y Valencianos (d).

1.6.1 EL TOMATE MUCHAMIEL

El tomate Muchamiel es una de las variedades más emblemáticas y reconocidas en la provincia de Alicante de donde es originaria, concretamente de la localidad de Muchamiel, aunque su cultivo se ha ido abandonando por la susceptibilidad a distintos tipos de virus. Se trata de una variedad tradicional local, por tanto, su nombre es conocido en prácticamente toda España. Es muy posiblemente la variedad tradicional de tomate más conocida, muy apreciada por su calidad organoléptica.

No existe un único tipo de tomate Muchamiel, sino que hay ligeras variantes que mantienen cierta diversidad, como consecuencia lógica de haber sido seleccionada por los agricultores durante muchos años. El tipo varietal “Muchamiel” está formado por un conjunto de variedades tradicionales de tomate que tienen el fruto grande, aplastado, más o menos rizado (Figura 4), que se cultivan fundamentalmente en Alicante, Valencia y Murcia.



Figura 5. Frutos del tipo varietal Muchamiel en el estado de maduración óptimo de consumo, con distintas formas y colores: muy fasciada (A), arriñonados (B), redondeados (C), aperados (D) y rosados (E).

Su sabor es suave y su textura muy agradable, algunos catadores expertos describen el tomate Muchamiel como de textura “melosa”. A diferencia de las actuales variedades híbridas de tomate, suele presentar una zona blanca en el centro, o “corazón”, lo cual puede suponer un inconveniente para algunos consumidores.

Su principal uso es el consumo en fresco, y tienen unas excepcionales características organolépticas. Sin embargo, son sensibles a todas las virosis que afectan al tomate, lo que hace prácticamente imposible su cultivo.

1.7 UTILIZACIÓN DEL INJERTO EN TOMATE

El injerto es una estrategia válida para mejorar el comportamiento de distintas variedades (tanto tradicionales como comerciales e híbridos F1), al conferir una mayor

adaptación o resistencia a diferentes estreses, tanto bióticos como abióticos (Kumar et al., 2017). El injerto de plantas herbáceas, entre ellas el tomate, se ha convertido en una herramienta potencial para aumentar la producción, especialmente en condiciones de cultivo intensivo (Lee et al., 2010). El injerto comercial de tomate se inició a principios de la década de 1960 (Lee y Oda, 2003), con la intención de convertirse en una alternativa al bromuro de metilo para el control de patógenos transmitidos por el suelo en sistemas de cultivo protegidos (Louws et al., 2010; Rivard et al., 2010; McAvoy et al., 2012). En los últimos años, el potencial del injerto también se ha explotado para tratar los estreses abióticos como la salinidad (Cuartero et al., 2006; Colla et al., 2010, 2013), estrés por baja (Venema et al., 2008) y alta temperatura (Abdelmageed y Gruda, 2009), estrés hídrico (Sanchez-Rodríguez et al., 2013; Bhatt et al., 2015), metales pesados (Kumar et al., 2015), así como para mejorar la eficiencia en el uso del agua (Cohen y Naor, 2002; Kumar et al., 2017), la absorción de nutrientes (Goto et al., 2013), rendimiento de fruto (Turhan et al., 2011), y calidad (Kacjan-Marsic y Osvald, 2004; Flores et al., 2010).

En varios trabajos se ha estudiado el efecto del injerto sobre caracteres productivos y de calidad en tomate. Kumar et al. (2015) demostró que el injerto tenía un efecto positivo en el color del fruto, su forma, la acidez valorable, el contenido de sólidos solubles y de materia seca. Turhan et al. (2011) encontró que el injerto no afectaba al contenido de licopeno ni al pH, pero que reducía el contenido de sólidos solubles, vitamina C y acidez. Vrcek et al. (2011) también encontró que el injerto redujo el contenido de vitamina C, la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos totales. Por lo tanto, el objetivo del injerto en tomate es reducir la susceptibilidad a diversos estreses abióticos y bióticos y mejorar la producción sin ningún deterioro de calidad ni nutricional.

También se debe tener en cuenta el aspecto económico del injerto, pues supone un incremento del coste. Barrett et al. (2012) estimaron el coste de producción de una planta injertada (incluyendo semilla, mano de obra y resto de materiales) en 0,78 \$, para pequeñas cantidades. Djidonou et al. (2013) estimaron el coste de una planta injertada en 0,67 \$, frente a 0,15 \$ de una planta no injertada. En un estudio realizado por el World Vegetable Center (Taiwan) en Vietnam se demostró que el incremento de coste que supone el injerto fue compensado por el aumento de rendimiento (Genova et al., 2013). En España, a nivel comercial, el injerto supone un incremento de coste próximo

a los 0,30 € por planta. El precio final de la planta injertada puede oscilar entre 0,35 € y 0,70 € por planta, en función de la cantidad y de la variedad injertada. Entre los costes variables asociados a la planta injertada, el de la mano de obra es el más importante, y el que más puede variar en diferentes países. En países desarrollados el injerto se utiliza principalmente en cultivos intensivos bajo invernadero, mientras que en países con salarios menores también se utiliza en cultivos al aire libre (Lewis y Kubota, 2014).

1.8 PROGRAMA DE LA MEJORA GENÉTICA DE LA EPSO-UMH

La mejora genética vegetal se puede definir como ciencia y tecnología destinada a producir nuevos cultivares cambiando su genotipo, y mejorándolo para un determinado medio según las necesidades y aprovechamientos para los que vayan destinados de acuerdo con las necesidades del hombre (Frankel, 1958).

Según Hoyos *et al.*, (2005), los caracteres importantes para la mejora del tomate en fresco se pueden clasificar en:

- ❖ Aumento de la producción.
- ❖ Resistencia a estreses bióticos: plagas y enfermedades.
- ❖ Tolerancia a estreses abióticos: condiciones ambientales adversas.
- ❖ Arquitectura de la planta adecuada al tipo de cultivo, recolección, etc.
- ❖ Calidad del fruto: externa (forma, tamaño, color, ausencia de fisiopatías) e interna (dureza, sabor, aroma, compuestos saludables).

La mejora genética de variedades es esencialmente una selección de plantas escogidas dentro de una población en la cual existe variabilidad, es decir, la mejora sólo es posible debido a la existencia de variabilidad.

La baja variabilidad genética del tomate es un serio problema para su mejora genética, que se puede solucionar con el uso de especies silvestres incluyendo los ancestros de los cultivos y aquellas más alejadas filogenéticamente. Estas proveen a los mejoradores de plantas de una amplia reserva de genes potencialmente útiles. El valor agronómico prácticamente nulo de estas especies ha propiciado el aprovechamiento de genes mayores capaces de manifestar su efecto de forma clara y completa, eliminando el fondo genético no deseable por métodos de retrocruzamiento.

Históricamente los genes más utilizados han sido los de resistencia a enfermedades, sobre todo los dominantes. Según Hajjar y Hodgkin (2007) hasta el 80% de las especies silvestres utilizadas en mejora, son utilizadas por sus resistencias a plagas y enfermedades.

En 1998 empezó en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández un programa de mejora para la introducción de genes de resistencia a las tres virosis más importantes que afectan al cultivo del tomate en el sureste español: ToMV, TSWV y TYLCV. El método elegido fue una introgresión asistida por marcadores moleculares. Las etapas que comprende este programa de mejora son las siguientes:

- ❖ Caracterización agronómica de las variedades tradicionales y de la fuente de resistencia.
- ❖ Realización de cruzamientos.
- ❖ Realización de retrocruzamientos.
- ❖ Fijación de los genes de resistencia.
- ❖ Selección de las mejores líneas.
- ❖ Inscripción en el registro de variedades.

