

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



**“EVALUACION DE LINEAS DE MEJORA DE TOMATE
(*Solanum lycopersicum* L.) DE LA PERA CON RESISTENCIA
A VIRUS CULTIVADAS BAJO MALLA”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Julio-2015

Autor: Iván De la flor Blanco

Tutor: Santiago García Martínez



EVALUACION DE LINEAS DE MEJORA DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) DE LA PERA CON RESISTENCIA A VIRUS CULTIVADAS BAJO MALLA

RESUMEN

En este trabajo se han estudiado seis líneas de mejora de tomate De la pera con resistencia genética a distintas virosis, del Programa de mejora de la EPSO-UMH, junto con tres líneas ya registradas, tres variedades tradicionales y dos híbridos comerciales de referencia, cultivadas en un invernadero de malla durante el ciclo de primavera-verano de 2014. Se ha realizado una caracterización agronómica y de calidad.

Las seis líneas de mejora no registradas han obtenido valores aceptables para los parámetros estudiados, destacando la producción y el contenido de sólidos solubles, que oscilan entre 4,5 y 5 Kg/planta y 5,5 y 6 °Brix. Las líneas AU1353-33, AU1353-34 y AU1353-37 han sido las que han obtenido un mayor peso medio del fruto, alrededor de 75 g/fruto, por lo que son las más interesantes para iniciar los trámites de inscripción en los Registros de Variedades Comerciales y Protegidas.

Palabras clave: Programa de mejora, variedad tradicional, calidad, producción, registro.

EVALUATION OF LINES OF IMPROVEMENT OF PEAR TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) WITH RESISTANCE TO VIRUS GROWN UNDER MESH.

ABSTRACT

In this study we have examined six lines of improved pear tomato with genetic resistance to different viruses, from the Improvement Program EPSO-UMH, with three lines already recorded, three traditional varieties, and two commercial hybrids of reference grown in a greenhouse mesh during the spring-summer cycle of 2014. An agronomic characterization has been carried out and a quality characterization as well.

The six areas for improvement unregistered obtained acceptable values for the parameters studied, especially in the production and content of soluble solids, ranging between 4.5 and 5 kg / plant and 5.5 and 6th °Brix. The AU1353-33, AU1353-34 and



AU1353-37 lines have been those that have obtained a higher average fruit weight, about 75 g / fruit, so they are the most interesting ones to start the process of registration in the Register of Protected Commercial Varieties.

Keywords: Improvement program, traditional variety, quality, production, record.





AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar quisiera agradecer al área de genética del departamento de biología aplicada el darme la oportunidad de realizar este trabajo junto a ellos. A mi tutor Santiago García Martínez por todo lo que me ha enseñado y la ayuda que me ha brindado junto a Arantxa, Pedro, Fernando y el resto de compañeros. A mi compañero Darío con el que compartí tantos momentos de calor en la malla y con el que las horas de análisis en el laboratorio se hicieron amenas.

También a mi familia, tanto a mis padres, hermana, abuelos y tíos que siempre me han apoyado y han confiado en mí, como a mis primas que me han ayudado siempre que me ha hecho falta. Todos ellos han resultado ser un pilar en el que apoyarme en los buenos y malos momentos.

A mis amigos de toda la vida, Antonio, Javier Ibañez, Javier Piñeiro, Joan, Jose Manuel, Rafa, Ramón y no de toda la vida como Roberto, que, a pesar de los dolores de cabeza que me causan a veces, me han distraído de los estudios haciéndome pasar grandes momentos, además de ser un gran apoyo y enseñarme a ser mejor persona.

Por último, agradecerles a todos mis compañeros y amigos de la universidad, en especial a los compañeros de la especialidad de industrias, toda su ayuda durante estos cuatro años de carrera y todas esas risas que nos hemos pegado juntos, que nos son pocas.



ÍNDICE

<u>1.INTRODUCCIÓN.</u>	9
<u>1.1.ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y DIFUSIÓN DEL TOMATE.</u>	9
<u>1.2.SITUACIÓN TAXONÓMICA.</u>	12
<u>1.3.CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS <i>Solanum lycopersicum</i> L.</u>	14
<u>1.3.1.LA RAIZ.</u>	15
<u>1.3.2.EL TALLO.</u>	15
<u>1.3.3.LAS HOJAS.</u>	15
<u>1.3.4.LAS FLORES.</u>	16
<u>1.3.5.EL FRUTO.</u>	17
<u>1.3.6.LAS SEMILLAS.</u>	18
<u>1.4.COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DEL FRUTO.</u>	18
<u>1.5.IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE.</u>	20
<u>1.5.1.A NIVEL MUNDIAL.</u>	20
<u>1.5.2.A NIVEL NACIONAL.</u>	21
<u>1.6.VARIEDADES TRADICIONALES DE TOMATE.</u>	23
<u>1.6.1.DEFINICIÓN DE VARIEDAD TRADICIONAL.</u>	23
<u>1.6.2.VARIEDAD TRADICIONAL TOMATE DE LA PERA.</u>	24
<u>1.7.LA MEJORA GENÉTICA VEGETAL.</u>	25
<u>1.7.1.PROGRAMA DE MEJORA DE LA EPSO-UMH.</u>	27
<u>1.8.EFECTOS ADVERSOS DE LA INTRODUCCIÓN DE RESISTENCIA GENETICA.</u>	28
<u>1.8.1.CARGA O BASURA DE LIGAMENTO.</u>	29



<u>1.9.LÍNEA DE INVESTIGACIÓN A LA QUE PERTENECE ESTE TRABAJO</u>	30
<u>2.OBJETIVOS</u>	31
<u>3.MATERIAL Y MÉTODOS</u>	32
<u>3.1.MATERIAL VEGETAL EMPLEADO</u>	32
<u>3.2.CONDICIONES DEL CULTIVO</u>	33
<u>3.2.1.INSTALACIONES</u>	33
<u>3.3.PRÁCTICAS DE CULTIVO</u>	33
<u>3.3.1.SEMILLERO</u>	33
<u>3.3.2.TRASPLANTE</u>	33
<u>3.3.3.MARCO DE PLANTACIÓN</u>	34
<u>3.3.4.ENTUTORADO Y PODA</u>	34
<u>3.3.5.FERTIRRIGACIÓN</u>	35
<u>3.3.6.TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS</u>	36
<u>3.3.7.RECOLECCIÓN</u>	37
<u>3.4.PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS</u>	37
<u>3.4.1.Cronología de las tareas</u>	37
<u>3.4.2.DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	38
<u>3.5.CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO</u>	39
<u>3.5.1.CARACTERES AGRONÓMICOS</u>	39
<u>3.5.1.1.Producción total</u>	40
<u>3.5.1.2.Peso medio del fruto</u>	40
<u>3.5.1.3.Número de frutos por planta</u>	40
<u>3.5.2.CARACTERES DE CALIDAD</u>	40



<u>3.5.2.1.Sólidos solubles.</u>	40
<u>3.5.2.2.Acidez.</u>	41
<u>3.6.TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.</u>	42
<u>4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</u>	43
<u>4.1.NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA.</u>	43
<u>4.2.PESO MEDIO DEL FRUTO.</u>	44
<u>4.3.PRODUCCIÓN TOTAL.</u>	45
<u>4.4.SÓLIDOS SOLUBLES.</u>	47
<u>4.5.ACIDEZ VALORABLE.</u>	48
<u>5.CONCLUSIONES.</u>	50
<u>6.BIBLIOGRAFÍA.</u>	51
<u>7.ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.</u>	55
<u>7.1.ÍNDICE DE TABLAS.</u>	56
<u>7.2.ÍNDICE DE FIGURAS.</u>	57



1. INTRODUCCIÓN.

1.1. ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y DIFUSIÓN DEL TOMATE.

El centro de origen del tomate no está definido de forma exacta, sin embargo se ubica en la costa occidental de Sudamérica, en concreto en la región Andina compartida por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta zona se encuentran diversas especies del género y numerosas variedades silvestres en campos y zonas sin cultivar. A pesar de ello la domesticación del tomate no parece ser esta zona, atribuyéndosele al área del altiplano mexicano debido a que el cultivo, comercialización y consumo del tomate, estaba muy integrado y difundido en la cultura azteca durante la llegada de los españoles a América, hecho que no sucede en la cultura andina.

