

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL**



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

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre 2018

Autor: Constantino González Moreno

Tutor: Santiago García Martínez

Resumen

En este trabajo, perteneciente a la línea de mejora del programa de mejora genética de variedades tradicionales de la EPSO-UMH, se han estudiado los parámetros productivos y cualitativos de varios cruces de diferentes variedades tradicionales con la línea de mejora UMH1200. El ensayo se ha realizado bajo condiciones salinas.

Se ha observado un aumento de las producciones en los híbridos respecto a las variedades tradicionales, así como valores aceptables en los contenidos de sólidos solubles y acidez.

Palabras clave: condiciones salinas, orientación, híbrido, variedad tradicional.

Abstract

In this work, belonging to the line of improvement of the genetic improvement program of traditional varieties of the EPSO-UMH, the productive and qualitative parameters of several crosses of different traditional varieties with the breeding line UMH1200 have been studied. The test was carried out under saline conditions.

An increase of the productions in the hybrids with respect to the traditional varieties has been observed, as well as acceptable values in the soluble solids content and acidity.

Keywords: saline conditions, orientation, hybrid, traditional variety.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar las gracias al departamento de Biología Aplicada y Genética de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo con ellos, en especial a Santi, mi tutor, por hacer más amenas esas calurosas tardes en la malla, y estar siempre disponible cuando necesitaba cualquier cosa; y a Arancha, siempre dispuesta a echarme una mano cuando hiciese falta en el laboratorio.

También por su esfuerzo y sacrificio a mi familia, a mi padre, por confiar siempre en mí, por inculcarme valores como el esfuerzo, la constancia, la responsabilidad y el trabajo, por enseñarme lo mejor de esta profesión, y por conseguir ser quien soy, te doy las gracias Papá. Y a mi madre, por todos los esfuerzos que ha hecho durante estos 4 años para que nunca me faltase de nada mientras estaba fuera de casa. A Beatriz, mi hermana, por hacerme desconectar cuando llegaba a casa después de estar toda la semana fuera.

A Antonio, mi compañero de piso, por acompañarme durante estos años en la convivencia y por todas las experiencias que hemos compartido juntos.

A Aida, mi novia, la persona que se cruzó en mi camino y con quien he compartido los mejores años, por los buenos momentos que me has hecho pasar y los que nos quedan, por la ayuda prestada en la realización de este trabajo. Por ser como eres y alegrarme cada día. Gracias por apoyarme en todas mis decisiones.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Referencia histórica, origen y distribución del tomate.....	1
1.2 Situación taxonómica	2
1.3 Características botánicas y fisiológicas.....	3
1.3.1 El sistema radical.....	4
1.3.2 El sistema aéreo.....	5
1.3.3 El tallo.....	5
1.3.4 Las hojas.....	5
1.3.5 La flor.....	6
1.3.6 El fruto.....	6
1.3.7 La semilla.....	8
1.4 Importancia económica del tomate.....	8
1.4.1 A nivel mundial.....	8
1.4.2 A nivel nacional.....	10
1.5 Variedades tradicionales.....	12
1.5.1 El tomate Muchamiel.....	14
1.5.2 Variedades tradicionales.....	15
1.6 Programa de mejora genética de la EPSO-UMH.....	17
1.7 Línea en la que se engloba este trabajo.....	20
2. OBJETIVOS.....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Material vegetal utilizado.....	22
3.2 Métodos de cultivo.....	22
3.2.1 Instalaciones.....	22
3.3 Prácticas de cultivo.....	23
3.3.1 Semillero.....	23
3.3.2 Preparación del terreno.....	23
3.3.3 Transplante.....	23
3.3.4 Marco de Plantación.....	23
3.3.5 Entutorado y poda.....	24
3.3.6 Fertirrigación.....	25

3.3.7 Tratamientos Fitosanitarios.....	26
3.3.8 Recolección.....	27
3.4 Planificación de los ensayos.....	27
3.4.1 Diseño Experimental.....	27
3.5 Caracteres analizados en el ensayo.....	28
3.5.1 Caracteres productivos.....	28
3.5.1.1 Producción total.....	28
3.5.1.2 Peso medio total del fruto.....	28
3.5.1.3 Número de frutos total por planta.....	28
3.5.2 Caracteres de calidad.....	28
3.5.2.1 Sólidos solubles.....	28
3.5.2.2 Acidez.....	30
3.6 Tratamiento estadístico.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 Caracteres productivos.....	32
4.1.1 Producción total.....	32
4.1.2 Peso medio total del fruto.....	33
4.1.3 Número de frutos por planta.....	35
4.2 Caracteres de calidad.....	37
4.2.1 Sólidos solubles.....	37
4.2.2 Acidez.....	38
5. CONCLUSIÓN.....	40
6. BIBLIOGRAFÍA.....	41

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Referencia histórica, origen y distribución del tomate.

El centro de origen exacto del tomate no está claro, no obstante, se ubica actualmente en la costa occidental de Sudamérica, concretamente en la región Andina compartida por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta zona se encuentran numerosas variedades silvestres en campos y zonas sin cultivar. Sin embargo, el cultivo, comercialización y consumo del tomate, estaba muy integrado y difundido en el imperio azteca, dando esto a entender que la domesticación fue alcanzada en la época precolombina.

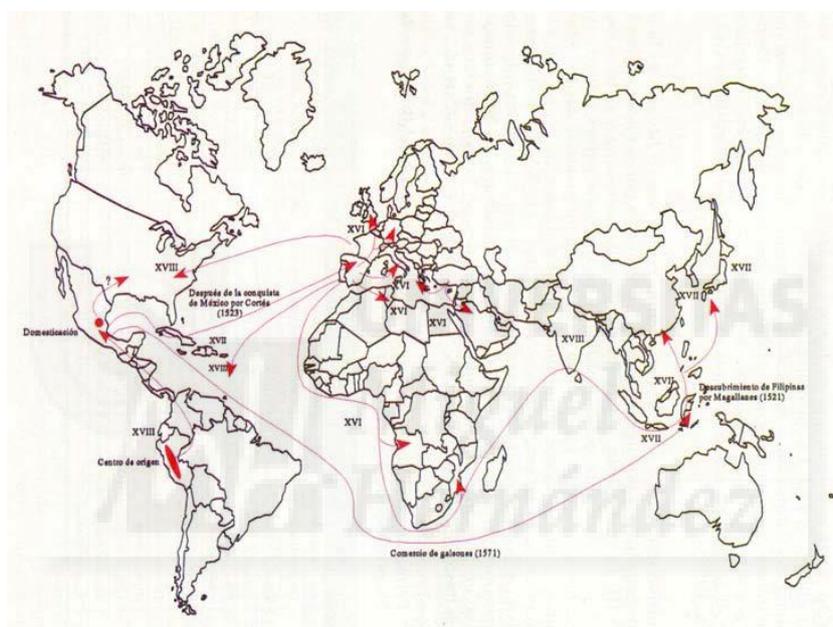


Figura 1: Posibles rutas de propagación del tomate a partir del siglo XVI (Basado en Esquinas–Alcázar y Nuez, 1995).

