

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y  
AGROAMBIENTAL**



**Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Muchamiel, con resistencia genética a virus y menor carga de ligamento durante el año 2021.**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Febrero 2023

AUTOR: Juan Antonio García Serna

TUTOR: Santiago García Martínez

COTUTOR: José Ángel Cabrera Miras

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad la selección de líneas de mejora de tomate Muchamiel, con resistencia a ToMV, TYLCV y TSWV, que tengan menor carga de ligamento en el cromosoma 6, donde se encuentra el gen Ty-1, y que tengan un buen comportamiento productivo y de calidad.

Tras la experimentación y análisis de los resultados en las familias recombinantes aún existía variabilidad entre las plantas, por lo que se seleccionaron aquellas que se consideraron más interesantes por producción, peso medio y forma de los frutos. Es destacable el incremento de peso medio de los frutos de varias de las plantas seleccionadas respecto a la línea de mejora UMH1200. Las plantas con mayor peso medio de los frutos serán cultivadas en el ciclo de primavera-verano de 2023, para confirmar los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** tomate, *Solanum lycopersicum*, Muchamiel, tradicional, resistencia, virus, mejora.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to select Muchamiel tomato improvement lines, with resistance to ToMV, TYLCV and TSWV, which have a lower linkage load on chromosome 6, where the Ty-1 gene is found, and which have a good productive and quality performance.

After the experimentation and analysis of the results in the recombinant families, there was still variability between the plants, so those that were considered most interesting due to production, average weight and shape of the fruits were selected. The increase in average weight of the fruits of several of the selected plants with respect to the UMH1200 breeding line is noteworthy. The plants with the highest average fruit weight will be cultivated in the spring-summer cycle of 2023 to confirm the results obtained.

**Keywords:** tomato, *Solanum lycopersicum*, Muchamiel, traditional, tolerance, virus, breeding.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	1
1 INTRODUCCIÓN .....	4
1.1 ORIGEN E HISTORIA DEL TOMATE .....	5
1.2 SITUACIÓN TAXONÓMICA .....	6
1.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y FISIOLÓGICAS .....	7
1.4 CULTIVO Y VARIEDADES .....	11
1.4.1 EL TOMATE MUCHAMIEL .....	12
1.5 RELEVANCIA ECONÓMICA .....	13
1.6 PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DEL CIAGRO-UMH .....	18
1.6.1 EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE RESISTENCIA .....	21
1.7 LÍNEA EN LA QUE SE ENLOBA ESTE TRABAJO .....	23
2 OBJETIVOS .....	24
3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1 INSTALACIONES .....	25
3.2 MATERIAL VEGETAL EMPLEADO .....	25
3.3 PRÁCTICAS DE CULTIVO .....	27
3.3.1 SEMILLERO .....	27
3.3.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO .....	27
3.3.3 TRASPLANTE .....	27
3.3.4 MARCO DE PLANTACIÓN .....	28
3.3.5 ENTUTORADO Y PODA .....	28
3.3.6 FERTIRRIGACIÓN .....	29
3.3.7 TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS .....	30
3.3.8 COSECHA .....	32
3.4 PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS .....	33
3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	33
3.5 CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO .....	34
3.5.1 CARACTERES PRODUCTIVOS .....	34
3.5.2 CARACTERES DE CALIDAD .....	35
3.6 TRATAMIENTO ESTADÍSTICOS .....	38
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1 ANÁLISIS DE BONDAD DE AJUSTE .....	39

4.2	CARACTERES PRODUCTIVOS .....	39
4.2.1	PRODUCCIÓN TOTAL .....	39
4.2.2	NUMERO DE FRUTOS .....	40
4.2.3	PESO MEDIO DE LOS FRUTOS.....	41
4.3	CARACTERES DE CALIDAD .....	42
4.3.1	CONTENIDO DE SOLIDOS SOLUBLES .....	42
4.3.2	ACIDEZ VALORABLE .....	43
4.4	SELECCIÓN DE PLANTAS.....	44
5	CONCLUSIÓN .....	51
6	BIBLIOGRAFÍA.....	52



## 1 INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas con mayor relevancia a nivel mundial, ya que las tasas de consumo, el área cosechada y su valor económico están constantemente en aumento, siendo múltiples los subproductos que de él se obtienen. La gran adaptabilidad del cultivo lo hace accesible en diferentes partes del mundo, desde climas tropicales hasta zonas más templadas, aun siendo natural de clima cálido donde no haya heladas. Actualmente, y con la ayuda de la mejora genética y varios procesos de selección, se han desarrollado cultivos que, con una infraestructura adecuada para controlar las condiciones ambientales de cultivo, así como el uso de insumos como fertilizantes, insecticidas y herbicidas, permiten obtener mejores rendimientos en poco tiempo (Flores Hernández et al., 2017).

Además de la importancia a nivel económico, también es reseñable su relevancia a nivel nutricional, pese a no ser un alimento muy energético, es una extraordinaria fuente de antioxidantes (licopeno y betacaroteno), así como de vitaminas (C y A) y minerales; potasio, fósforo, magnesio y zinc, entre otros (Santiago y Borrego, 1998; de Bogotá, 2015), podemos consultar en detalle la composición nutricional del tomate en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional de 100 g de tomate fresco. Fuente: de Bogotá, 2015.

Elemento	Cantidad
Agua	93,05%
Carbohidratos	3,3 g
Proteínas	0,9 g
Fibra	0,8 g
Grasas	0,1 g
Vitamina C	20 mg
Fósforo	19 mg
Calcio	7 mg
Vitamina A	1,1 mg
Hierro	0,7 mg
Vitamina B3 (Niacina)	0,6 mg
Vitamina B1	0,05 mg
Vitamina B2	0,02 mg
Calorías	23 kcal

Si bien es cierto que los principales usos del tomate son culinarios, directamente el fruto, bien fresco o cocinado, también hay usos industriales, como la preparación de jugo de tomate, concentrado o liofilizado. Además, también tiene usos medicinales, ya que estimula el sistema inmune, ayudando a detener enfermedades degenerativas. Está recomendado para enfermedades como el reumatismo, la gota o las úlceras de estómago. Es remineralizante y desintoxicante (de Bogotá, 2015).

## 1.1 ORIGEN E HISTORIA DEL TOMATE

El centro de origen de esta planta se encuentra en la zona central y sur de América, una región andina que comprende diferentes países (Rick y Holle, 1990), donde el tomate era plantado por la población nativa del país, intercalado con plantaciones de maíz.

Desde estos países, y según sostienen algunas líneas de estudio botánicas, el tomate llegó a Méjico, donde comenzó su domesticación (Nuez, 1995). Ésta era una planta casi análoga a *Lycopersicum cerasiforme*, especie espontánea en Méjico y Perú, pudiendo tratarse de la planta ancestral de la cual ha derivado, tras sucesivos cultivos, el tomate comestible. Aun así, el origen de la domesticación del tomate no está definido hoy en día, quedando varias hipótesis sobre la mesa.

A principios del siglo XVI el tomate, junto al maíz y la patata, llegaron al viejo continente, como observamos en la Figura 1 sobre las rutas de difusión de esta planta. Se tienen indicios de que fueron los expedicionarios que acompañaron a Cristóbal Colón los que trajeron el tomate a España, para luego ser difundida en el resto de Europa (Nuez, 1995). En los inicios de la llegada del tomate a Europa, fue algo costosa la adaptación a la dieta, se usó principalmente como planta ornamental por la vistosidad de sus flores, ya que no se adaptaba a las formas de cocinado del momento, y se tenía bajo sospecha dado su parecido con plantas tóxicas como *Mandragora autumnalis* y *Atropa belladonna* (López Malo, 2020). Al llegar a Italia, y tras un proceso de difusión y conocimiento de las formas de consumo del fruto, empezó a popularizarse, alrededor del siglo XVIII. Tras el acercamiento del tomate a la población, el sistema colonial español ayudó a seguir difundiendo la hortaliza por el resto del mundo.

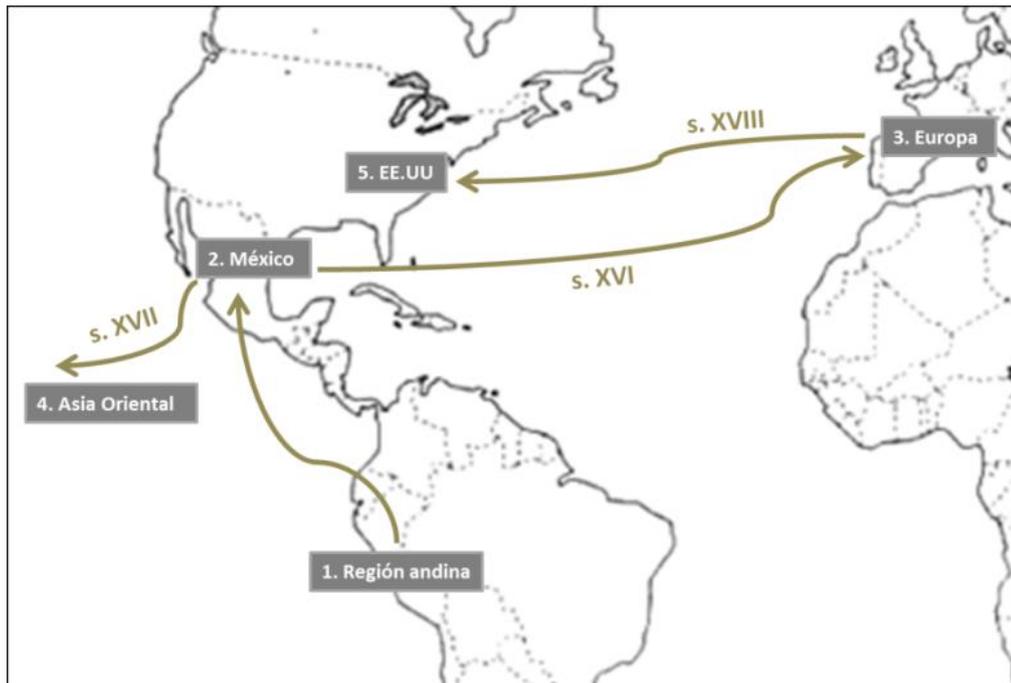


Figura 1. Rutas de difusión del tomate, así como centro de origen (1. Región andina).  
Fuente: Cabrera (2019), elaborado a partir de Nuez (1995).

## 1.2 SITUACIÓN TAXONÓMICA

El tomate fue descrito por Pier Andrea Mattioli por primera vez, botánico del jardín de Padua, en Italia, y lo incluyó dentro de su herbario en 1554 (Nuez, 1995).

