

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental



``EVALUACIÓN DE NUEVAS LÍNEAS DE MEJORA DE TOMATE
(*Solanum lycopersicum* L.) DE LA PERA CON EL GEN *ty-5*``

Trabajo Fin de Grado

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

MARZO 2024

Autor: José Francisco Ortuño Meseguer

Tutores: D. Santiago García Martínez

D. José Ángel Cabrera Miras

Resumen

Durante la temporada primavera-verano del año 2022 en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO-UMH), se llevó a cabo un ensayo preliminar para evaluar el desempeño de siete líneas de mejora De la pera con el gen *ty-5*. En este TFG examinamos diversos caracteres productivos (producción, número de frutos y peso medio de los frutos) y de calidad (contenido de sólidos solubles y acidez). Con los resultados obtenidos en este trabajo, se puede afirmar que el *ty-5* no tiene efectos en ninguno de los caracteres analizados. Estos resultados preliminares son de interés, y si se confirman, la resistencia conferida por el gen *ty-5* podría ser relevante para su aplicación en programas de mejora.

Palabras clave: De la pera, línea de mejora, gen *ty-5*.

Abstract

During the spring-summer season of 2022 at the facilities of the Higher Polytechnic School of Orihuela (EPSO-UMH), a preliminary trial was carried out to evaluate the performance of seven pear improvement lines with the *ty-5* gene. In this TFG we examine various productive characteristics (production, number of fruits and average fruit weight) and quality (soluble solids content and acidity). With the results obtained in this work, it can be stated that *ty-5* has no effects on any of the characters analyzed. These preliminary results are of interest, and if confirmed, the resistance conferred by the *ty-5* gene could be relevant for its application in breeding programs.

Keywords: De la pera, breeding line, *ty-5* gene.

Contenido

Contenido	3
1. Introducción	5
1.1 Origen del tomate	5
1.2 Domesticación	6
1.3 Distribución del tomate a nivel mundial	6
1.4 Importancia económica del tomate a nivel mundial	8
1.4.1 Importancia económica del tomate a nivel nacional	11
1.5 Situación taxonómica	13
1.6 Descripción botánica	14
1.7 Características morfológicas	15
1.7.1 Sistema radical	15
1.7.2 Sistema aéreo	16
1.8 Variedades	17
1.8.1 Variedades tradicionales	17
1.8.2 Variedades híbridas	19
1.9 Programa de mejora EPSO-UMH	20
1.10 Línea en la que se engloba el trabajo fin de grado	23
2. Objetivos	24
3. Materiales y métodos	25
3.1 Material vegetal utilizado	25
3.2 Métodos de cultivo	26
3.2.1 Instalaciones	27
3.3 Prácticas de cultivo	28
3.3.1 Semillero	28
3.3.2 Preparación del terreno	28
3.3.3 Trasplante	29
3.3.4 Marco de plantación	29
3.3.5 Entutorado y poda	29
3.3.6 Fertilización	30
3.3.7 Tratamiento fitosanitarios	31
3.3.8 Recolección	32
3.4 Cronología de tareas	32
3.5 Caracteres analizados en el ensayo	33
3.5.1 Caracteres productivos	33
3.5.2 Caracteres de calidad	34
3.5.3 Tratamiento estadístico	38
4. Materiales y métodos	39

4.1 Producción	39
4.2 Número de frutos recolectados por planta	40
4.3 Peso medio de los frutos	41
4.4 Contenido de sólidos solubles	42
4.5 Acidez	42
5. Conclusiones	44
6. Bibliografía.....	45



1. Introducción

El tomate es uno de los pilares de la agricultura moderna, con una gran importancia a nivel mundial, incluso se considera la hortaliza más consumida del mundo. Aunque se lleve muchos años comercializando a nivel mundial, el consumo de tomate sigue incrementando debido a todos sus beneficios nutricionales y la facilidad con la que se puede implementar en nuestra dieta. El tomate que se cultiva en la actualidad es un claro ejemplo, de los beneficios de la mejora genética, es un cultivo muy estudiado y mejorado a lo largo de los años hasta nuestros días (Velasco et al., 2005).

1.1 Origen del tomate

El tomate es originario de los Bajos Andes (Figura 1), y se empezó a cultivar por los Aztecas en México (Ottaway, 2001). Aunque este ha evolucionado mucho hasta llegar a nuestros días. La palabra "tomate" proviene de *tomatl*, palabra de la lengua náhuatl, que es una macro lengua utoazteca del siglo V, está compuesta por dos palabras: *Tomohuac*= gordura; *atl*= agua, "agua gorda". Se tiene constancia de que el tomate se introdujo en España a principios del siglo XVI, junto a otros alimentos básicos como el maíz o la patata. Aunque no se sepa con certeza se cree, que en primer lugar llegó a Sevilla en el 1540, y seguidamente a Italia (SIAP, 2017).



*Figura 1: Región de los Bajos Andes.
Lugar de origen del tomate (Ottaway, 2001)*

1.2 Domesticación

A pesar de la incertidumbre respecto a su origen preciso, parece poder afirmarse que fueron los ancestros de los actuales mexicanos, aztecas e incas, los primeros que cultivaron esas variedades silvestres descubiertas en los Andes. A esta conclusión podemos llegar porque se encuentran muchas más similitudes entre las imágenes encontradas en Europa del tomate con las ilustraciones aztecas que con los cultivares encontrados en los bajos Andes (Jenkins, 1948; Rick, 1958).

A pesar de ser un fruto que se lleva cultivando desde hace más de 2700 años, no fue hasta el periodo de la Conquista española, en el que Cristóbal Colón (1519), atravesó el Atlántico de vuelta, (junto con el maíz, la patata y la batata entre otros), desde Perú a España y comenzó su rápida expansión (Jenkins, 1948; Rick, 1958).

1.3 Distribución del tomate a nivel mundial

EUROPA

A principios del siglo XVI, después del descubrimiento de América por parte de los europeos, el tomate llegó a Europa. El primer registro histórico conocido del

tomate en Europa se encuentra en una descripción escrita por el botánico italiano Pietro Andrea Mattioli en el año 1544. Inicialmente, el tomate se cultivó en Europa como una planta ornamental y no se consumió hasta mucho más tarde. No fue hasta el siglo XVIII cuando el tomate comenzó a ser más ampliamente aceptado como alimento en Europa, especialmente en Italia y España (Rick, 1978) (Figura 2).

ASIA

El tomate se introdujo en Asia durante los primeros años del siglo XVI por los exploradores y comerciantes europeos. De acuerdo con los registros históricos, el tomate fue introducido por primera vez en Filipinas y desde allí se extendió a otras partes de Asia. El tomate se convirtió en un cultivo popular en Asia en los siglos posteriores a su introducción, especialmente en los países del Mediterráneo oriental y del sur de Asia. En la actualidad, el tomate se cultiva en toda Asia y es un ingrediente clave en muchas cocinas locales (Thomas y Chandra, 1988).

OCEANÍA

El tomate llegó a Oceanía durante el siglo XVIII de la mano de los europeos. Los exploradores y navegantes europeos llevaron el cultivo del tomate a las islas del Pacífico, incluyendo Australia y Nueva Zelanda, como parte de su expansión colonial en la región. Se estima que el tomate fue introducido en Australia alrededor de 1788, cuando los primeros colonos británicos llegaron al país. Los primeros registros indican que el tomate fue cultivado en Australia como planta ornamental, antes de que comenzara a utilizarse en la cocina a mediados del siglo XIX y en Nueva Zelanda, se cree que el tomate fue introducido por los misioneros europeos en la década de 1830 (Belda, 2018).

AMÉRICA

Aunque es cierto que el tomate es originario de América Central y América del Sur, los primeros registros históricos del tomate en América del Norte datan del

siglo XVI, después de que Cristóbal Colón llegara al “Nuevo Mundo” en 1492. En los Estados Unidos, el tomate se cultivó por primera vez en Virginia en la década de 1700, y en la década de 1800, el tomate se había convertido en un cultivo importante en todo el país (Rick, 1978).

Respecto a América del Sur, como ya sabemos el tomate tiene su origen en esta zona, donde se cultivó durante miles de años por las culturas indígenas de la región. Por lo tanto, el tomate ya estaba presente en América del Sur antes de la llegada de los europeos, y desde allí, la planta se extiende por el resto del mundo (Rick, 1978) (Figura 2).

