

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

**GRADO EN INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL**



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**“Evaluación de líneas de mejora de tomate
(*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel
injertadas en patrones comerciales”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Enero 2020

AUTOR: Adrián Mateu Moreno

**TUTORES: D. Santiago García Martínez
Dña. Aranzazu Alonso Sanchis**

Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel injertadas en patrones comerciales

Resumen

Los objetivos de este trabajo son analizar el efecto del injerto en dos patrones comerciales de varias líneas de tomate Muchamiel. También se compararán los dos híbridos Muchamiel UMH1200x4 y UMH1200x18 obtenidos en el programa de mejora EPSO-UMH, para ayudar a decidir cuál de ellos se enviará al Registro de Variedades Comerciales. Para ello se estudiarán varios caracteres agronómicos (producción total, peso medio de los frutos y número de frutos por planta) y de calidad (contenido de sólidos solubles y acidez).

En los caracteres productivos no se han encontrado diferencias significativas entre las plantas sin injertar y las injertadas en Beaufort. En las plantas injertadas en Maxifort se ha obtenido una producción y número de frutos significativamente menor. En los caracteres de calidad se han encontrado diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles a favor de las plantas sin injertar. No se han encontrado diferencias significativas en la acidez. Solo se han encontrado diferencias significativas entre los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18 en acidez, a favor del UMH1200x4. Con estos resultados, cualquiera de los dos híbridos podría ser elegido para enviarlo al Registro.

Palabras claves: *Solanum lycopersicum*, tomate, Muchamiel, híbridos, patrones comerciales.

Evaluation of breeding tomato lines(*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel variety grafted over commercial rootstock.

Abstract

The aim of this work is to analyze the effect of grafting in two commercial rootstocks of several lines of Muchamiel tomato. The two Muchamiel UMH1200x4 and UMH1200x18 hybrids obtained in the EPSO-UMH breeding program will also be compared between themselves to help to decide which one will be sent to the "Registro de Variedades Comerciales". For this, several agronomic characters (total production, average fruit weight and number of fruits per plant) and quality (soluble solids content and acidity) will be studied.

In the agronomic characters, no significant differences were found between ungrafted and grafted plants in Beaufort. In the plants grafted in Maxifort, a significantly lower production and number of fruits has been obtained. In the quality characters, significant differences were found in the content of soluble solids in favor of ungrafted plants. No significant differences in acidity were found. Only significant differences were found between the UMH1200x4 and UMH1200x18 acidity hybrids, in favor of the UMH1200x4.

With these results, either of the two hybrids could be chosen to be sent to the “Registro de Variedades Comerciales”.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, tomato, Muchamiel, hybrids, commercial rootstocks.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. REFERENCIA HISTÓRICA DEL TOMATE.....	6
1.2. ORIGEN Y DOMESTICACIÓN DEL TOMATE.....	7
1.3. SITUACIÓN TAXONÓMICA.....	8
1.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE.....	9
1.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CULTIVARES.....	10
1.5.1. VARIEDADES HÍBRIDAS.....	10
1.5.2. VARIEDADES TRADICIONALES.....	10
1.5.2.1. EL TOMATE MUCHAMIEL.....	12
1.5.3. ASPECTOS DE CALIDAD.....	13
1.6. PROGRAMA DE MEJORA EPSO-UMH.....	14
1.6.1. EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE RESISTENCIA GENÉTICA A VIRUS.....	16
1.7. INJERTO EN TOMATE.....	18
1.8. LÍNEA EN LA QUE SE ENGLoba EL TRABAJO DE FIN DE GRADO.....	19
2. OBJETIVOS.....	20
3. MATERIAL Y METODOS.....	21
3.1. MATERIAL VEGETAL UTILIZADO.....	21
3.2. MÉTODOS DE CULTIVO.....	22
3.2.1. INSTALACIONES.....	22
3.3. PRÁCTICAS DE CULTIVO.....	22
3.3.1. SEMILLERO.....	22
3.3.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	22
3.3.3. TRASPLANTE.....	23
3.3.4. MARCO DE PLANTACIÓN.....	23
3.3.5. ENTUTORADO Y PODA.....	24
3.3.6. FERTIRRIGACIÓN.....	25
3.3.7. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.....	26
3.3.8. AUXILIARES UTILIZADOS.....	27
3.3.9. ESTADO SANITARIO DURANTE EL ENSAYO.....	27
3.3.10. RECOLECCIÓN.....	28
3.4. PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.....	28
3.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29
3.5. CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.....	30