El término español para este fruto, “tomate” proviene de la lengua náhuatl surgida en el s. XII, y que se habla principalmente en México, por lo que se cree que fue su lugar de domesticación. La palabra náhuatl del que deriva el término español es *tómatl* que puede ser traducido como “agua gorda” o “fruto con ombligo” (Nuez, 1995).

El tomate, junto con el maíz, la patata, el chile y la batata fueron introducidos en España a principios del siglo XVI gracias a los viajes de Colón.

Probablemente, el tomate llegó en primer lugar a Sevilla, que era uno de los principales centros del comercio internacional, en particular con Italia. En 1544, el herborista italiano Mattioli se refirió a los frutos amarillos de la planta del tomate como "mala aurea", manzana de oro, y más adelante, en 1554, mencionó una variedad roja. El

mismo año, Dodoens, un herborista holandés, realizó una descripción detallada del fruto y éste se ganó la reputación de afrodisíaco. Esto explica los nombres como "pomme d'amour" en francés, "pomodoro" en italiano y "loveapple" en inglés.

La transformación de ingrediente medicinal en ingrediente culinario común empezó lentamente en el siglo XVIII. La primera receta napolitana publicada que se conoce para preparar "salsa de tomate al estilo español" data de 1692.

Sin embargo, la aceptación del tomate fue muy desigual. En España e Italia se utilizó en la alimentación humana prácticamente desde su introducción, mientras que en la mayoría de los otros países fue usado sólo como ornamental, por sus flores amarillas y bayas rojas o amarillas. La razón de esta marginación es que en el norte de Europa existía la creencia de que el tomate era venenoso, debido a las propiedades de las solanáceas europeas, muy ricas en alcaloides, en general con fuertes efectos somníferos, hemolíticos o paralizantes, cuando no mortales. Esta situación se mantuvo en algunos países, como Alemania, hasta principios del siglo XIX (Nuez, 1995).

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 Características botánicas y fisiológicas.

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, y puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Presenta buen desarrollo en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas y métodos de cultivo, y es moderadamente tolerante a la salinidad. 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 (Chamarro, 1995).



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

1.3.1 El sistema radical.

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 (Chamarro, 1995).

1.3.2 El sistema aéreo.

La estructura de la planta es la 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 (Chamarro, 1995).

1.3.3 El tallo.

Los tallos son gruesos, pubescente, angulosos, de color verde (debido a que debajo de la epidermis se encuentra el córtex, cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas), con nodos compuestos de dos o tres hojas y una inflorescencia. El tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos que salen de la epidermis. Al principio muestra una consistencia herbácea y leñosa en estado adulto. En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inician los nuevos primordios foliares y florales. Tiene forma de cúpula y está protegido por las hojas recién formadas (Chamarro, 1995).

1.3.4 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 (Chamarro, 1995).

1.3.5 La flor.

La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina, y consta de 5 o más sépalos, de 5 o más pétalos dispuestos de forma helicoidal, de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario bi o plurilocular. La floración del tomate se produce en forma de racimos simples o ramificados y en diferentes pisos o estratos, siendo lo normal que en cada inflorescencia pueda haber entre 3 y 10 flores, aunque en ocasiones pueden llegar hasta 50 de polinización autógama (Greyson y Sawhney, 1972; Nuez, 1995).

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 (Chamarro, 1995).

1.3.6 El fruto.

El fruto es una baya de forma globular, ovoide o aplastada, que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500 gramos y un tamaño de entre 3-16 cm, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El fruto adulto está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas.

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).

El tiempo necesario para que un ovario fecundado se desarrolle a un fruto maduro es de 7 a 9 semanas, en función del cultivar, la posición en el racimo y las condiciones ambientales. El crecimiento se ajusta a una curva sigmoide simple que puede dividirse en tres periodos:

- ❖ El primer periodo, es el de crecimiento lento, dura 2 ó 3 semanas, y cuando termina el peso del fruto es inferior al 10% del peso final.
- ❖ El segundo periodo, de crecimiento rápido, dura 3-5 semanas y se prolonga hasta el inicio de la maduración. Hacia la mitad de este periodo, la velocidad de crecimiento es máxima y, al final de este, el fruto ha alcanzado prácticamente su máximo desarrollo.
- ❖ Finalmente, hay un periodo de crecimiento lento, de unas dos semanas, en el que el aumento en el peso del fruto es pequeño, pero se producen los cambios metabólicos característicos de la maduración.

Según un estudio adelantado por Stevens (2005) sobre las principales frutas y hortalizas, el tomate ocupa el lugar 16 en cuanto a concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales. No obstante, su popularidad mundial, demostrada por el alto nivel de consumo se convierte a este cultivo en una de las principales fuentes de vitaminas y minerales en esta región, destacándose las vitaminas C y A.

Tabla 1: Composición nutritiva del tomate por cada 100 gramos de producto comestible, según Moreiras *et al.* (2013).

Composición nutritiva del tomate/100g de producto	
Agua	94%
Hidratos de carbono	3.5 g
Grasas	0.11g
Proteínas	1 g
Cenizas	0.3g
Otros (ácidos, licopeno, etc.,)	0.7g
Vitamina A	82.3µg
Vitamina B6	0.11 mg
Vitamina B12	0mg
Niacina	0.80mg
Vitamina C	26 mg
PH	4.5
Calcio	11 mg
Fósforo	27mg
Hierro	0.6 mg
Sodio	3mg
Potasio	290 mg
Valor energético	22 cal.

1.3.7 La semilla.

La semilla tiene forma lenticular y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido a su vez por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión, y la testa está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo.