Alrededor de 1753, Carlos Linneo, padre de la taxonomía moderna, había clasificado al tomate dentro del género *Solanum*, especie *Solanum lycopersicum* L (Escobar, 2010). Años más tarde se cambió esta clasificación, ya que desde el año 1881, el tomate estaba ubicado dentro del género *Lycopersicon*, siendo *Lycopersicon esculentum* su denominación científica, gracias al botánico Philip Miller, quien incluyó la especie en la primera edición del libro “The Gardener’s dictionary”. Fueron unos años revueltos para la clasificación del tomate, y fue 200 años de debate después, cuando se confirmó la descripción de Linneo (Razdan y Mattoo, 2007).

Hoy en día, gracias a la evidencia genética, se demuestra que Linneo estaba en lo cierto al clasificar al tomate dentro del género *Solanum* (Peralta y Spooner, 2001). Esta familia botánica se caracteriza por presentar 96 géneros y 2.300 especies, una de ellas la que nos atañe al presente trabajo. Gracias a la clasificación de Hunziker en 1979 (visto en Olmstead et al., 1999), podemos establecer la taxonomía del tomate como sigue:

Clase: *Dicotyledoneas*

Orden: *Solanales (Personatae)*

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Solaneae*

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

### 1.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y FISIOLÓGICAS

La planta del tomate es perenne, de ciclo vital alrededor de 1 año, herbácea con porte arbustivo y tallo semileñoso. Existen multitud de variedades de tomate, ya que es una hortaliza con alta diversidad genética (Guzmán, 2017).

El sistema radicular está compuesto por una raíz principal corta y multitud de extensas raíces secundarias, como vemos en la Figura 2. También aparecen muchas raíces adventicias, que se encuentran al nivel del suelo, y mejoran el anclaje de la planta al terreno. La raíz cuenta con una epidermis, a nivel más externo, con pelos absorbentes. Córtex y cilindro central o xilema hacia el interior.

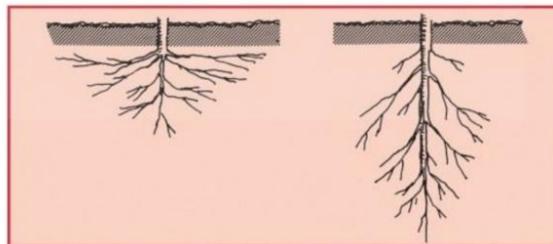


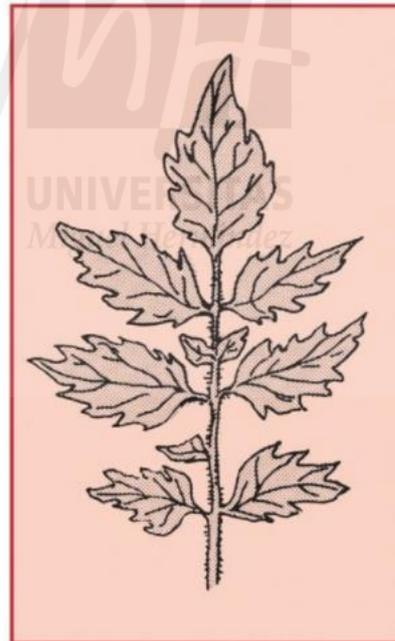
Figura 2. Aparato radical pivotante desarrollado a partir de una semilla, y sistema de raíces fasciculadas de una planta repicada. Fuente: Gorini, 2018.

El tallo es una continuación de la raíz, es más grueso en la base, de 2 a 4 cm, y está conformado por diferentes capas; epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular o xilema y tejido medular. Sobre él se desarrollan las hojas, los tallos secundarios y las inflorescencias, como observamos en la Figura 3.



*Figura 3. Tallos terminales sobre los que se desarrollan las inflorescencias, bien simples o ramificadas. Fuente: Gorini, 2018.*

Las hojas son imparipinnadas, con folíolos alternos e impares, con un folíolo solitario en la parte apical de la hoja, mostrado en la Figura 4. Los folíolos son peciolados y lobulados irregularmente, con bordes dentados (Coleman y Greyson, 1976) y recubiertas de pequeños pelos.



*Figura 4. Detalle de la hoja, compuesta por siete folíolos simples con bordes dentados. Fuente: Gorini, 2018.*

La flor es hermafrodita, contiene los órganos femeninos y masculinos completos. Se agrupan en racimos de 4 a 12 flores de color amarillo, que se desarrollan en el tallo y en las ramas del lado opuesto a las hojas (de Bogotá, 2015). Las flores tienen 5 o más sépalos y 5 o más pétalos, en detalle en la Figura 5 (Sawhney y Greyson, 1972).

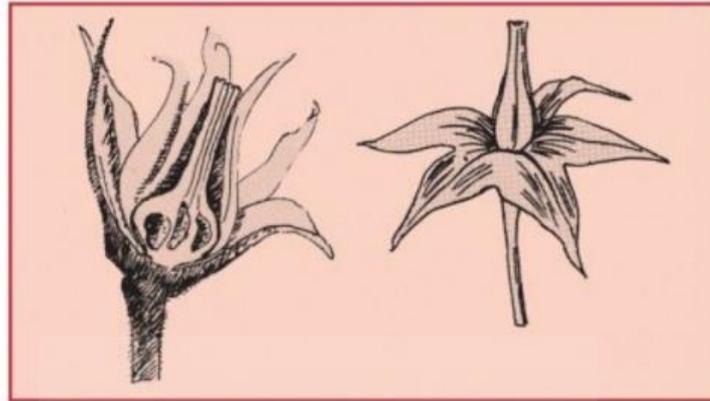


Figura 5. Detalle de la flor, compuesta por cinco sépalos soldados entre sí y cinco estambres que rodean el pistilo. Fuente: Gorini, 2018.

El fruto, el tomate, tipo baya globular, ovoide o alargada, cuenta con multitud de semillas en su interior. Son frutos carnosos, con diferencias en tamaño, forma, color, consistencia y composición, como vemos ejemplificado en la Figura 6. El fruto tarda de 60 a 70 días desde la antesis (cuajamiento) hasta la cosecha, donde normalmente son de color rojo, rosado o amarillento, según la variedad. Podemos ver una imagen detallada en la Figura 7.

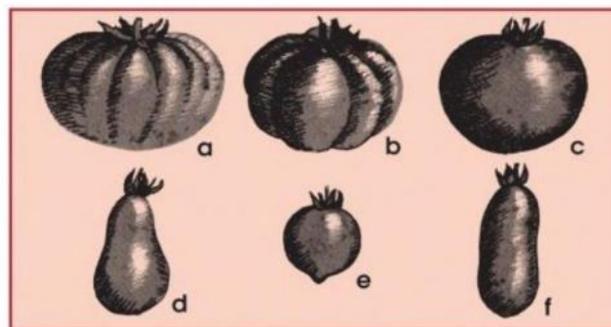


Figura 6. Diferentes formas del fruto: a) semicostillado, b) acostillado, c) redondo y liso, d) con forma de pera, e) para conserva, f) alargado. Fuente: Gorini, 2018.



Figura 7. Detalle de un fruto de tomate al inicio de su desarrollo. Fuente: Gorini, 2018.

La semilla es pequeña, se encuentran en multitud en el interior del fruto, como vemos en la Figura 8. Tienen forma lenticular y unas dimensiones aproximadamente de 5x4x2 mm, en su interior contiene el embrión, el endospermo y la testa, que a una temperatura óptima de 20 a 25 °C germinan.

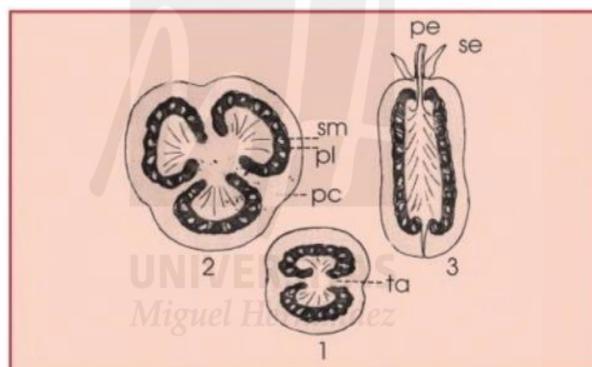


Figura 8. Detalle del interior del fruto: 1) corte transversal de un tomate redondo bilocular, 2) corte transversal de un tomate redondo trilocular, 3) corte longitudinal de un tomate alargado. *se*; sépalo de cáliz, *pe*; pedúnculo, *pc*; pericarpio, *ta*; tabique, *pl*; *placenta*, *sm*; semillas. Fuente: Gorini, 2018.

La fisiología, o forma en que la planta responde a los factores ambientales y de manejo, es diferente según si se cultiva en invernadero o no. Además, en cada fase de desarrollo del tomate, las necesidades hídricas y nutritivas son diferentes.

El desarrollo vegetativo, o primera etapa de desarrollo, se produce desde la germinación (de 4 a 7 días tras la siembra) y emergencia de la plántula hasta la aparición del primer racimo floral, tras la formación de las primeras 5 o 10 hojas, alrededor de los

40 cm de altura. La segunda etapa de desarrollo se caracteriza por realizarse de manera simultánea el crecimiento vegetativo y el reproductivo, con la continua aparición de hojas, y la progresiva formación de los frutos, con el fin de promover esta etapa, en ocasiones se realiza la polinización con abejas, mediante el viento, o con aplicación de hormonas auxinas (de Bogotá, 2015). A continuación, se inicia la etapa de producción, donde se concluye la maduración y cosecha de los primeros frutos. En este estadio, se detiene de forma natural o inducida el crecimiento de la planta, y solamente se mantiene el desarrollo de los frutos ya formados (Escobar, 2010).

## 1.4 CULTIVO Y VARIEDADES

La planta del tomate es poco exigente en cuanto al clima y tipo de sustrato, una temperatura media de 20 °C y unas mínimas que no bajen de los 10 °C serán el entorno adecuado para su cultivo, desde los 0 hasta los 1.500 m.s.n.m. (de Bogotá, 2015). Además, tolera moderadamente la salinidad (Nuez, 1995).

El tomate es considerado una planta de clima cálido y no resiste las heladas, por lo que trabajos como el de García (1996) proponen el acolchado como método para conservar la temperatura del suelo cuando hay grandes variaciones, además de favorecer la humedad en el sustrato. Aun siendo considerada una especie indiferente edáfica, suelos profundos con textura franca son los que más agradece este cultivo, sobre todo con un buen drenaje (de Bogotá, 2015). Uno de los factores agroecológicos que más afecta a su cultivo es la salinidad, ya que son plantas moderadamente sensibles a este factor (Chinnusamy et al., 2005), se crea un efecto osmótico en el que las raíces se ven limitadas en la absorción de agua.

Por un lado, encontramos variedades de crecimiento determinado, con tallos principal y laterales con un número determinado de inflorescencias, con porte bajo y compacto, y períodos de fructificación cortos. Por otro lado, están las variedades de crecimiento indeterminado, con hábito guiador de crecimiento indefinido y períodos largos de fructificación y cosecha (López Malo, 2020; Guzmán, 2017). Por último, encontramos variedades de crecimiento subdeterminado, con la interrupción del crecimiento de los tallos una vez han alcanzado un número determinado de inflorescencias (López-Marín, 2016).