Se han empleado marcadores moleculares para la selección precoz de individuos portadores de todos los genes de interés. En las distintas generaciones de retrocruzamiento se han empleado de forma complementaria la selección genotípica, mediante marcadores, y la selección fenotípica. Esta selección fenotípica se realiza para obtener, entre las plantas portadoras de los genes de interés (según los marcadores empleados) aquellas que no manifiesten síntomas de la virosis y que tengan mejores características de cuajado, tamaño de fruto, uniformidad, producción, etc. Ambas técnicas no son excluyentes, habiéndose confirmado que el resultado óptimo se obtiene empleando una combinación de las dos técnicas (García-García P., 2004).

El Registro de Variedades Protegidas se creó para proteger los derechos del obtentor. En el pasado, las variedades vegetales se obtenían por los propios agricultores y se transmitían de generación en generación, sin ningún problema. Pero ya en nuestros tiempos la obtención de nuevas variedades fue obra de técnicos especializados,

normalmente trabajando para empresas de producción de semillas. El hecho de que un competidor desleal se apropiara de las líneas de otro obtentor ha sido una realidad, lo que propició el desarrollo de una legislación sobre esta materia, elaborada en los países desarrollados durante la segunda mitad del siglo XX (Cubero, 2003). En 2011 se iniciaron los trámites para la inscripción en los Registros de Variedades Comerciales y Protegidas de las primeras obtenciones del Programa de Mejora.

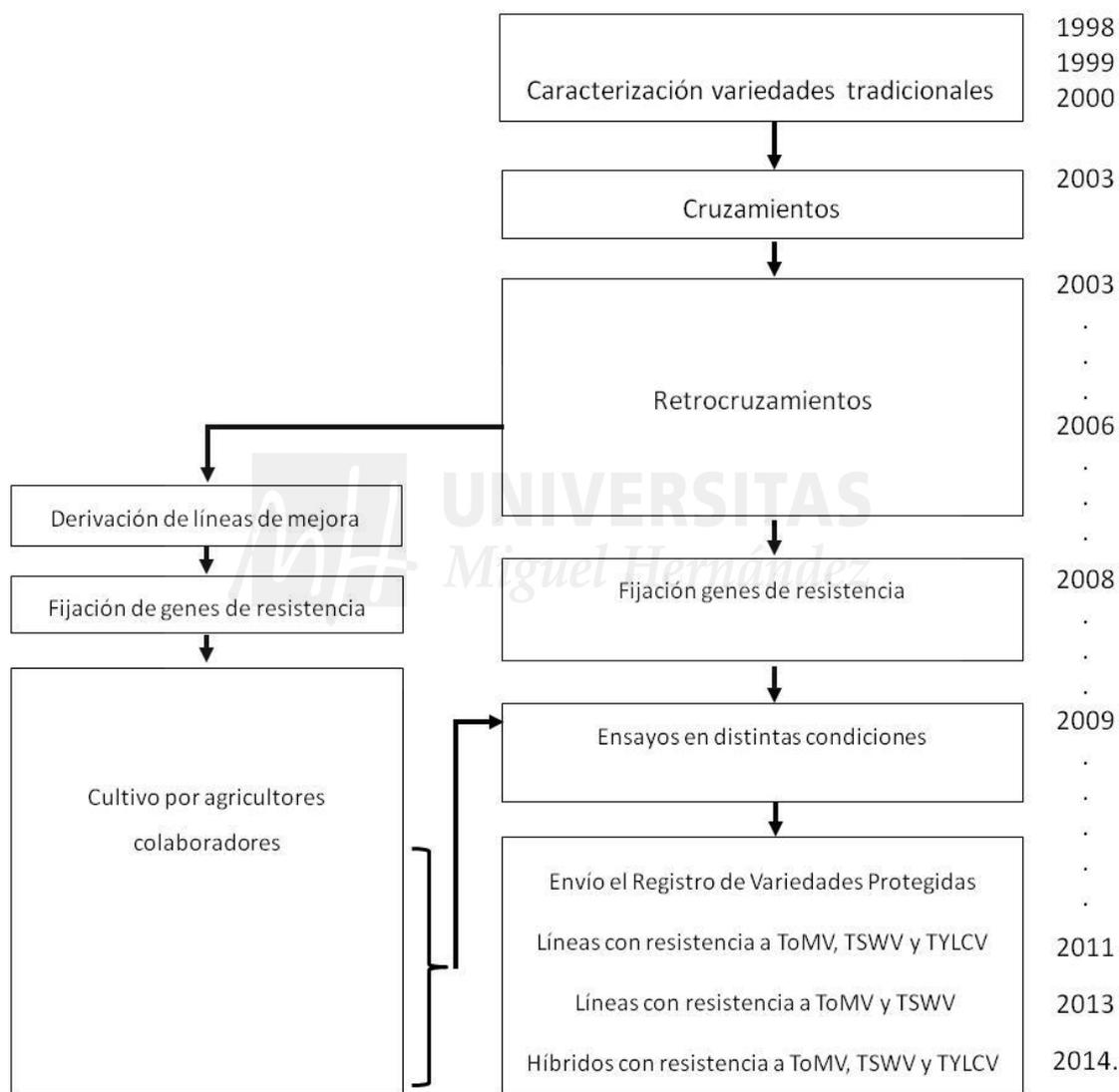


Figura 6. Esquema con las etapas del programa de mejora.

En 2013 se concedieron los primeros Títulos de Obtención Vegetal (TOV) de líneas procedentes del programa de mejora de la EPSO-UMH, las líneas UMH 1200 (tipo Muchamiel) y UMH 1203 (tipo De la pera), ambas con resistencia en homocigosis a los

3 virus (Tabla 4). También se han obtenido líneas de mejora sólo con resistencia a ToMV y TSWV (y por lo tanto sin resistencia a TYLCV), así como con resistencia sólo a ToMV, cuyos TOV fueron concedidos en 2017. También se han desarrollado híbridos, con resistencia a los tres virus en heterocigosis.

Tabla 4. Líneas de mejora inscritas en el Registro de Variedades Protegidas, con su genotipo para los tres genes de resistencia a virus.

Tipo varietal	Línea	Resistencias	Envío	Obtención Título
		ToMV-TYLCV-TSWV		
Mucha miel	UMH 1200	RR-RR-RR	2011	2013
Muchamiel	UMH 1139	RR-ss-RR	2013	2017
Muchamiel	UMH 1101xIF	Rs-Rs-Rs	2014	2017
De la pera	UMH 1203	RR-RR-RR	2011	2013
De la pera	UMH 1422	RR-ss-ss	2013	2017
De la pera	UMH 1415	RR-ss-RR	2013	2017
De la pera	UMH 1353	RR-ss-RR	2013	2017
De la pera	UMH 1354	RR-ss-RR	2013	2017
De la pera moreno	UMH 1209	RR-RR-RR	2015	2018
Cherry	UMH 1400	RR-RR-RR	2015	2018
Cherry	UMH 1401	RR-ss-RR	2015	2018
Cherry	UMH 1402	RR-ss-RR	2015	2018
Híbrido	UMH 1200xBFT	Rs-Rs-Rs	2017	-
Híbrido	UMH 1200x Costo	Rs-Rs-Rs	2017	-

1.8.1 EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE LA RESISTENCIA GENÉTICA A VIRUS

En los programas de mejora, las especies silvestres son prácticamente la única fuente de resistencia a plagas y enfermedades. El uso de material, de especies silvestres relacionadas con el tomate, para mejorar una variedad puede estar dificultado por la basura de ligamiento, por genes indeseables que se transfieren junto al gen de interés (Figura 7).