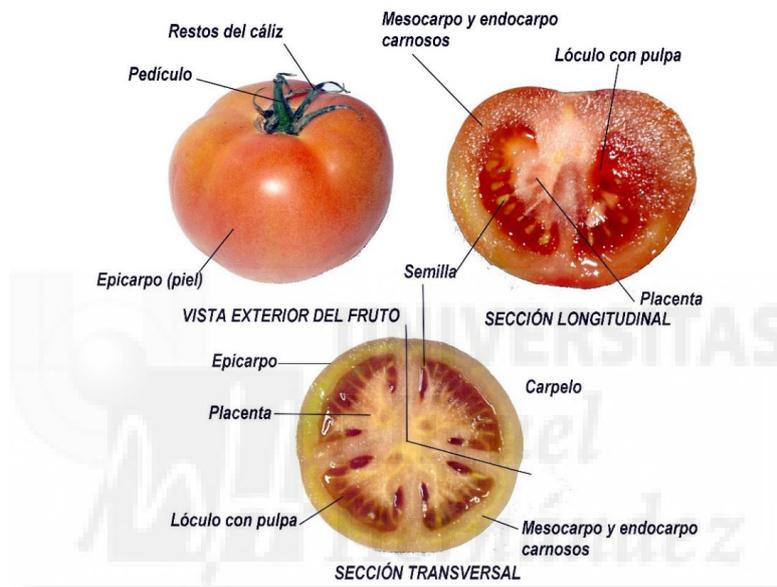


Figura 3: Vista exterior, Sección longitudinal, Sección Transversal del fruto del tomate. Fuente: Universidad Politécnica de Valencia.

1.4. Importancia económica del tomate.

1.4.1 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 la superficie cultivada alrededor del mundo aumentó un 14,6%, mientras la producción lo hizo un 26,2%. La diferencia entre la tasa de crecimiento de la superficie cultivada y la de producción se explica por un aumento en el rendimiento del cultivo. Dicho aumento se debe a las mejoras tecnológicas en el manejo del cultivo y a la disponibilidad de variedades de superior rendimiento. Este fenómeno se observa claramente en los datos que se presentan en la Tabla 2, donde se puede observar que en los principales países productores de tomate el rendimiento incrementó entre un 2 y un 31% en el período 2002-2012 (FAOstat, 2014).

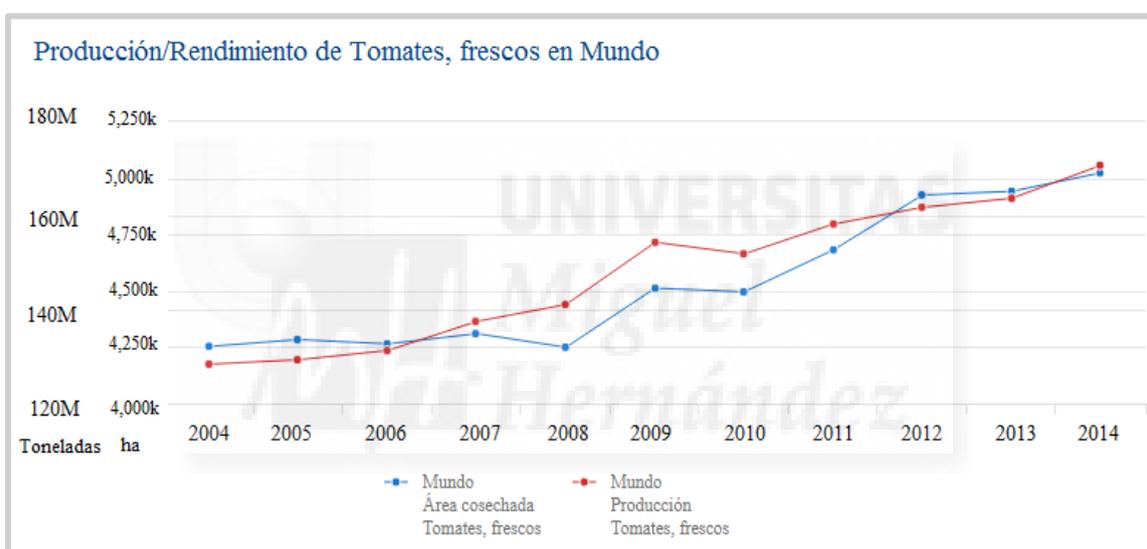


Gráfico 1: Producción mundial de tomate fresco en el periodo 2004-2014. (Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2014, consultado en 2018).

A nivel mundial, en 2014, se producían un total de 164 millones de toneladas, constituyendo China el principal país productor, abarcando una cantidad de 50 millones de toneladas, seguido de la India con un total de 18 millones de toneladas y EE. UU. con 12 millones. España ocupa el noveno puesto entre los 10 principales países productores de tomate.

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.

La producción media actual en el mundo es de 27 t/ha, pero la mayor producción por área se da en invernaderos europeos, donde la producción puede rebasar los 700 t/ha en una temporada. Un cultivo de tomates frescos a campo abierto y de alta producción con riego por surco, produce normalmente entre 50 y 70 t/ha.

Tabla 2: Superficie y producción de tomate de los 10 principales países del mundo en el año 2014 (F.A.O. 2018).

Posición	Región	Producción (t)	Área cosechada (ha)
1	China	50.552.200	980.100
2	India	18.227.000	880.000
3	EE. UU.	12.574.550	149.977
4	Turquía	11.820.000	311.000
5	Egipto	8.533.803	212.946
6	Irán	6.174.182	163.595
7	Italia	4.932.463	95.304
8	Brasil	4.187.646	62.687
9	España	3.683.600	45.299
10	México	3.282.583	87.165
	TOTAL MUNDIAL	164.492.970	2.493.810

1.4.2 A nivel nacional.

A pesar de la evolución alcista de la producción mundial, en los últimos años la producción en España se encuentra estancada. El aumento de rendimiento del cultivo es contrarrestado con la reducción de la superficie cultivada, pudiendo resaltar dos factores, la dificultad para abrir nuevos mercados de exportación y el aumento de las importaciones.

Por sus condiciones ambientales no es de extrañar que dentro de la Unión Europea los dos principales productores sean Italia y España, con el 34% y el 26% de la producción comunitaria (FAOstat, 2014).

Tiene una gran relevancia, representando el 15% de la superficie y el 30% de la producción hortícola total. Además de la importancia por volumen y superficie, España es el tercer exportador mundial por detrás de México y Holanda.

En la siguiente tabla, se puede observar que la principal Comunidad Autónoma del país productora de tomate es Andalucía, seguida de cerca por Extremadura y en menor medida la Región de Murcia. Además, las mayores

superficies de cultivo en invernadero se dan en las provincias de Almería, Granada, Murcia, Málaga, Las Palmas, y Alicante.

Tabla 3: Análisis regional de superficie, rendimiento y producción, 2015. Fuente: Anuario de Estadística MAGRAMA 2016 (consultado en 2018).