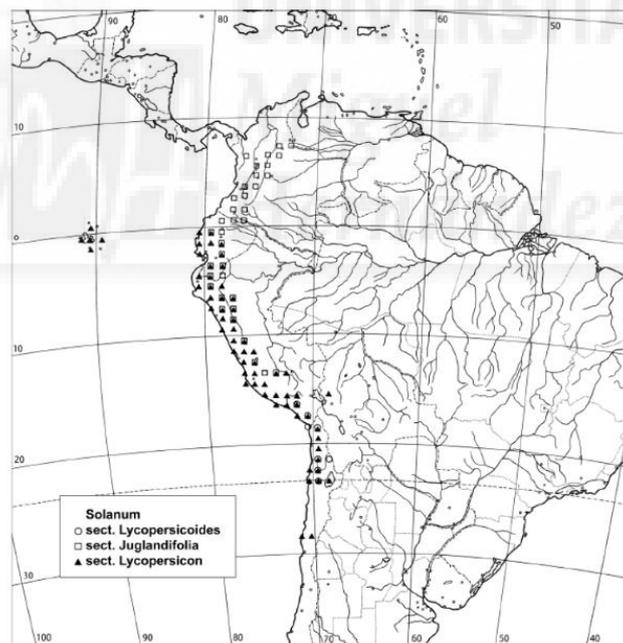


Figura 1: Distribución de *Solanum* sec. *Lycopersicoides*, sec. *Juglandifolia*, y sec. *Lycopersicon* (Peralta *et al.*, 2008).

Además, mediante estudios electroforéticos de la variación de las aloenzimas se ha demostrado la existencia de analogías mucho mayores entre los cultivares europeos y los tomates pequeños silvestres de México y América central que entre los cultivares europeos y las plantas primitivas de la zona Andina (Rick, 1978). Otro motivo por el



que se cree que el tomate fue domesticado en México es que no tiene ningún nombre conocido en quechua, aymara o cualquier otro de los idiomas andinos, mientras que el nombre moderno tiene su origen en la lengua Náhuatl surgida en el s. XII hablada en la región de México, concretamente de la palabra “tomatl” que puede ser traducido como “agua gorda” o “fruto con ombligo” (Nuez, 1995). Por lo tanto el centro de origen del tomate se cree que es la región andina y que fue domesticado en un lugar distinto, en México.

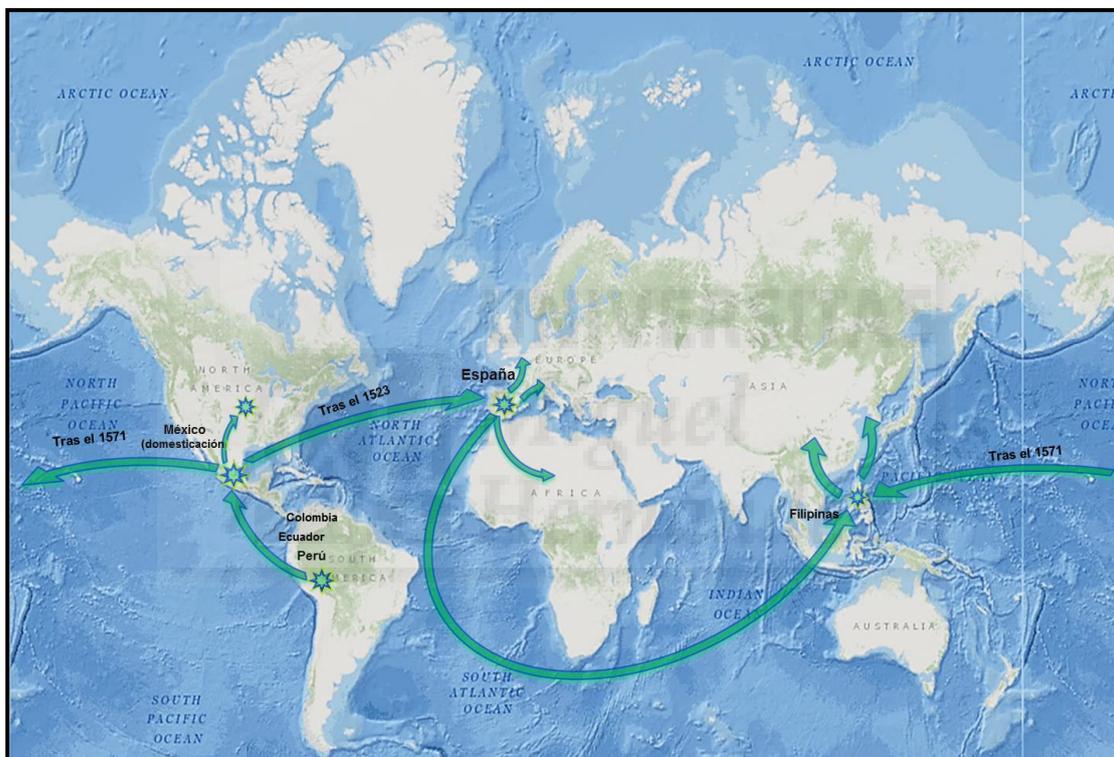


Figura 2: Posibles rutas de propagación del tomate desde el siglo XVI. Elaboración propia.

Tras su transdomesticación el tomate fue llevado a España en 1540 desde Tenochtitlan (capital del imperio azteca), tras la llegada de los españoles a América. Bernal Díaz del Castillo, en su Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España, cita por primera vez en Europa al tomate (Beckjord, 1995). Desde España fue difundido por Europa y junto a Portugal por el resto del mundo a través de sus colonias ultramarinas.



Presentaba un color amarillo de ahí viene su denominación en Italia como “pomo d’oro”, manzana de oro, que fue el nombre que en 1554 le puso el botánico italiano Piero Andrea Mattioli. Tanto en España como en Italia fue empleado en la alimentación humana prácticamente desde su introducción como afirma el herborista Mattioli en 1554 diciendo que el tomate “se come en Italia con aceite, sal y pimienta” (Rick, 1978). En cambio en el resto de países europeos solo se le daba uso ornamental como indica Fournier (1948) que señala que el tomate figura en el catálogo de Andrieux-Vilmorin de 1760 entre las especies ornamentales, apareciendo como hortaliza sólo a partir de 1785.

Además según señala Francisco Hernández hacia 1575: “los farmacéuticos europeos que han conocido estos frutos, les han llamado frutos del amor...” por lo que en la Francia del siglo XVIII se bautizó a la hortaliza como “pomme d’amour” o manzana de amor.



Figura 3: El grabado de " Poma Aurea " o " Goldapffel " (*Solanum lycopersicum*) de Matthioli (1586) . Reproducido con permiso de los Consejeros del Real Jardín Botánico de Kew (Peralta et al., 2008).



Figura 4: La primera ilustración publicada del tomate, *Solanum lycopersicum*, desde Dodoens (1554) . Reproducido con permiso del Museo de Historia Natural Botánica Biblioteca (Peralta et al., 2008).



Esta diferencia de usos entre España e Italia con respecto al norte de Europa es debida a que en el norte de Europa se tenía la creencia de que el tomate era venenoso. La creencia fue debida a las propiedades de las solanáceas europeas, muy ricas en alcaloides, en general con fuertes efectos somníferos, hemolíticos o paralizantes, cuando no mortales (Nuez, 1995).

El tomate llegó por vía comercial a Filipinas tras ser descubiertas por Magallanes en 1521 y posteriormente se difundió al resto de Asia. En cuanto a su introducción en África esta fue realizada por los españoles, portugueses y por los turcos principalmente hacia los Balcanes y Europa Oriental (Nuez, 1995). El cultivo a escala comercial se inició a finales del siglo XIX (Thomas y Chandra, 1998).

1.2. SITUACIÓN TAXONÓMICA.

El tomate fue descrito botánicamente por primera vez de la mano de Pier Andrea Mattioli, del jardín botánico de Padua (Italia), quien publicó su herbario figurado 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).



Figura 5: Ejemplar de *Solanum lycopersicum* L. más antiguo de un herbario, del herbario Aldrovandi (Vol . 1 , p .368) en Bolonia. El par de hojas en la parte inferior de la página pertenece a una especie de Cucurbitaceae. Derechos de autor Sistema Museale D'Ateneo, Università degli Studi di Bologna (Peralta et al., 2008).

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. (Knapp *et al.*, 2004)

Encuadramiento taxonómico según Hunziker (1979):

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

1.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS *Solanum lycopersicum* L.

El tomate es una planta dicotiledónea potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad. El hábito de crecimiento es muy diverso siendo erguido durante los primeros estadios de desarrollo y semi-erguido o decumbente durante los siguientes estadios puesto que el tallo no es capaz de soportar el peso del resto de la planta. Es por ello que necesita de otra planta o de otra estructura para sostenerse. Esta característica hace que sea necesario el uso de estructuras como tutores o espalderas en los cultivos de tomate para sostener a la planta. Las variedades de cultivo precoz suelen alcanzar una longitud de 1,2m mientras que las tardías pueden alcanzar hasta los 2,5 m de longitud.



1.3.1. LA RAIZ.

El sistema radicular del tomate presenta una raíz principal pivotante que crece unos 3 cm al día hasta alcanzar los 60cm de profundidad y en el que simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. En cambio, este sistema radicular, que es el que surge cuando una planta proviene de semilla, puede ser modificado por medidas culturales, y así cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal (Rodríguez *et al.*, 1997).