Aun así, hoy en día la mayor parte de los cultivos de tomate son variedades híbridas, adaptadas al lugar de producción y a las condiciones de cultivo, estas son las

variedades híbridas F1. Suelen incorporar resistencias a enfermedades, con lo que se aumenta la producción y la calidad. Estas variedades son producto del cruzamiento de dos líneas puras diferentes, de donde se obtiene un híbrido de primera generación en el que se puede mantener el proceso de hibridación, con alto rendimiento, uniformidad y capacidad de producción incluso bajo condiciones de estrés (Nuez, 1995).

Por otro lado, encontramos variedades tradicionales, con valores adicionales como la producción local y la adaptación de la planta al medio, mantenimiento de la biodiversidad tanto a nivel botánico como a nivel cultural, ya que con la conservación de variedades tradicionales también se salvaguardan los sabores y tradiciones más antiguas. Estas variedades son el resultado de la selección y la mejora continua realizada durante generaciones por parte de los agricultores locales, dando lugar a plantas súper adaptadas al medio a la vez que productivas, de las cuales obtener semillas viables para el siguiente año (García, 1999; Guzmán et al., 2000; Viñals y Cornejo, 2005) y este es el caso del protagonista de este trabajo, la variedad Muchamiel.

#### 1.4.1 EL TOMATE MUCHAMIEL

El tipo varietal “Muchamiel” está formado por un conjunto de variedades tradicionales de tomate que tienen el fruto grande, aplastado, más o menos rizado, que se cultivan fundamentalmente en Alicante, Valencia y Murcia, desde los años 20. Proveniente de la localidad alicantina de Muchamiel, esta variedad ha ido perdiendo peso en el mercado, sobre todo en la segunda mitad del siglo XX, por varios ataques de virus. Es por eso por lo que las labores de recuperación de esta variedad son hoy día de gran importancia.

*Tabla 2. Calendario de plantación del tomate Muchamiel. Fuente: Antes todo era campo, 2020. Recuperado de López Malo, 2020.*

Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Siembra		Transplante y crecimiento		Cuajado y desarrollo		Maduración y recolección	

El cultivo del tomate Muchamiel necesita altas tasas de luz, y temperaturas entre 25 y 35 °C. Es poco exigente en lo que a suelo se refiere y requiere de un riego frecuente, ya que puede deshidratarse con facilidad (López Malo, 2020). Como comentábamos anteriormente, el fruto es muy característico, de tamaño grande, con forma acostillada marcada, piel fina, pulpa carnosa y múltiples lóbulos, como vemos en la Figura 9.



*Figura 9. Fotografía de varios tomates Muchamiel. Fuente: solsticeseeds.org*

Su principal uso es el consumo en fresco, y tienen unas excepcionales características organolépticas. Sin embargo, son sensibles a las tres principales virosis que afectan al tomate, lo que hace prácticamente imposible su cultivo (Martínez et al., 2014). Estos virus, junto a otros factores, son los responsables de que el cultivo de estas variedades no sea suficientemente atractivo para el agricultor, el cual dispone de líneas híbridas modernas resistentes a los virus y mucho más productivas. Así, la pérdida de estos cultivares tradicionales puede suponer una pérdida irreversible de variabilidad genética interesante (Carbonell, 2017).

## **1.5 RELEVANCIA ECONÓMICA**

En España, el tomate es la hortaliza con mayor producción, destacan los números de rendimiento, en comparación con otros cultivos como la patata o la naranja. A nivel mundial es una de las hortalizas que más se consume (López Malo, 2020).

La importancia del cultivo de tomate aumenta de manera continua, tanto en la producción para su consumo en fresco y la obtención del jugo, como para su distribución a la industria conservera. El constante crecimiento de su consumo se debe a varios factores; poco coste, valor alimenticio elevado y la enorme variedad de usos, hasta llegar a ser una de las

hortalizas más cultivadas en el mundo (Cuartero, 2001).

*Tabla 3. Superficie y producción de tomate de los 20 principales países del mundo en el año 2021 (F.A.O. consultado en enero 2023).*

POSICIÓN	PAÍS	ÁREA COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (T)	RENDIMIENTO (KG/HA)
1	CHINA	1.140.716	67.538.340	59.207
2	INDIA	845.000	21.181.000	25.066
3	NIGERIA	844.633	3.575.968	4.234
4	PAKISTÁN	168.150	802.151	4.770
5	TURQUÍA	165.204	13.095.258	79.267
6	EGIPTO	150.109	6.245.787	41.608
7	EE. UU.	109.226	10.475.265	95.905
8	ITALIA	102.060	6.644.790	65.107
9	MÉXICO	90.306	4.149.241	45.946
10	CAMERÚN	86.553	1.090.212	12.596
11	RUSIA	78.217	3.059.885	39.120
12	IRÁN	77.492	3.392.153	43.774
13	UCRANIA	75.800	2.444.880	32.254
14	UZBEKISTÁN	60.545	2.206.641	36.446
15	INDONESIA	59.401	1.114.399	18.761
16	SUDÁN	56.883	710.865	12.497
17	ESPAÑA	56.110	4.754.380	84.733
18	BRASIL	51.907	3.679.160	70.880
19	GHANA	47.000	368.319	7.837
20	BENIN	39.301	266.685	6.786
<b>TOTAL</b>		4.304.613	156.795.379	36.425

En la Tabla 3 podemos observar tanto la extensión de áreas de cultivo destinadas al tomate, como la producción y el rendimiento tras la cosecha. Destaca China en primer lugar, seguido de India y Nigeria, ranking mantenido desde hace algunos años. En el caso de España, lo encontramos en 17º puesto, con más de 56.000 ha de cultivo de tomate, una producción de más de 4.000.000 toneladas y un rendimiento de 84.733 kg de tomate producido por ha cultivada. Esta tabla también nos hace fijarnos en las diferencias, sobre todo de rendimiento del cultivo, entre países clasificados como desarrollados y otros en vías de desarrollo, donde la intensificación del cultivo es mucho menor, así también su

rendimiento. Como vemos en la Tabla 4, el comercio del tomate genera unos ingresos millonarios anualmente. Podemos ver los datos de toneladas de tomate exportadas, según los principales países con esta actividad. Sólo en el año 2021 se generaron más de 7.000 millones de € en estos 20 países principales. Quedando España en el 3er puesto mundial de exportaciones de tomate, con más de 700 millones de €.

*Tabla 4. Cantidad y valor de los mayores exportadores de tomate fresco del mundo. Año 2021. (F.A.O. consultado en enero 2023).*

POSICIÓN	PAÍS	EXPORTACIÓN (T)	VALOR (€)
1	México	2.538.501	2.049.116.160
2	Países Bajos	2.081.206	1.472.810.430
3	España	1.142.914	729.693.510
4	Marruecos	855.911	574.270.970
5	Francia	494.558	369.257.980
6	Canadá	472.584	356.902.910
7	China, Continental	435.837	202.595.120
8	Turquía	357.296	353.147.340
9	Bélgica	355.814	265.732.740
10	Estados Unidos	318.515	301.947.100
11	Italia	171.687	117.368.160
12	Azerbaiyán	160.229	110.270.160
13	Jordania	94.200	112.436.870
14	Polonia	88.117	54.882.100
15	Portugal	77.232	35.971.390
16	Uzbekistán	59.861	61.142.900
17	Alemania	55.235	49.322.910
18	Túnez	51.744	21.707.140
19	Turmekistán	51.431	28.295.540
20	Siria	50.223	44.258.760
<b>TOTAL</b>		9.862.872	7.311.130.190

Según datos del Observatorio tecnológico del tomate para industria, en 2021 se produjeron más de 39.000 millones de kilos de tomate en todo el mundo. En el caso de España, se producen alrededor de 3.000 millones de kilos de tomate para industria, datos en aumento respecto a los años anteriores. En España, la mayor parte de la producción de tomate fresco se concentra en el sureste; Almería, Murcia, Alicante, Valencia y Canarias. En el caso del tomate de industria, están especializadas; Navarra, La Rioja, Zaragoza y Extremadura (García-Martínez, 2006).

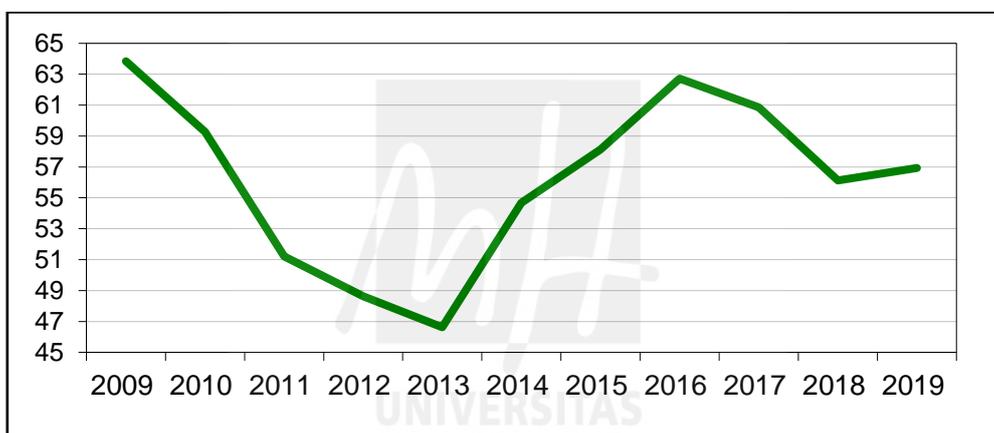
En España la mayor parte de la producción de tomate fresco se concentra en Extremadura y Andalucía, datos a consultar en la Tabla 5. En el caso del tomate de industria, se especializan en su producción; Navarra, La Rioja, Zaragoza y Extremadura (García-Martínez, 2006).

Tabla 5. Análisis regional provincial de superficie, rendimiento y producción, 2021. Fuente: Anuario de Estadística MAPA 2020. Datos más actualizados. (Consultado en enero 2023).