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

En la siguiente gráfica, se observa que la producción de tomate en fresco alcanza su punto máximo en el año 2014, tras haber sufrido varias fluctuaciones en los diez años anteriores. En cambio, en el resto del mundo se ha podido comprobar anteriormente el continuo crecimiento de la producción.

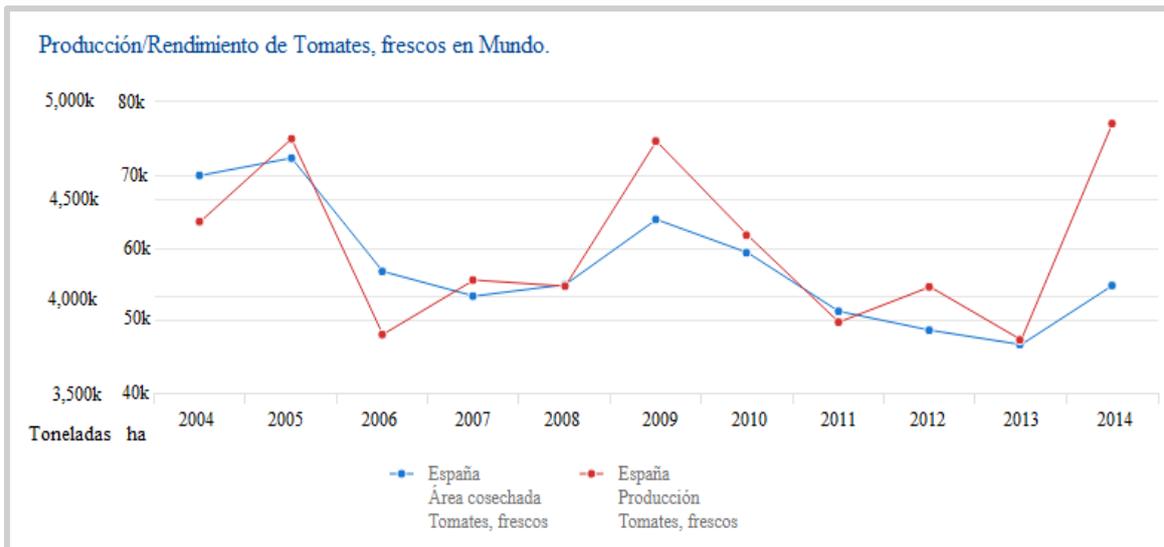


Gráfico 2: Producción de tomate fresco en España en el periodo 2004-2014. (Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2014, consultado en 2018).

1.5 Variedades tradicionales.

Las variedades tradicionales proporcionan un valor añadido, 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.

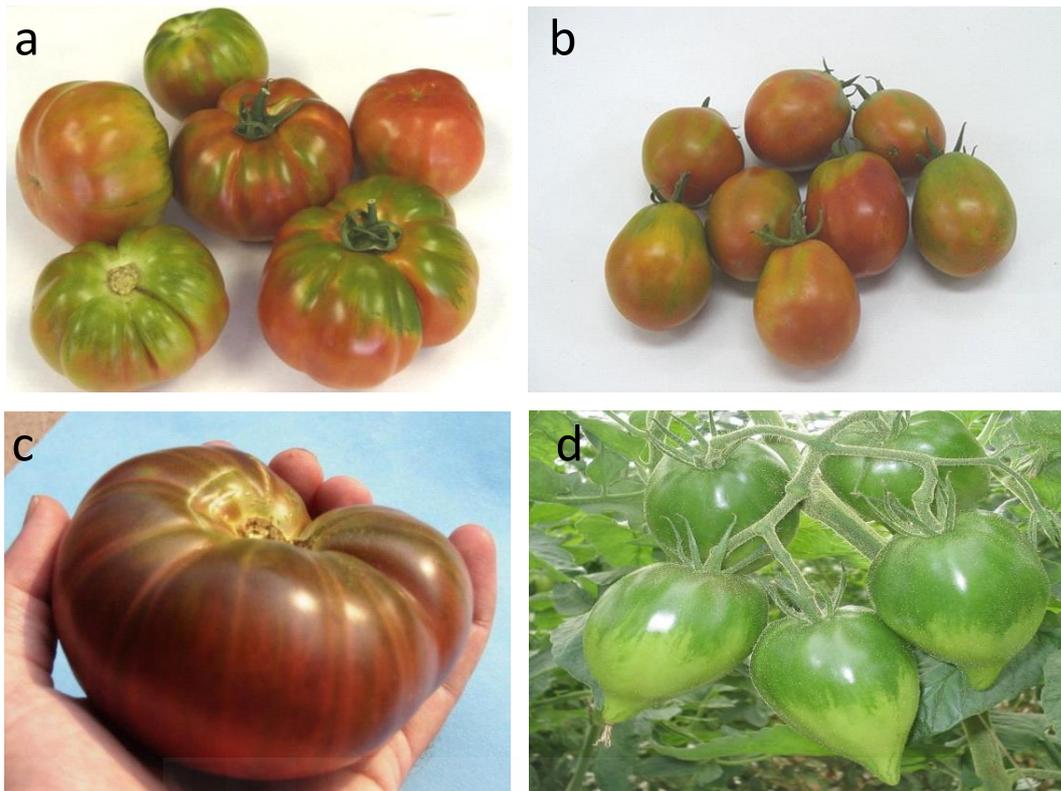


Figura 3: Frutos de las variedades tradicionales Muchamiel (a), De la pera (b), Morunos (c) y Valencianos (d).

1.5.1 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 4: Frutos del tipo varietal Muchamiel en el estado de maduración óptimo de consumo, con distintas formas y colores: muy fasciada (A), arriñados (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.

1.5.2 Variedades tradicionales de origen diverso.

Para la realización de este estudio, se han utilizado cuatro variedades tradicionales procedentes de diversas zonas del mundo. Cada una con unas cualidades organolépticas diferentes. (Figura 5)

Costoluto Genovese es una variedad tradicional italiana, originaria de la región Riviera. Particularmente popular en la zona de Piamonte. Muy utilizado por la industria de la salsa de tomate. Sus frutos son grandes, de color rojo intenso, aplanados y profundamente lobulados o acostillados. Son ligeramente ácidos y tienen una textura suave.

Indische Fleish, parece ser originaria de la India, aunque no se conoce realmente su procedencia. Destaca por el color marrón púrpura, que puede recordar al chocolate. Los hombros suelen tomar un ligero color verde azulado muy característico.

Black from Tula, procedente de la ciudad rusa de Tula, destaca por ser un tomate ligeramente achatado, de color marrón oscuro a morado con profundos hombros verdes.