1.3.2. EL TALLO.

El tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por los pelos glandulares (que dotan a la planta de su olor característico) y no glandulares que surgen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex o corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras que las células internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo (Picken *et al.*, en Hoyos *et al.*, 2005). Al principio muestra una consistencia herbácea que llega a ser leñosa en estado adulto.

La ramificación es simpodial, las yemas axilares desarrollan en ejes sucesivos, mientras que las yemas terminales producen flores o abortan. Las ramitas que se originan en las yemas axilares dan hojas en todos los nudos y finalizan también en una inflorescencia.

1.3.3. LAS HOJAS.

Las hojas son pinnado compuestas. La hoja típica de las plantas cultivadas tiene medio metro de longitud aproximadamente, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta ocho grandes foliolos laterales (que pueden a su vez ser compuestos). Los foliolos suelen ser peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo que los del tallo (Hoyos *et al.*, 2005).



Figura 6: Detalle de hoja de tomate (www.dreastime.com).

1.3.4. LAS FLORES.

Las flores de esta familia presentan haces biclaterales y una estructura floral modelo $K(5) [C(5) A(5)] G(2)$. Esto es, sus flores son radiales y con cinco estambres. El ovario, supero, bicarpelar, contiene numerosos primordios seminales, produciendo bayas poliespermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua respecto a la flor.

La flor del tomate es perfecta regular y hipógina y consta de 5 o más sépalos, de 5 o más pétalos dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan, en número variable, en inflorescencias de tipo racemoso. Frecuentemente el eje principal se ramifica por debajo de la primera flor formada, dando lugar a una inflorescencia compuesta. La primera flor de forma en la yema apical y las demás flores se desarrollan lateralmente por debajo de la primera, alrededor de un eje principal (Nuez, 1995).



Figura 7: Detalle de flor (<http://cdn.olhares.pt>).

Se pueden presentar cuatro tipos de inflorescencias distintas, que pueden ser: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima multípara. En cada inflorescencia puede haber entre 3 y 10 flores, pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia. Normalmente las inflorescencias simples se encuentran en la parte baja de la planta, predominando el tipo compuesto en la parte superior. Se precisan de 56 a 76 días desde el nacimiento de la planta hasta que se inician los botones florales (Rodríguez *et al.*, 1997).

1.3.5. EL FRUTO.

El fruto del tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila normalmente entre los 5 y los 500 gramos. El peso y el tamaño final están relacionados directamente con el número de semillas y lóculos, siendo muy variable en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. Puede tener forma achatada, redondeada o en forma de pera y la superficie puede ser lisa o acostillada. En cuanto al color en estado maduro, los hay de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopina y carotina en distintas y variables proporciones. Además está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión. El fruto adulto del tomate está constituido, básicamente, por el pericarpo el tejido placentario y las semillas. Un ovulo fecundado necesita para desarrollarse en un fruto



maduro de 7 a 9 semanas, en función del cultivar, la posición en el racimo y las condiciones ambientales (Hoyos *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 1997).



Figura 8: Detalle del fruto (www.hortonature.es).

1.3.6. LAS SEMILLAS.

La semilla del tomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm. La superficie está cubierta de vellosidades, pequeñas escamas y restos del tegumento externo que la revestía. En un gramo hay de 300 a 350 semillas. La semilla conserva su poder germinativo durante 4 o más años si se le mantiene en condiciones adecuadas, siendo las temperaturas máximas y mínimas para su germinación de 35 °C y 10 °C (Rodríguez *et al.*, 1997).

1.4. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DEL FRUTO.

Si bien el fruto fresco es rico en vitamina C, el poder calórico del tomate es bastante modesto, apenas aporta 0,2 Kcal/g debido a su escaso contenido en materia seca y grasas. Tanto el contenido en agua como en los restantes componentes depende de la variedad, nutrición condiciones del cultivo, etc. De todos ellos se destaca que aproximadamente el 90% del peso fresco es agua. Aunque es imposible dar valores precisos en la Tabla 1 se dan unos valores orientativos de los componentes de mayor interés.



Tabla 1: Composición nutritiva del tomate por cada 100 g de producto comestible, según distintas fuentes (Nuez, 1995 **(1)**; Folquer, 1979 **(2)**; Watt and Merrill., 1975 **(3)** y Grubben, 1977**(4)**).

COMPONENTE	FUENTE			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Agua	-	94%	93,5%	-
Hidratos de carbono	4,70%	4,00 g	4,70 g	6,20 g
Grasas	0,15%	-	0,20 g	-
Proteínas	0,40%	1,00 g	1,10 g	1,20 g
Cenizas	6,50%	0,30 g	0,50 g	-
Otros(ácidos, licopeno, etc)	-	0,70 g	-	0,5 g
Vitamina A	-	1700 UI	900 UI	-
Vitamina B1 (Tiamina)	-	0,10 mg	0,06 mg	0,06 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	-	0,02 mg	0,04 m	0,04 mg
Niacina	-	0,60 mg	0,70 mg	0,60 mg
Vitamina C	0,02%	21 mg	23,00 mg	23,00 mg
Ph	-	4-4,5	-	-
Calcio	-	-	13,00 mg	7,00 mg
Fósforo	-	-	27,00 mg	-
Hierro	-	-	0,50 mg	0,60 mg
Sodio	-	-	3,00 mg	-
Potasio	0,25%	-	244 mg	-
Valor energético	-	-	22-24 kcal	20 kcal

El tomate es fuente importante de vitaminas, entre las que destacan la C, E, provitamina A y vitaminas del grupo S; fibra y minerales como potasio y fósforo. También tiene un alto contenido en carotenos como el licopeno, que aporta su color rojo característico al tomate. La cantidad de licopeno en el fruto varía entre 3-40 mg/100g y entre sus propiedades destacan que es antiteratogénico, antioxidante, anticancerígeno, regulador de los mecanismos inmunológicos y reductor del colesterol.



1.5. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE.

1.5.1. A NIVEL MUNDIAL.

El tomate es una de las hortalizas con mayor difusión en todo el mundo y con mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. La mejora en las técnicas de cultivo, la concentración de la producción en las zonas más adecuadas para el cultivo y el uso de variedades mejoradas con las que se consigue mayor rendimiento son los motivos principales de este aumento de la producción.

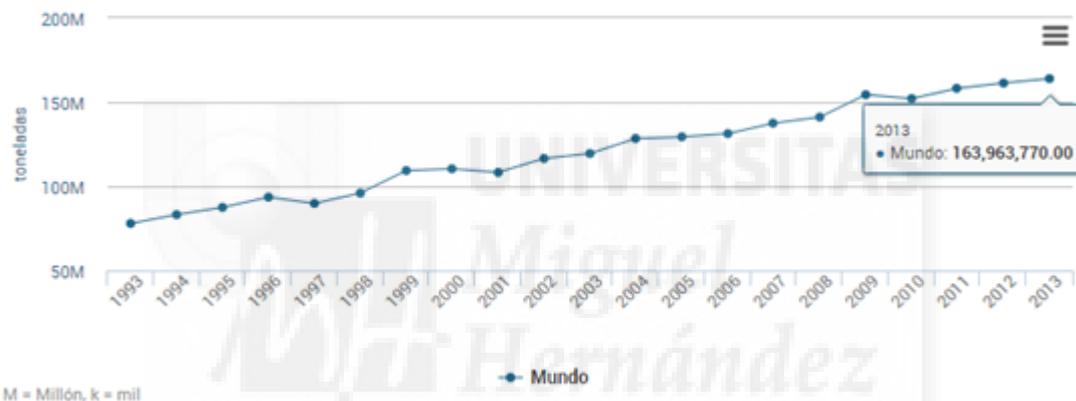


Figura 9: Producción mundial de tomate fresco en el periodo 1993-2013. (Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2013, consultado en 2015).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el tomate es el segundo vegetal más cultivado del mundo después de la patata, alcanzándose en el año 2013 unos valores de producción de aproximadamente 164 millones de toneladas de tomate en todo el mundo, en un área de cultivo de 4,72 millones de hectáreas.

Los cinco países del mundo con una mayor producción en el año 2013 son China, India, Estados Unidos de América, Turquía y Egipto, siendo España la novena productora mundial tras ser superada por Brasil en tal año puesto que se encontraba en octava posición en la estadística anterior (FAOSTAT, 2015).



Tabla 2: Superficie y producción de tomate de los 10 principales países del mundo en el año 2013 (F.A.O. 2015).

Posición	Región	Producción(t)	Área cosechada (ha)
1	China	50.664.255	984603
2	India	18.227.000	880000
3	Estados Unidos de América	12.574.550	149977
4	Turquía	11.820.000	311000
5	Egipto	8.533.803	212946
6	Irán (República Islámica del)	6.174.182	163595
7	Italia	4.932.463	95304
8	Brasil	4.187.646	62687
9	España	3.683.600	45300
10	México	3.282.583	87165
	TOTAL MUNDIAL	163.963.770	4.725.416

1.5.2. A NIVEL NACIONAL.

Como podemos observar en la Tabla 3 la mayor parte de la superficie de cultivo de tomate en España es de regadío, con una superficie aproximada de cuarenta y ocho mil hectáreas.