3.5.1. CARACTERES PRODUCTIVOS.....	30
3.5.2. PRODUCCIÓN TOTAL.....	30
3.5.3. PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO.....	30
3.5.4. NÚMERO DE FRUTOS TOTAL POR PLANTA.	30
3.5.5. CARACTERES DE CALIDAD.....	30
3.5.6 SÓLIDOS SOLUBLES.	30
3.5.7. ACIDEZ.....	32
3.6. MODELO ESTADÍSTICO.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 CARACTERES PRODUCTIVOS.....	33
4.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL.....	33
4.1.2 PESO MEDIO DE LOS FRUTOS	34
4.1.3 NÚMERO DE FRUTOS TOTAL.....	36
4.2. CARACTERES DE CALIDAD	37
4.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES	37
4.2.2. ACIDEZ.....	39
5. CONCLUSIONES.....	41
6. BIBLIOGRAFÍA.....	42



1. INTRODUCCIÓN.

Al igual que la mayoría de cultivos de interés comercial en nuestra agricultura, el tomate mediante la mejora genética, la selección y las mejoras en los sistemas de producción, ha pasado de ser una mera mala hierba a un cultivo de gran importancia económica.

Mediante este estudio pretendemos presentar las conclusiones agronómicas de la mejora genética la planta de tomate, *Solanum lycopersicum* L.

1.1. REFERENCIA HISTÓRICA DEL TOMATE.

El vocablo tomate procede del término tomatl (agua gorda o fruto con ombligo), pertenecientes a la lengua náhuatl de México, que se aplicaba de forma genérica a plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Nuez, 1995). En náhuatl se añadían prefijos a tomatl para discernir entre las diferentes especies (Tabla 1.1). No obstante, cuando se usaba la expresión tomatl o tomate se hacía referencia a cualquiera de estas especies o bien a la más apreciada en aquella época, el tomate milpero o de cáscara *Physalis philadelfica* Lam. El prefijo correspondiente para *Solanum lycopersicum* L. era xi- (xitomatl) (Nuez, 1995).

La palabra tomate se introduce en la lengua castellana en 1532 (Nuez, 1995), por lo que en España se establece el término tomate, mientras que en algunas partes de México se sigue empleando el vocablo jitomate (Nuez, 1995).

El tomate a partir del siglo XIX adquiere gran importancia económica mundial, llegando a ser junto con la patata, la hortaliza más difundida y predominante del mundo (Nuez, 1995).

Tabla 1.1. Vocablos náhuatl relacionados con *tomatl* citados en la *Historia general de las cosas de Nueva España* de Fray Bernardino de Sahagún (1577, ed. 1988).

Náhuatl	Castellano	Especie botánica
miltomatl	tomate de la milpa	<i>Physalis philadelfica</i>
tepetomatl	tomate del cerro	<i>Physalis</i> spp.
coztomatl	tomate amarillo	<i>Physalis costomatl</i>
xitomatl	tomate rojo, jitomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>
coyotomatl	tomate de coyote	<i>Vitex mollis</i>
xaltomatl	tomate de la arena	<i>Saracha jitomata</i>

1.2. ORIGEN Y DOMESTICACIÓN DEL TOMATE.

Actualmente en la costa occidental de Sudamérica, concretamente en la región andina, compartida por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, donde crecen de forma espontánea numerosas especies silvestres en campos y zonas sin cultivar, se otorga el origen del género *Lycopersicon* (Nuez, 1995). Aunque aún no está claro el centro de origen exacto del tomate, hay algunos matices con un grado razonable de certeza (Nuez, 1995), pudiendo atribuir al tomate cultivado su origen en el Nuevo Mundo puesto que no era conocido en Europa ni en el resto del Viejo Mundo antes del descubrimiento de América. Por otro lado, antes de la llegada del tomate a Asia y Europa, se presentaba con una amplia caracterización respecto a la forma, acostillado, tamaño, y color de los frutos.

El lugar donde se produjo la domesticación no se define de forma clara. *Mala peruviana* o *pomi del Perú*, nombres dados por algunos botánicos del s. XVI, suponían que la planta era proveniente de Perú donde presumiblemente se produjo su domesticación (Nuez, 1995). Sin base fundamentada para definir dichos nombres, hay motivos que inducen a creer que el origen de la domesticación de los tomates está en México (Nuez, 1995). Entre otros argumentos, antes de la llegada de los españoles a América, el pueblo azteca lo cultiva, comercializa y consume en una “amplia” variedad de formas, por lo que el tomate está muy integrado en la cultura azteca a diferencia de la región andina. Otra de las consideraciones es que el tomate no posee ningún nombre conocido en quechua, aymara o cualquier otro de los idiomas andinos, resultando que el nombre moderno tiene su origen en el de *tomatl*, en la lengua náhuatl de México (Nuez, 1995).