Raf, es un tomate de origen francés que fue cultivado por primera vez en 1969, muy querido por su sabor y textura, por los consumidores; y por su resistencia a la salinidad, por los agricultores. Su nombre viene dado por las siglas Resistente a Fusarium, una enfermedad vascular que afecta al tomate.



Figura 5: Variedades tradicionales de origen diverso: Costoluto Genovese (arriba izquierda), Indische Fleish (arriba derecha), Black from Tula (abajo izquierda) y Raf (abajo derecha).

1.6 Programa de 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.

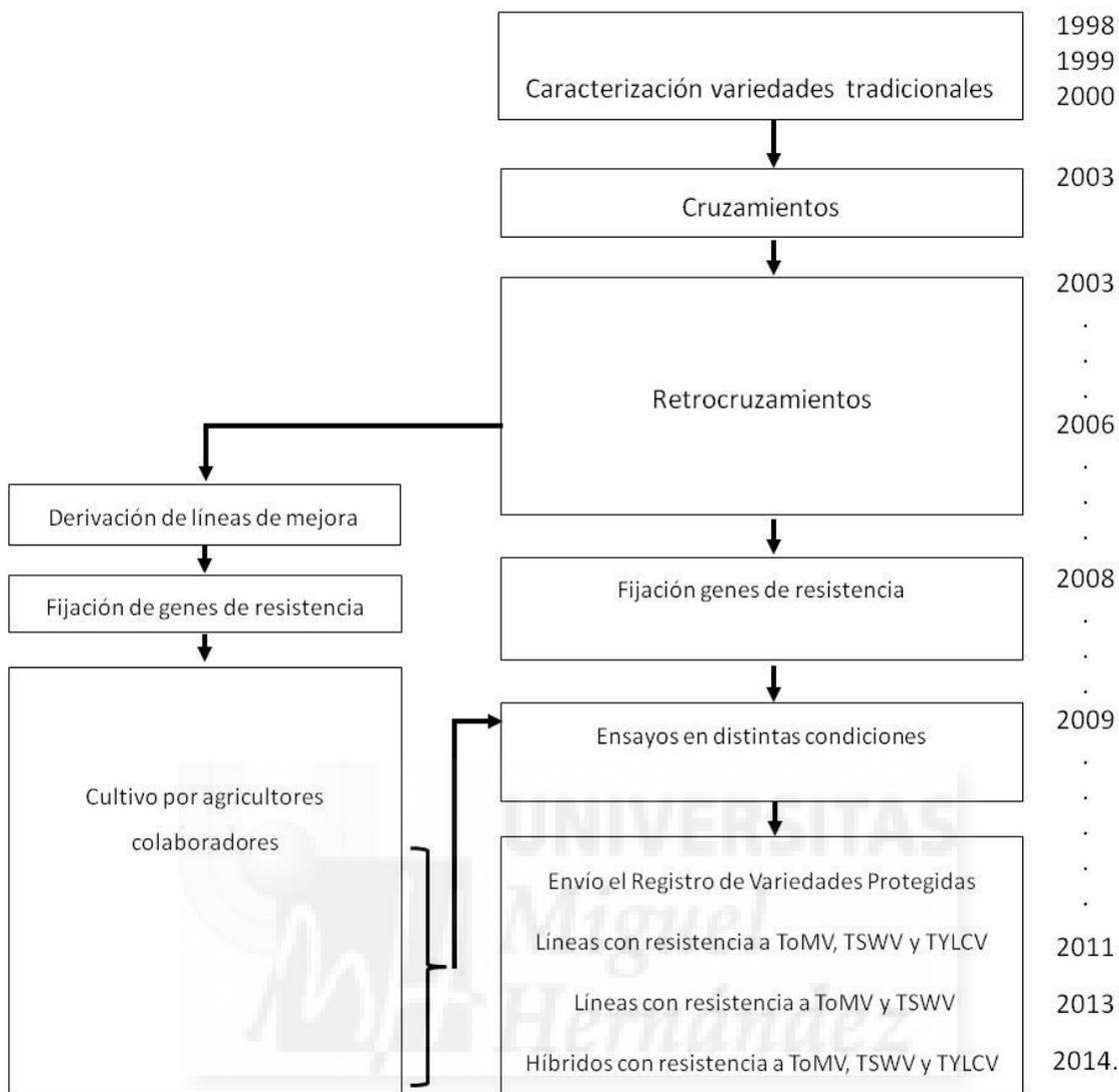


Figura 6: Esquema con las etapas del programa de mejora.

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
		ToMV-TYLCV-TSWV		Título
Muchamiel	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*
*Propuesta de inclusión en la lista				

1.7 Línea en la que se engloba este trabajo.

Este trabajo fin de carrera forma parte del programa de mejora genética de tomate de la EPSO-UMH. Una parte de este proyecto es el desarrollo de híbridos entre líneas de mejora con resistencia a virosis y variedades tradicionales de diverso origen. En 2017 se obtuvo el Título de Obtención Vegetal del híbrido UMH1101xIF, el primer híbrido desarrollado. Se están estudiando otros híbridos, que, en función de sus características, podrán ser enviados a dichos registros los próximos años. Estos híbridos tienen los genes de resistencia en heterocigosis, por lo que pueden resultar muy interesantes para su cultivo.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es realizar la evaluación de algunos cruces entre líneas de mejora con resistencia a virus y variedades tradicionales de diverso origen, obtenidos en el programa de mejora de la EPSO, cultivados en un invernadero de malla. Se estudiarán caracteres agronómicos (número de frutos recolectados por planta, peso medio de los frutos y producción total) y de calidad (contenido de sólidos solubles y acidez). Se seleccionarán los cruces más interesantes para continuar estudiándolos, con vistas a un futuro envío a los Registros de Variedades Comerciales y Protegidas.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal utilizado.

En el ensayo se han estudiado cuatro híbridos, una línea de mejora y cuatro variedades tradicionales, procedentes 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
Raf EELM	ss	ss	ss
Black from Tula	ss	ss	ss
Indische Fleisch	ss	ss	ss
Costoluto Genovese	ss	ss	ss
UMH1200 x Raf EELM	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Black from Tula	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Indische Fleisch	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Costoluto Genovese	Rs	Rs	Rs

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 transcarnado de densidad 6 x 9 o 10 x 16, según la zona, y un faldón perimetral de plástico 800 galgas (Figura 7). 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 7: Invernadero utilizado en el ensayo.