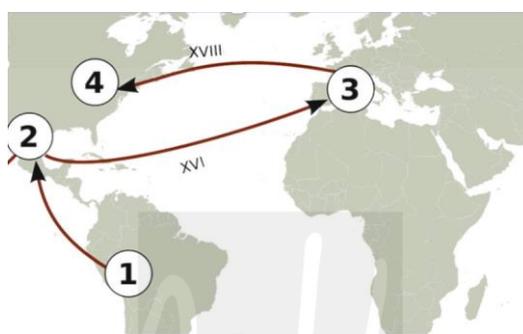


Figura2. Distribución entre Europa y América

Fuente: Sanz, J.(2021)

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

ÁFRICA

Se cree que el tomate fue introducido en África por los europeos durante el siglo XVI y XVII, como parte de la expansión colonial en la región. Los exploradores y navegantes europeos introdujeron el cultivo del tomate en las costas de África, incluyendo países como Egipto, Marruecos y Argelia (Cordero, 2000).

1.4 Importancia económica del tomate a nivel mundial

EUROPA

El cultivo de tomate tiene una gran importancia en Europa, es cierto, que la cantidad de producción de este depende mucho de las condiciones climáticas, en el 2021 se produjeron 24 millones de toneladas en Europa.

Los principales productores de tomate en Europa son España e Italia. Italia es el mayor productor de tomate de Europa, con una producción anual de 6 millones de toneladas (FIGURA 4), le sigue España con 4 millones de toneladas (Figura 4). Otros países que producen tomates, pero con menor repercusión son Grecia, Portugal o Francia. Europa supuso el 12,81% de la población mundial en 2020. (Figura 3) (FAOSTAT, 2024)

ASIA

El tomate es un cultivo importante en Asia y su distribución es amplia en la región. Los países principales que lo producen son: China, India, Turquía, Pakistán, Bangladesh, Corea del Sur y Japón. China fue el principal productor en 2021 con 67 millones de toneladas, le sigue India con 21 millones y Turquía con 13 millones (Figura 4). La producción de tomate en Asia en el 2021 fue de 119 millones de toneladas. Asia supuso el 63.51% de la población mundial en 2020. (Figura 3) (FAOSTAT, 2024)

OCEANÍA

En comparación con otras regiones del mundo, la producción de tomate en Oceanía es limitada debido a la escasez de suelos aptos para el cultivo y la falta de agua en numerosas zonas de la región. En Oceanía se cultivó 382000 kilogramos de tomate en el 2021. Además del suelo, el clima de Oceanía es desfavorable para el cultivo de tomate, por las temperaturas extremas, sequías y tormentas tropicales. Según la FAO, en 2021, Australia produjo cerca de 336000 toneladas de tomates, seguido por Nueva Zelanda, que produjo aproximadamente 41000 toneladas de tomates en ese mismo año (Figura 3) (FAOSTAT, 2024).

AMÉRICA

El tomate desempeña un papel fundamental en América, destacándose como uno de los cultivos agrícolas más importantes de la región. Su producción a gran escala no solo contribuye significativamente a la economía local mediante la generación de empleo en la agricultura y la industria de procesamiento, sino también a través de las exportaciones de tomates y sus productos derivados. En el 2021 se produjo en América 23 millones de toneladas de tomate. Su principal productor es Estados Unidos con 10 millones de toneladas seguido de México, Canadá, Brasil, Argentina y Chile (Figura 4) (FAOSTAT, 2024)

ÁFRICA

El cultivo del tomate es uno de los principales cultivos del continente, al igual que en el resto de los continentes, la producción de tomate anual depende de factores ambientales, y además, hay una gran influencia respecto a las plagas que suelen persistir en diversas regiones. Se produjeron 21 millones de toneladas. El principal productor de tomate en 2021 en África fue Egipto con 6 millones de toneladas. África supuso el 11,20% de la producción mundial en 2021. (Figura 3) (FAOSTAT, 2024)

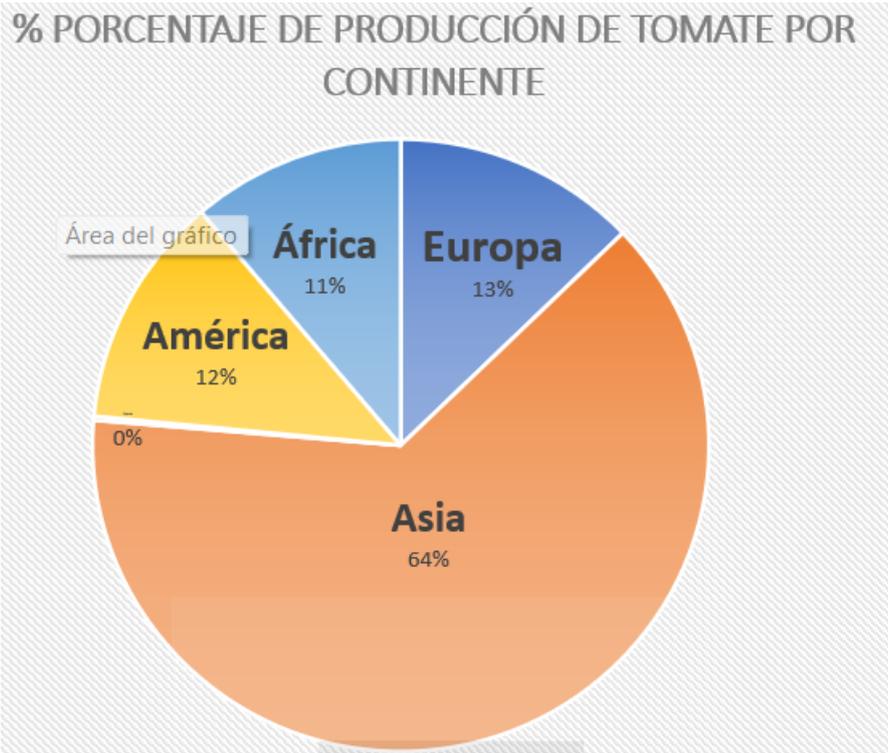
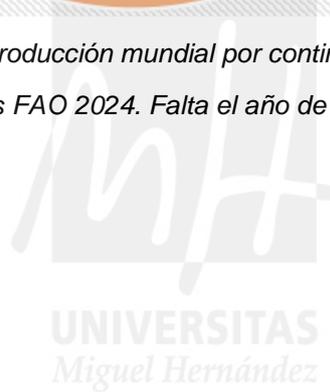


Figura 3. Gráfico de producción mundial por continente de tomate en 2021.

Datos FAO 2024. Falta el año de consulta



% PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE TOMATE 2021

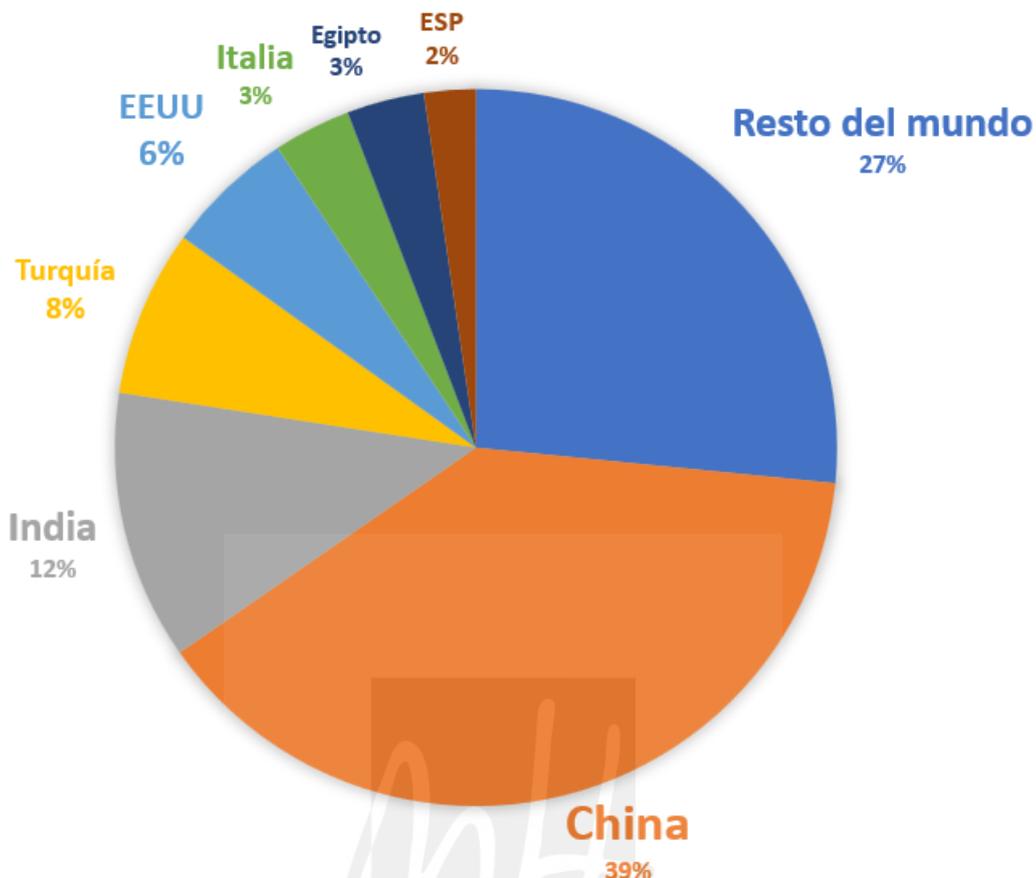


Figura 4. Principales países productores de tomate en el mundo en 2021.