En un programa de retrocruzamiento es muy difícil conseguir recuperar todo el genoma de la variedad, por lo que suele quedar genoma del parental que tiene la característica de interés además del gen de interés. A este fragmento de cromosoma

introducido que no es el gen de interés se le denomina carga o basura de ligamiento. En ese resto del fragmento puede haber genes que no afecten al comportamiento agronómico de la planta, pero también puede haber genes que tengan un efecto negativo sobre alguna o algunas características de interés. El número de genes que no son de interés y que pueden tener efectos desfavorables depende del tamaño del fragmento (Figura 7).

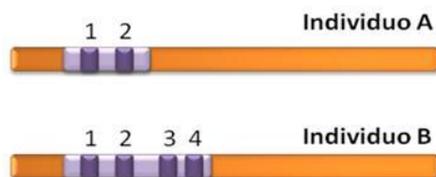


Figura 7. Representación de los fragmentos introgresados (en color morado) en dos individuos (cuyo genoma aparece en naranja). Los números corresponden a distintos genes, y en ambos casos el gen de interés es el número 1. Los restantes genes no son de interés, y en alguna ocasión pueden tener efecto desfavorable.

Hay varios trabajos donde se ha comprobado el efecto negativo de la introducción de genes procedentes de especies silvestres relacionadas con el tomate cultivado. Tanksley et al. (1998) observaron leves reducciones en producción y calidad asociadas a la introducción de resistencia a ToMV en tomate. Brouwer and St.Clair (2004) encontraron que el fragmento de cromosoma de la especie *S. hirsutum* que confiere resistencia a *Phytophthora infestans* contenía alelos perjudiciales en caracteres agronómicos importantes. Más recientemente, Verlaan et al. (2011) demostraron que en gran parte del cromosoma 6 de *S.chilense* (donde se encontró el gen *Ty-1*, que confiere resistencia a TYLCV) la recombinación con el tomate cultivado es muy baja, debido a dos reordenaciones cromosómicas ocurridas en *S.chilense*. Este hecho dificultaría la eliminación del cromosoma de la especie silvestre durante los retrocruzamientos.

En varios trabajos del Grupo de Biodiversidad Agrícola y Mejora Genética de Variedades de la UMH se ha observado el efecto negativo de la introducción de resistencia a TYLCV sobre caracteres productivos y de calidad. Las líneas Muchamiel UMH 1200 y De la pera UMH 1203 son homocigotas a los tres virus, y pueden sufrir una reducción considerablemente la producción (hasta el 40%), especialmente en ausencia de TYLCV, que se puede conseguir en cultivo en invernadero. Rubio et al. (2016) estudió el efecto de la introducción simultánea de los genes de resistencia a ToMV, TSWV y

TYLCV, siendo este último el que tenía un mayor efecto negativo, tanto en caracteres productivos como de calidad.

Para intentar superar este inconveniente se han obtenido líneas sin resistencia a TYLCV, como se indicó en la tabla anterior. Estas líneas sin resistencia a TYLCV pueden ser interesantes para su cultivo en ausencia del virus, condiciones que se pueden conseguir en invernadero con un control adecuado, especialmente en el ciclo de primavera, en el que la incidencia de TYLCV es menor (García-Martínez et al., 2014; García-Martínez et al., 2015; García-Martínez et al., 2016).

La mayoría de las líneas de mejora tienen los genes de resistencia en homocigosis, por lo que las semillas que se obtienen de esas plantas son iguales, y pueden ser cultivadas por los agricultores año tras año, siempre que se haga una buena selección.

1.9 LINEA EN LA QUE SE ENGLORA ESTE TRABAJO

Otra alternativa para reducir el efecto negativo de la introducción en homocigosis de la resistencia genética (fundamentalmente a TYLCV) es el desarrollo de híbridos, que tienen la resistencia en heterocigosis. Como se ha comentado anteriormente, en el programa de mejora se han obtenido algunos híbridos, y algunos de ellos están registrados o en proceso.

Los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18 son dos de los híbridos Muchamiel más prometedores. Como sus características morfológicas, productivas y resistencias genéticas a virus son similares, se debe elegir uno de ellos para enviar al Registro de Variedades Comerciales. Este TFG forma parte de la serie de ensayos que se están realizando para decidir el que finalmente se enviará.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- Comprobar el efecto del injerto en dos patrones comerciales de varias líneas de tomate Muchamiel.
- Comparar los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18, para ayudar a decidir cuál de los dos se enviará al Registro de Variedades Comerciales.

Para ello se estudiarán varios caracteres agronómicos (producción total, peso medio de los frutos y número de frutos por planta) y de calidad (contenido de sólidos solubles y acidez).



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL VEGETAL UTILIZADO

En el ensayo se han estudiado dos híbridos, una línea de mejora y la variedad tradicional comercial Muchamiel de Batlle. La línea de mejora y los dos híbridos proceden del programa de mejora de la EPSO (Tabla 5).

Tabla 5. Genotipo de las variedades tradicionales y líneas estudiadas, para los 3 genes de resistencia introducidos.

Variedad-Línea	Gen de resistencia		
	<i>Tm-2^a</i>	<i>Ty-1</i>	<i>Sw-5</i>
UMH1200	RR	RR	RR
UMH1200x4	Rs	Rs	Rs
UMH1200x18	Rs	Rs	Rs
Batlle	ss	ss	ss

Se utilizaron los patrones comerciales Beaufort y Maxifort, ambos de De Ruiters. Por un lado, tenemos el patrón comercial Beaufort con más de 20 años siendo el líder en el segmento de vigor moderado, recomendado para especialidades cherries, ciclos medios-cortos y en condiciones que no se necesite un vigor extra. Su gran adaptabilidad que hemos visto a lo largo de su historia hace que Beaufort sea una apuesta segura debido a su fácil manejo y gran resultado en el campo.

Por otro lado, tenemos el patrón Maxifort que es un patrón con un vigor superior con alto potencial productivo y es un patrón que responde en condiciones de estrés del cultivo. Maxifort es el patrón más vendido en todo el mundo, con su extra de vigor conseguimos la máxima producción en ciclos largos. En cultivos de verano nos aporta esa masa foliar necesaria para aguantar las altas temperaturas sin tener una disminución de calibre ni de producción.



Figura 8. Diferentes vigores según el patrón utilizado.

3.2 MÉTODOS DE CULTIVO

Todas las plantas se cultivaron en las mismas condiciones en un invernadero de malla de la EPSO-UMH.

3.2.1 INSTALACIONES

El cultivo se realizó en un invernadero de malla, también llamado invernadero cortavientos, multicapilla. La malla es de monofilamento trascartado de densidad 6 x 9 o 10 x 16, según la zona, y un faldón perimetral de plástico 800 galgas (Figura 9). Sus dimensiones son las siguientes: 26 m de ancho, 36 m de profundidad, 4 m de altura hasta el canal, y 5 m hasta la cumbre.



Figura 9. Invernadero utilizado en el ensayo.

3.3 PRÁCTICAS DE CULTIVO

3.3.1 SEMILLERO

La siembra se realizó en los Semilleros José y Belem, empresa situada en Albuera (Alicante). Se utilizaron bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos. El sustrato empleado en los diferentes semilleros fue turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes.

3.3.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO.

El suelo se desinfectó utilizando metam-sodio, tres meses antes del trasplante. Se aplicaron 2,5 kg/m² de estiércol comercial de oveja, en pellet, de fondo. Antes de realizar el trasplante, se realizó una labor de subsolador y otra de fresadora. Se utilizó acolchado con plástico negro, para reducir el desarrollo de malas hierbas y mantener la humedad del suelo.