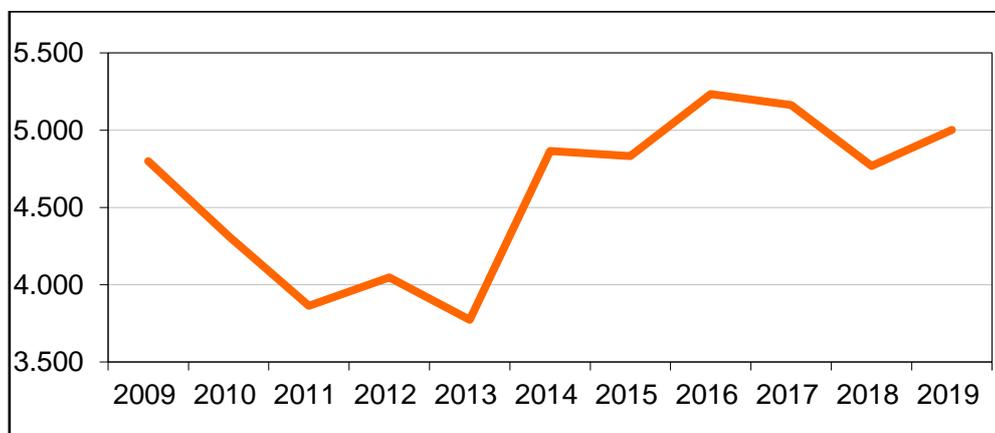
Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)			Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)
	Regadío			Regadío			
	Secano	Aire libre	Protegido	Secano	Aire libre	Protegido	
<b>ESPAÑA</b>	<b>318</b>	<b>39.462</b>	<b>16.326</b>	<b>7.819</b>	<b>82.324</b>	<b>92.075</b>	<b>4.754.380</b>
<b>ANDALUCÍA</b>	72	9.102	12.182	2.194	66.657	90.724	1.712.073
<b>EXTREMADURA</b>	–	23.408	13	–	94.995	230.769	2.226.633
<b>R. DE MURCIA</b>	–	498	2.029	–	36.287	100.194	221.364
<b>NAVARRA</b>	–	2.249	42	–	78.150	107.000	180.253
<b>CANARIAS</b>	–	55	551	–	41.903	93.401	53.768
<b>GALICIA</b>	–	484	543	–	72.016	79.272	77.900
<b>CASTILLA-LA MANCHA</b>	31	944	135	4.826	75.578	163.830	93.612
<b>C. VALENCIANA</b>	15	618	468	7.759	39.777	94.986	69.153
<b>ARAGÓN</b>	18	505	14	16.736	75.296	122.286	40.038
<b>CATALUÑA</b>	47	865	125	5.568	31.940	97.621	40.093
<b>LA RIOJA</b>	–	84	21	–	79.000	93.000	8.589
<b>BALEARES</b>	–	360	30	–	23.000	37.600	9.408
<b>PAÍS VASCO</b>	77	135	75	7.449	16.056	41.253	5.835
<b>CASTILLA Y LEÓN</b>	–	46	13	–	33.286	99.862	2.829
<b>MADRID</b>	13	59	5	19.310	100.000	119.267	6.747
<b>P. DE ASTURIAS</b>	45	50	60	15.000	25.000	46.000	4.685
<b>CANTABRIA</b>	–	–	20	–	–	70.000	1.400

El tomate es un producto básico de la horticultura española. Su producción se sitúa entre las más altas, destacando que es un cultivo con gran rendimiento, debido que supera a cultivos con mayor superficie como la patata, las naranjas o los melocotoneros. Aun así, y según consultamos en los datos estadísticos del Ministerio, Gráficas 1 y 2, tanto la superficie cultivada como la producción no son valores constantes, observamos una caída en picado del mercado del tomate en el 2013, de la cual se recuperó hasta llegar a máximos en el 2016. Hoy en día, la tendencia de este mercado va en aumento, como podemos consultar en las siguientes gráficas.

*Gráfica 1. Evolución de la superficie de tomate en España (miles de hectáreas). Fuente: Anuario de estadística 2020 MAPA. Consultado en enero de 2023.*



*Gráfica 2. Evolución de la producción de tomate en España (miles de toneladas). Fuente: Anuario de estadística 2020 MAPA. Consultado en enero de 2023.*



## 1.6 PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DEL CIAGRO-UMH

La mejora genética de variedades vegetales es un proceso de adaptación y creación de nuevas características a través de modificaciones en su genotipo, con el fin de mejorar el rendimiento y la facilidad de cultivo (Hoyos et al., 2005). En el caso del tomate, las opciones de variabilidad genética son escasas, es por ello por lo que la utilización de variedades silvestres es esencial. Los genes de resistencia a enfermedades, generalmente obtenidos de especies silvestres, suelen ser los más utilizados en mejora genética (Hajjar y Hodgkin, 2007).

En 1998 empezó en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández un programa de mejora para la introducción de genes de resistencia a las tres virosis más importantes que afectan al cultivo del tomate en el sureste español:

- Virus del mosaico del tomate / ToMV
- Virus del bronceado del tomate / TSWV
- Virus del rizado amarillo de la hoja del tomate / TYLCV

El método elegido fue un proceso de retrocruzamientos asistidos por marcadores moleculares, con el objetivo de introducir simultáneamente genes que confieren resistencia a estos tres virus, detalles en la Tabla 6. Gracias a estos genes marcados, pueden seleccionarse de manera precoz, los individuos portadores de los genes de interés. La selección fenotípica se efectúa para conseguir plantas que no presenten síntomas de virosis y tengan buenas características de cuajado, tamaño de fruto, producción, etc. Estas técnicas obtienen un resultado óptimo cuando se combinan.

Tabla 6. Genes de resistencia según el virus al que confieren resistencia y planta silvestre de la cual se ha extraído el gen. Fuente: Carbonell, 2017.

Virus	Gen resistencia	Origen
ToMV	Tm-2a	<i>Solanum peruvianum</i>
TSWV	Sw-5	<i>Solanum peruvianum</i>
TYLCV	Ty-1	<i>Solanum chilense</i>

El programa de mejora cuenta con distintas fases, representadas en la Figura 10, y cuenta con los siguientes pasos;

- Caracterización agronómica de las variedades tradicionales, así como de la fuente de resistencia.
- Realización del cruzamiento con híbridos F1.
- Realización del retrocruzamiento de la descendencia con las parentales iniciales.
- Fijación de los genes de resistencia, mediante ciclos de autofecundación.
- Selección de las líneas deseadas, favoreciendo caracteres agronómicos y organolépticos deseables.
- Inscripción en el registro de variedades.

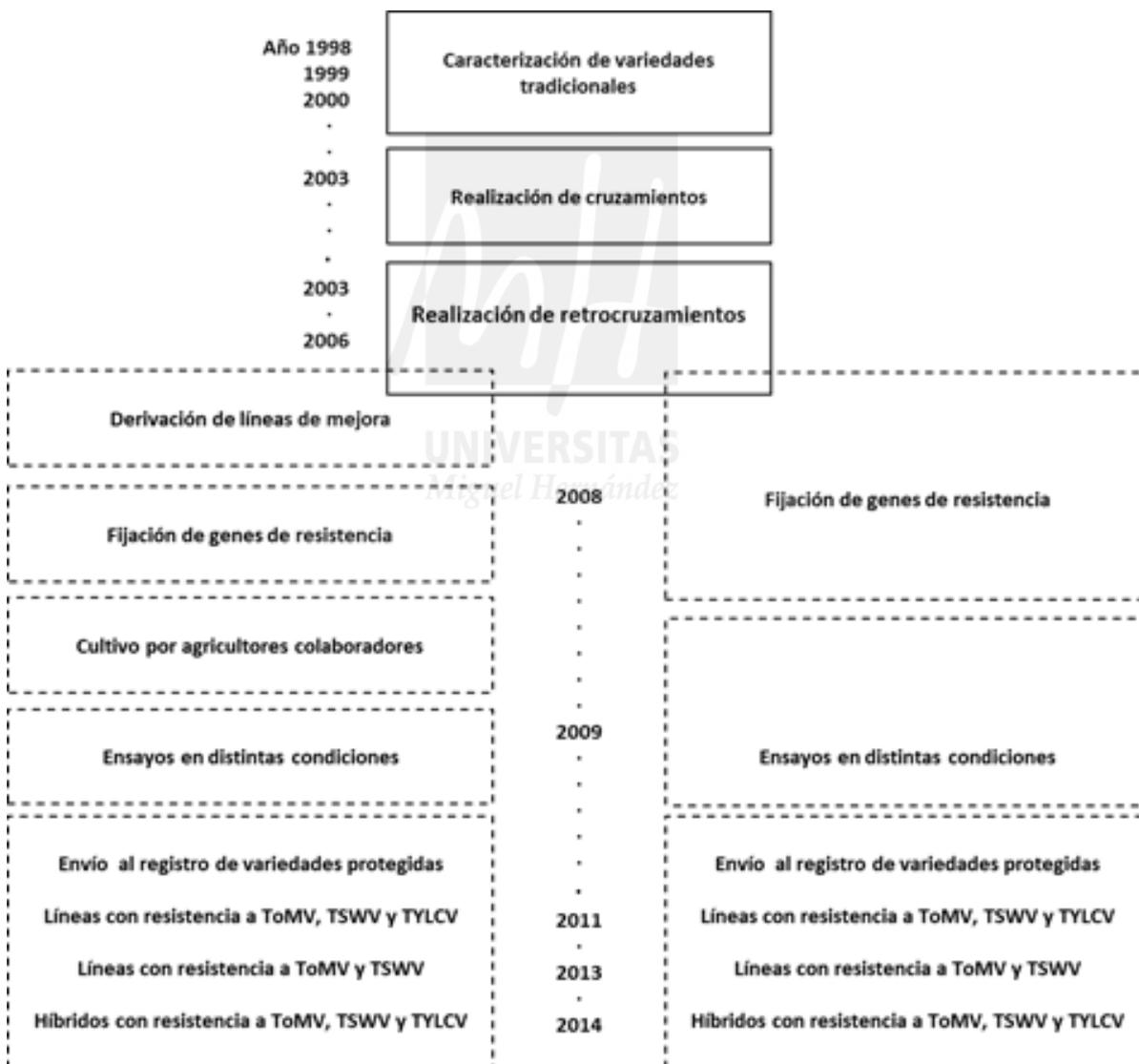


Figura 10. Esquema con las etapas del programa de mejora. Fuente: Cabrera 2019.

A finales de 2011 se envió al Registro de Variedades Comerciales y al Registro de Variedades Protegidas la línea de mejora UMH 1200, homocigota para los tres genes de resistencia, Sw-5, Tm-2a y Ty-1 (Martínez et al., 2014), obtenida mediante el cruzamiento de una línea Muchamiel seleccionada con el híbrido comercial Anastasia F1 (Carbonell, 2017). En el año 2015 se obtienen 4 líneas híbridas del cruzamiento con Anastasia F1. En 2016 se obtienen 2 líneas más. Podemos consultar estos datos, en la Tabla 7.