Datos FAO 2024. Falta el año de consulta

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

1.4.1 Importancia económica del tomate a nivel nacional

El tomate tiene una gran relevancia en España, tanto en su producción como en su consumo. Según la FAO en la temporada 2020/21 se produjeron 4,4 millones de toneladas de tomate en España. A continuación, se detallan algunas de las razones por las cuales este fruto es considerado un alimento imprescindible en la gastronomía y economía españolas:

-Exportación: España es un importante exportador de tomate a nivel mundial, lo que supone una fuente de ingresos significativa para la economía del país. Los principales destinos de exportación son los países de la Unión Europea, en especial Reino Unido, Alemania y Francia.

-Gastronomía: El tomate es un ingrediente esencial en la gastronomía española, ya que se utiliza en multitud de platos y preparaciones. Por ejemplo, es un ingrediente clave en la famosa salsa de tomate frito, que se emplea en platos tan populares como las albóndigas, la pasta, entre otros.

- Producción: España es uno de los principales países productores de tomate en Europa, destacando especialmente la región de Almería por su alto rendimiento.

Además, la producción de tomate en España es muy diversa, ya que se cultiva tanto en invernaderos como al descubierto, estas son las principales comunidades donde se cultiva el tomate: Extremadura es la comunidad que más cantidad de tomate produjo en 2021, con un total de 2.200.000 toneladas, no obstante, se destina mayormente a conserva. La siguiente comunidad autónoma es Andalucía con 1.700.000 toneladas de tomate producido en 2021. A continuación, la Región de Murcia, que en 2021 produjo alrededor de 197.000 toneladas de tomate, se posiciona como la tercera comunidad autónoma productora en España. Su producción está mayoritariamente orientada al mercado en fresco, con una considerable cantidad destinada a la exportación. A diferencia de la provincia de Almería, donde predominan los pequeños y medianos productores, en esta comunidad, la mayor parte de la producción de tomate fresco es llevada a cabo por grandes empresas con una gran capacidad de explotación, aunque las cooperativas también tienen un papel relevante en este sector. Navarra también es una de la grandes productoras de tomate con 184.000 toneladas de tomate en 2021, le sigue Galicia con 89,700 toneladas (Figura 6) (STATISTA 2024).

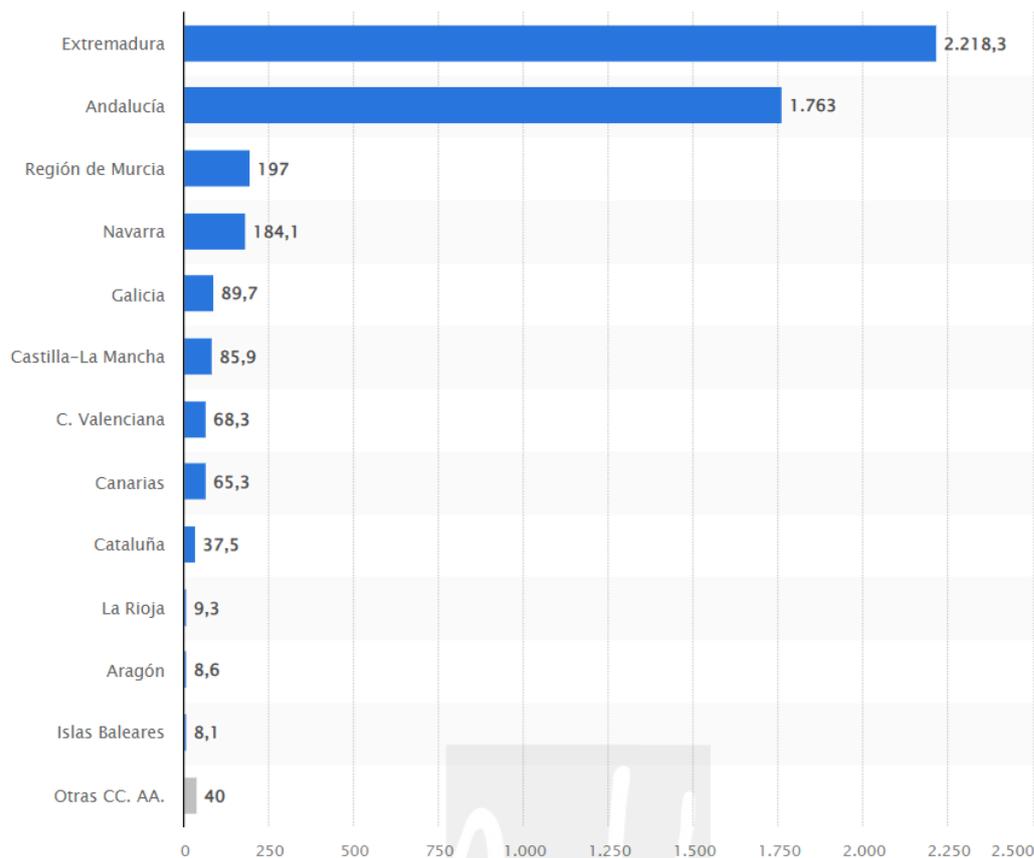


Figura 5. Principales comunidades autónomas productoras de tomate en España en 2021.

Datos STATISTA 2024

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

1.5 Situación taxonómica

El tomate pertenece a la familia de las solanáceas, al igual que la patata, la berenjena o el pimiento, aunque a lo largo del tiempo ha tenido modificación respecto a su situación taxonométrica, en el 1700 Tournefort, recoge siete géneros reconociendo a *Lycopersicon* como diferente de *Solanum*. En 1754, Carlos Linneo, no estando de acuerdo con esa afirmación, incluye a *Lycopersicon* a *Solanum*. A su vez Philip Miller clasificó el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dejándolo fuera del género *Solanum*. En el 2004, continuando

la propuesta de Philip Miller, se pasa a dominar *Solanum lycopersicum L.*, estando dentro de *Solanum*. (Hunziker, 1979)

- Clase: *Dicotyledoneas*
- Orden: *Solanales*
- Familia: *Solanaceae*
- Subfamilia: *Solanoideae*
- Tribu: *Solaneae*
- Género: *Lycopersicon*
- Especie: *Esculentum*

Figura 6. Taxonomía del tomate
Hunziker (1979)

1.5 Descripción botánica

El tomate es una planta que puede vivir varios años y tiene un porte arbustivo. Se cultiva anualmente, pero en regiones tropicales puede ser semiperenne. Esta planta puede crecer de forma rastrera, semierecta o erecta. En las variedades determinadas, su crecimiento es limitado, mientras que en las indeterminadas es ilimitado, pudiendo alcanzar hasta 10 metros en un solo año (Rick, 1978). El tomate se adapta bien a una amplia variedad de latitudes, tipos de suelo, temperaturas y métodos de cultivo, y es moderadamente tolerante a la salinidad. Sin embargo, ciertos factores adversos, como temperaturas por debajo de los 10 grados, heladas, períodos diarios de luz inferiores a 12 horas, mal drenaje o exceso de fertilizante nitrogenado, pueden afectarla negativamente (Rick, 1978).

1.7 Características morfológicas

La morfología del tomate (*Solanum lycopersicum*) revela una estructura anatómica distintiva. Sus raíces pivotantes garantizan la absorción eficiente de agua y nutrientes. El tallo, erguido y ramificado, sostiene hojas compuestas esenciales para la fotosíntesis. Las flores hermafroditas se polinizan para dar paso a los frutos, típicamente bayas, que varían en forma, tamaño y color. La pulpa jugosa y las semillas en su interior hacen del tomate un componente culinario esencial, destacando su adaptabilidad y vitalidad en diversos entornos.



Figura 7. Esquema planta del tomate.