La comunidad en la que hay mayor producción de tomate de España con diferencia del resto de comunidades es Andalucía junto con Extremadura con 1.619.261 y 1.403.681 toneladas respectivamente en el año 2012 , seguidas de lejos por la Región de Murcia con aproximadamente 289.355 toneladas.

En cuanto a la superficie, Andalucía es la comunidad que más superficie de cultivo protegido y en total tiene siendo estos valores 13.047 y 18.562 toneladas. Sin embargo Extremadura que es la segunda comunidad más productiva tiene la mayoría de la superficie al aire libre en regadío y es la que menos superficie de cultivo protegido tiene aun siendo la que mayor rendimiento tiene para este tipo de cultivo (más del doble que en Andalucía).



Tabla 3: Superficie, rendimiento y producción en España por comunidades en el año 2012 (INE 2015).

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
GALICIA	–	213	858	1.071	–	74.574	101.528	102.996
P. DE ASTURIAS	40	20	20	80	15.000	30.000	60.000	2.400
CANTABRIA	38	–	–	38	18.000	–	–	684
PAÍS VASCO	80	140	70	290	9.938	20.922	49.864	7.215
NAVARRA	–	1.715	60	1.775	–	83.748	71.017	147.889
LA RIOJA	–	183	13	196	–	73.705	83.000	14.567
ARAGÓN	–	867	16	883	–	81.792	170.625	73.644
CATALUÑA	50	1.222	139	1.411	5.760	32.743	86.163	52.278
BALEARES	21	135	89	245	7.000	42.000	52.980	10.532
CASTILLA Y LEÓN	–	170	38	208	–	36.529	87.158	9.522
MADRID	–	27	7	34	–	50.000	170.000	2.540
CASTILLA-LA MANCHA	–	1.504	40	1.544	–	72.522	170.000	115.874
C. VALENCIANA	80	576	498	1.154	11.325	23.774	106.835	67.804
R. DE MURCIA	–	190	2.417	2.607	–	60.000	115.000	289.355
EXTREMADURA	–	17.190	4	17.194	–	81.606	220.000	1.403.681
ANDALUCÍA	25	5.490	13.047	18.562	19.880	57.596	99.836	1.619.261
CANARIAS	46	94	1.185	1.325	35.000	54.369	100.802	126.171
ESPAÑA	380	29.736	18.501	48.617	14.545	72.605	101.720	4.046.413

Andalucía y la Región de Murcia son las comunidades que mayor superficie dedican al cultivo protegido.



1.6. VARIEDADES TRADICIONALES DE TOMATE.

1.6.1. DEFINICIÓN DE VARIEDAD TRADICIONAL.

Las variedades tradicionales 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).

Gran parte del interés de estas variedades se encuentra en que proporcionan material barato y asequible para la mejora vegetal además de ser “donantes” de genes, que pueden conferir caracteres de resistencia a plagas, enfermedades y a estreses abióticos, producir aumentos de producción, o estar relacionados con cualidades organolépticas y morfológicas (Hobbelink, 1992; Hawtin *et al.*, 1996; Nuez y Ruiz, 1999).

En el sureste de España existen diversas variedades tradicionales de tomate, como el “Muchamiel” de Alicante, el “De la pera” y “Cherry” de la vega baja del Segura, el



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

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).

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 hacen que las variedades tradicionales estén en serio peligro de desaparecer al no ajustarse a los requisitos de los actuales mercados.

1.6.2. VARIEDAD TRADICIONAL TOMATE DE LA PERA.

El tipo varietal “De la pera” está formado por un conjunto de variedades que se distingue por la forma aperada de sus frutos. Esta variedad cultivada principalmente en la Vega Baja del Segura, sur de la provincia de Alicante y comarcas vecinas, estaba destinada principalmente a la conserva, aunque los primeros frutos también solían ser consumidos en fresco.

La desaparición de este tipo varietal comenzó a mediados del siglo XX, consecuencia de su sustitución por híbridos comerciales especialmente destinados a la industria conservera y con producciones más elevadas y homogéneas, mejor apariencia externa y dotada de resistencia a plagas y enfermedades y por otros cultivos como el cáñamo, la alcachofa o el algodón.

El progresivo abandono y sustitución de este tipo varietal y otras variedades tradicionales de la zona por variedades modernas, en su mayoría híbridos F1, se vio favorecido por su gran dificultad para ser cultivadas, al ser sensibles a cada una de las virosis que afectan al tomate (Nuez *et al.*, 1998).



1.7. LA MEJORA GENÉTICA VEGETAL.

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 existencia de variabilidad, la capacidad de detectar dicha variabilidad por el observador, y la capacidad de manipulación de esta para producir un nuevo cultivar, son, en cualquier programa de mejora genética vegetal, las tres premisas más importantes para su planteamiento y ejecución. Por ello es tan importante la conservación de recursos fitogenéticos, que son una fuente extraordinaria de genes potencialmente útiles en mejora.

El tomate cuenta con una gran variabilidad en lo que se refiere a tamaños, formas y colores de los frutos. Los hay redondos, alargados y acostillados; los hay rojos, rosas amarillos, con hombros. Pero, a pesar de ello, la variabilidad genética general es muy baja en tomate, lo que se puede explicar por la historia del proceso de domesticación de esta especie (elevada presión de selección al ser traído desde América a Europa) (Hoyos *et al.*, 2005).



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.

Tabla 4: Genes de resistencia a patógenos de importancia en cultivo de tomate (Soler y Nuez, 2004).

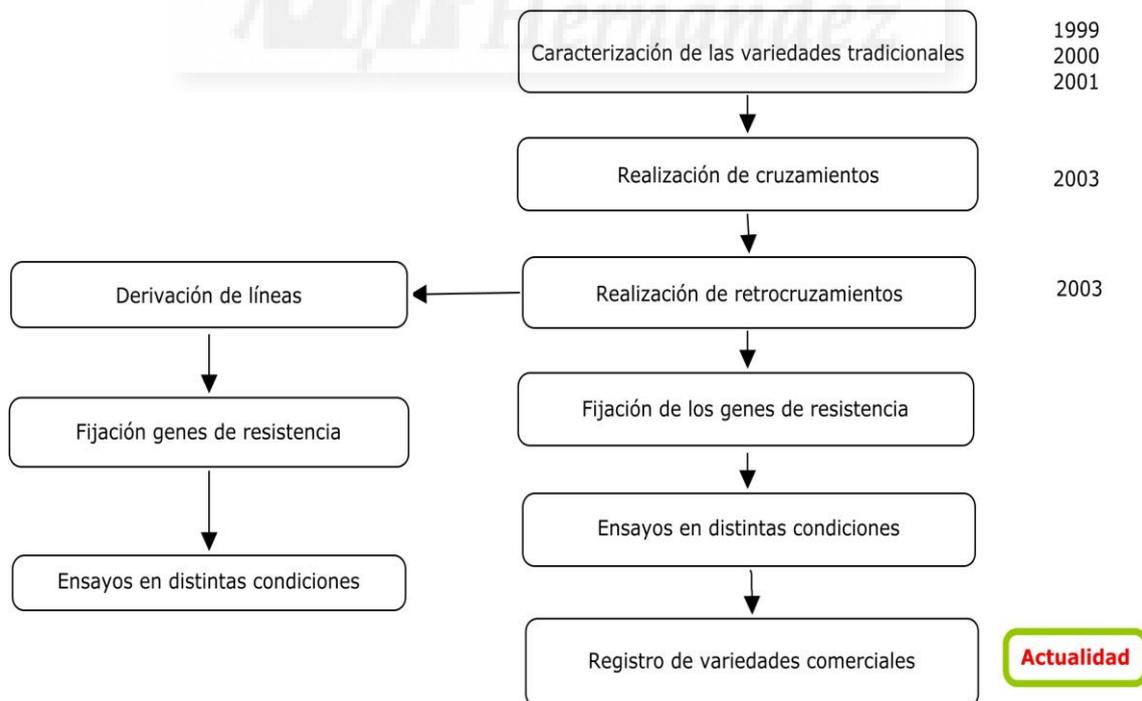
	Patógenos	Gen
Hongos	<i>Verticillium dahliae</i>	<i>Ve</i>
	<i>Fusarium oxysporum f. sp. radices lycopersici</i>	<i>I, I-2</i>
	<i>Fusarium oxysporum f. sp. Radices lycopersici</i>	<i>Frl</i>
	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	<i>Pyl</i>
	<i>Alternaria alternata f. sp. Lycopersici</i>	<i>Asc</i>
	<i>Fulvia fulva= Cladosporium fulvum</i>	<i>Cf (series)</i>
	<i>Stenphylium</i>	<i>Sm</i>
	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Ph-2</i>
	<i>Leivillula taurica</i>	<i>Lv</i>
		<i>Oidium lycopersicum</i>
Bacterias	<i>Pseudomonas syringae pv. Tomato</i>	<i>Pto</i>
	<i>Ralstonia solanacearum</i>	oligogenico
Virus	<i>Tobacco mosaic virus (TMV)</i>	<i>Tm-2a</i>
	<i>Tomatto spotted wilt virus (TSWV)</i>	<i>Sw-5</i>
	<i>Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)</i>	<i>Ty-1</i>
Nematodos	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Mi</i>



1.7.1. PROGRAMA DE MEJORA DE LA EPSO-UMH.

En 1998, para evitar pérdida del cultivo de variedades tradicionales en el sudeste español, comenzó en la EPSO-UMH un programa de mejora para la introducción de genes de resistencia a las tres virosis (ToMV, TYLCV, TSWV) más importantes. El método elegido para la mejora fue una introgresión asistida por marcadores. Las etapas que comprende el programa son las siguientes (Figura 10):

- 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.