*Tabla 7. Líneas inscritas en el Registro de Variedades Protegidas, con su genotipo para los tres genes de resistencia a virus. \* Homocigota resistente: RR, homocigota sensible: ss.*

Tipo varietal	Línea	Resistencias ToMV-TYLCV-TSWV	Envío	Obtención título
Muchamiel	UMH 1200	RR-RR-RR	2011	2013
De la pera	UMH 1203	RR-RR-RR	2011	2013
Muchamiel	UMH 1139	RR-ss-RR	2013	2017
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
Híbrido Muchamiel	UMH 1101 x IF	Rs-Rs-Rs	2014	2017
Cherry	UMH 1401	RR-ss-RR	2015	2018
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	2019
Híbrido	UMH 1200 x BfT	Rs-Rs-Rs	2017	2019
Híbrido	UMH 1200 x Costoluto	Rs-Rs-Rs	2017	2019

El Registro de Variedades Protegidas se constituyó para proteger los derechos de la persona que obtiene una nueva variedad. Anteriormente las variedades vegetales se conseguían por los propios agricultores y se transferían de generación en generación. En la actualidad la elaboración de nuevas variedades es tarea de técnicos especializados. Fue necesaria la creación de una legislación, hecha en los países desarrollados durante la segunda mitad del siglo XX, para evitar la ilegalidad (Cubero, 2003).

La introducción de los genes de resistencia en homocigosis permite que las líneas de las plantas obtenidas en el programa de mejora del CIAGRO-UMH conserven las resistencias cuando se cultiva la semilla de las plantas originales, en oposición de los híbridos comerciales.

### 1.6.1 EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE RESISTENCIA

Los programas de mejora utilizan especies silvestres. Éstas son mucho más resistentes a plagas y enfermedades que las variedades comerciales que podemos encontrar en el mercado y en las casas de semillas. Estas especies se ven afectadas por un fenómeno llamado basura de ligamento, ya que además de los genes que buscamos introducir, se transfieren también otros indeseables, como vemos representado en la Figura 11. Estos genes indeseables pueden afectar de manera negativa a la producción o la calidad de los frutos.



*Figura 11. Representación de los fragmentos introducidos (color verde) en dos individuos (genoma en color azul). Los números corresponden a distintos genes, y en ambos casos el gen de interés es el número 1. Los genes restantes no son de interés, pudiendo tener en alguna ocasión un efecto negativo.*

En distintos trabajos del Grupo de Biodiversidad Agrícola y Mejora Genética de Variedades de la UMH se observa el efecto negativo de la introducción de resistencia a TYLCV sobre caracteres productivos y de calidad. Las líneas Muchamiel UMH1200 y

De la pera UMH1203 son homocigotas a los tres virus, y pueden disminuir hasta el 40% su producción.

Rubio et al. (2016) estudiaron el efecto de la introducción simultánea de los genes de resistencia a ToMV, TSWV y TYLCV, siendo este último el que tenía un mayor efecto negativo, tanto en caracteres productivos como de calidad. Este hecho se debe a los genes introgresados o a la “basura de ligamiento” que acompaña al gen Ty-1 en el cromosoma 6. Verlaan et al. (2011) demostraron que en gran parte del cromosoma 6 de *S. chilense* (donde se encontró el gen Ty-1, que confiere resistencia a TYLCV) la recombinación con el tomate cultivado es muy baja, debido a dos reordenaciones cromosómicas ocurridas en *S. chilense*. Este hecho dificultaría la eliminación del cromosoma de la especie silvestre durante los retrocruzamientos.

En un programa de retrocruzamiento es muy difícil llegar a recuperar todo el genoma de la variedad, por lo que suele quedar algo de basura de ligamento o carga indeseable, esto puede dar lugar a genes que tengan un efecto negativo sobre algunas características de interés.

Para resolver este problema se han obtenido líneas sin resistencia a TYLCV. Estas líneas sin resistencia a TYLCV son interesantes para su cultivo en ausencia del virus, estas condiciones se pueden lograr con un adecuado control en el invernadero, en especial en el ciclo de primavera, en el que la incidencia de TYLCV es menor (García-Martínez et al., 2015, 2016). Otra alternativa es el desarrollo de híbridos, que tienen la resistencia en heterocigosis. Como se ha comentado anteriormente, en el programa de mejora se han obtenido algunos híbridos, y algunos de ellos están registrados. En concreto, en 2017 se obtuvo el Título de Obtención Vegetal del híbrido UMH1101xIF, el primer híbrido Muchamiel desarrollado. En 2019 se obtuvieron los títulos de los híbridos UMH1200xBfT y UMH1200xCG, también Muchamiel.

Otra opción es buscar plantas con menor carga de ligamento, que hayan perdido por recombinación parte del cromosoma 6 donde se encuentra el gen Ty-1, conservando el gen Ty-1. Esta alternativa se inició dentro del proyecto europeo TRADITOM, como se indica en el siguiente apartado.

## 1.7 LÍNEA EN LA QUE SE ENGLOBA ESTE TRABAJO

El presente trabajo está realizado dentro de la labor del Grupo de Biodiversidad Agrícola y Mejora Genética de Variedades del CIAGRO-UMH, el cual ha colaborado en el proyecto europeo 'Traditional tomato varieties and cultural practices: a case for agricultural diversification with impact on food security and health of european population, TRADITOM', desde 2015 a 2018.

Uno de los objetivos de este proyecto es la obtención de individuos recombinantes con menor carga de ligamiento. Obteniéndose recombinantes para cada gen; gen Ty-1 en el cromosoma 6, el cual confiere resistencia a TYLCV, y el gen Tm-2<sup>a</sup> en el cromosoma 9, el cual confiere resistencia a ToMV. Pero no se obtuvo la recombinante para los dos genes simultáneamente (Cabrera, 2019).

Ya fuera del proyecto TRADITOM, el grupo de investigación del CIAGRO-UMH, obtuvo recombinantes simultáneos para los dos genes de resistencia, además de otros recombinantes simples. Estas investigaciones forman parte de la segunda evaluación de caracteres productivos y de calidad de los nuevos recombinantes, simples y dobles.

Queda constancia en el trabajo de Carbonell (2017) que es necesaria más investigación en la búsqueda de plantas con el gen de resistencia Ty-1 que hayan recombinado en la región del cromosoma 6 en la que está el gen Ty-1, y que tengan un menor fragmento del cromosoma original de la especie silvestre a favor del cromosoma del cultivar de interés, y de ello tenemos la intención de ocuparnos en el presente trabajo.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es seleccionar líneas de mejora de tomate Muchamiel, con resistencia a ToMV, TYLCV y TSWV, que tengan menor carga de ligamento en el cromosoma 6, donde se encuentra el gen Ty-1, y que tengan un buen comportamiento productivo y de calidad.



### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente apartado, pasaremos a detallar diferentes aspectos de la experimentación llevada a cabo, desde el inicio en el invernadero hasta el tratamiento estadístico de los datos, para de esta manera poder crear un protocolo replicable y científicamente apto.

#### 3.1 INSTALACIONES

La totalidad del cultivo se ha realizado en un invernadero de malla o cortavientos tipo capilla, como observamos en la Figura 12, con cubierta a dos aguas, simétrica y de material policarbonato.

La malla es de monofilamento transcarnado, de una densidad de 6x9 o 10x16 mm, según la zona. Además, cuenta con un faldón perimetral de plástico 800 galgas. Tiene 26 m de ancho, 36 m de profundidad, 4 m de altura hasta el canal y 5 m de altura hasta la cumbrera.



*Figura 12. Invernadero utilizado en el ensayo.*

#### 3.2 MATERIAL VEGETAL EMPLEADO

Para el presente ensayo, se han utilizado 9 líneas de mejora con resistencia en homocigosis a los virus ToMV, TYLCV y TSWV. Estas líneas se pueden agrupar de la siguiente forma:

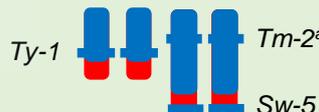
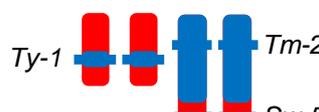
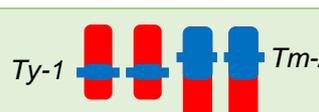
- Líneas recombinantes en el fragmento de cromosoma que contiene el gen Ty-1, que confiere tolerancia a TYLCV: 163TT, 168TT-A3-1876, 168TT-D5-1866, 168TT-D5-1868, 173TT-D6-1869, 173TT-D6-1878 y 368TT-B6-1880.

- Líneas recombinantes en los fragmentos de cromosoma que contienen el gen *Ty-1*, que confiere tolerancia a TYLCV, y el gen *Tm-2<sup>a</sup>*, que confiere resistencia a ToMV: 495TT-C3-1872.
- Línea no recombinante en ninguno de los 2 fragmentos de cromosoma: UMH1200.

También se han incluido los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18, ambos con resistencia en heterocigosis a los tres virus citados anteriormente.

En la Tabla 8 se muestra la representación gráfica de dichas líneas, indicando el tamaño de los fragmentos de cromosoma que contienen los genes *Ty-1* y *Tm-2<sup>a</sup>*. En la citada tabla, aparece sólo la primera parte del código de la línea, el que se refiere a la familia. El resto del código no aparece.

Tabla 8. Líneas estudiadas, con su representación gráfica de los cromosomas 6 y 9. En rojo se representa el genoma de la variedad tradicional Muchamiel y en azul el de la fuente de resistencia (*S. chilense* en el cromosoma 6 y *S. peruvianum* en el cromosoma 9).

Línea	TYLCV (Recombinación, tamaño región)	ToMV (Recombinación, tamaño región)	Representación gráfica de los cromosomas (6 a la izquierda y 9 a la derecha)
UMH1200	No, 35 MB	No, 50 MB	
163TT, 168TT, 173TT y 368TT	Sí, 3 MB	No, 50 MB	
495TT	Sí, 3 MB	Sí, 30 MB	

Las líneas recombinantes estudiadas se han obtenido a partir del proyecto europeo TRADITOM, anteriormente presentado. El material vegetal inicial fue una planta sacada de un retrocruce Muchamiel de décima generación, triple heterocigota para los genes de resistencia introducidos, obtenida gracias al desarrollo del Programa de Mejora del CIAGRO-UMH.

### 3.3 PRÁCTICAS DE CULTIVO

El ensayo se realizó en el invernadero de malla anteriormente detallado, en las instalaciones del CIAGRO-UMH, en Desamparados, término municipal de Orihuela, Alicante. La totalidad del ensayo duró el ciclo de primavera-verano de 2021.

#### 3.3.1 SEMILLERO

La puesta en marcha del semillero se realizó gracias a los 'Semilleros José y Belén', situado en el término municipal de Albatera, pueblo vecino, en Alicante. Siguiendo sus prácticas habituales, se emplearon bandejas de poliestireno expandido de 150 alveolos cada una, éstas promueven el desarrollo radicular. El sustrato utilizado fue turba rubia al 80% y turba negra al 20%, enriquecida con fertilizantes. Esta mezcla contiene las propiedades fisicoquímicas perfectas para la emergencia de las plántulas; porosidad, permeabilidad, aireación, aporte de nutrientes, alta capacidad de intercambio catiónico, entre otros. Además de unas buenas condiciones biológicas, como la ausencia de patógenos.