Fuente: Dreamstime. (2024)

1.7.1 Sistema radical

La función principal del sistema radical en cualquier planta es la absorción y el transporte de nutrientes a través del xilema, además de proporcionar anclaje al suelo. En el caso del tomate, su sistema radical está compuesto por una raíz principal que se extiende en sentido vertical, junto con raíces secundarias y adventicias. Al examinar una sección transversal de la raíz principal, se pueden

distinguir tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular (tal como se muestra en una figura del estudio de Nuez en 1995). La epidermis es responsable de la absorción de agua y nutrientes y suele estar cubierta de pelos absorbentes, que son extensiones tubulares de células epidérmicas. Justo debajo de la epidermis se encuentra el córtex, que es un anillo de tres o cuatro células de espesor, generalmente de tipo parenquimático. La capa cortical más interna es la endodermis, que marca el límite entre la corteza o córtex y el cilindro central o vascular. Las raíces secundarias surgen de las células del periciclo y emergen a través del córtex. Las raíces adventicias, que tienen una estructura similar a las raíces laterales, suelen desarrollarse en la base del tallo cuando las condiciones son favorables, y también pueden surgir con frecuencia en la parte inferior de las porciones horizontales del tallo (Picken, 1986).

1.7.2 Sistema aéreo

El tomate es una planta que presenta un tallo anguloso con ramificación simpodial, y se encuentra recubierto en toda su longitud por pelos glandulares que le otorgan su característico olor (como se muestra en la Figura 7). Al inicio, el tallo típico tiene una base de 2-4 centímetros y su porte es erecto, pero debido al peso de la planta, finalmente se arrastra por el suelo. Su desarrollo es variable dependiendo del cultivar y existen dos tipos fundamentales de tallos: determinados e indeterminados. En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una zona de división celular activa donde se originan nuevos primordios foliares y florales, protegidos por las hojas recién formadas (Picken et al., 1986).

Las hojas del tomate son pinnado compuestas, con una longitud de 0,5 metros y algo menos de anchura. Poseen un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden ser, a su vez, compuestos. Los foliolos suelen tener bordes dentados y están lobulados irregularmente. La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina, compuesta por 5 o más sépalos y pétalos dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°.

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso en número variable. Están unidas al eje floral por un peciolo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco producido por una reducción del córtex. En ciertas circunstancias, la flor puede separarse de la planta antes de la apertura de los pétalos (aborto de flor), o después de su apertura (caída de flor). Se pueden observar flores con los pétalos abiertos en la Figura 7.

El fruto del tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de alrededor de 5-10 miligramos. Su peso final en la madurez varía entre 5 y 500 gramos, dependiendo de la variedad y las condiciones de desarrollo. En cuanto al contenido nutricional del tomate, se compone principalmente de agua y su macronutriente mayoritario son los hidratos de carbono.

Entre las vitaminas presentes destacan la Vitamina A en forma de B-carotenos (494 microg/100g) y Vitamina C. La vitamina E también está presente en pequeñas proporciones. Entre los minerales, destaca el potasio, seguido en menor medida por el fósforo y el calcio. La semilla del tomate tiene forma lenticular y unas dimensiones aproximadas de 5x4x2mm. Está compuesta por el embrión, que dará lugar a la planta adulta, el endospermo, que contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión, y la testa o cubierta seminal, constituida por un tejido duro e impermeable recubierto de pelos que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Rodríguez et al., 1997).

1.8 Variedades

1.8.1 Variedades tradicionales

De acuerdo a García (1999), existen tres razones fundamentales por las cuales las variedades tradicionales del tomate poseen una gran relevancia:

-Son cultivadas localmente: la labor y la experiencia de los antiguos agricultores nos permiten identificar claramente las zonas geográficas donde se cultiva esta variedad (Almekinders et al., 1994).

-Fomentan la biodiversidad: la heterogeneidad, que se refiere a la considerable variación de fenotipos, es una de las características más destacadas de las variedades tradicionales (Hawtin et al., 1996).

-Recuperan sabores y olores perdidos debido al auge de los cultivos comerciales: las variedades tradicionales del tomate permiten recuperar los sabores y aromas que se perdieron con la introducción de los cultivos comerciales (García, 1999).

1.8.1.1 Tomate De la pera

En el sureste español existen diferentes variedades tradicionales de tomate como el “De la pera” de la Vega Baja del Segura, en Alicante, “Muchamiel” de Alicante, el “Tres Cascos” de Elche, el Valenciano, los “Tomates Morunos”, o el “Flor de baladre” de Murcia.

El tipo varietal “De la pera” está formado por un grupo de variedades donde la forma aperada de los frutos y su alta calidad organoléptica es lo que poseen en común.



Figura 8. Frutos del tipo varietal De la pera

Fuente: Elaboración propia

El cultivo del tomate De la pera en la Vega Baja del Segura, comenzó a desaparecer a mediados del siglo pasado, debido a introducción de otros cultivos como el algodón, el cáñamo o la alcachofa, y a la introducción de variedades mejoradas de tomate, destinado principalmente a la industria conservera.

En aquellos tiempos, su cultivo estaba destinado principalmente a la industria conservera, aunque una parte se destinaba al consumo en fresco. Actualmente todo el tomate que se produce en la Vega Baja se destina principalmente al consumo en fresco.

El principal problema de esta variedad tradicional, que amenaza gravemente su supervivencia, es que es sensible a todas y cada una de las virosis que afectan al tomate, lo que hace prácticamente imposible su cultivo, favoreciendo un progresivo abandono de su cultivo y sustitución por otras variedades modernas, en su mayoría híbridos F1 (Nuez et al., 1998).

1.8.2 Variedades híbridas

A lo largo de los años, el tomate ha experimentado una notable evolución como resultado de la fluctuación en las demandas de los mercados. La adaptación del cultivo a zonas con diferentes condiciones climáticas, la necesidad de producir de manera constante durante todo el año y otros factores, como las preferencias de los consumidores, han llevado a cabo un progreso notable en la investigación y los avances en genética vegetal. El surgimiento de los híbridos supuso un gran paso en la evolución del tomate, ya que permitió crear nuevas plantas con las características más beneficiosas de las variedades parentales (Nuez 1995). En la actualidad, los criterios que rigen la producción de nuevas variedades se basan según Nuez, principalmente en:

- Resistencia a enfermedades.
- Resistencia a la salinidad.
- Elevada producción.
- Facilidad de plantación.
- Precocidad.
- Aspecto externo: color, forma, etc.
- Buena conservación.
- Mejora en el sabor.

Figura 9. Criterio para nuevas variedades.

Nuez 1995.

1.9 Programa de mejora EPSO-UMH

Las variedades tradicionales de tomate son muy interesantes por sus cualidades organolépticas y por la gran diversidad que presentan, pero tienen el gran inconveniente de que son atacadas por todas las virosis presentes en el sureste de España, el virus del mosaico del tomate (*ToMV*), el virus de la cuchara (*TYLCV*) y el virus del bronceado del tomate (*TSWV*).

Por ello y con el fin de poder conservar el cultivo de variedades tradicionales de tomate en el sureste español, en 1998 en la escuela politécnica superior de Orihuela (EPSO) se inició el programa de mejora genética de variedades tradicionales. El objetivo principal de este proyecto es incorporar resistencia genética a las tres virosis y, además, que esta resistencia esté fijada en homocigosis para que se pueda reservar semilla para las próximas campañas de la propia cosecha. También se busca intensificar sus características propias como el sabor, el aspecto y la forma.

El método elegido para la introducción de estos tres genes resistentes fue la introgresión asistida por marcadores moleculares, el método consta de las siguientes etapas:

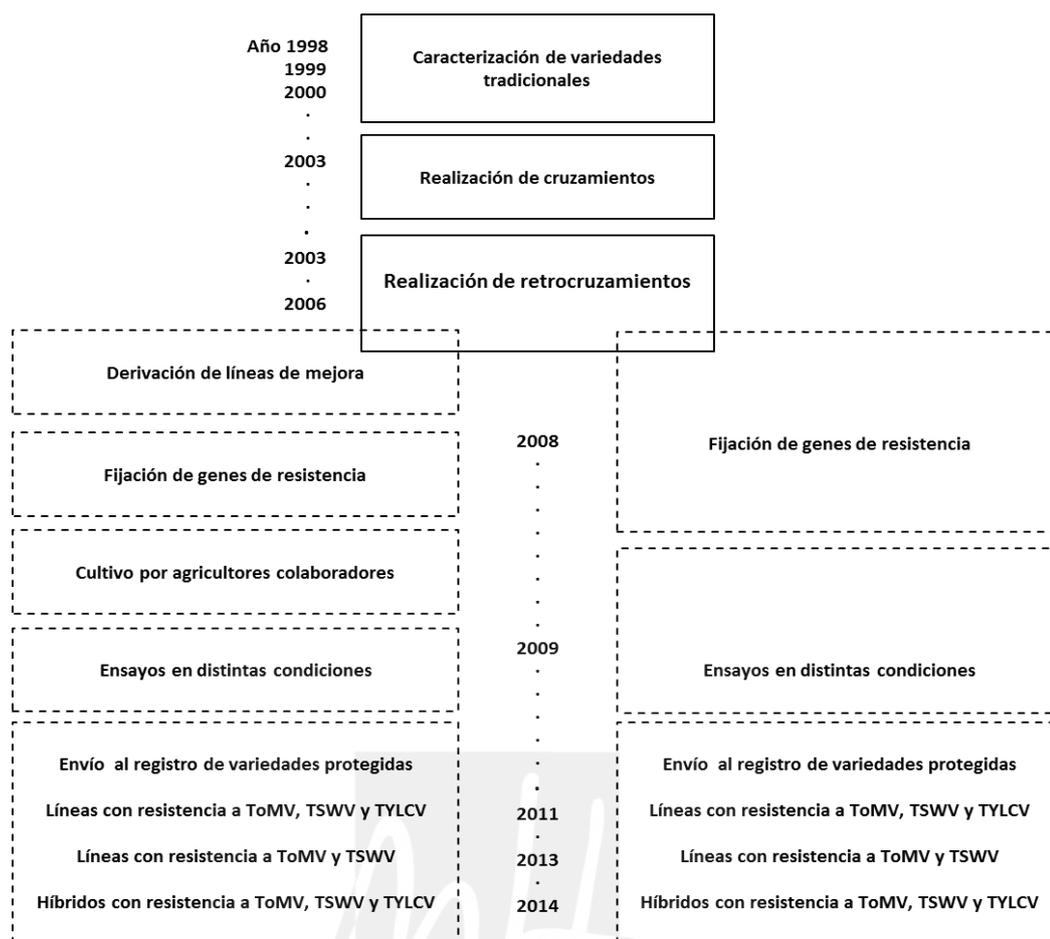


Figura 10. Esquema con las etapas del programa de mejora.

Fuente: elaboración propia.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

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, aquellas que no manifiestan síntomas de la virosis y que tengan mejores características de cuajado, tamaño de fruto, uniformidad, producción, etc. Ambas técnicas no son excluyentes, ya que se ha demostrado que el resultado óptimo se obtiene empleando una combinación de las dos técnicas (García-García, 2004).

El registro de variedades protegidas tiene como objetivo poder reconocer y proteger los derechos de la propiedad intelectual de obtentor de las variedades

vegetales que haya obtenido para evitar la apropiación indebida. Este registro se crea puesto que recientemente la obtención de nuevas variedades es obra de técnicos especializados con recursos privados, no como anteriormente que las obtenían los propios agricultores y pasaban de generación en generación. Por ello hoy en día es necesario el registro de variedades protegidas para que ningún competidor desleal pueda apropiarse de las líneas de otro obtentor. En la siguiente imagen se muestran las líneas inscritas por el programa de mejora en los años anteriores en el registro de variedades protegidas.

El programa de mejora de la EPSO inició los trámites de registros de variedades comerciales y protegidas de las primeras obtenciones en 2011 consiguiendo que se concedieran los primeros títulos en 2013. Estas son las líneas de mejora que la EPSO ha inscrito en el registro de variedades protegidas.

Tipo varietal	Línea	Resistencias	Envío	Obtención título
		ToMV-TYLCV-TSWV		
Muchamiel	UMH 1200	RR-RR-RR	2011	2013
Muchamiel	UMH 1139	RR-ss-RR	2013	2017
Híbrido Muchamiel	UMH 1101 x IF	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
Cherry	UMH 1401	RR-ss-RR	2015	2018
Pera moruno	UMH 1209	RR-RR-RR	2015	2018
Pera moruno	UMH 1155	RR-ss-RR	2017	2021
Híbrido	UMH 1200 x BfT	Rs-Rs-Rs	2017	2021
Híbrido	UMH 1200 x Costoluto	Rs-Rs-Rs	2017	2021

Tabla 1. Líneas de mejora inscritas en el Registro de Variedades Protegidas, con su genotipo para los tres genes de resistencia a virus.

En 2017 se inició la introducción del gen *ty-5* en las líneas de mejora UMH1139, UMH1200, UMH1354, UMH1422 y UMH1406, obtenidas previamente en el programa de mejora del CIAGRO-UMH (Cabrera, 2020). El gen *ty-5* se encontró en la variedad comercial *Tyking*, que ha demostrado que proporciona una resistencia útil frente a varios *begamovirus* mono y bipartitos, incluyendo *TYLCV* (Hutton et al., 2012).

En 2021 se inició la introducción del gen *Ty-2* (utilizando las líneas de mejora H24 y CLN2116B, cedidas por el COMAV-UPV) en líneas de tomate Muchamiel y “De la pera” con los 4 genes de resistencia comentados anteriormente (Cabrera et al., 2021).

El siguiente paso será la introducción de resistencia al Virus del fruto rugoso marrón del tomate (*ToBRFV*).

1.10 Línea en la que se engloba el trabajo fin de grado

El Trabajo Fin de Grado forma parte del programa de mejora del CIAGRO-UMH, una de las líneas de trabajo del Grupo de Biodiversidad Agrícola y Mejora Genética de Variedades del CIAGRO-UMH. En otoño de 2017 comenzó la introgresión del gen *ty-5* en líneas de mejora con el gen *Ty-1*, ambos de tolerancia al *TYLCV*, con el objetivo de aumentar la resiliencia de las plantas frente a este virus. Además, estas líneas de mejora también contienen los genes *Tm-2a* y *Sw-5* de resistencia a los virus *ToMV* y *TSWV* respectivamente. En este estudio se realiza la primera evaluación de algunos caracteres agronómicos y de calidad de líneas de mejora “De la pera” con el gen *ty-5*.

2. Objetivos

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado es realizar la primera evaluación de líneas de mejora de tomate “De la pera” con el gen *ty-5*. También se incluyen las líneas de mejora originales sin el gen *ty-5*, así como dos híbridos comerciales.

Se evaluarán algunos caracteres agronómicos (producción, número de frutos por planta y peso medio de los frutos) y de calidad (contenido de sólidos solubles y acidez).



3. Materiales y métodos

3.1 Material vegetal utilizado

En este trabajo se han estudiado 5 líneas de mejora de tomate De la pera con el gen *ty-5*, 2 líneas de mejora originales sin el gen *ty-5* y los híbridos comerciales Boludo y Anairis, como referencia. Todas las líneas de mejora, tanto con el gen *ty-5* como sin él, son retrocruces de 5ª generación con 2 autofecundaciones. Los genotipos para los cuatro genes de resistencia aparecen en la Tabla 2.

Tipo	Línea	Genotipo			
		<i>Tm-22</i> (ToMV)	<i>Sw-5</i> (TSWV)	<i>Ty-1</i> (TYLCV)	<i>ty-5</i> (TYLCV)
Líneas de mejora con <i>ty-5</i>	UMH1422-394	RR	ss	ss	rr
	UMH1422-423	RR	ss	ss	rr
	UMH1354-3-1	RR	RR	ss	rr
	UMH1406-459	RR	RR	RR	rr
	UMH1406-476	RR	RR	RR	rr
Líneas de mejora sin <i>ty-5</i> originales	UMH1354	RR	RR	ss	SS
	UMH1406	RR	RR	RR	SS
Variedades comerciales	Boludo	Rs	Rs	Rs	SS
	Anairis	Rs	Rs	Rs	SS

Tabla 2. Líneas de mejora e híbridos comerciales estudiados en este TFG, con su genotipo para los cuatro genes de resistencia a virus.

Las variedades comerciales Boludo y Anairis, además de las resistencias que aparecen en la Tabla 2, tienen resistencia a Fusarium.

3.2 Métodos de cultivo

Todas las plantas de este estudio provienen del mismo semillero, ubicado a pocos kilómetros del sitio de cultivo. Todas las plántulas se cultivaron simultáneamente y en las mismas condiciones, para ello se colocaron en los bordes tomateras de tomate boludo, para que no reciban más sol las que se ubicaban más próximas a los extremos, en un invernadero de malla situado en Desamparados (Orihuela).