3.3 Prácticas de cultivo.

3.3.1 Semillero.

La realización del semillero se realizó en los Semilleros José y Belem, empresa situada en Albufera (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 pelet, 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, con lo que se obtiene una densidad de 2,5 plantas/m² (Figura 8).



Figura 8: Imagen de parte 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 9).

El sistema de poda elegido en todas condiciones fue el de una guía o tallo. 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 9: 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 N – 225 P₂O₅ – 550 K₂O – 190 CaO.

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

Fase 1: 1 N – 2 P₂O₅ – 1 K₂O – 1 CaO.

Fase 2: 1 N – 1 P₂O₅ – 1 K₂O – 1 CaO.

Fase 3: 1 N – 0.3 P₂O₅ – 2 K₂O – 1 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*).

Cabe hacer especial mención al control de la plaga *Tuta absoluta*, la cual supuso un problema a lo largo de toda la duración del cultivo, pues afectó en gran medida a las plantas de tomate y condicionó en todo momento la forma de aplicar los demás tratamientos. 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
ALVERDE	Metaflumizona 24% p/v
Antimildiu triple	Cimoxalino 4% + Folpet 25% + Fosetil AI 50%
ATOMINAL	Piriproxifen 10%
Bacillus B-Tec 32	<i>Bacillusthuringiensis</i>
BRAVO 50 SC	Clortalonil 50% p/v
CADDY 10 pépite	Ciproconazol 10%
CAL EX Avance	Abamectina
CAPTAN	Captan
CIROX	Ciromazina
DICARZOL	Formetanato 50%
DOAM Mojante	Alcohol Isotridecilicoetoxilado 20%
FENOS	Flubendiamida 24% p/v
Feromona <i>Tuta absoluta</i>	Feromona
PIRIMICARB	Carbamato
KUMULUS DF	Azufre 80%
OBERON	Spiromesifen 24% p/v
RUFAS Avance	Acrinatrín 7,5% p/v
STEWART	Indoxacarb 30%
RELDAN	Metil-Clorpirifos 22,4% [EC] P/V
DORYOKU	Etoxazol 11% [SC] P/V
THIOVIT	AZUFRE 80% [WG] P/P
COSTAR	BacilusThuringiensisKurstaki 18% [WG] P/P
FENOS	Flubendiamida 24% [WG] P/P

3.3.8 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	15/02/2017
Trasplante	28/03/2017
1ª recolección	28/06/2017
2ª recolección	30/06/2017
3ª recolección	5/07/2017
4ª recolección	12/07/2017
5ª recolección	19/07/2017
6ª recolección	26/07/2017
Medida sólidos solubles y acidez	23/10/2017 al 13/11/2017

3.4.1 Diseño experimental.

En los ensayos de la EPSO se dispusieron 2 repeticiones, 1 en la orientación Norte y otra en Sur, de 4 a 5 plantas cada una (Figura 10). Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.

S	P 19		P 7			S
N	p 21	1200xBFT	IF	1101xIF	N	
S	p 21		1200xBFT	IF	1101xIF	S
N	Raf _{EELM}	1200xRaf	BfT	CG	1200xCG	N
S	Raf _{EELM}	1200xRaf	BfT	CG	1200xCG	S
N	AU1200	Goldman's Italian	Cuor di bue (rojos)	Bl.beauty 14 l	N	
S	AU1200	Otras variedades				S

PASILLO

Figura 10: Esquema de la disposición de las líneas estudiadas, sombreadas en color azul. En blanco aparecen otras líneas que no pertenecen a este ensayo, y los bordes híbridos en verde. En gris, los pasillos. Las orientaciones, en verde.

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 11), 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 3 muestras compuestas por 3-4 frutos, que se cortaban en trozos, para triturarlos con una batidora doméstica.

El triturado se guardaba 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 2017.



Figura 11: Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la variedad tradicional “Black from Tula”.

Para medir el contenido de sólidos solubles y acidez, tras descongelar las muestras, se centrifugaron a 3.500 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 3.500 rpm durante 5 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 12), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}\text{Brix}$), por duplicado.



Figura 12: 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 13), expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco.



Figura 13: pHmetropHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.

3.6 Tratamiento estadístico.

Se realizó un análisis de la varianza multifactorial, con las distintas líneas y orientaciones. 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, y también entre las orientaciones (Tabla 10). La interacción Línea-Orientación no es significativa.

Tabla 9: Análisis de la varianza para la producción total de las diferentes líneas en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	8,88x10 ⁷	8	1,11x10 ⁷	15,64	<0,0001
Orientación	3,49x10 ⁶	1	3,49x10 ⁶	4,93	0,0297
Interacciones					
Línea-Orientación	5,99x10 ⁶	8	748750	1,06	0,4041
Residual	4,96x10 ⁷	70	709383		
Total (corregido)	1,46x10 ⁸	87			

La Tabla 10 muestra el test de rango múltiple de Newman-Keuls para las líneas y orientaciones. La variedad menos productiva con un total de 1.899 g/planta es Indische Fleish, y la de mayor producción, con un valor de 4.971 g/planta es el híbrido UMH1200xCG. En un análisis de los resultados se observa que los híbridos producen más que las tradicionales y las líneas de mejora, esto es debido al vigor híbrido o heterosis, una característica que buscamos al realizar estos cruces. También se observa que las variedades tradicionales son las que menos producen. Respecto a producciones, se observa una disminución respecto a otros cruces similares ya estudiados (Frutos, 2014), debido a las condiciones salinas de este ensayo. Esta disminución de la producción en condiciones salinas respecto a las convencionales se ha encontrado en otros ensayos, tanto con líneas Muchamiel (Amorós, 2017), como con líneas De la pera (Salinas, 2017). Los valores de producción obtenidos con los híbridos son interesantes

por lo que podrían pasar una siguiente etapa, si cumplen con las características de calidad exigidas.

Se han encontrado diferencias significativas, a favor de la orientación Sur. Este efecto, puede ser debido a la mayor acumulación de horas de luz por la cara Sur del cultivo. En los trabajos realizados en paralelo no se encontraron diferencias de producción entre las orientaciones (Arellano, 2018; Vañó, en preparación).

Tabla 10: Análisis de rango múltiple para la producción por líneas.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (g/planta)	Grupos homogéneos
Línea	Indische Fleish	9	1.899	A
	Black from Tula	6	1.910	A
	Raf	9	2.579	AB
	UMH1200	17	3.024	BC
	Costoluto Genovese	10	3.569	CD
	UMH1101xIF	9	3.626	CD
	UMH1200xRaf	10	4.500	DE
	UMH1200xBfT	9	4.592	DE
	UMH1200xCG	9	4.971	E
Orientación	Norte	46	3.201	A
	Sur	42	3.615	B

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

4.1.2. Peso medio de frutos

El análisis de la varianza para el peso medio de frutos (Tabla 11) muestra que existen diferencias significativas entre las líneas estudiadas y entre las orientaciones. La interacción entre los factores (línea y orientación) también es significativa.