#### 3.3.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

En septiembre de 2020 se aplicaron 2 kg/ m<sup>2</sup> de estiércol de oveja comercial de fondo. Además, se realizaron labores con un subsolador y una fresadora, para la correcta incorporación del estiércol al suelo, con el objetivo añadido de aireación del terreno y correcto drenaje. A continuación, se desinfectó el suelo con cloropricina y dicloropropeno, por una empresa autorizada y siguiendo la legislación vigente.

#### 3.3.3 TRASPLANTE

El trasplante de los individuos, vista general en la Figura 13, se realizó el 30 de marzo, con la ayuda de un plantador, cuando las plántulas tenían alrededor de 60 días desde la emergencia. Las hojas ya están bien desarrolladas, erectas. Las raíces blancas, vellosas y delgadas.



*Figura 13. Trasplante.*

### 3.3.4 MARCO DE PLANTACIÓN

Las plantas se dispusieron en 2 filas análogas, como podemos ver en detalle en la Figura 14, con una separación de 50 cm entre ellas, y unos 40 cm entre plantas. La separación entre filas era de unos 2 metros. Finalmente se obtuvo una densidad de 2,5 plantas/m<sup>2</sup>.



*Figura 14. Marco de plantación.*

### 3.3.5 ENTUTORADO Y PODA

El entutorado favorece el crecimiento vertical de las plantas, y se realizó empleando hilo de rafia, mediante los cuales se sujetaba la planta al emparrillado de alambre de la parte superior de la estructura. Para sujetar el tallo de la planta al hilo de rafia, el tutor, se emplearon anillas de plástico, como vemos en la Figura 15, para retener la planta sin dañarla ni impedir su crecimiento.

Para la poda se siguió la premisa de una guía o tallo para cada planta, siendo esta la técnica más empleada en el caso de los tomates. Para ello, se eliminan los brotes axiales, comúnmente llamados 'chupones', para evitar que se transformen en tallos productivos, aproximadamente una vez por semana, siguiendo estrictas pautas de limpieza del material para no transmitir posibles enfermedades entre individuos. Las podas balancean el crecimiento reproductivo y vegetativo, así como el manejo fitosanitario al mejorar la aireación y luminosidad de las plantas (de Bogotá, 2015).



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

### 3.3.6 FERTIRRIGACIÓN

El cultivo del tomate es muy exigente en cuando a requerimientos nutricionales (Rodríguez-Romero y López-Cepero, 2006). La cantidad de nutrientes absorbidos por la planta depende de diferentes factores. Estos factores pueden ser bióticos o abióticos, como la temperatura del aire y del suelo, luminosidad, humedad, concentración de nutrientes en el suelo, conducción vertical y cobertura plástica, la cual interviene en los niveles de extracción de nutrientes (Betancourt y Pierre, 2013).

Para el riego se utiliza el agua almacenada en la balsa de las instalaciones de la EPSO, proveniente del cauce del río Segura. Las plantas reciben riego localizado por goteo, con un caudal de 2 l/h, regulado gracias a los emisores autocompensantes. En el caso de la

fertilización, aplicada a través del agua de riego, se realizó una fórmula completa en macronutrientes: 375 N – 225 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 550 K<sub>2</sub>O – 190 CaO.

Esta fórmula fue variando con relación a las necesidades de cada etapa del desarrollo, como comentamos a continuación:

- Fase 1; desde la plantación hasta la aparición del tercer racimo floral.  
1 N – 2 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1 K<sub>2</sub>O – 1 CaO
- Fase 2; desde el final de la fase 1 hasta el cambio de color de los primeros frutos.  
1 N – 1 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1 K<sub>2</sub>O – 1 CaO
- Fase 3; desde el final de la fase 2 hasta el fin del cultivo.  
1 N – 0.3 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2 K<sub>2</sub>O – 1 CaO

En el caso de los micronutrientes, no es conveniente que se produzcan déficits, pues podrían adquirir más relevancia que un macronutriente. Estos son zinc, manganeso, cobre, hierro, boro, molibdeno y cloro (Guzmán, 2017), es por eso por lo que debían ser aportados con diferentes productos, éstos pueden ser consultados en la Tabla 9.

Tabla 9. Productos aplicados durante el ensayo.

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

### 3.3.7 TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

El tomate es un cultivo muy susceptible al ataque de plagas de insectos y de enfermedades. Son muchas las plagas que pueden afectar a este fruto en todas sus fases, desde la siembra hasta la comercialización (Rolim et al., 2006).

Se realizaron los tratamientos pertinentes cada 10-15 días aproximadamente, éstos pueden ser consultados en la Tabla 10. Las plagas y enfermedades con mayor incidencia durante el ensayo fueron:

- Tuta o polilla del tomate (*Tuta absoluta*). Lepidóptero plaga en solanáceas. Las larvas penetran en los frutos, las hojas o los tallos, de los que se alimentan, creando perforaciones y galerías. Estas heridas dan lugar a la aparición de patógenos secundarios.



Figura 16. Daños en tomates por *Tuta absoluta*. Fuente: Urbaneja et al., 2007.

- Mildiu (*Phytophthora infestans*). Protista fungoide de la clase Oomycetes. Las esporas hibernan en frutos del año anterior, hasta llegar a condiciones donde eclosionan y se desarrollan en las hojas. Acaba necrosando hojas y demás tejidos aéreos.



Figura 17. Daños en tomates por *Phytophthora infestans*. Fuente: [enfermedadesdeltomate.com](http://enfermedadesdeltomate.com)

- Vasates (*Aculops lycopersici*), al final del cultivo. Eriófido tipo ácaro microscópico que provoca un cambio hacia amarillento en las hojas, conlleva una defoliación que reduce sobremanera la capacidad fotosintética de la planta.



Figura 18. Daños en tomates por *Aculops lycopersici*. Fuente: Porcuna Coto et al., 2012).

Tabla 10. Productos utilizados durante la fase del cultivo.

Nombre Comercial	Materia Activa
<b>Affirm</b>	Emamectina 0,855% p/p
<b>Altacor 30 WG</b>	Clorantraniliprol 35% p/p
<b>Bacillus B-Tec 32</b>	<i>Bacillus thuringiensis</i>
<b>Belpron</b>	Azufre 90% DP
<b>DoamMojante</b>	Alcohol Isotrideciloetoxilado 20%
<b>Enervin Duo SC</b>	Ametoctradin 30% p/v + Dimetomorf 22,5% p/v SC
<b>Epik</b>	Acetamiprid 20% SP
<b>Eradiocoat</b>	Maltodextrina 59,8% p/v
<b>Oxicloruro de cobre 50</b>	Oxicloruro de cobre 50% p/p
<b>Previcur Energy</b>	Fosetil 31% + Propamocarb 53% p/v SL
<b>Revus</b>	Mandipropamid 25% p/v
<b>Ridomil Gold MZ Pepite</b>	Mancozeb 64% p/p + Metalaxyl-M 3.9% p/p
<b>Spintor 480 SC</b>	Spinosad 48% p/v
<b>Switch One</b>	Fludioxinil 50% WG

### 3.3.8 COSECHA

Se efectuaba la cosecha o recolección de los frutos semanalmente, cuando tenían al menos la mitad de la superficie de color rojo, pudiéndose consumir en ese estado sin problema.

### 3.4 PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

En la Tabla 11 se observan las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes del cultivo, así como las 4 recolecciones que se llevaron a cabo.

Tabla 11. Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo.

Tarea	Fecha
Siembra	27/02/2021
Trasplante	31/03/2021
Entutorado	18/04/2021
1ª recolección	07/07/2021
2ª recolección	14/07/2021
3ª recolección	21/07/2021
4ª recolección	28/07/2021
Medida sólidos solubles y acidez	19/07/2021 al 23/07/2021

#### 3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

En los ensayos de la EPSO se dispusieron 2 repeticiones de cada híbrido o línea, formadas por 5-10 plantas, una en la orientación Norte y una en Sur, podemos observar la disposición en detalle en la Figura 19. Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.

N	P19TT x P21			
S	1406 x 21 GC	1406 x 21 GA		
N	495TT-C3-1872			
S	168TT-D5-1866	163TT	UMH1200	
N	168TT-D5-1868			
S	168TT-A3-1876	163TT		
N	163TT	1200		
S	173TT-D6-1878	1200x4		
N	368TT-B6-1880	1200 x 18		
S	495TT-C3-1872	1200		
N	168TT-D5-1866	1200 x 18	1200 x 4	
S	168TT-D5-1868			
N	173TT-D6-1878	168TT-A3-1876		
S	495TT-C3-1872	1200		
N	Rosa Altea			
S				

Figura 19. Esquema de la disposición de líneas estudiadas. Las casillas en azul corresponden a las plantas utilizadas como borde. Las casillas en verde corresponden a las líneas estudiadas en el presente ensayo.

## 3.5 CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO

### 3.5.1 CARACTERES PRODUCTIVOS

En la recolección se distinguieron los frutos comerciales de los no comerciales, considerando no comerciales los frutos con grandes deformaciones y con un peso menor de 50 gramos, aproximadamente. Sumando ambos se obtendrán los valores totales. Como la producción no comercial es muy baja, se analizarán los valores totales.

#### 3.5.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL

Se calcula como la suma de todos los frutos recolectados de cada planta, en g/planta. Los frutos se recogen de cada planta individual, y se pesan conjuntamente, utilizando una balanza.

### 3.5.1.2 PESO MEDIO DEL FRUTO

Se calculó como la media de todos los frutos recolectados de cada planta en cada cosecha, expresado en g.

### 3.5.1.3 NÚMERO DE FRUTOS RECOLECTADOS 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, separando los comerciales de los no comerciales.

## 3.5.2 CARACTERES DE CALIDAD

Los caracteres de calidad se midieron en frutos comerciales. En la clasificación de los frutos respecto a su calidad, se tienen en cuenta características como firmeza de los frutos, limpieza, uniformidad en madurez y tamaño, forma de los frutos y sanidad (Santiago y Borrego, 1998).

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 los frutos completamente maduros o en estados de maduración próximos, lo más homogéneos posible en cuanto a la maduración de cada línea, para medir los sólidos solubles y acidez en laboratorio. Para cada una de las repeticiones de cada línea, se seleccionaban 4 lotes de 3 – 4 frutos, Figura 20, que se cortan en trozos longitudinales, para triturarlos con una batidora doméstica.



Figura 20. Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles.

El triturado se introdujo en tubos Falcon de 50 ml, como vemos en la Figura 21, con etiquetas indicando el nombre de la línea y la repetición, guardándolo a continuación en un congelador a  $-18^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis.