3.3.3 TRASPLANTE.

El trasplante se realizó cuando las plántulas tenían 40-45 días, con la ayuda de un plantador “tipo pato”.

3.3.4 MARCO DE PLANTACIÓN

Las plantas se dispusieron en 2 filas pareadas, separadas 50 cm. Dichas filas tenían 2 metros de separación entre ejes, y la separación entre plantas era de 0,4 metros en las plantas sin injertar, y de 0,8 metros en las plantas injertadas, con lo que se obtiene una densidad de 2,5 plantas/m² en las plantas sin injertar y de 1,25 plantas/m² en las plantas injertadas (Figura 10). En ambos casos se obtienen 2,5 tallos/m².



Figura 10. Imagen de las plantas del ensayo.

3.3.5 ENTUTORADO Y PODA

Para su entutorado se emplearon hilos de rafia, sujetos al emparrillado de alambre de la parte superior de la estructura. Para sujetar el tallo al hilo de rafia se emplean anillas de plástico (Figura 11).

El sistema de poda elegido en todas condiciones fue el de una guía o tallo para las plantas sin injertar, y a dos tallos para las plantas injertadas. Esta es la práctica más habitual. Los brotes laterales (o axilares) se eliminaban cada 10-12 días.

Para no transmitir el virus del mosaico del tomate entre las plantas de las variedades tradicionales, que son sensibles, los cuchillos se limpiaban con lejía frecuentemente.



Figura 11. Entutorado de las plantas utilizado en este ensayo.

3.3.6 FERTIRRIGACIÓN

El agua de riego utilizada en la EPSO en el cultivo procede del río Segura, y es almacenada en la balsa de la finca. Se ha utilizado riego localizado por goteo. Los emisores son autocompensantes, y tienen un caudal de 1,6 l/h.

El riego variaba en función de la fase de desarrollo de cultivo, al igual que la fertilización, distinguiéndose 3 fases:

- ❖ Fase 1: Desde la plantación hasta la aparición del tercer racimo floral.
- ❖ Fase 2: Final de la fase 1 hasta el viraje de color de los primeros frutos.
- ❖ Fase 3: Final de la fase 3 hasta el final del cultivo.

La fórmula de abonado durante el cultivo fue la siguiente:

$375 \text{ N} - 225 \text{ P}_2\text{O}_5 - 550 \text{ K}_2\text{O} - 190 \text{ CaO}$.

La distribución de estas unidades fertilizantes a lo largo del cultivo siguió las siguientes proporciones:

Fase 1: $1 \text{ N} - 2 \text{ P}_2\text{O}_5 - 1 \text{ K}_2\text{O} - 1 \text{ CaO}$.

Fase 2: $1 \text{ N} - 1 \text{ P}_2\text{O}_5 - 1 \text{ K}_2\text{O} - 1 \text{ CaO}$.

Fase 3: $1 \text{ N} - 0.3 \text{ P}_2\text{O}_5 - 2 \text{ K}_2\text{O} - 1 \text{ CaO}$.

Para cubrir las necesidades de micronutrientes durante el cultivo se aportaron

distintos productos, que aparecen en la tabla 6.

Durante el cultivo se aumentó la conductividad eléctrica de la solución de riego con NaCl, de forma gradual, desde 2 dS/m hasta 6 dS/m al final del cultivo.

Tabla 6. Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo.

NOMBRE COMERCIAL	ELEMENTOS NUTRICIONALES
SIAPTON	Aminoácidos 7,9 %
AGROSTIM	AATC (ácido N-acetil-4-triazolidin carboxílico) 5% + Ácido fólico 0,1% p/v
PITCA	Calcio 6%
ISABION Riego	N 5,7% + P 5,4% + K 7% + Aminoácidos 6%
BROTOMAX	N, P, K (5-0-0) Urea, Cobre (1,75%), Manganeso (0,75%), Zinc (0,5%)

3.3.7 TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

Se realizaban tratamientos cada 10-15 días. Las plagas y enfermedades con mayor incidencia durante el ensayo fueron trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tuta (*Tuta absoluta*). Al final del cultivo apareció vasates (*Aculops lycopersici*) en algunas plantas.

Para el control de la Tuta se llevaron a cabo tratamientos semanales utilizando siempre *Bacillus thuringiensis* más otro producto. Los productos utilizados aparecen en la tabla 7.

Tabla 7. Productos utilizados durante la fase del cultivo.

Nombre Comercial	Materia Activa
Aphox	Pirimicarb 50% [WG] p/p
Bacillus B-Tec 32	<i>Bacillusthuringiensis</i>
Bravo 50 SC	Clortalonil 50% p/v
Cal Ex Avance	Abamectina
Costar	Bacillus thuringiensis 18% w/w
DoamMojante	Alcohol Isotrideciloetoxilado 20%
Doryoku	Etoxazol 11% [SC] p/v
Eradiocoat	Maltodextrina 59,8% p/v
Feromona <i>Tuta absoluta</i>	Feromona
Kumulus DF	Azufre 80%
Movento O-Teq	Spirotetramat 15% p/v
Oberon	Spiromesifen 24% p/v
Reldan	Metil clorpirifos 22,4 % p/v
Ridomil Gold MZ Pepite	Mancozeb 64% p/p + Metalaxyl-M 3.9% p/p
Rufast Avance	Acrinatrín 7.5% p/v
Voliam targo	Abamectina 1,8 % + Clorantraniliprole 4,5 % [SC] p/v

3.3.8 ESTADO SANITARIO DURANTE EL ENSAYO

Durante el ensayo no se detectaron plantas con síntomas de ToMV ni TSWV. Sin embargo, sí que se detectaron 2 plantas de la variedad comercial Batlle con síntomas de TYLCV, que no se analizaron.

Durante la fase de recolección se detectaron algunas plantas con síntomas de vasates, que sí fueron analizadas.

3.3.9 RECOLECCIÓN

Se realizaba la recolección de los frutos semanalmente, cuando los frutos tenían al menos la mitad de la superficie de color rojo, estado en el que se pueden consumir sin ningún problema.

3.4 PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

En la tabla 8 aparecen las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes del cultivo, así como las 6 recolecciones que se llevaron a cabo en las distintas instalaciones.

Tabla 8. Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo.

Tarea	Fecha
Siembra	15/02/2019
Trasplante	27/03/2019
Entutorado	16/04/2019
1ª recolección	30/06/2019
2ª recolección	5/07/2019
3ª recolección	12/07/2019
4ª recolección	19/07/2019
6ª recolección	26/07/2019
Medida sólidos solubles y acidez	23/10/2019 al 13/11/2019

3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

En los ensayos de la EPSO se dispusieron 4 repeticiones, 2 en la orientación Norte y dos en Sur, de 4 a 5 plantas cada una (Figura 12). Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.

		368 TRADI x 4 A	368 TRADI x 18 A	Boludo A	1139 B	
		1200 x 4 Maxi C	BATTLE Beau C	1200 Beau D	1200 D	
		BATTLE Beau A	1200x4 Maxi A	1200 C	1200 Beau B	
		1200x18 Beau B	1200x4 Beau B	BATTLE D	1200x4 D	
		1200x4 Beau A	1200x18 Beau A	1200x4 C	BATTLE B	
		1200x18 Maxi C	1200 Maxi C	BATTLE Maxi D	BATTLE Beau D	
		1200 Maxi A	1200x18 Maxi A	BATTLE Beau B	BATTLE Maxi B	
		1139 D	BATTLE C	1200x18 Beau D	1200x18 D	
		BATTLE A	1139 B	1200x18 C	1200x18 Beau C	
		BATTLE Maxi C	1200x4 B	1200x18 Maxi D	1200x4 Maxi D	
		1200x4 A	BATTLE Maxi A	1200 x4 Maxi B	1200x18 Maxi B	
		1200 Beau C	1200x18 B	1200 Maxi D	1200x4 Beau D	
		1200 x 18 A	1200 Beau A	1200x4 Beau C	1200 Maxi B	
		Orone C	163 x Orone C	Orone D	163 x Orone D	

Figura 12. Esquema de la disposición de líneas estudiadas. Las casillas en gris corresponden a las plantas utilizadas como borde. Las casillas en azul corresponden a otros ensayos que se estaban realizando en paralelo.