Tabla 11: Análisis de la varianza para el peso medio de los frutos de las diferentes líneas en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	64074,5	8	8009,32	16,15	<0,0001
Orientación	2136,78	1	2136,78	4,31	0,0416
Interacciones					
Línea-Orientación	2870,67	8	358,83	0,72	0,6702
Residual	34719	70	495,98		
Total (corregido)	102465	87			

El peso medio de los frutos viene determinado por el tipo varietal al que pertenece cada variedad o línea. El valor mínimo para el peso es de 81,8 g/fruto para Costoluto Genovese, y el valor máximo es de 182,5 g/planta para Black from Tula.

Tabla 12: Análisis de rango múltiple para el peso medio de frutos por líneas.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (g/fruto)	Grupos homogéneos
Línea	Costoluto Genovese	10	81,8	A
	UMH1101xIF	9	96,2	AB
	Raf	9	101,8	AB
	UMH1200	17	110,8	B
	UMH1200xRaf	10	120,5	B
	IF	9	120,9	B
	UMH1200xCG	9	122,9	B
	UMH1200xBfT	9	163,2	C
	BfT	6	182,5	C
Orientación	Norte	46	117,1	A
	Sur	42	127,4	B

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

En el análisis de rango múltiple, se observa que el peso medio de los frutos ha sido superior para el híbrido AU1200 y para la línea 1200xRAF; similar para 1200xCG e inferior para las variedades tradicionales Raf y Costoluto Genovese, respecto a los datos obtenidos por Frutos (2014). Este resultado puede ser debido a las condiciones salinas de este ensayo. No obstante, los valores obtenidos con los híbridos son interesantes, por lo que podrían pasar una siguiente etapa, si cumplen con las características de calidad exigidas.

Como ocurría en la producción, el peso medio de la orientación Sur es ligeramente superior al de la Norte. En los trabajos realizados en paralelo tampoco se encontraron diferencias en los pesos medios de las orientaciones (Arellano, 2018; Vañó, en preparación).

4.1.3. Número de frutos total

El análisis de la varianza para el número de frutos total (Tabla 13) muestra que solo existen diferencias significativas entre las líneas estudiadas. La interacción entre los factores (línea y orientación) no es significativa.

Tabla 13: Análisis de la varianza para el número total de frutos de las diferentes líneas en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	8017,88	8	1002,23	18,66	<0,0001
Orientación	22,05	1	22,05	0,41	0,5237
Interacciones					
Línea-Orientación	318,29	8	39,79	0,74	0,6552
Residual	3758,8	70	53,70		
Total (corregido)	12158,5	87			

En el análisis de rango múltiple para el número de frutos por línea, no se encuentran diferencias respecto a la orientación. Los mejores resultados se obtienen con los cruces UMH11010xIF, UMH1200xRaf, UMH1200xCG y Costoluto Genovese. El

hibrido UMH1200xBfT mejora la producción de su variedad tradicional, aunque con diferencias estadísticas respecto a los citados anteriormente. El valor mínimo es de 11,67 frutos para Black from Tula y el máximo, de 43,8 frutos para Costoluto Genovese. Se observa que las variedades con mayor número de frutos, es la de menor peso por fruto, y viceversa para del menor número de frutos. Como ocurría con la producción, los valores obtenidos con los híbridos son interesantes, por lo que podrían pasar una siguiente etapa, si cumplen con las características de calidad exigidas.

Tabla 14: Análisis de rango múltiple para el número de frutos por línea y orientación.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (frutos/planta)	Grupos homogéneos
Línea	BfT	6	11,67	A
	IF	9	16,15	A
	Raf	9	25,47	B
	UMH1200	17	26,97	B
	UMH1200xBfT	9	28,3	B
	UMH11010xIF	9	37,15	C
	UMH1200xRaf	10	37,4	C
	UMH1200xCG	9	40,9	C
	CG	10	43,8	C
Orientación	Norte	46	29,23	A
	Sur	42	30,28	A

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

4.2 Caracteres de calidad.

4.2.1. Acidez

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 14) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas. La interacción entre los factores (línea y orientación) también es significativa.

Tabla 15: Análisis de la varianza para la acidez de las diferentes líneas en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	2,39	8	0,30	72,93	<0,0001
Orientación	0,01	1	0,01	2,40	0,1250
Interacciones					
Línea-Orientación	0,20	8	0,02	6,05	<0,0001
Residual	0,36	90	0,004		
Total (corregido)	2,96	107			

Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción (Figura 14). Se han encontrado diferencias entre las orientaciones para Costoluto Genovese, UMH1200xCG y BfT. En todos los cruces híbridos se observa como disminuye la acidez respecto a la variedad tradicional. El cruce con UMH1200 produce una disminución de la acidez. Encontramos el valor máximo de acidez para CG y el menor para UMH1200xRAF. Aunque los valores de acidez de los híbridos sean ligeramente inferiores al de las variedades tradicionales de las que derivan (con la excepción del híbrido 1200xCG, que es claramente inferior), su calidad puede ser suficiente para algunos mercados o consumidores, menos exigentes en calidad, por lo que podrían pasar a la siguiente etapa, siempre que se tenga en cuenta este hecho.