- **Figura 10:** Esquema del programa de mejora.



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, la selección fenotípica y genotípica, no son excluyentes, habiéndose confirmado que el resultado óptimo se obtiene empleando una combinación de las dos técnicas (Capel *et al.*, 2000; Martín, 2002; Garcia-Garcia, 2004).

1.8. EFECTOS ADVERSOS DE LA INTRODUCCIÓN DE RESISTENCIA GENÉTICA.

Para introducir una característica deseada en una variedad, se debe realizar un cruzamiento con una planta que posea esa característica. La introducción de esa característica, se consigue introduciendo el gen o los genes que la determinan. Tras el cruzamiento la progenie tiene el gen deseado y la mitad de genotipo de cada uno de los parentales. Para recuperar el genotipo de la variedad original se debe cruzar la descendencia con la variedad original repetidas veces, proceso al que se denomina retrocruzamiento (Figura 11). Tras 7-8 retrocruces se alcanza el 99% de genoma original, con lo que suele darse por terminado el proceso de recuperación.

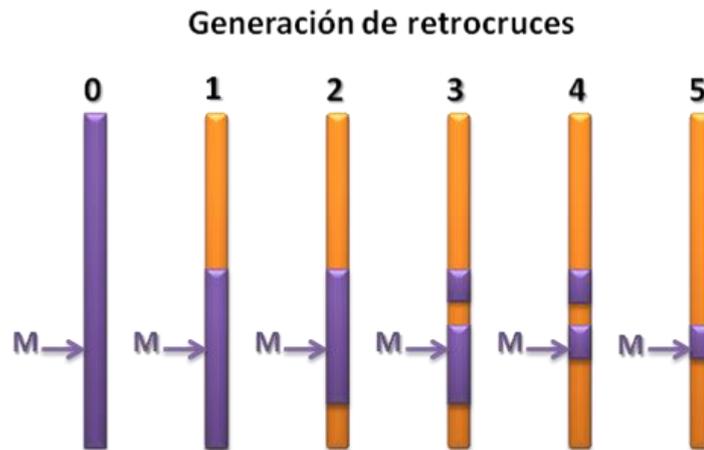


Figura11: Representación del proceso de recuperación del genoma de una variedad (representado por el color naranja) tras el cruzamiento con otro parental (representado en morado), que contiene el gen de interés, representado por M. Se observa que en cada retrocruce se recupera parte del genoma de la variedad (Lynch y Walsh, 1998).

1.8.1. CARGA O BASURA DE LIGAMENTO.

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 el de interés y que pueden tener efectos desfavorables depende del tamaño del fragmento (Figura 12).

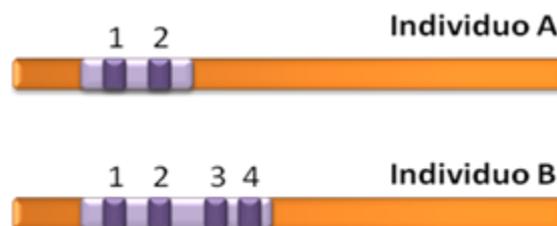


Figura 12: Representación de los fragmentos introgresados (en color morado) en dos individuos (cuyo genoma aparece en naranja). Los números corresponden a distintos genes, y en ambos casos el gen de interés es el número 1. Los restantes genes no son de interés, y en alguna ocasión pueden tener un efecto desfavorable



1.9. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN A LA QUE PERTENECE ESTE TRABAJO

Este trabajo fin de carrera forma parte del proyecto “Mejora de la calidad en tomate: análisis genético y de metabolitos del efecto de la introducción de resistencias y genética de asociación en variedades españolas e italianas” concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación (CICYT, AGL2011-26957), cuyo investigador principal es el Dr. Juan José Ruiz Martínez, desarrollado por el Grupo de Mejora Genética de la EPSO.

Una parte de este proyecto es el desarrollo de líneas de mejora con resistencia a virosis. Estas líneas pueden resultar muy interesantes para su cultivo. Se ha iniciado la tramitación de la inscripción en los Registros de Variedades Protegidas y Comerciales de varias líneas. Se están estudiando otras líneas, que en función de sus características, podrán ser enviadas a dichos registros los próximos años.



2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es estudiar seis líneas de mejora de tomate De la pera con resistencia genética a distintas virosis, derivadas del Programa de mejora de la EPSO-UMH, junto con tres líneas ya registradas, tres variedades tradicionales y dos híbridos comerciales de referencia, cultivadas en un invernadero de malla durante el ciclo de primavera-verano de 2014.

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 las líneas más interesantes para iniciar los trámites de inscripción en los Registros de Variedades Comerciales y Protegidas.





3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. MATERIAL VEGETAL EMPLEADO.

En el ensayo se han estudiado nueve líneas procedentes del programa de mejora de la EPSO (tres registradas o en proceso y seis en la etapa anterior a ser enviadas a registro), tres variedades tradicionales De la pera y los híbridos comerciales Boludo y Anastasia como referencia. El genotipo para los distintos genes de resistencia aparece en la siguiente tabla.

Tabla 5: Genotipo de las variedades tradicionales y líneas estudiadas, para los 3 genes de resistencia introducidos (*Tobacco mosaic virus* (TMV),*Tm-2^a*; *Tomato spotted wilt virus* (TSWV),*Sw-5*; *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV),*Ty-1*):

Variedad-Línea	Gen de resistencia		
	<i>Tm-2^a</i>	<i>Ty-1</i>	<i>Sw-5</i>
Líneas de mejora			
AU 1353-30	RR	SS	RR
AU 1353-31	RR	SS	RR
AU 1353-32	RR	SS	RR
AU 1353-33	RR	SS	RR
AU 1353-34	RR	SS	RR
AU 1353-37	RR	SS	RR
UMH 1203	RR	RR	RR
UMH 1415	RR	SS	RR
UMH 1422	RR	SS	SS
Variedades tradicionales			
7 Tradicional	SS	SS	SS
19 Tradicional	SS	SS	SS
21 Tradicional	SS	SS	SS
Híbridos comerciales			
Anastasia	Rs	Rs	Rs
Boludo	Rs	Rs	Rs



3.2. CONDICIONES DEL CULTIVO.

El ensayo se realizó en un invernadero de malla situado en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, en el término municipal de Orihuela (Alicante).

3.2.1. INSTALACIONES.

El invernadero empleado es de tipo capilla, con cubierta a dos aguas, simétrica y de policarbonato (Figura 13). 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 13: Invernadero utilizado en el ensayo.

3.3. PRÁCTICAS DE CULTIVO.

3.3.1. SEMILLERO.

La realización del semillero corrió a cargo de Semilleros José y Belem, empresa situada en Albatera (Alicante). Se utilizaron bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos. El substrato empleado en los diferentes semilleros fue turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes.

3.3.2. TRASPLANTE.

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



3.3.3. MARCO DE PLANTACIÓN.

Las plantas se disponían 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 obtenía una densidad de 2,5 pl/m² (figura 14).



Figura 14: Marco de plantación.

3.3.4. 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 15).

El sistema de poda elegido 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 15: Entutorado de las plantas utilizado en el ensayo.

3.3.5. FERTIRRIGACIÓN.

Se dispone de un sistema de 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.

La soluciones nutritivas en cada fase del cultivo eran distintas, llegando a usarse 3 soluciones diferentes: la fase 1 comprende el período entre la plantación y la aparición del tercer racimo floral, la fase 2 desde este momento hasta el viraje de color de los primeros frutos, y la fase 3 desde el cambio de color, hasta el final del cultivo (Tabla 6).

Tabla 6: Soluciones nutritivas empleadas en cada fase de cultivo.