3.5 CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO

3.5.1. CARACTERES PRODUCTIVOS

3.5.1.1. PRODUCCIÓN TOTAL

Se calculó como la suma de todos frutos recolectados de cada planta, expresándose en g/planta.

3.5.1.2. PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO

Se calculó como la media de todos los frutos recolectados. Las medidas fueron tomadas en gramos, sin decimales.

3.5.1.3. NÚMERO DE FRUTOS TOTAL POR PLANTA

Se contabilizaron uno a uno los frutos de cada planta después de cada recolección, anotando el número de frutos y su fecha de recogida.

3.5.2 CARACTERES DE CALIDAD

3.5.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES

Los valores de sólidos solubles y acidez vienen determinados por el estado de maduración de los frutos, por lo que es muy importante que los frutos analizados tengan

un estado de maduración lo más homogéneo posible. Por lo que, tras la recolección se seleccionaban frutos completamente maduros (Figura 13), lo más homogéneos posibles en cuanto a maduración de cada línea para medir los sólidos solubles y la acidez en el laboratorio. Para cada una de las repeticiones de cada línea y orientación, se seleccionaron 4 muestras compuestas por 3-4 frutos, que se cortaban en trozos, para triturarlos con una batidora doméstica.

El triturado se introducía en tubos de 50 ml, etiquetados con el nombre de la línea y la repetición, que se guardaron en un congelador a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su posterior análisis, en octubre de 2019.



Figura 13. Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles del híbrido UMH1200x18.

Para medir el contenido de sólidos solubles y acidez, tras descongelar las muestras, se centrifugaron a 4.000 rpm durante 1 minuto, tras comprobar que el peso de las muestras estaba equilibrado. Se eliminaba la mayor parte de la pulpa, y tras equilibrarlas de nuevo, se volvía a centrifugar a 4.000 rpm durante 6 minutos. El sobrenadante de cada tubo, sin pulpa, se utilizaba para realizar la medida, por duplicado.

Los sólidos solubles están constituidos en su mayor parte por azúcares, los más abundantes son la glucosa y la fructosa que se encuentran en proporciones similares. Los sólidos solubles se midieron con un refractómetro digital Atago (Figura 14), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), por duplicado.



Figura 14. Refractómetro.

3.5.2.2 ACIDEZ.



Este parámetro se analizó a partir del sobrenadante, sin pulpa, obtenido tras la centrifugación, que se ha utilizado también para medir el contenido de sólidos solubles.

La acidez se valoró, por duplicado, con NaOH en concentración de 0,1 N hasta pH 8,01 con un pHmetropHmatic 23 CRISON (Figura 15), expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco.



Figura 15. pHmetropHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.

3.6 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de la varianza multifactorial, con los factores línea (UMH1200, UMH1200x4, UMH1200x18 y Batlle) y patrón (Maxifort, Beaufort y sin injertar). Si se encuentran diferencias significativas se aplica un contraste post-hoc de Newman-Keuls para establecer la diferencia significativa entre los valores medios de cada tratamiento. Ambos análisis se realizaron con el programa STATGRAPHICS PLUS versión 3.1 para Windows.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERES PRODUCTIVOS

4.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL

En el análisis de la varianza realizado para la producción total muestra diferencias significativas entre las líneas. No existen diferencias significativas entre los patrones (Tabla 9). La interacción Línea-Patrón es significativa.

Tabla 9. Análisis de la varianza para la producción total de las diferentes líneas injertadas en los distintos patrones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	8,481x10 ⁷	3	2,827x10 ⁷	28,37	<0,0001
Patrón	4,483x10 ⁶	2	2,242x10 ⁶	2,25	0,1083
Interacciones					
Línea-Patrón	1,325x10 ⁷	6	2,209x10 ⁶	2,22	0,0432
Residual	1,893x10 ⁸	190	996545,0		
Total (corregido)	3,052x10 ⁸	201			

Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción. Los valores obtenidos oscilan entre 2,25 kg/tallo para la UMH1200 injertada en Maxifort y casi los 5 kg/tallo para el híbrido UMH1200x4 sin injertar. En la línea UMH1200 no se han encontrado diferencias significativas entre sus patrones, al igual que en el híbrido UMH1200x18 y en la variedad comercial Batlle. Sin embargo, en el híbrido UMH1200x4 sí que se han encontrado diferencias significativas, siendo las plantas sin injertar las que obtienen mayor producción.

Con el patrón Beaufort se encuentran diferencias significativas entre la línea UMH1200 y el híbrido UMH1200x4, obteniendo este último mayor producción. Para el patrón Maxifort se observa únicamente diferencias significativas entre la línea UMH1200x4 con respecto a las demás líneas alcanzando ésta el mayor valor. Por último,

las plantas sin injertar se comportan de forma similar que en Maxifort, siendo de nuevo el híbrido UMH1200x4 el que obtiene una mayor producción.

Los valores obtenidos con las líneas sin injertar en este ensayo han sido ligeramente inferiores en la línea UMH1200 y el híbrido UMH1200x18 y muy similares en el híbrido UMH1200x4, comparándolo con el ensayo de 2018 presentado por Cámara (2019).

Las plantas injertadas en patrones comerciales no han obtenido mayor producción que las plantas sin injertar. Este resultado difiere con el ensayo de Jorge (2011), que sí que se observaron diferencias a favor de los patrones Maxifort y Beaufort, utilizando otras líneas Muchamiel derivadas del programa de mejora de la EPSO.

Comparando los dos híbridos, UMH1200x4 supera en producción a UMH1200x18 sin injertar e injertado en Maxifort, mientras que no se encuentran diferencias significativas con el patrón Beaufort.

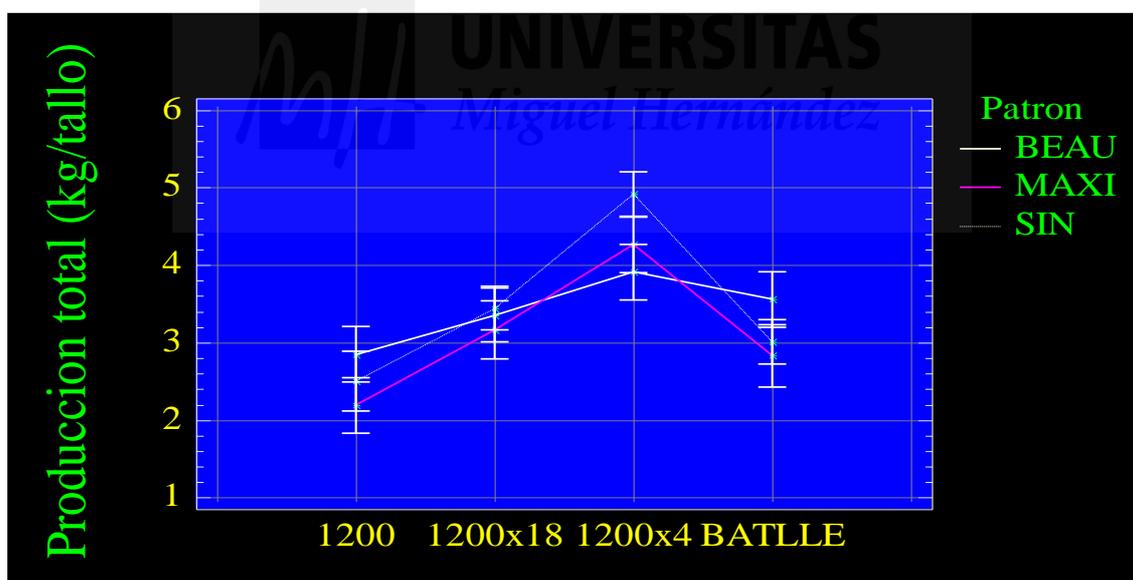


Figura 16. Gráfica de interacción entre la producción total y los patrones utilizados en las distintas líneas estudiadas.