*Figura 21. Tubos con las muestras trituradas, que se conservan a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis.*

### 3.5.2.1 SÓLIDOS SOLUBLES

Para la medición del contenido de sólidos solubles y acidez nos servimos de la centrifugadora. Tras descongelar las muestras, se centrifugó a 4.000 rpm durante 1 minuto, comprobando que el peso de las muestras es similar. Se eliminó la mayor parte de la pulpa, y tras equilibrar, se volvió a centrifugar a 4.000 rpm durante 6 minutos. El sobrenadante de cada tubo, sin pulpa, se empleó para efectuar la medida, por duplicado.



*Figura 22. Centrifugadora.*

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 miden con un refractómetro digital Atago, Figura 23, expresándose el resultado en grados Brix ( $^{\circ}$ Brix).



*Figura 23. Refractómetro.*

### 3.5.2.2 ACIDEZ

Este parámetro se analiza a partir del sobrenadante, sin pulpa, obtenido tras la centrifugación, que se ha utilizado también para medir el contenido de sólidos solubles. Se realizó la valoración de la acidez, por duplicado, con NaOH en concentración de 0,1 N hasta pH 8,01 con un pHmetro pHmatic 23 CRISON, Figura 24, expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco o porcentaje.



*Figura 24. pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.*

### 3.6 TRATAMIENTO ESTADÍSTICOS

En primer lugar, se realiza el test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de los datos y el test de Levene para comprobar la homogeneidad de varianzas. A continuación, se han realizado los análisis ANOVA unifactorial.

Si en el ANOVA se encuentran diferencias estadísticamente significativas, se utiliza el contraste post-hoc LSD de Fisher (si se cumple la normalidad y la homogeneidad de las varianzas) lo de Tukey (cuando no se cumple alguna de las condiciones). Los análisis se han realizado con el programa Stat-graphics Centurion XVI. II.



## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ANÁLISIS DE BONDAD DE AJUSTE

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos correspondientes a la comprobación de normalidad y homocedasticidad de los datos, así como el contraste post-hoc o test de rango múltiple que se aplicará. Todos los parámetros estudiados cumplen la condición de normalidad, pero sólo la producción y la acidez total cumplen la condición de uniformidad de varianzas. En los parámetros que no cumplen la homogeneidad de varianzas (número de frutos, peso medio de los frutos y contenido de sólidos solubles) se aplica el test de Tukey, que es más conservador que el test LSD de Fisher.

Tabla 12. Análisis de bondad de ajuste de los parámetros estudiados. Se marcan en rojo los análisis que no cumplen con la condición de uniformidad de varianzas.

	Normalidad	Homocedasticidad	Test
Producción total	0,9435	0,8305	LSD
Número de frutos	0,5352	0,0042	Tukey
Peso medio de los frutos	0,0914	0,0002	Tukey
Sólidos solubles totales	0,5239	0,0279	Tukey
Acidez total	0,8507	0,0971	LSD

### 4.2 CARACTERES PRODUCTIVOS

#### 4.2.1 PRODUCCIÓN TOTAL

En la Tabla 13 se muestra el análisis de la varianza de la producción total de las líneas estudiadas, sin clasificación de producción comercial o no comercial, donde se observa que existen diferencias significativas.

Tabla 13. ANOVA para la producción total de las líneas estudiadas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,01944E8	9	1,13271E7	10,89	0,0000
Intra grupos	1,84121E8	177	1,04023E6		
Total (Corr.)	2,86066E8	186			

En la Tabla 14 se muestran los resultados del test de rango múltiple LSD para la producción total de las distintas líneas estudiadas. Los valores oscilan entre los 2988 y los 5913 g/planta, obtenidos por las líneas 168TT-A3-1876 y el híbrido 1200x4, respectivamente. Los valores obtenidos por las líneas de mejora recombinantes oscilan entre 2988 y 4213 g/planta. Estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos por Sánchez en 2020, en el ensayo del que se seleccionaron las líneas 168TT, 495TT, 173TT y 368TT. Respecto a la línea no recombinante UMH1200, algunas líneas recombinantes alcanzan valores mayores, pero no son diferencias significativas en comparación.

Como en las familias recombinantes aún existía variabilidad entre las plantas, se seleccionaron las que consideramos más interesantes por producción, peso medio y forma de los frutos, están recogidas en el apartado 4.4 (Página 45).

Tabla 14. Test de rango múltiple LSD (95%) para la producción total (g/planta) de las líneas estudiadas.

Línea	Casos	Media (g/planta)	Grupos Homogéneos
168TT_A3_1876	25	2988,5	A
495TT_C3_1872	15	3248,4	AB
168TT_D5_1866	24	3481,7	AB
UMH1200	10	3803,4	BC
173TT_D6_1878	22	3844,6	BC
168TT_D5_1868	20	3878,8	BC
173TT_D6_1869	23	3914,7	BC
368TT_B6_1880	26	4213,5	C
1200_X_18	11	5355,2	D
1200_X_4	11	5913,4	D

#### 4.2.2 NUMERO DE FRUTOS

En la Tabla 15 se muestra el análisis de la varianza del número de frutos de las líneas estudiadas, donde se observa que existen diferencias significativas.

Tabla 15. ANOVA para el número de frutos de las líneas estudiadas

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6828,86	9	758,762	9,36	0,0000
Intra grupos	14423,1	178	81,0284		
Total (Corr.)	21251,9	187			

En la Tabla 16 se muestra el test de rango múltiple de Tukey para el número de frutos recolectados por planta de las líneas estudiadas. Los valores oscilan entre los 21 y los 38 frutos/planta, obtenidos por las líneas 173TT-D6-1878 y 368TT-B6-1880, respectivamente. Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos por Sánchez en 2020, ensayo en el que se seleccionaron las líneas 168TT, 495TT, 173TT y 368TT. Respecto a la línea no recombinante UMH1200, algunas líneas recombinantes alcanzan valores mayores, pero no son diferencias significativas, como ocurría en la producción total.

Como en las familias recombinantes aún existía variabilidad entre las plantas, se seleccionaron las que se consideramos más interesantes por producción, peso medio y forma de los frutos, que se recogen en el apartado 4.4 (Página 45).

Tabla 16. Test de rango múltiple de Tukey (95%) para el número de frutos (frutos/planta) de las líneas estudiadas.

Línea	Casos	Media (Frutos/planta)	Grupos Homogéneos
173TT_D6_1878	22	21,04	A
168TT_A3_1876	25	22,08	A
168TT_D5_1866	25	24,52	AB
173TT_D6_1869	23	27,34	ABC
168TT_D5_1868	20	29,05	ABC
495TT_C3_1872	15	33,0	BCD
UMH1200	10	33,0	BCD
1200_X_4	11	35,90	CD
1200_X_18	11	36,09	CD
368TT_B6_1880	26	38,19	D

#### 4.2.3 PESO MEDIO DE LOS FRUTOS

En la Tabla 17 se muestra el análisis de la varianza del peso medio de los frutos, donde se observa que existen diferencias significativas.

Tabla 17. ANOVA para el peso medio de los frutos de las líneas estudiadas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	121026,	9	13447,3	12,51	0,0000
Intra grupos	190279,	177	1075,02		
Total (Corr.)	311305,	186			

En la Tabla 18 se muestra el test de rango múltiple de Tukey para el peso medio de los frutos de las distintas líneas estudiadas. Los valores oscilan entre los 98 y 187 g/fruto, obtenidos por las líneas 495TT\_C3\_1872 y 173TT\_D6\_1878 respectivamente. Estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos por Sánchez en 2020, ensayo en que se seleccionaron las líneas 173TT y 168TT.

Respecto a la línea no recombinante UMH1200, algunas líneas recombinantes alcanzan valores mayores, siendo significativas las diferencias.

Como en las familias recombinantes aún existía variabilidad entre las plantas, se seleccionaron las que se consideramos más interesantes por producción, peso medio y forma de los frutos, que se recogen en el apartado 4.4 (Página 45).

Tabla 18. Test de rango múltiple de Tukey (95%) para el peso medio de los frutos (g/fruto) de las líneas estudiadas.

Línea	Casos	Media (g/fruto)	Grupos Homogéneos
495TT_C3_1872	15	98,1	A
368TT_B6_1880	26	111,9	AB
UMH1200	10	115,4	ABC
168TT_D5_1868	20	137,1	BCD
168TT_A3_1876	25	145,1	CD
1200_X_18	11	148,8	BCDE
173TT_D6_1869	23	152,1	CD
168TT_D5_1866	24	158,3	DE
1200_X_4	11	165,9	DE
173TT_D6_1878	22	187,4	E

## 4.3 CARACTERES DE CALIDAD

### 4.3.1 CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES

En la Tabla 19 se muestra el análisis de la varianza de la producción de las líneas estudiadas, donde se observa que existen diferencias significativas.

Tabla 19. ANOVA para el contenido de sólidos solubles de las líneas estudiadas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,01729	8	0,377161	6,15	0,0000
Intra grupos	3,43487	56	0,0613369		
Total (Corr.)	6,45215	64			

En la Tabla 20 se muestra el test de rango múltiple de Tukey para el contenido de sólidos solubles de las distintas líneas estudiadas. Los valores oscilan entre 4,7 y 5,3 °Brix, obtenidos por las líneas 168TT\_D5\_1868 y 1200\_X\_4 respectivamente. Los valores obtenidos por las líneas de mejora recombinantes oscilan entre los 4,7 y 5,12 °Brix, obtenidos por las líneas 168TT\_D5\_1868 y 495TT\_C3\_1872 respectivamente. Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos por Sánchez en 2020, ensayo donde se seleccionaron las líneas 495TT y 405TT.

Respecto a la línea no recombinante UMH1200, algunas líneas recombinantes alcanzan valores mayores, pero no son diferencias significativas.

Tabla 20. Test de rango múltiple de Tukey (95%) para el contenido de sólidos solubles (°Brix) de las líneas estudiadas.

Línea	Casos	Media (°Brix)	Grupos Homogéneos
168TT_D5_1868	7	4,55	A
1200_X_18	7	4,7	AB
168TT_A3_1876	4	4,8	AB
168TT_D5_1866	8	4,91	ABC
173TT_D6_1869	8	4,91	ABC
UMH1200	8	4,96	ABC
368TT_B6_1880	8	5,05	BC
173TT_D6_1878	8	5,07	BC
495TT_C3_1872	7	5,12	BC
1200_X_4	8	5,3	C

#### 4.3.2 ACIDEZ VALORABLE

En la tabla 21 se muestra el análisis de la varianza de la acidez valorable de las líneas estudiadas, donde se observa que existen diferencias significativas.

Tabla 21. ANOVA para la acidez valorable de los frutos de las líneas estudiadas.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0293884	8	0,00367355	3,28	0,0039
Intra grupos	0,0628062	56	0,00112154		
Total (Corr.)	0,0921946	64			

En la Tabla 22 se muestra el test de rango múltiple LSD para la acidez valorable de las distintas líneas estudiadas. Los valores oscilan entre 0,33 y 0,43 %, obtenidos por las líneas 1200 y 168TT\_A3\_1876 respectivamente. Estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos por Sánchez en 2020, de donde se seleccionó la línea 173TT.