FASE	Aniones (mmol/l)					Cationes (mmol/l)					pH	C.E.
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
1º	12	2	2	0.5	0	0.5	5	4	2	0	5.8	2
2º	12	2	2	0.5	0	0.5	6	4.25	2.25	0	5.8	2.5
3º	14	2	2.5	0.5	0	0.5	7	4.5	2.5	0	5.8	2.8

Para cubrir las necesidades de micronutrientes se aportaron distintos productos, que aparecen en la tabla 7.



Tabla 7: Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo.

NOMBRE COMERCIAL	ELEMENTOS NUTRICIONALES
SIAPTON	Amoniácidos 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%)

3.3.6. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.

Se realizaban tratamientos una vez por semana, aunque en la época de mayor incidencia se realizaban dos. Las plagas y enfermedades con mayor incidencia durante el ensayo fueron trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tuta (*Tuta absoluta*). Otras plagas y enfermedades con menor incidencia durante el ensayo fueron plusia (*Chrysodeixis chalcites*), araña roja (*Tetranychus urticae*) y oidiopsis o mancha amarilla (*Leveillula taurica*).

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, además de vasates (*Aculops lycopersici*).

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 8.



Tabla 8: 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>Bacillus thuringiensis</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 Isotridecílico etoxilado 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%

3.3.7. 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.

3.4.1. Cronología de las tareas.

En la tabla 9 aparecen las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes del cultivo, así como las 4 recolecciones que se llevaron a cabo.

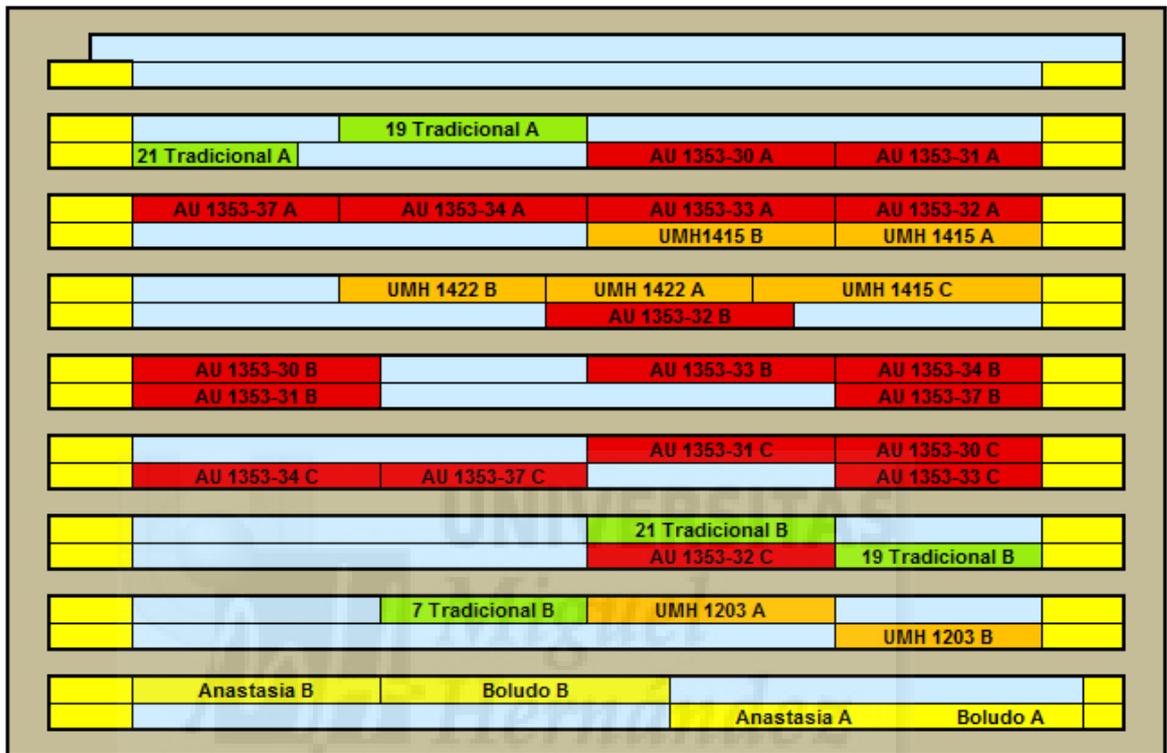


Tabla 9: Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo.

Tarea	Fecha
Siembra	14/02/2014
Trasplante	01/04/2014
1ª recolección	1/07/2014
2ª recolección	7/07/2014
3ª recolección	14/07/2014
4ª recolección	30/07/2014
Medida sólidos solubles y acidez	Octubre- Noviembre2014

3.4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se dispusieron 3 repeticiones de 5-6 plantas para las líneas de mejora y variedades tradicionales, mientras que fueron solo 2 para los híbridos comerciales, como aparece en la Figura 16. Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.



	Líneas de mejora ya registradas
	Híbridos F1
	Variedades no incluidas en este estudio
	Variedades tradicionales
	Líneas de mejora

Figura 16: Esquema de la disposición de cada una de las plantas en el invernadero.

3.5. CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.

3.5.1. CARACTERES AGRONÓMICOS.

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 del fruto.

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

3.5.1.3. Número de frutos 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 17), 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, se seleccionaban entre 3 y 4 frutos, que se cortaban en trozos, para triturarlos con una batidora doméstica.



Figura 17: Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la variedad 21 tradicional (a la izquierda) y la línea de mejora UMH1353-33(derecha).



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 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su posterior análisis, en octubre de 2014.

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 tenían el mismo peso. Se eliminaba la mayor parte de la pulpa, y tras comprobar que tenían el mismo peso, se volvía a centrifugar a 3.500 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 18), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}\text{Brix}$), por duplicado.



Figura 18: 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 pHmetro pHmatic 23 CRISON (Figura 19), expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco.



Figura 19: pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.

3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Se realizó un análisis de la varianza unifactorial, con las distintas líneas de mejora, variedades tradicionales e híbridos. 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. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA.

En el análisis de la varianza realizado para el número de frutos obtenidos por planta se observa que hay importantes diferencias entre las líneas estudiadas (Tabla 10).

Tabla 10: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para el número de frutos por planta.

Significación ANOVA: < 0,0001 **		
Línea	Media (Frutos/planta)	Grupos homogéneos
UMH 1203	35,1	A
19 Tradicional	38,0	A
21 Tradicional	40,5	A
7 Tradicional	51,1	B
Anastasia	57,9	BC
AU 1353-37	60,0	CD
Boludo	62,8	CD
UMH 1422	64,4	CD
UMH 1415	64,7	CD
AU 1353-34	67,6	CD
AU 1353-33	69,2	D
AU 1353-30	70,0	D
AU 1353-32	71,0	D
AU 1353-31	71,2	D

*, ** diferencias significativas a $P < 0.05$ y 0.01 , respectivamente. ns: diferencias no significativas a $P > 0.05$. Medias con la misma letra no son diferentes a $P < 0.05$ (test de Newman-Keuls).

El test de rango múltiple de Newman-Keuls muestra diferencias significativas entre las distintas líneas estudiadas. Los valores obtenidos en este ensayo han sido ligeramente superiores a los obtenidos en 2012 con las mismas líneas en condiciones similares por Del Espino (2012), pero ligeramente inferiores a los de Sáiz (2013). El primer grupo está formado por la línea de mejora UMH 1203 y las variedades 19 Tradicional y 21 Tradicional, entre 35 y 40 frutos/planta. La variedad 7 Tradicional difiere de las otras dos variedades tradicionales. Los híbridos comerciales Anastasia y Boludo junto con las variedades registradas UMH 1422 y UMH 1415 se encuentran en la zona intermedia. No se han encontrado diferencias significativas entre las líneas de



mejora a excepción de la UMH 1203. Esta última línea es la única con resistencia al virus de la cuchara, lo que sugiere que la introducción de esta resistencia tiene un efecto negativo en este carácter.

4.2. PESO MEDIO DEL FRUTO

Para el peso medio de los frutos, en el análisis de la varianza, se han encontrado diferencias significativas entre las líneas estudiadas (Tabla 11).

Tabla 11 Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para el número de frutos por planta.

Significación ANOVA: < 0,0001 **		
Línea	Media (Gramos/fruto)	Grupos homogéneos
7 Tradicional	48,4	A
AU 1353-31	62,8	B
UMH 1422	63,9	B
21 Tradicional	64,5	BC
UMH 1415	66,8	BC
19 Tradicional	67,8	BC
AU 1353-30	69,3	BC
AU 1353-32	70,3	BC
UMH 1203	72,1	BC
AU 1353-34	73,0	BC
AU 1353-33	73,4	BC
AU 1353-37	77,6	C
Anastasia	90,9	D
Boludo	104,2	E

*, ** diferencias significativas a $P < 0.05$ y 0.01 , respectivamente. ns: diferencias no significativas a $P > 0.05$. Medias con la misma letra no son diferentes a $P < 0.05$ (test de Newman-Keuls).