4.1.2. PESO MEDIO DE FRUTOS

El análisis de la varianza para el peso medio de frutos (Tabla 10) muestra que existen diferencias significativas entre las líneas estudiadas, pero no entre los patrones. La interacción entre los factores (línea y patrón) tampoco es significativa.

Tabla 10. Análisis de la varianza para el peso medio de los frutos de las diferentes líneas injertadas en los distintos patrones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	61640,9	3	20547,0	30,00	<0,0001
Patrón	698,29	2	349,145	0,51	0,6015
Interacciones					
Línea-Patrón	7329,58	6	1221,6	1,78	0,1044
Residual	130234,0	190	684,917		
Total (corregido)	201796,0	201			

La interacción no es significativa, por lo que usamos el análisis de rango múltiple. Se observan diferencias significativas entre la variedad comercial Batlle y la línea de mejora UMH1200 entre sí, así como respecto a los dos híbridos UMH1200x18 y UMH1200x4. El mayor peso medio lo presentan los híbridos, el menor la línea, y el intermedio la variedad comercial.

Los valores obtenidos con las líneas sin injertar en este ensayo han sido ligeramente inferiores en la línea UMH1200 y muy similares para los híbridos UMH1200x18 y UMH1200x4, comparándolo con el ensayo de 2018 presentado por Cámara (2019).

Comparando los dos híbridos, UMH1200x4 y UMH1200x18, no se han encontrado diferencias significativas para el peso medio de los frutos.

Por otro lado, no se han encontrado diferencias significativas entre los patrones. Igual que ocurría con la producción, este resultado difiere del obtenido por Jorge (2011), donde si encontró diferencias significativas para el peso medio de los frutos a favor de las plantas injertadas.

Tabla 11: Análisis de rango múltiple para el peso medio de los frutos por líneas y patrones.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (g/fruto)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200	43	108,1	A
	Battle	51	138,2	B
	UMH1200x4	54	151,8	C
	UMH1200x18	54	154,5	C
Patrón	Sin injertar	85	136,0	A
	Beaufort	61	137,8	A
	Maxifort	56	140,7	A

Las medias con la misma letra no difieren entre sí ($p=0,95$).

4.1.3 NÚMERO TOTAL DE FRUTOS

El análisis de la varianza para el número total de frutos (Tabla 12) muestra que existen diferencias significativas entre las líneas estudiadas, pero no entre los diferentes patrones utilizados. La interacción entre los factores (línea y patrón) es significativa.

Tabla 12. Análisis de la varianza para el número total de frutos de las diferentes líneas injertadas en los distintos patrones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	1533,16	3	511,052	9,03	<0,0001
Patrón	325,417	2	162,708	2,87	0,0589
Interacciones					
Línea-Patrón	773,563	6	128,927	2,28	0,0380
Residual	10755,5	190	56,6078		
Total (corregido)	13783,0	201			

Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción. Los valores obtenidos oscilan entre 20 frutos/tallo para la línea UMH1200 y la variedad Batlle, ambas injertadas en Maxifort, y casi los 32,25 frutos/tallo para el híbrido UMH1200x4 sin injertar. En la línea UMH1200 solo se han encontrado diferencias significativas entre las plantas injertadas con Beaufort dando estas un mayor número de frutos por tallo, con respecto a las plantas con el patrón Maxifort, al igual que en la variedad comercial Batlle. En el híbrido UMH1200x4 no hay diferencias significativas entre Maxifort y Beaufort, siendo las plantas sin injertar las que obtienen mayor número de frutos. Para el híbrido UMH1200x18 no se han encontrado diferencias significativas entre los patrones.

Con el patrón Beaufort solo se han encontrado diferencias significativas entre el híbrido UMH1200x18 y el grupo formado por el híbrido UMH1200x4 y la variedad comercial Batlle. No se han encontrado diferencias significativas entre el híbrido UMH1200x4, la variedad comercial Batlle y la línea UMH1200. Para las plantas sin injertar y las injertadas en Maxifort se observa diferencias significativas entre el híbrido UMH1200x4 y el resto de las líneas, obteniendo el híbrido UMH1200x4 el mayor número de frutos por tallo.

Los valores obtenidos con las líneas sin injertar en este ensayo han sido ligeramente superiores en el híbrido UMH1200x4, inferiores para el híbrido UMH1200x18 y la línea UMH1200, comparándolo con el ensayo de 2018 presentado por Cámara (2019).

Las plantas injertadas en patrones comerciales no han obtenido un mayor número de frutos por tallo que las plantas sin injertar. Este resultado coincide con el ensayo de Jorge (2011), en el que tampoco se observaron diferencias a favor de los patrones Maxifort y Beaufort, utilizando otras líneas Muchamiel derivadas del programa de mejora de la EPSO.

Comparando los dos híbridos, UMH1200x4 supera en número de frutos recolectados por tallo a UMH1200x18 sin injertar e injertado en Beaufort, mientras que no se encuentran diferencias significativas con el patrón Maxifort.

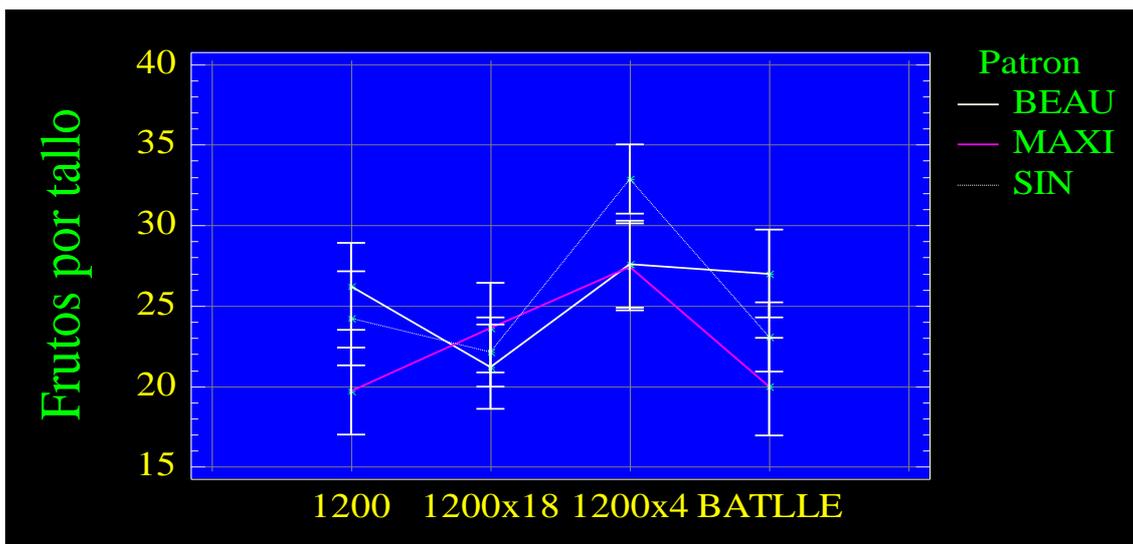


Figura 17. Gráfica de interacción entre los frutos por tallo y los patrones utilizados en las distintas líneas estudiadas.