Respecto a la línea no recombinante UMH1200, hay una línea recombinante que obtiene diferencias significativas, esta es la 168TT\_A3\_1876.

Tabla 22. Test de rango múltiple LSD (95%) para la acidez valorable de los frutos (%) de las líneas estudiadas.

<i>Línea</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (%)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
UMH1200	8	0,327	A
495TT_C3_1872	7	0,343	A
168TT_D5_1868	7	0,356	AB
1200_X_18	7	0,361	AB
1200_X_4	8	0,374	ABC
168TT_D5_1866	8	0,376	ABC
368TT_B6_1880	8	0,379	BC
173TT_D6_1869	8	0,396	CD
173TT_D6_1878	8	0,397	CD
168TT_A3_1876	4	0,427	D

#### 4.4 SELECCIÓN DE PLANTAS

Como se ha comentado anteriormente, ya que en las familias había variabilidad entre las plantas, se seleccionaron las plantas más interesantes, fundamentalmente por producción, peso medio y forma de los frutos, que aparecen en la Tabla 23. También se muestran los valores medios de la línea UMH1200, que es la línea utilizada en el Programa de Mejora del CIAGRO-UMH, y se utiliza como referencia. Hay que destacar el peso medio de los frutos cercano a 200 gramos de la mayor parte de las plantas seleccionadas. Encontrar una línea de mejora Muchamiel con un mayor peso medio de los frutos es uno de los objetivos del Programa.

*Tabla 23. Plantas seleccionadas en el ensayo, con los valores agronómicos obtenidos para cada una de ellas.*

Línea	Planta	Producción total (g/planta)	Número de frutos (frutos/planta)	Peso medio de los frutos (g/fruto)
<b>168TT_A3_1876</b>	11	5163	30	172,1
<b>168TT_D5_1866</b>	5	4747	27	175,8
<b>168TT_D5_1868</b>	2	5039	39	129,2
<b>168TT_D5_1868</b>	7	5033	25	201,3
<b>168TT_D5_1868</b>	9	3568	28	127,4
<b>173TT_D6_1869</b>	4	3812	20	190,6
<b>173TT_D6_1869</b>	9	6035	32	188,6
<b>173TT_D6_1878</b>	10	4543	25	181,7
<b>368TT_B6_1880</b>	7	6313	32	197,3
<b>368TT_B6_1880</b>	12	3280	32	102,5
<b>UMH1200</b>		3803,4	33	125,4

Estas plantas son las seleccionadas, ya que superan a la línea de referencia en la mayoría de los objetivos marcados, y serán cultivadas en el ciclo de primavera-verano de 2023 para confirmar los resultados obtenidos en este Trabajo Fin de Grado.

A continuación, se muestran imágenes de las plantas seleccionadas más interesantes (Figuras 25 a 29).



*Figura 25. Fotografías de la planta 11 de la línea 168TT-A3-1876 seleccionada.*



*Figura 26. Fotografías de la planta 5 de la línea 168TT-D5-1866 seleccionada.*

UNIVERSITAT  
Miguel Hernández



*Figura 27. Fotografías de la planta 7 de la línea 168TT-D5-1868 seleccionada*



*Figura 28. Fotografías de la planta 9 (izquierda) y 4 (derecha) de la línea 173TT-D6-1869 seleccionadas*



*Figura 29. Fotografías de la planta 9 (izquierda) y 4 (derecha) de la línea 173TT-D6-1869 seleccionadas*

## 5 CONCLUSIÓN

Como en las familias recombinantes estudiadas aún existía variabilidad entre las plantas, se seleccionaron las plantas que se consideraron más interesantes por producción, peso medio y forma de los frutos.

Es destacable el incremento de peso medio de los frutos de varias de las plantas seleccionadas respecto a la línea de mejora UMH1200.

Las plantas con mayor peso medio de los frutos serán cultivadas en el ciclo de primavera-verano de 2023, para confirmar los resultados obtenidos en este Trabajo Fin de Grado.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Antes todo esto era campo. (2020). *Cómo cultivar tomate Muchamiel en el huerto*. ([www.antestodoestoeracampo.net/tomate-muchamiel](http://www.antestodoestoeracampo.net/tomate-muchamiel)) (Consultada el 21 de enero de 2023).
- Betancourt, P. & Pierre, F. (2013). Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. var. Alba) en casas de cultivo en Quibor, estado Lara. *Bioagro* 25(3): 181-188.
- Cabrera Miras, J. Á. (2019). Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel con resistencia genética a virus y menor carga de ligamento durante los años 2017 y 2018.
- Carbonell, P. (2017). Programa de mejora genética de variedades tradicionales de tomate en la Universidad Miguel Hernández de Elche: pasado, presente y futuro. *Revista Doctorado UMH*, 3(1), p3-p3.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., & Zhu, J. K. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop science*, 45(2), 437-448.
- Coleman, W. K., & Greyson, R. I. (1976). The growth and development of the leaf in tomato (*Lycopersicon esculentum*). I. The plastochron index, a suitable basis for description. *Canadian Journal of Botany*, 54(21), 2421-2428.
- Cuartero, J. (2001). *Tomate para consumo fresco*. Madrid: Ed. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, Mundi Prensa.
- de Bogotá, C. D. C. (2015). *Manual Tomate*.
- El origen del tomate, su distribución y descubrimiento*. (2016, 19 septiembre). Tomate Canario. <https://tomatecanario.es/origen-del-tomate/>
- Escobar, H. (2010). *Manual de producción de tomate bajo invernadero*. Editorial Tadeo

Lozano.

FAO/FAOSTAT 2023. Bases de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en la web [www.fao.org/faostat/es/](http://www.fao.org/faostat/es/).

Flores-Hernández, L. A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Molina-Galán, J. D., Sargerman-Jarquín, D. M., & Velasco-Alvarado, M. D. J. (2017). Parientes silvestres del tomate como fuente de germoplasma para el mejoramiento genético de la especie. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(1), 83-91.

García, F. S. (1999). El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.

García-Martínez, S. (2006). *Mejora genética de variedades tradicionales de tomate del sureste español*. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández.

García-Martínez, S., Grau, A., Alonso, A., Rubio, F., Carbonell, P., & Ruiz, J. J. (2015). UMH 916, UMH 972, UMH 1093, UMH 1127, and UMH 1139: Four fresh-market breeding lines resistant to viruses within the Muchamiel tomato type. *HortScience*, 50(6), 927-929.

García-Martínez, S., Grau, A., Alonso, A., Rubio, F., Carbonell, P., & Ruiz, J. J. (2016). New breeding lines resistant to Tomato mosaic virus and Tomato spotted wilt virus within the 'De la Pera' tomato type: UMH 1353 and UMH 1354. *HortScience*, 51(4), 456-458.

Guzmán Casado, G. I., González de Molina Navarro, M., & Sevilla Guzmán, E. (2000). *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Ediciones Mundi-Prensa.

Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J. P., & Torres, A. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre.

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), 1-13.

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)*.

López Malo, T. (2020). Cultivo y conservación de variedades tradicionales de tomate en la provincia de Alicante.

López Marín, L. M. (2017). Manual técnico del cultivo del tomate *Solanum lycopersicum*.

MAPA, 2023. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. [www.mapa.gob.es/es/](http://www.mapa.gob.es/es/)

Martínez, S. G., Alonso, A., Rubio, F., Sánchez, A. G., Roche, M. V., & Martínez, J. J. R. (2014). Nuevas líneas de mejora de tomate Muchamiel resistentes a virus obtenidas en el programa de mejora genética de la EPSO-UMH. In *VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas: Innovar y producir para el futuro: Libro de Actas* (pp. 1672-1675). Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

Nuez, F. (1995). El cultivo del tomate: *obra colectiva* (No. 635.642). Mundi-Prensa,

Olmstead, R. G., Sweere, J. A., Spangler, R. E., Bohs, L., & Palmer, J. D. (1999). *Phylogeny and provisional classification of the Solanaceae based on chloroplast DNA. Solanaceae IV, 1(1)*, 1-137.

Peralta, I. E., & Spooner, D. M. (2001). Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). *American Journal of botany*, 88(10), 1888-1902.

Porcuna Coto, J. L., Baixauli, C., Aguilar, J. M., Marsal, J. I., Rubio, M. C., & Sarrio, J. (2012). El tomate, planteamientos sanitarios de un cultivo muy vulnerable para el residuo cero. *Vida Rural*, (342), 52-57.

Producción mundial de tomate (2022). (<https://observatoriotomate.com/produccion/>) (Consultada el 15 de enero de 2023).

Razdan, M., & Mattoo, A. (2007) Genetic improvement of solanaceous crops. Editorial Science Publishers. 1ª Edición. 639 pp.

Rick, C. M., & Holle, M. (1990). Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany*, 44(3), 69-78.

Rodríguez-Romero, A. S., & López-Cepero, J. (2006). Influencia del manejo ecológico sobre la fertilidad de los suelos de cultivo de tomate. *materia*, 1(2), 5.

Rolim, P. R., Vechiato, M. H., Rossi, F., Töfoli, J. G., & Domingues, R. J. (2006). Tratamiento de semillas de tomate con medicamentos homeopáticos. In *Congresso brasileiro de olericultura* (Vol. 46, p. 256).

Rubio, F., Alonso, A., García-Martínez, S., & Ruiz, J.J. (2016). Introgression of virus-resistance genes into traditional Spanish tomato cultivars (*Solanum lycopersicum* L.): effects on yield and quality. *Scientia Horticulturae* 198: 183-190.

Santiago, J., & Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomy Mesoamerican*, 59-65.

Sawhney, V. K., & Greyson, R. I. (1972). On the initiation of the inflorescence and floral organs in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Canadian Journal of Botany*, 50(7), 1493-1495.

Urbaneja, A., Vercher, R., Navarro-Llopis, V., Porcuna Coto, J. L., & García-Marí, F. (2007). La polilla del tomate, 'Tuta absoluta'. *Phytoma Espana: La revista profesional de sanidad vegetal*, (194), 16-23.

Verlaan, M., Szinay, D., Hutton, S., de Jong, H., Kormelink, R., Visser, G., & Bai, Y. (2011). Chromosomal rearrangements between tomato and *Solanum chilense* hamper mapping and breeding of the TYLCV resistance gene Ty-1. *Plant J.* 68 (6), 1093–1103.

Viñals, F. N., & Cornejo, J. C. (2005). Mejora genética de variedades tradicionales de tomate: un paso hacia la recuperación de su cultivo. In *V Congreso Ibérico de Ciências Hortícolas; IV Congresso Iberoamericano de Ciências Hortícolas:[comunicações]* (pp. 62-68). Associação Portuguesa de Horticultura.