Como en el parámetro anterior, el test de rango múltiple de Newman-Keuls muestra diferencias significativas, esta vez para el peso medio de los frutos de las líneas estudiadas teniendo hasta seis grupos homogéneos diferenciados. De forma general y respecto a ensayos anteriores con las mismas líneas en condiciones similares este ensayo ha obtenido valores superiores a los de Del Espino (2012) e inferiores a los de Sáiz (2013). El primer grupo está compuesto únicamente por la variedad 7 Tradicional con un peso medio de 48,4 gramos/fruto por lo que difiere del resto de variedades tradicionales. El resto de variedades tradicionales y líneas de mejora, con



un peso medio comprendido entre 62 y 78 gramos/fruto, no difieren entre sí, a excepción de la línea AU 1353-37, que tiene mayor peso medio que las líneas AU 1353-31 y UMH 1422. Por último los híbridos comerciales Anastasia y Boludo son los que alcanzan mayor peso medio, difiriendo entre sí y entre las demás líneas y variedades tradicionales. En este caso para la línea UMH 1203 (única línea de mejora con resistencia al virus de la cuchara), no se observa un efecto negativo sobre el peso medio del fruto tal resistencia, puesto que no hay diferencias con el resto de líneas de mejora, que son sensibles. Este resultado difiere de los obtenidos en los trabajos de Del Espino (2012) y Sáiz (2013), donde la línea UMH 1203 tenía menor peso medio que algunas de las líneas de mejora.

4.3. PRODUCCIÓN TOTAL.

Entre las líneas estudiadas en el análisis de la varianza para la producción total se observa gran disparidad de resultados (Tabla 12).

Tabla 12: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para la producción total para todas las líneas de plantas.

Significación ANOVA: < 0,0001 **		
Línea	Media (Gramos/planta)	Grupos homogéneos
UMH 1203	2496,2	A
19 Tradicional	2523,9	A
7 Tradicional	2538,0	A
21 Tradicional	2550,2	A
UMH 1422	4124,6	B
UMH 1415	4315,8	BC
AU 1353-31	4455,0	BC
AU 1353-37	4616,2	BC
AU 1353-30	4886,9	BC
AU 1353-34	4905,8	BC
AU 1353-32	5003,4	BC
AU 1353-33	5046,7	BC
Anastasia	5210,0	C
Boludo	6420,8	D

*, ** diferencias significativas a $P < 0.05$ y 0.01 , respectivamente. ns: diferencias no significativas a $P > 0.05$. Medias con la misma letra no son diferentes a $P < 0.05$ (test de Newman-Keuls).



Tras realizar el test de rango múltiple de Newman-Keuls se observa clara disparidad entre las líneas para la producción total (Tabla 112). Si comparamos los resultados obtenidos en este ensayo con los de años anteriores realizados con las mismas líneas en condiciones similares tenemos que han sido ligeramente superiores (a excepción de la variedades tradicionales que han sido inferiores) a los del 2012 por Del Espino (2012) y ligeramente inferiores a los de Sáiz (2013). La línea de mejora UMH 1203 junto con las variedades tradicionales 19 Tradicional, 7 Tradicional y 21 Tradicional forman el primero de los cinco grupos diferenciados para producción total con valores que rondan los 2500 gramos/planta. En cuanto a las líneas de mejora se encuentran todas en los grupos segundo y tercero con valores comprendidos entre 4000 y 5050 gramos/planta (a excepción de la UMH 1203 que se encuentra en el primero). Al cuarto grupo solo pertenece el híbrido comercial Anastasia con 5200 gramos/planta. El último de los grupos está formado por el híbrido comercial Boludo con más de 6400 gramos/planta. Se han encontrado diferencias significativas entre la línea de mejora UMH 1203 y el resto. La producción obtenida para esta línea, que es la única con resistencia al virus de la cuchara, es mucho menor a la del resto de líneas de mejora al igual que sucede en los ensayos anteriores Del Espino (2012) y Sáiz (2013). Este hecho sugiere que el fragmento que contiene el gen de resistencia al virus de la cuchara tiene un claro efecto negativo sobre la producción. Si el virus de la cuchara puede estar presente en el cultivo, en especial en parcelas al aire libre, se recomendaría cultivar la línea de mejora AU 1203, con resistencia a este virus, mientras que si se cree que este virus no estará presente en el cultivo, especialmente en invernaderos con buen cerramiento, se puede recomendar las líneas sin resistencia a cuchara.

4.4. SÓLIDOS SOLUBLES.

En el análisis de la varianza realizado para los sólidos solubles, se han encontrado diferencias significativas entre las líneas estudiadas (Tabla 13).

**Tabla 13:** Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para sólidos solubles.

Significación ANOVA: < 0,0001		
**		
Línea	Media (°Brix)	Grupos homogéneos
Boludo	5,39	A
AU 1353-33	5,52	AB
UMH 1422	5,59	ABC
AU 1353-37	5,62	ABCD
Anastasia	5,63	ABCD
19 Tradicional	5,68	ABCD
AU 1353-34	5,71	ABCD
AU 1353-30	5,77	ABCD
UMH 1415	5,80	ABCD
AU 1353-32	5,80	ABCD
21 Tradicional	5,93	BCD
AU 1353-31	6,03	CDE
7 Tradicional	6,06	DE
UMH 1203	6,33	E

*, ** diferencias significativas a $P < 0.05$ y 0.01 , respectivamente. ns: diferencias no significativas a $P > 0.05$. Medias con la misma letra no son diferentes a $P < 0.05$ (test de Newman-Keuls).

Al igual que en los parámetros anteriores en el test de rango múltiple de Newman-Keuls se muestran importantes diferencias para los sólidos solubles de las distintas líneas estudiadas, aunque la variación es menor que en los parámetros anteriores, como lo demuestra que el rango de variación obtenido vaya de 5,39 a 6,33 °Brix, estos valores son superiores a los Del Espino (2012) que oscilaron entre 4,9 y 5,3 °Brix y a los de Sáiz (2013) que oscilaron entre 4,5 y 4,9 °Brix. En los estudios realizados en los años 2012 y 2013 las diferencias entre las líneas estudiadas fueron mucho menores que en 2014. Los híbridos comerciales Boludo y Anastasia apenas difieren entre sí con 5,39 y 5,63 °Brix respectivamente. Las líneas de mejora no muestran grandes diferencias a excepción de la línea AU 1353-33 con valores inferiores a la línea de mejora AU 1353-31. Las variedades tradicionales muestran ligeras diferencias entre ellas con valores que van desde los 5,68 y 6,06 °Brix, sin llegar a ser significativas. Entre las líneas de mejora se han encontrado diferencias ya que podemos diferenciar la línea UMH 1203 del resto por su alto contenido en sólidos solubles respecto a las demás líneas de



mejora. Esto puede deberse a dos posibles motivos. El primero de ellos es que debido a que la resistencia al virus de la cuchara presente únicamente en esta línea le produce un descenso de la producción total y número de frutos lo que conlleva un aumento de los sólidos solubles de sus frutos. O bien puede deberse a que el fragmento que contiene el gen de resistencia al virus de la cuchara tiene un efecto positivo sobre el contenido en sólidos solubles. Esta segunda explicación puede descartarse porque en 2012 y 2013 la línea UMH 1203 no había obtenido mayores valores que el resto de líneas.

4.5. ACIDEZ VALORABLE.

Tras realizar el análisis de la varianza para acidez valorable se observa notable disparidad entre las líneas estudiadas (Tabla 14).

Tabla 14: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para el peso medio de los frutos recolectados.

Significación ANOVA: < 0,0001		
**		
Línea	Media (g/100g)	Grupos homogéneos
UMH 1203	0,29	A
19 Tradicional	0,30	AB
UMH 1422	0,33	BC
21 Tradicional	0,33	BC
AU 1353-30	0,34	CD
UMH 1415	0,35	CDE
AU 1353-32	0,35	CDE
AU 1353-31	0,35	CDE
Boludo	0,37	DEF
Anastasia	0,37	DEF
AU 1353-33	0,38	DEF
AU 1353-37	0,38	EF
7 Tradicional	0,41	FG
AU 1353-34	0,42	G

*, ** diferencias significativas a $P < 0.05$ y 0.01 , respectivamente. ns: diferencias no significativas a $P > 0.05$. Medias con la misma letra no son diferentes a $P < 0.05$ (test de Newman-Keuls)

Entre las distintas líneas estudiadas en el test de rango múltiple de Newman-Keuls para acidez valorable se han encontrado diferencias significativas llegando a



diferenciar 9 grupos. Estos valores son claramente inferiores a los de Del Espino (2012) y similares a los de Sáiz (2013). La línea de mejora UMH 1203 es distinta del resto de líneas de mejora con una acidez valorable de 0,29 g/100g. Las variedades tradicionales 19Tradicional y 21Tradicional son similares entre ellas con valores 0,30 y 0,33 g/100g respectivamente pero difieren de la 7 Tradicional que tiene 0,41 g/100g como valor mucho mayor. Las líneas de mejora sin resistencia a TYLCV no muestran diferencias significativas entre ellas con valores comprendidos entre 0,33 y 0,38 excepto la línea UMH 1422 que difiere de las líneas AU1353-33 y AU 1353-37, que superan a la primera y la línea de mejora AU 1353-34 que difiere de todas las demás con un valor superior de 0,42 g/100g. Los híbridos comerciales Boludo y Anastasia no muestran diferencias entre ellos encontrándose en los valores medios de acidez valorable.