3.2.1 Instalaciones

La Escuela Politécnica Superior de Orihuela ha llevado a cabo el cultivo en sus instalaciones principales ubicadas en Desamparados. El lugar seleccionado para el cultivo ha sido un invernadero de malla con las siguientes dimensiones: 26 metros de ancho, 36 metros de profundidad, 4 metros hasta el canal y 5 metros hasta la cumbre. Este invernadero no cuenta con ventilación "forzada", pero sí tiene instalación de riego por goteo, con varios depósitos para la aplicación de fertilizantes. Además, la escuela cuenta con una balsa de agua con capacidad de tantos metros cúbicos, la cual se abastece del trasvase Tajo-Segura. La malla utilizada en el invernadero es de monofilamento trascriptado con una densidad de 6 x 9 ó 10 x 16 hilos por centímetro, dependiendo de la zona, y cuenta con un faldón perimetral de plástico de 800 galgas.



Figura 11. Fotografía interior de la malla
Fuente: Elaboración propia

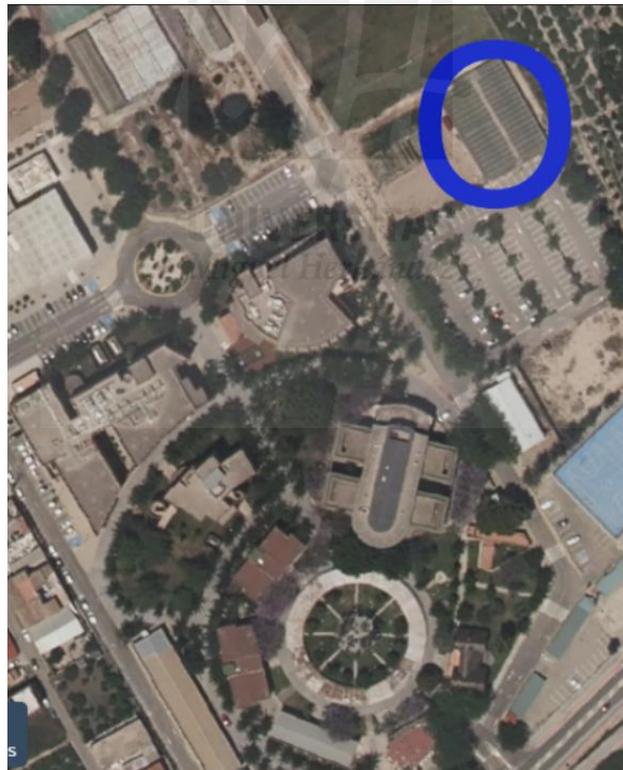


Figura 12. Fotografía aérea de la situación del invernadero, dentro del campus de la EPSO.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Prácticas de cultivo

3.3.1 Semillero

Las plántulas son suministradas por Semilleros Belén y José, una empresa con sede en Albufera (Alicante). Para su cultivo inicial se utilizan bandejas de poliestireno expandido con 150 alveolos.

3.3.2 Preparación del terreno

El terreno se desinfectó previamente al trasplante, además de la labranza que fue efectuada por el tractorista, posteriormente se formaron los surcos.

3.3.3 Trasplante

Se realizó cuando las plántulas tienen 71 días, se plantó tanto con un plantador tipo plato como manualmente haciendo un agujero en la tierra. Se pusieron 2 repeticiones de 6-7 plantas de cada línea de mejora e híbrido comercial.



Figura 13. Fotografía del trasplante.

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Marco de plantación

Se han plantado en filas, dirección sureste, con una separación de 50 centímetros entre cada pareja de plantas. La distancia entre las filas es de 2 metros. La separación entre las plantas es de 40 centímetros, y se ha establecido una densidad de plantación de 2,5 plantas por metro cuadrado.

3.3.5 Entutorado y poda

Se utilizaron hilos de rafia para entutorar las plantas, los cuales fueron sujetos mediante nudos simples a una guía de alambre en la parte superior de la estructura. Para fijar los tallos a los hilos de rafia se emplearon arandelas de plástico.

Se utilizó el sistema de poda de guía o tallo principal para eliminar los brotes laterales (o axilares) cada siete días. Esto se hizo con el propósito de evitar la

propagación de infecciones virales entre plantas de variedades tradicionales. Durante las labores de poda y entutorado, se realizó una limpieza frecuente de guantes y cuchillos con lejía para no pasar virus de unas plantas a otras.

3.3.6 Fertilización

Para este experimento se utilizó agua proveniente del trasvase Tajo-Segura y se almacenó en la balsa de la EPSO. El método de riego seleccionado fue el riego localizado por goteo, usando emisores autocompensantes con un caudal de 2 litros por hora, separados por una distancia de 0,4 metros.

La cantidad de agua utilizada para el riego, así como el uso de fertilizantes, varió según el estado fenológico del cultivo, que se dividió en tres fases:

Fase 1: desde la plantación hasta la aparición del tercer racimo floral.

Fase 2: desde el final de la fase 1 hasta el cambio de color de los primeros frutos.

Fase 3: desde el final de la fase 2 hasta el final del cultivo. La fórmula de abono utilizada durante el cultivo fue la siguiente: 375 N – 225 P₂O₅ – 550 K₂O – 190 CaO.

Siendo la distribución de estas unidades fertilizantes la siguiente:

Fase 1: 1N – 2P₂O₅ – 1K₂O – 1CaO

Fase 2: 1N – 1P₂O₅ – 1K₂O – 1CaO

Fase 3: 1N – 0,3P₂O₅ – 2K₂O – 1CaO

Se aportaron los siguientes micronutrientes:

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

Tabla 3. Micronutrientes aportados.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.7 Tratamiento fitosanitarios

Se llevaron a cabo los tratamientos cada 10-15 días. Las plagas y enfermedades más comunes incluyeron trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tuta (*Tuta absoluta*).

A mediados del cultivo se detectó Fusarium, que fue avanzando durante el mismo. Al final del ciclo de cultivo, se presentó una infestación de vasates (*Aculops lycopersici*). También se detectaron otras plagas y enfermedades de menor incidencia, tales como la plusia (*Chrysodeixis chalcites*), la araña roja (*Tetranychus urticae*) y el oídio o mancha amarilla (*Leveillula taurica*).

Los productos empleados aparecen en la tabla 4:

NOMBRE COMERCIAL	MATERIA ACTIVA
AFFIRM	Emamectina 0,855% p/p
ALTACOR 30 WG	Clorantraniliprol 35% p/p
BACILLUS B-TEC 32	Bacillus thuringiensis
BELPRON	Azufre 90% DP
DOAMMOJANTE	Alcohol Isotrideciloetoxilado 20%
ENERVIN DUO SC	Ametoctradin 30% p/v + Dimetomorf 22,5% p/v SC
EPIK	Acetamiprid 20% SP
ERADIOCOAT	Maltodextrina 59,8% p/v
OXICLORURO DE COBRE 50	Oxicloruro de cobre 50% p/p
PREVICUR ENERGY	Fosetil 31% + Propamocarb 53% p/v SL
REVUS	Mandipropamid 25% p/v
RIDOMIL GOLD MZ PEPITE	Mancozeb 64% p/p + Metalaxyl-M 3.9% p/p
SPINTOR 480 SC	Spinosad 48% p/v
SWITCH ONE	Fludioxinil 50% WG

Tabla 4. Micronutrientes aportados.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8 Recolección

Los frutos se recolectaron semanalmente, esperando a que al menos la mitad de su superficie adquiriera un tono rojizo homogéneo que indicara su madurez. La recolección se llevaba a cabo en cubos de plástico, agrupando los frutos de cada planta.

3.4 Cronología de tareas

A continuación, se muestran las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes llevadas a cabo:

TAREA A REALIZAR	FECHA
Siembra	11/02/2022
Preparación del terreno y sistema de riego	26/04/2022
Trasplante	29/04/2022
Entutorado	05/05/2022-06/07/2022
1ª recolección	13/07/2022
2ª recolección	21/07/2022
3ª recolección	28/07/2022
4ª recolección	03/08/2022
Medidas de sólidos solubles y acidez	21/09/2022-12/10/2022

Tabla 5. Cronología de las tareas realizadas.

Fuente: Elaboración propia

3.5 Caracteres analizados en el ensayo

3.5.1 Caracteres productivos

En el periodo de recolección se contabilizaron de forma distinguida los frutos comerciales de los no comerciales, considerando no comerciales los frutos con grandes deformaciones y con un peso menor de 50 gramos, aproximadamente.

La suma de frutos no comerciales y frutos comerciales se obtiene el valor total. Como la producción no comercial suele ser muy baja, se analizará la producción total.

3.5.1.1 Producción

La producción de una planta se calcula sumando todos los frutos recolectados de la misma (tanto comerciales como no comerciales), expresando la cantidad en g/planta. Para el peso se utilizó una balanza doméstica que expresa las unidades en gramos, pero no muestra los decimales.