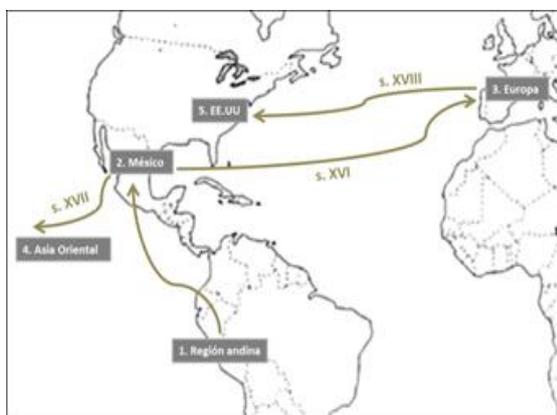


Figura 1.1. Centro de origen, domesticación distribución del tomate. Fuente: Cabrera, 2019.



Figura 1.2. Viajes de Cristóbal Colón. Fuente: Ingelmo, 2012 Visto en Cabrera 2019.

1.3. SITUACIÓN TAXONÓMICA.

La primera descripción botánica del tomate la realizó Pietro Andrea Gregorio Mattioli (1501-1577), del jardín botánico de Padua (Italia), quien publicó su herbario en 1554 (Nuez, 1995). Sin embargo, el espécimen de tomate más antiguo conservado en un herbario hasta la fecha actual se encuentra en el herbario de Ulisse Aldrovandi (herbario considerado como la colección más antigua existente de las plantas prensadas, comenzado en 1551 y ampliado por Aldrovandi a lo largo de su vida), ahora conservado en el herbario del Jardín Botánico de Bolonia (Peralta et al., 2008). Por lo tanto, la descripción botánica del tomate comenzó a mediados del siglo XVI. A partir de ese momento fue descrito en numerosos herbarios como el de Matthias de L'Obel en 1581, el de Gerard en Inglaterra en 1597 o el de Salmon ya en 1710 en Estados Unidos (Nuez, 1995).

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

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

El tomate es una planta que presenta flores radiales y con cinco estambres. El ovario es súpero, bicarpelar, con numerosos primordios seminales, produciendo bayas polispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano mediano de la flor. Con la domesticación y cultivo es frecuente observar flores con mayor número de pétalos y sépalos, así como ovarios multiloculares.

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

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

1.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE.

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

El tomate es un producto básico de la horticultura española, siendo la hortaliza con mayor superficie cultivada en España. Su producción también se sitúa entre las más altas, destacando que es un cultivo de alto rendimiento, puesto que supera a cultivos con mayor superficie como la patata, las naranjas o los melocotoneros. Exceptuando los cultivos de olivares y viñedos por presentar producciones mayores, el valor de producción del tomate es el mayor de todos los cultivos, lo que indica el alto valor de su producción (Tabla 1.2).

España participa con el 2,92% de la producción mundial, ocupando el octavo puesto, y con el 21,20% de la producción europea, situándose en el segundo lugar tras Italia (FAOSTAT, 2019). En España la mayor parte de la producción de tomate en fresco se concentra en Almería, Murcia, Alicante, Valencia y Canarias. En el caso del tomate de industria, se especializan en su producción Navarra, La Rioja, Zaragoza y Extremadura (García-Martínez, 2006).

Tabla 1.2. Datos de los principales cultivos en España en el año 2016.

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

Fuente: base de datos de agricultura de la FAO. FAOSTAT, 2019.

1.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CULTIVARES.

Los cultivares de tomate suelen ser de naturaleza híbrida (especialmente los dedicados al cultivo intensivo) incorporando diversas resistencias a patógenos, ofreciendo frutos con buena presentación y/o calidad y adaptados a las cadenas de producción-consumo (Nuez, 1995).

1.5.1. VARIEDADES HÍBRIDAS.

La mayor parte de los cultivos intensivos se realizan con híbridos F₁ (producto resultante del cruzamiento entre dos líneas puras diferentes, obteniendo un híbrido de primera generación en el que se puede mantener el proceso de hibridación), con alto rendimiento, uniformidad y capacidad para cuajar en condiciones de estrés. Permiten acumular resistencias a varias enfermedades, pero no pueden multiplicarse por semillas, ya que segregan perdiendo parte de sus cualidades, por lo que el agricultor se ve obligado a comprar la semilla en cada campaña (Nuez, 1995).

1.5.2. VARIEDADES TRADICIONALES.

El aspecto de los frutos de los cultivares tradicionales, su uniformidad, y la resistencia de la planta a patógenos, son deficientes en muchos casos. Por el contrario, generalmente presentan una excelente calidad organoléptica.