4.2 CARACTERES DE CALIDAD

4.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 13) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y los patrones. La interacción entre los factores no es significativa.

Tabla 13. Análisis de la varianza para el contenido de sólidos solubles de las diferentes líneas injertadas en los distintos patrones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	2,219	3	0,740	3,87	0,0103
Patrón	4,994	2	2,497	13,07	<0,0001
Interacciones					
Línea-Patrón	0,757	6	0,126	0,66	0,6816
Residual	34,397	180	0,191		
Total (corregido)	42,367	191			

Como la interacción no es significativa utilizamos los test de rango múltiple. Se puede observar diferencias significativas para el contenido de sólidos solubles entre la línea UMH1200 y los híbridos a favor de la primera.

Los valores obtenidos con las líneas sin injertar en este ensayo han sido muy similares para el híbrido UMH1200x4 y, para la línea UMH1200 si que vemos un mayor contenido de sólidos solubles, pero menor en el híbrido UMH1200x18, comparándolo con el ensayo de 2018 presentado por Cámara (2019).

Por otro lado, hemos encontrado diferencias significativas entre los patrones comerciales y las plantas sin injertar, siendo las últimas las que presentan un mayor valor. Este resultado coincide del obtenido por Jorge (2011), que estudió otras líneas Muchamiel derivadas del programa de mejora de la EPSO.

Comparando los dos híbridos, UMH1200x4 y UMH1200x18, no se han encontrado diferencias significativas para el contenido en sólidos solubles.

Tabla 14: Análisis de rango múltiple para el contenido de sólidos solubles por líneas y patrones.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Sólidos solubles (°Brix)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200x18	48	4,96	A
	UMH1200x4	48	4,99	A
	Battle	48	5,17	AB
	UMH 1200	48	5,21	B
Patrón	Maxifort	64	4,92	A
	Beaufort	64	5,02	A
	Sin injertar	64	5,30	B

Las medias con la misma letra no difieren entre sí ($p=0,95$).

4.2.2. ACIDEZ

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 15) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas, pero no para los patrones. La interacción entre los factores no es significativa.

Tabla 15. Análisis de la varianza para la acidez de las diferentes líneas injertadas en los distintos patrones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	0,181	3	0,060	28,69	<0,0001
Patrón	0,010	2	0,005	2,32	0,1015
Interacciones					
Línea-Patrón	0,017	6	0,002	1,32	0,2488
Residual	0,378	180	0,002		
Total (corregido)	0,585	191			

La interacción no es significativa, por lo que usamos el análisis de rango múltiple. Se observan diferencias significativas entre la variedad comercial Batlle y la línea de mejora UMH1200 entre sí, así como respecto a los dos híbridos UMH1200x18 y UMH1200x4. La mayor acidez la presenta la variedad comercial, la menor la línea, y la intermedia los dos híbridos.

Los valores obtenidos con las líneas sin injertar en este ensayo han sido prácticamente iguales en la línea UMH1200 y en los híbridos UMH1200x18 y UMH1200x4, comparándolo con el ensayo de 2018 presentado por Cámara (2019).

Comparando los dos híbridos, UMH1200x4 y UMH1200x18, al igual que ocurría en el contenido de sólidos solubles, no se han encontrado diferencias significativas para la acidez.

Por otro lado, no se han encontrado diferencias significativas entre los patrones. Este resultado difiere del obtenido por Jorge (2011), donde si encontraron diferencias significativas en acidez entre las plantas con patrones comerciales y las plantas sin

injertar, pero solo en la variedad tradicional estudiada, presentando menor acidez las plantas sin injertar.

Tabla 16: Análisis de rango múltiple para la acidez por líneas y patrones.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Acidez (%)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200	48	0,34	A
	UMH1200x18	48	0,37	B
	UMH1200x4	48	0,37	B
	Battle	48	0,42	C
Patrón	Sin injertar	64	0,37	A
	Maxifort	64	0,38	A
	Beaufort	64	0,38	A

Las medias con la misma letra no difieren entre sí ($p=0,95$).



5. CONCLUSIONES

Se ha encontrado un efecto del patrón en los caracteres agronómicos producción y número de frutos. Respecto a la producción, el híbrido UMH1200x4 alcanza mayor producción sin injertar. Para el número de frutos, en la línea UMH1200 y en la variedad comercial Batlle las plantas injertadas en Beaufort tienen mayor valor que las injertadas en Maxifort. Para el híbrido UMH1200x4 las plantas sin injertar superan a las plantas injertadas en los dos patrones comerciales, mientras que para el híbrido UMH1200x18 no se encuentran diferencias significativas. En los caracteres de calidad se ha observado un incremento del contenido de sólidos solubles en las plantas sin injertar con respecto a las injertadas Maxifort y Beaufort, mientras que en acidez no se han encontrado diferencias significativas.

Comparando los dos híbridos, UMH1200x4 supera a UMH1200x18 en la producción en las plantas sin injertar e injertadas en Maxifort y en el número de frutos en las plantas sin injertar y en las injertadas en Beaufort. En el resto de caracteres estudiados, tanto agronómicos como de calidad, no se han encontrado diferencias entre los híbridos. Con estos resultados, el híbrido UMH1200x4 sería el elegido para enviar al Registro, aunque la decisión definitiva se tomará tras los ensayos que se realizarán en 2020.

6. BIBLIOGRAFÍA

Abdelmageed, A.H.A. and Gruda, N. 2009. Influence of grafting on growth, development and some physiological parameters of tomatoes under controlled heat stress conditions. *Eur. J. Hort. Sci.* 74:16–20.

Almekinders, C.J.M.; Louwaars, N.P.; de Bruijn, G.H. 1994. Local seed systems and their importance for an improvement seed supply in developing countries. *Euphytica* 78: 207-216.

Amurrio, J.M.; de Ron, A.M.; Escribano, M.R. 1993. Evaluation of *Pisum sativum* landraces from the northwest of the Iberian Peninsula and their breeding value. *Euphytica* 66:1-10.

Barrett, C.E.,X. Zhao, and Hodges, A.W. 2012. Cost benefit analysis of using grafted transplants for root-knot nematode management in organic heirloom tomato production. *HortTechnology* 22:252–257.

Bhatt, R.M., K.K. Upreti, M.H. Divya, S. Bhat, C.B. Pavithra, and A.T. Sadashiva. 2015. Interspecific grafting to enhance physiological resilience to flooding stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Sci. Hort.* 182:8–17.

Cabrera, J.A. 2019. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel con resistencia genética a virus y menor carga de ligamiento durante los años 2017 y 2018. Trabajo fin de máster. Universidad Miguel Hernández.

Cámara, B. 2019. Evaluación de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel con resistencia a virus. Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.

Cebolla, J; Nuez, F. 2005. Mejora genética de variedades tradicionales de tomate: un paso hacia la recuperación de su cultivo. *Actas Portuguesas de Horticultura* 4:62-68.

Ceccon, E. 2008. La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias* núm. 91:20-29.

Cohen, S. and A. Naor. 2002. The effect of three rootstocks on water use, canopy conductance and hydraulic parameters of apple trees and predicting canopy from hydraulic conductance. *Plant Cell Environ.* 25:17–28.