3.5.1.2 Número de frutos recolectados por planta

Después de cada recolección, en el momento de los pesajes, se contabilizaron uno a uno los frutos de cada planta, separando los no comerciales de los comerciales, anotando el número de frutos y su fecha de recogida.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

3.5.1.3 Peso medio de los frutos

Se calcula para cada una de las plantas, dividiendo el peso de los frutos recolectados por su número. Se expresa en gramos.

3.5.2 Caracteres de calidad

Los caracteres de calidad fueron medidos solamente en los frutos comerciales ya que son los que interesa evaluar según estos parámetros.

3.5.2.1 Sólidos solubles

Según el estado de maduración de los frutos va a depender los valores arrojados de acidez y de sólidos solubles, por lo que para analizar el tomate tiene que ser homogéneo y con un estado de maduración apropiado, ya que es fundamental.

Para cada variedad-línea de mejora se analizaron de 3 a 4 muestras, cada una compuesta por 3 a 4 frutos. De cada fruto se extrae una porción y posteriormente se tritura con una batidora de cocina.

Después este triturado se introduce en tubos de 50ml previamente rotulados con el nombre de la variedad-línea de mejora, repetición y número de muestra.

El material utilizado en el proceso de trituración se limpia y se seca para la próxima muestra.



Figura 14. Preparación de las muestras en el laboratorio de la EPSO.

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras obtenidas se colocan en gradillas también se etiquetan de manera similar y se almacenaron en un congelador a -18°C hasta reunir todas las muestras y continuar con las mediciones pertinentes.



Figura 15. Gradilla.

Fuente: Elaboración propia

Para una mayor medición de los sólidos solubles y los niveles de acidez, las muestras se descongelaron a temperatura ambiente y los tubos se pesaron en pares para centrifugarlos durante 1 min a 4000 rpm en tubos de centrífuga de igual peso. Después de esta operación, se diferenciaron la mayor parte de la pulpa y el sobrenadante en el tubo, por lo que continuamos eliminando la mayor cantidad de pulpa posible.

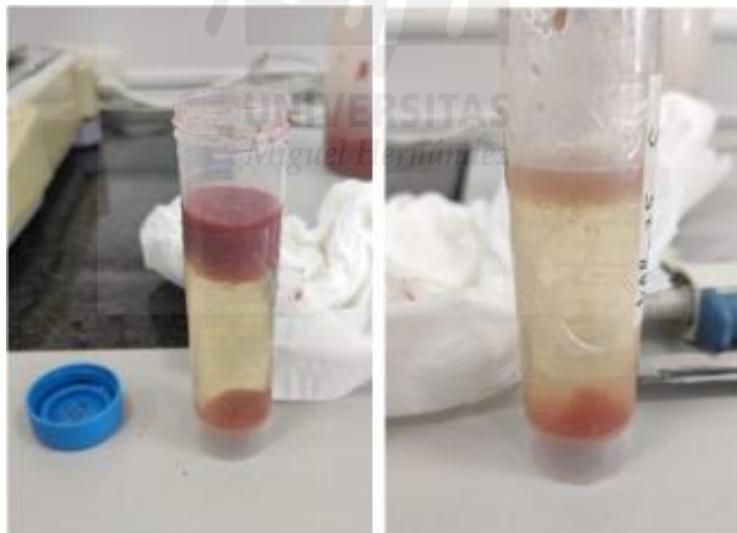


Figura 16. Muestras antes y después de la retirada de pulpa.

Fuente: Elaboración propia.

Después las parejas de tubos se vuelven a equilibrar y se centrifugan 6 minutos al mismo régimen de revoluciones para posar la pulpa flotante y que el

sobrenadante que utilizaremos para las mediciones esté lo más separado posible.



Figura 17. Proceso de centrifugado.

Fuente: Elaboración propia.

Para medir la glucosa y la fructosa (sólidos solubles) se ha utilizado un refractómetro digital de la marca Atago, realizando 2 medidas por muestra y arrojando el resultado en °Brix.



Figura 18. Refractómetro utilizado para medir los sólidos solubles.

Fuente: Catálogo Atago.

3.5.2.2 Acidez

Para medir la acidez se han utilizado los sobrenadantes de los tubos, concretamente 0,5 ml de los cuales se ha valorado la acidez con NaOH 0,01 N en un pHmetro pHmatic 23 CRISON mientras la muestra se encuentra en el proceso de agitación, se disuelve en agua destilada.

El resultado se expresa en gramos de ácido cítrico por cada 100 gramos de tejido fresco o porcentaje, realizando por cada muestra 2 medidas.



Figura 19. Proceso de valoración de la acidez.

Fuente: Crison Instruments.

3.5.3 Tratamiento estadístico

Se ha realizado un análisis ANOVA unifactorial para las líneas estudiadas, seguido del test de rango múltiple de Tukey, utilizando Stat-Graphics Centurion XVI.

4. Materiales y métodos

4.1 Producción

El análisis de la varianza de la producción mostró diferencias significativas entre las líneas de mejora estudiadas (Tabla 6).

P valor ANOVA $\leq 0,0001$		
Línea	Media (kg/planta)	Grupos Homogéneos
UMH1422-394	0,573	A
UMH1422-423	0,641	A
UMH1354-3-1	0,931	AB
UMH1354	1,168	AB
UMH1406	1,175	AB
UMH1406-459	1,281	B
UMH1406-476	1,561	B
Boludo	4,585	C
Anairis	6,013	D

Tabla 6: Nivel de significación del ANOVA y test de Tukey para la producción.

Las distintas letras indican diferencias significativas en el test ($P \leq 0,05$)

La producción obtenida por las líneas de mejora oscila entre los 0,573 y los 1,561 kg/planta. Estos valores son claramente inferiores a los obtenidos por los 2 híbridos comerciales, que oscilan entre 4,5 y 6 kg/planta. Esta diferencia se debe al ataque de *Fusarium* que se sufrió durante el cultivo. Para las líneas de mejora UMH1406 y UMH1354, no se han encontrado diferencias significativas entre las originales y las que contienen el gen *ty-5*, lo que sugiere que la introducción del gen *ty-5* no ha tenido efecto sobre la producción.

Los valores obtenidos en este trabajo han sido claramente inferiores a los obtenidos por Cabrera et al. (2020) en un ensayo al aire libre con líneas BC4 (a partir de las que se obtuvieron las líneas BC5), que no tuvo incidencia de *Fusarium*. En el trabajo de Cabrera et al. (2020) tampoco se encontraron diferencias entre las líneas de mejora BC4 con el gen *ty-5* y las originales sin el gen *ty-5*, lo que sugiere de nuevo que la introducción del gen *ty-5* no afecta a la producción. En varios trabajos se ha demostrado que la introducción del gen *Ty-*

1, que confiere resistencia a TYLCV, como el *ty-5*, sí produce un efecto negativo en la producción (Rubio et al., 2014).

4.2 Número de frutos recolectados por planta

El análisis de la varianza del número de frutos recolectados por planta mostró diferencias significativas entre las líneas de mejora estudiadas (Tabla 7).

P valor ANOVA $\leq 0,0001$		
Línea	Media (frutos/planta)	Grupos Homogéneos
UMH1422-394	10,60	A
UMH1422-423	13,47	AB
UMH1354	24,20	BC
UMH1354-3-1	24,37	BC
UMH1406	26,86	C
UMH1406-476	34,40	CD
Anairis	36,86	CD
UMH1406-459	37,64	D
Boludo	58,0	E

Tabla 7: Nivel de significación del ANOVA y test de Tukey para el número de frutos recolectados por planta.

Las distintas letras indican diferencias significativas en el test ($P < 0,05$).

El número de frutos obtenidos por las líneas de mejora oscila entre 10,60 y 37,64 frutos/planta. Estos valores respecto a los híbridos comerciales, está dentro del valor de Anairis (36,86), pero alejado de Boludo (58,0). La línea de mejora UMH1406 se ve aumentado significativamente el número de frutos recolectados en una de sus líneas, en cambio, en las líneas de mejora UMH1422, al no tener los datos de la planta original, no la podemos comparar. La línea de mejora UMH1354, no hay diferencia entre la planta original y la que contiene el gen *ty-5*, por lo tanto, no tenemos los indicios suficientes para afirmar que el gen *ty-5* afecta positiva o negativamente a la producción del número de frutos de las plantas.

4.3 Peso medio de los frutos

El análisis de la varianza del peso medio de los frutos mostró diferencias significativas entre las líneas de mejora estudiadas (Tabla 8).