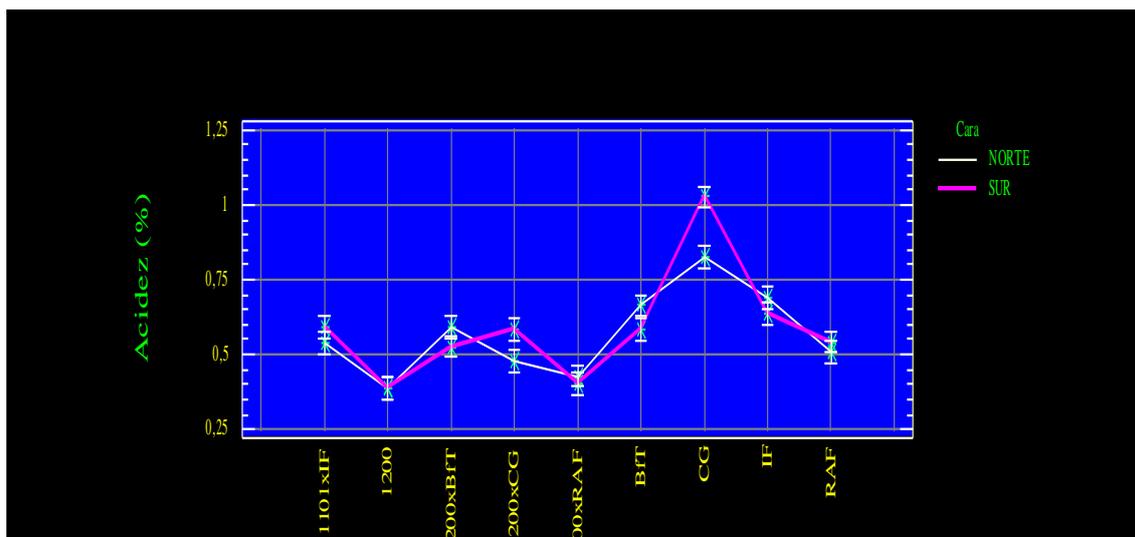


Figura 14: Gráfica de interacción entre la acidez y la orientación de las distintas líneas estudiadas.

4.2.2. Sólidos solubles

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 16) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y las orientaciones. La interacción entre los factores (cultivo y línea) también es significativa.

Tabla 16: Análisis de la varianza para los sólidos solubles de las diferentes líneas en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	42,31	8	5,29	46,77	<0,0001
Orientación	1,56	1	1,56	13,84	0,0003
Interacciones					
Línea-Orientación	6,09	8	0,76	6,73	<0,0001
Residual	10,18	90	0,11		
Total (corregido)	60,14	107			

En la figura 15 se observan diferencias en el contenido de sólidos solubles entre las orientaciones del híbrido 1200xBfT y las variedades BfT, CG e IF, en todos los casos a favor de la orientación Norte. Las mayores concentraciones de sólidos solubles

se dan para las variedades tradicionales, siendo los valores más bajos los obtenidos en los híbridos. Se puede afirmar que el cruce del híbrido con variedades tradicionales hace disminuir su concentración de sólidos solubles. El contenido de sólidos solubles de los híbridos es inferior al de las variedades tradicionales de las que derivan. Como ocurría con la acidez, el contenido de sólidos solubles de los híbridos puede ser suficiente para algunos mercados o consumidores, menos exigentes en calidad, por lo que podrían pasar a la siguiente etapa, siempre que se tenga en cuenta este hecho.

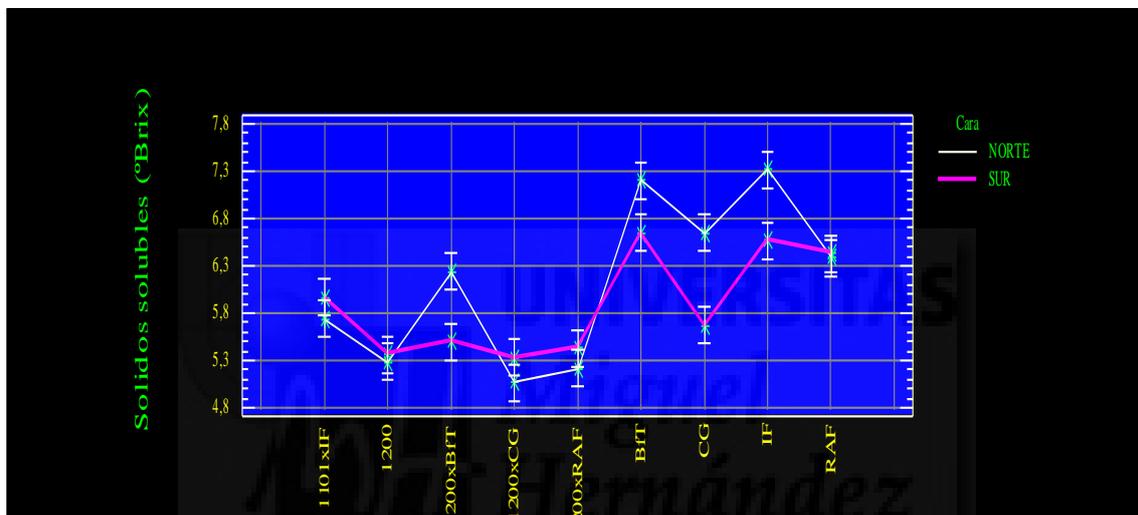


Figura 15: Gráfica de interacción entre el contenido de sólidos solubles y la orientación de las distintas líneas estudiadas.

5. CONCLUSIONES

Los híbridos estudiados (UMH1101xIF, UMH1200xRaf, UMH1200xBfT y UMH1200xCG) obtienen producciones bastante aceptables, que oscilan entre 3.500-5.000 g/planta, por lo que podrían pasar a una siguiente fase del programa.

En general, los híbridos presentan valores de acidez ligeramente menores que los de las variedades tradicionales de las que derivan, y menor contenido de sólidos solubles. No obstante, su calidad puede ser suficiente para algunos mercados o consumidores, menos exigentes en calidad, por lo que podrían pasar a la siguiente etapa, siempre que se tenga en cuenta este hecho.

Con vistas a un futuro envío a los Registros de Variedades Comerciales y Protegidas, los híbridos estudiados (excepto UMH1101xIF, ya registrado en 2017) se deberían volver a estudiar, en condiciones de cultivo convencional, aumentando el número de repeticiones e incluyendo análisis sensorial, para tomar la decisión.



6. BIBLIOGRAFÍA

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.

Amorós, J. 2017. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel en distintas condiciones de cultivo. Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.

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.

Arellano, P. 2018. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel con resistencia a virus cultivadas bajo malla. 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.

Child, A. (1990). A Synopsis of *Solanum* Subgenus *Potatoe* (G. Don) D'Arcy (*Tuberarium* (Dum.) Bitter (s.l.). *Feddes Report* 101:209-235.

Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. (1995). El Cultivo del Tomate. *Ediciones Mundi-Prensa*.

FAO/FAOSTAT. Bases de datos estadísticos de la FAO. (2018). Disponible en la web: <http://faostat.fao.org/>

Frankel, O.H. 1958. Plant breeding. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 24:112.

Frutos, A. 2014. Evaluación de varios cruces entre líneas de mejora con resistencia genética a virosis y variedades tradicionales de tomate (*Solanum lycopersicum*) de origen diverso. Trabajo fin de carrera. Universidad Miguel Hernández.

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.

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.

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.

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.

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. *Scientia Horticulturae* 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.

Vañó, E. (en preparación). 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.