Colla, G., Y. Roupael, R. Jawad, P. Kumar, E. Rea, and M. Cardarelli. 2013. The effectiveness of grafting to improve NaCl and CaCl₂ tolerance in cucumber. *Sci. Hort.* 164:380–391.

- Colla, G., Y. Roupael, C. Leonardi, and Z. Bie. 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Sci. Hort.* 127:147–155.
- Cuartero, J., M.C. Bolarin, M.J. Asins, and V. Moreno. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *J. Expt. Biol.* 57:1045–1058.
- Djidonou, D., Z. Gao, and X. Zhao. 2013. Economic analysis of grafted tomato production in sandy soils in northern Florida. *HortTechnology* 23:613–621.
- Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. 1995. *El Cultivo del Tomate*. Ediciones Mundi-Prensa. 793 pp.
- FAO/FAOSTAT. Bases de datos estadísticos de la FAO. 2019.
- Flores, F.B., P. Sanchez-Bel, M.T. Estan, M.M. Martinez-Rodriguez, E. Moyano, B. Morales, J.F. Campos, J.O. Garcia-Abellan, M.I. Egea, N. Fernandez-Garcia, F. Romojaro, and M.C. Bolarin. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Sci. Hort.* 125:211–217.
- Frankel, O.H. 1958. Plant breeding. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 24:112.
- García, FS. 1999. *El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- García-García, P. 2004. Herramientas biotecnológicas y uso de recursos fitogenéticos. En: Resistencia genética a patógenos vegetales. Nuez, F.; Carrillo, J.M. y Pérez de la Vega, M. (Eds). Editorial de la UPV.
- García-Martínez, S. 2006. Mejora genética de variedades tradicionales de tomate del sureste español. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández.
- Genova, C., P. Schreinemachers, and V. Afari-Sefa. 2013. An impact assessment of AVRDC's tomato grafting in Vietnam. AVRDC – The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. AVRDC Publication No. 13-773.
- Goto, R., A. de Miguel, J. Ignacio Marsal, E. Gorbe, and A. Calatayud. 2013. Effect of different rootstocks on growth, chlorophyll a fluorescence and mineral composition of two grafted scions of tomato. *J. Plant Nutr.* 36:825–835.
- Grayson, R.I. y Sawhney, V.K. 1972. Initiation and early growth of flowers organs of *Nigella* and *Lycopersicon*: insights from allometry. *Bot. Gaz.*, 133: 184-190.

- Guzman, G.; González De Molina, M.; Sevilla, E. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ed. Mundi-prensa, Madrid.
- Hajjar, R.; Hodgkin, T. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. *Euphytica* 156:1-13.
- Hawtin, G.C.; Iwnaga, M.; Hodgkin, T. 1996. Genetic resources in breeding for adaptation. *Euphytica* 92: 255-266.
- Hoyos, P.; Martín, M. 2005. El cultivo de tomate para fresco: situación actual y perspectivas desde el punto de vista técnico y comercial. San Fernando de Henares (Madrid).
- Hunziker, A.T. 1979. South American *Solanaceae*: a synoptic survey. *Linn. Soc. Symp. Series (7)*:49-85.
- Hutton, S.F., and Scott, J.W. 2017. Fla. 7907C: A Fla. 7907 Near-isogenic tomato inbred line containing the begomovirus resistance gene, *Ty-1*. *HortScience* 52(4):658–660.
- Jorge, J. 2011. Estudio de líneas de tomate Muchamiel injertadas en dos patrones comerciales. Trabajo fin de carrera. Universidad Miguel Hernández.
- Kacjan-Marsic, N. and J. Osvald. 2004. The influence of grafting on yield of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in a plastic house. *Acta Agr. Slov.* 83:243–249.
- Knapp, S.K.; Peralta, I.E.; Spooner, D.M. 2004. New species of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru. *Systematic Botany* 30 (2):424-434.
- Kumar, P., L. Lucini, Y. Roupael, M. Cardarelli, R.M. Kalunke, and G. Colla. 2015. Insight into the role of grafting and arbuscular mycorrhiza on cadmium stress tolerance in tomato. *Front. Plant Sci.* 6:477.
- Kumar, P., Y. Roupael, M. Cardarelli, and G. Colla. 2017. Vegetable grafting as a tool to improve drought resistance and water use efficiency. *Front. Plant Sci.* 8:1130.
- Lee J.M., Kubota C., Tsao S.J., Biel Z., Hoyos Echevaria P., Morra L., Oda M., 2010. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae*, 127:93–105.

- Lee, J.M. and M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort. Rev. 28:61–124.
- Lewis, M. and C. Kubota. 2014. Scenario-based cost analysis for vegetable grafting nurseries of different technologies and sizes. HortScience 49:917–930.
- Louws, F.J. 2012. IPM diversification: Advancing the science and practice of grafting tomatoes to manage soilborne pathogens. Proc. Amer. Phytopathol. Soc. 102:153.
- McAvoy, T., M. Paret, J.H. Freeman, S. Rideout, and S.M. Olson. 2012. Evaluation of grafting using hybrid rootstocks for management of bacterial wilt in field tomato production. HortScience 47:621–625.
- Millares, Y., Rodríguez, G. 2016. Memoria colectiva del tomate en Canarias. Ed. Pellagofio Ediciones. España.
- Nuez, F. y Ruiz, J.J. 1999. La biodiversidad agrícola valenciana: estrategias para su conservación y utilización. Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Nuez, F.; Rodríguez del rincón A.; Tello J.; Cuartero, J.; Segura, B. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. 793 pp.
- Nuez, F.; Ruiz, J.J. 1999. La Biodiversidad Agrícola Valenciana: Estrategias para su conservación y Utilización. UPV. Valencia.
- Peralta. 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sections *Lycopersicoides*, *Juglandifolia*, *Lycopersicon*; *Solanaceae*). Syst Bot Monogr 84:1-186.
- Rivard, C.L., S. O’Connell, M.M. Peet, and F.J. Louws. 2010. Grafting tomato with interspecific rootstock to manage diseases caused by *Sclerotium rolfsii* and southern root-knot nematode. Plant Dis. 94:1015–1021.
- Rubio, F., A. Alonso, S. García-Martínez, J.J. Ruiz. 2016. Introgression of virus-resistance genes into traditional tomato varieties (*Solanum lycopersicum* L.): effects on yield and quality. ScientiaHorticulturae 198:183-190.
- Salinas, J. 2017. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) De la pera en distintas condiciones de cultivo. Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.

Sanchez-Rodríguez, E., L. Romero, and M.J. Ruiz. 2013. Role of grafting in resistance to water stress in tomato plants: Ammonia production and assimilation. *J. Plant Growth Regul.* 32:831–842.

Turhan, A., N. Ozmen, M.S. Serbeci, and V. Seniz. 2011. Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality. *Hort. Sci. (Prague)* 38:142–149.

Vañó, E. 2018. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) De la Pera y Muchamiel con distintas resistencias genéticas a virosis. Trabajo fin de máster. Universidad Miguel Hernández.

Venema, J.H., B.E. Dijk, J.M. Bax, P.R. van Hasselt, and J.T.M. Elzenga. 2008. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal temperature tolerance. *Environ. Expt. Bot.* 63:359–367

Vrcek, I.V., M. Samobor, M. Bojic, M. Medic-Saric, R. Vukobratovic, R. Erhatic, D. Horvat, and Z. Matotan. 2011. The effect of grafting on the antioxidant properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Span. J. Agr. Res.* 9:844–851.

RECURSOS WEB



<https://verduras.consumer.es/tomate/introduccion>

<https://seminis.es/porta-injertos-de-tomates/>

<http://faostat.fao.org/>