P valor ANOVA $\leq 0,0001$		
Línea	Media (g/fruto)	Grupos Homogéneos
UMH1406-459	33,3	A
UMH1354-3-1	39,5	AB
UMH1406-476	44,2	AB
UMH1406	45,7	AB
UMH1422-423	47,5	B
UMH1354	49,9	B
UMH1422-394	53,8	B
Boludo	79,6	C
Anairis	164,3	D

Tabla 8: Nivel de significación del ANOVA y test de Tukey para el peso medio de los frutos. Las distintas letras indican diferencias significativas en el test ($P \leq 0,05$).

Respecto al peso medio de los frutos en las plantas, podemos observar que los pesos varían entre 33,3 y 53,8 g/fruto, estos datos están muy alejados a los 79,6 y 164,3 (g/fruto) que presentaron las plantas híbridas comerciales, dentro de las híbridas comerciales, la Anairis supera con creces a Boludo. La línea UMH1422 es el grupo homogéneo más cercano a los híbridos comerciales, pero al no tener comparación con la planta sin el gen, no podemos sacar una conclusión. Respecto a la línea UMH1406, los frutos con el gen *ty-5* tienen un peso medio muy similar a los de la línea sin el *ty-5*. Respecto a la línea 1354, sin el gen tiene una media de 49,9 y con el gen *ty-5* tiene una media de 39,5 (g/fruto), aunque estas diferencias no son significativas. Por lo tanto, en este TFG parece que la introducción del gen *ty-5* no afecta al peso medio de los frutos.

En el trabajo de Cabrera et al. (2020) sí que se encontraron diferencias para el peso medio entre las líneas originales UMH1354 y UMH1406 sin el *ty-5* y algunas líneas con el *ty-5*, siempre a favor de las líneas originales. Esto sugiere que la introducción del *ty-5* puede tener un efecto negativo sobre el peso medio de los frutos.

4.4 Contenido de sólidos solubles

El análisis de la varianza del contenido de sólidos solubles mostró diferencias significativas entre las líneas de mejora estudiadas (Tabla 9).

P valor ANOVA $\leq 0,0001$		
Línea	Media (°Brix)	Grupos Homogéneos
Boludo	4,95	A
UMH1406-476	5,08	A
UMH1406-459	5,13	A
Anairis	5,20	AB
UMH1406	5,47	AB
UMH1422-423	5,78	BC
UMH1422-394	5,95	BCD
UMH1354	6,16	CD
UMH1354-3-1	6,51	D

Tabla 9: Nivel de significación del ANOVA y test de Tukey para el contenido de sólidos solubles. Las distintas letras indican diferencias significativas en el test ($P \leq 0,05$).

Nos encontramos un rango entre 5,08 y 6,5, respecto a los híbridos comerciales, Boludo se encuentra en 4,95 y Anairis en 5,20. La línea UMH1406, no se ha visto afectada por la introducción del gen *ty-5*. La línea UMH1422, no tenemos el dato sin el gen, por lo que no la podemos comparar. Respecto UMH1354 y UMH1354-3-1, tampoco se han encontrado diferencias significativas, por lo que no podemos confirmar que el gen *ty-5* afecte a el contenido de sólidos solubles del fruto.

En el trabajo de Cabrera et al. (2020) sólo se encontraron diferencias entre línea original UMH1354 sin el *ty-5* y una línea BC4 con el *ty-5*, a favor de la línea original. Esto sugiere que la introducción del *ty-5* tiene poco o nulo efecto sobre el contenido de sólidos solubles.

4.5 Acidez

El análisis de la varianza de la acidez de los frutos mostró diferencias significativas entre las líneas de mejora estudiadas (Tabla 10).

P valor ANOVA $\leq 0,0001$		
Línea	Media (%)	Grupos Homogéneos
UMH1406-476	0,25	A
UMH1406	0,29	AB
UMH1406-459	0,31	BC
UMH1422-394	0,35	CD
UMH1354	0,37	D
UMH1354-3-1	0,38	D
UMH1422-423	0,39	D
Boludo	0,41	D
Anairis	0,54	E

Tabla 10: Nivel de significación del ANOVA y test de Tukey para la acidez. Las distintas letras indican diferencias significativas en el test ($P \leq 0,05$).

Respecto a la acidez tenemos un rango entre 0,25 y 0,29 %, bastante inferior a 0,41 y 0,54 que presentan Boludo y Anairis respectivamente. Respecto a la línea UMH1406, no hay diferencias notables respecto a la acidez en plantas con/sin el gen *ty-5*, por lo que se puede intuir que no afecta. En la línea UMH1354 tampoco hay una variación significativa. Y respecto la UMH1422 no tenemos sin el gen *ty-5* por lo que no lo podemos comparar.

En el trabajo de Cabrera et al. (2020) sólo se encontraron diferencias entre línea original UMH1354 sin el *ty-5* y una línea BC4 con el *ty-5*, a favor de la línea con el *ty-5*. Esto sugiere que la introducción del *ty-5* tiene poco o nulo efecto sobre la acidez.

5. Conclusiones

Aunque hubo imprevistos durante el cultivo, en este trabajo no se han encontrado efecto de la introducción del gen *ty-5* en los caracteres productivos y de calidad estudiados. Sería interesante volver a estudiar las líneas para confirmar que el gen no tiene efecto.



6. Bibliografía

Belda, C. (2018) LA COLONIZACIÓN DE AUSTRALIA EN EL SIGLO XVIII <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/18602/1/TFG-Belda%20Arrebola%20Caridad.pdf>

Berry Ottaway, P. (2001) The roots of a healthy diet. Chemistry and Industry 22 January, pp. 42-45 <https://www.eufic.org/es/vida-sana/articulo/el-origen-de-los-tomates/>

Cabrera, J.A., Carbonell, P., Salinas, J.F., Grau, A., Alonso, A., García-Martínez, S., Ruiz, J.J. (2021). Introducción del gen *Ty-2* en el Programa de Mejora Genética de Variedades Tradicionales de Tomate del CIAGRO-UMH. Actas del II Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria CUISA 2021. Páginas 51-56.

Cabrera, J.A., Salinas, J.F., Carbonell, P., Grau, A., Alonso, A., García-Martínez, S., Ruiz, J.J. (2020). Evaluación y selección de la generación BC4 del programa de mejora de la EPSO-UMH para la introducción del gen *ty-5*. Actas del I Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria CUISA 2020. Páginas 18-26.

Cordero, M. (2000). Problemas de la colonización en África <https://www.historiaveterinaria.org/update/2000-problemas-de-la-colonizacion-en-africa-1456737626.pdf>

Dreamstime. (2024) <https://es.dreamstime.com/morfolog%C3%ADa-de-la-planta-tomate-florecente-image119128846>

FAO 2024 (<https://www.fao.org/home/es>)

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-López, R. (1999) Evaluación de variedades locales de tomate para su conservación "in situ" en agricultura ecológica <https://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Evaluacion-de-variedades-locales-de-tomate-para-su.cid221510>

García-Martínez, S. (2006) Evaluation of amplified fragment length polymorphism and simple sequence repeats for tomato germplasm fingerprinting: utility for grouping closely related traditional cultivars. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/g06-016>

Hutton, S.F., Scpott, J.W., Schuster, D.J. (2012). Recessive resistance to Tomato yellow leaf curl virus from the tomato cultivar Tyking is located in the same region as *Ty-5* on chromosome 4. *HortScience* 47(3): 324–327.

Jenkins, J.A. (1948) The origin of the cultivated tomato <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02859492>

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2008) ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL POR REGIONES PRODUCTORAS <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/docs/SITUACION%20ACTUAL%20TOMATE.pdf>

Picken, A.J.F. and Grimmett, M. (1986). The effects of two fruit setting agents on the yield and quality of tomato fruit in glasshouses in winter. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 61(2):243-250.

Rick, C.M. (1976) Tomato. In "Simmonds, N.W. (Ed) Evolution of crop plants. Longman, London and New York" <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3251/1/TFG%20Va%C3%B1%C3%B3%20Bod%C3%AD%2C%20Enrique.pdf>

Rick, C.M. (1978) El tomate. Investigación y ciencia. <https://tgrc.ucdavis.edu/people/charles-rick>

STATISTA (2024) <https://es.statista.com/estadisticas/510892/produccion-de-tomates-en-espana-por-comunidad-autonoma/>

Thomas, T.A., Chandra, V. (1988). Genetic resources of tomate in India, their buildup, evaluation, maintenance and utilization. In: "Green, S.K. (Ed.) Tomato and Pepper. Production in the tropics, tainan": 22-27.

Velasco, E. Nieto, R. Navarro, E. (2005). Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero. Ediciones Mundi-prensa.