5. CONCLUSIONES

Todas las líneas de mejora sin resistencia a cuchara han obtenido una producción mayor que la de la línea UMH 1203, con resistencia a TYLCV.

Las seis líneas de mejora no registradas han obtenido valores aceptables para los parámetros estudiados, destacando la producción y el contenido de sólidos solubles, que oscilan entre 4,5 y 5 Kg/planta y 5,5 y 6 °Brix.

Las líneas AU 1353-33, AU 1353-34 y AU 1353-37 han sido las que han obtenido un mayor peso medio del fruto, alrededor de 75 g/fruto, por lo que son las más interesantes para iniciar los trámites de inscripción en los Registros de Variedades Comerciales y Protegidas.





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.

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.

Beckjord S.H. 1995. "Con sal y ají y tomates": las redes textuales de bernal díaz en el caso de cholula. *Revista Iberoamericana*. Columbia University 170-171

Capel, J.; Santalla, M.; Ferreira, J.J.; De Ron, A.M.; Lozano, R. 2000. Selección asistida por marcadores moleculares. En Nuez, F y Carrillo, J.M. Los marcadores moleculares en la Mejora Vegetal. Editorial de la UPV.

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. *Communications in Soil Sciences and Plant Analysis*. 36:649-660.

Del Espino, C. 2012. Selección de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para agricultura ecológica. Trabajo fin de master. Universidad Miguel Hernández.

FAO/FAOSTAT. Bases de datos estadísticos de la Fao. 2015. Disponible en la web: <http://faostat.fao.org/>

Folquer, F. 1979. El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. Ed. Hemisferio sur. Buenos Aires.

Fournier, P. 1947-48. Plantes médicinales et vénéneuses de France. 3 vols. Paul Lechevalier, París.

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



García –Martínez, S. 2006. Mejora genética de variedades tradicionales de tomate del sureste español. Tesis doctoral. 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.

Grubben, G.J.H. 1977. *tropical vegetables and their genetic resources*. IBGRI, Rome, Italy.

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.

Hobbelink, H. 1992. La biotecnología y el futuro de la agricultura mundial. Nordan-Comunidad/Redes. Montevideo (Uruguay).

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.

INE. Instituto Nacional de Estadística. Bases de datos estadísticos de la INE. 2015. Disponible en la web: <http://www.ine.es/>

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.



Martin, A. 2002. Los marcadores genéticos en la mejora vegetal. En: Genómica y Mejora Vegetal. En Nuez, F., Carrillo, J.M. y Lozano, R de Ed. Mundi-Prensa.

Nuez F.; Rodriguez del rincon A.; Tello J.; Cuartero J.; Segura B. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. 793 pp.

Nuez, F.; Roselló, S.; Picó, B. 1998. La conservación y recuperación de nuestro patrimonio hortícola. Mejorar para conservar. Agrícola Vergel 194: 74-80.

Nuez, F.; Ruiz, J.J. 1999a. Encuentro Internacional sobre Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos. UPV. Valencia.

Nuez, F.; Ruiz, J.J. 1999b. la Biodiversidad Agrícola Valenciana: Estrategias para su conservación y Utilización. UPV. Valencia.

Peralta, I.E., D.M. Spooner, and S. Knapp. 2008. The taxonomy of tomatoes: a revision of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*) and their outgroup relatives in sections *Juglandifolium* and *Lycopersicoides*. *Syst. Bot. Monogr.* 84:1-186

Rick,C.M. 1978.El tomate. *Investigación y ciencia*.25: 45-55.

Rodriguez, R.; Tabares J.M.; Medina, J.A. 1997. Cultivo moderno del tomate. 2ª edición

Sáiz, B. 2013.Selección de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para agricultura ecológica. Trabajo fin de master. Universidad Miguel Hernández.

Soler,S. y Nuez, F.2004. Genes de resistencia en cultivos hortícolas. En : "Resistencia genética a patógenos vegetales" Nuez, F.;Perez de la vega, M. y Carrillo, J.M.(Eds.) Editorial de la UPV , Valencia. Pp. 393-463.

Thomas,T.A.; Chandra, V. 1988. Genetics resources of tomate in India, their buildup,evaluation, maintenance and utilization. In "gree, S.K. (Ed.)Tomato and pepper. Production in the tropics. AVRDC, Tainan"

Watt,B.K., And Merrill, A.L. 1975. Composition of foods.Agricultural Handbook No.8. US Departament of Agriculture.Washington DC, Usa.



Dreastime. Consultado en Julio de 2015. www.dreastime.com

Hortonature. Consultado en Julio de 2015. www.hortonature.es

Olhares.sapo. Consultado en Julio de 2015. <http://olhares.sapo.pt/>





7. INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

7.1. INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Composición nutritiva del tomate por cada 100 g de producto comestible, según distintas fuentes (Nuez, 1995 (1); Folquer, 1979 (2); Watt and Merrill., 1975 (3) y Grubben, 1977(4)).

Tabla 2: Superficie y producción de tomate de los 10 principales países del mundo en el año 2013 (F.A.O. 2015).

Tabla 3: Superficie, rendimiento y producción en España por comunidades en el año 2012 (INE 2015).

Tabla 4: Genes de resistencia a patógenos de importancia en cultivo de tomate (Soler y Nuez, 2004).

Tabla 5: Genotipo de las variedades tradicionales y líneas estudiadas, para los 3 genes de resistencia introducidos (*Tobacco mosaic virus* (TMV), *Tm-2^a*; *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), *Sw-5*; *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), *Ty-1*).

Tabla 6: Soluciones nutritivas empleadas en cada fase de cultivo.

Tabla 7: Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo.

Tabla 8: Productos utilizados durante la fase del cultivo.

Tabla 9: Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo.

Tabla 10: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para el número de frutos por planta.

Tabla 11: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para el número de frutos por planta.

Tabla 12: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para la producción total para todas las líneas de plantas.

Tabla 13: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para sólidos solubles.

Tabla 14: Nivel de significación del ANOVA y análisis de rango múltiple para el peso medio de los frutos recolectados.



7.2. INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Distribucion de *Solanum* sec. *Lycopersicoides*, sec. *Juglandifolia*, y sec. *Lycopersicon* (Peralta *et al.*, 2008).

Figura 2: Posibles rutas de propagación del tomate desde el siglo XVI. Elaboración propia.

Figura 3: El grabado de " Poma Aurea " o " Goldapffel " (*Solanum lycopersicum*) de Matthioli (1586) . Reproducido con permiso de los Consejeros del Real Jardín Botánico de Kew (Peralta *et al.*, 2008).

Figura 4: La primera ilustración publicada del tomate, *Solanum lycopersicum*, desde Dodoens (1554) . Reproducido con permiso del Museo de Historia Natural Botánica Biblioteca (Peralta *et al.*, 2008).

Figura 5: Ejemplar de *Solanum lycopersicum* más antiguo de un herbario, del herbario Aldrovandi (Vol . 1, p .368) en Bolonia. El par de hojas en la parte inferior de la página pertenece a una especie de Cucurbitaceae. Derechos de autor Sistema Museale D'Ateneo, Università degli Studi di Bologna (Peralta *et al.*, 2008).

Figura 6: Detalle de hoja de tomate (www.dreastime.com).

Figura 7: Detalle de flor (<http://cdn.olhares.pt>).

Figura 8: Detalle del fruto (www.hortonature.es).

Figura 9: Producción mundial de tomate fresco en el periodo 1993-2013. (Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2013, consultado en 2015).

Figura 10: Esquema del programa de mejora.

Figura 11: Representación del proceso de recuperación del genoma de una variedad (representado por el color naranja) tras el cruzamiento con otro parental (representado en morado), que contiene el gen de interés, representado por M. Se observa que en cada retrocruce se recupera parte del genoma de la variedad (Lynch y Walsh, 1998).



Figura 12: 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 un efecto desfavorable.

Figura 13: Invernadero utilizado en el ensayo.

Figura 14: Marco de plantación.

Figura 15: Entutorado de las plantas utilizado en el ensayo.

Figura 16: Esquema de la disposición de cada una de las plantas en el invernadero.

Figura 17: Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la variedad 21tradicional (a la izquierda) y la línea de mejora UMH1353-33(derecha).

Figura 18: Refractómetro.

Figura 19: pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.