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

La adaptación a la zona de cultivo, la adecuación a los ámbitos de consumo y otros aspectos relacionados con las características organolépticas, han sido fundamentalmente los criterios de selección, obteniendo así, a través del tiempo, grupos varietales especialmente adaptados a cada ambiente y con productos muy apreciados en los mercados a los que se destinaban (García-Martínez, 2006).

Las principales características de estas variedades tradicionales son:

La ubicación geográfica local, que hace referencia a la pertenencia a una zona geográfica delimitada (Almekinders *et al.*, 1994).

La heterogeneidad, al ser una de las características más importantes de las variedades tradicionales su considerable variación de fenotipo, si se comparan con las variedades comerciales (Amurrio et al., 1993).

La selección local de los agricultores, ya que estas variedades no son algo estático, sino que presentan una diversidad y un dinamismo que, bajo la presión del hombre y la naturaleza, han evolucionado en el tiempo (Hawtin et al., 1996). Los criterios de selección suelen ser la calidad organoléptica y la adaptación al clima local.

A partir de la segunda mitad de siglo XX, con la Revolución Verde, causada por la necesidad creciente de alimentos debido al incremento de la población mundial, las variedades tradicionales se fueron sustituyendo paulatinamente por la entrada al mercado de las semillas híbridas, conseguidas mediante la selección genética para la obtención de variedades de alto rendimiento, más asociadas éstas a la explotación intensiva (Ceccon, 2008).

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

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

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

En el sureste español se encuentran presentes diversas variedades tradicionales de tomate.



(Figura 1.3), Estos son algunos ejemplos de variedades locales de tomate de nuestra zona geográfica: "Moruno", "Valenciano", "De la pera" y "Muchamiel" (García-Martínez, 2006).

1.5.2.1. EL TOMATE MUCHAMIEL.

El tomate Muchamiel es una de las variedades más emblemáticas y reconocidas en la provincia de Alicante de donde es originaria, concretamente de la localidad de Muchamiel, aunque su cultivo se ha ido abandonando por la susceptibilidad a distintos tipos de virus. Se trata de una variedad tradicional local muy popular, por lo que, su nombre es conocido en prácticamente toda España. Es muy posiblemente la variedad tradicional de tomate más conocida, muy apreciada por su calidad organoléptica (García-Martínez, 2006).

No existe un único tipo de tomate Muchamiel, sino que hay ligeras variantes que mantienen cierta diversidad, como consecuencia lógica de haber sido seleccionada por los agricultores durante muchos años. El tipo varietal "Muchamiel" está formado por un conjunto de variedades tradicionales de tomate que tienen el fruto grande, aplastado, más o menos rizado (Figura 1.5), que se cultivan fundamentalmente en Alicante, Valencia y Murcia (García-Martínez, 2006).



Figura 1.4. Frutos del tipo varietal Muchamiel (Fuente: Elaboración propia).

Su sabor es suave y su textura muy agradable, algunos catadores expertos describen el tomate Muchamiel como de textura "melosa". A diferencia de las actuales variedades híbridas de tomate, suele presentar una zona blanca en el centro, o "corazón", lo cual puede suponer un inconveniente para algunos consumidores (García-Martínez, 2006).

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

1.5.3. ASPECTOS DE CALIDAD.

El mercado cada vez es más exigente debido a que el consumidor demanda productos de calidad libres de contaminantes, siendo necesario algo más que una buena presentación. Esta insatisfacción por el tomate en fresco ha ido incrementándose a lo largo de las últimas décadas. Hasta hace aproximadamente dos décadas se hacía más énfasis a la calidad externa que a la interna, dirigiéndose la tendencia en estos momentos a la inversa (Nuez, 1995).

Algunas de las deficiencias de calidad de las nuevas variedades son fruto de las restricciones económicas y temporales. Además de realizar la recolección en un estado excesivamente verde del fruto y cultivar fuera de estación, entre otras, una de las causas que afecta a la pérdida de calidad se enfoca en los propios programas de mejora genética. Los programas que utilizan la hibridación y selección en generaciones segregantes, pierden parte de las buenas características de los progenitores, especialmente de las características de naturaleza poligénica y de difícil evaluación como lo es la calidad. También, con técnica de retrocruzamiento, referida al cruce entre un individuo y uno de sus padres para recuperar genoma del progenitor, se contribuye a la pérdida de calidad por la necesidad de lanzar al mercado las nuevas variedades, lo que limita el número de ciclos de retrocruzamiento y el grado de recuperación del genotipo parental. Esta situación es frecuente al introducir genes de resistencia a patógenos en cultivares tradicionales de alto valor agronómico (Nuez, 1995).

La calidad incluye tanto aspectos externos como el tamaño, forma, color, ausencia de manchas y defectos, uniformidad y marcas características como el acostillado, como aspectos internos relacionados con el sabor, aroma, contenido en vitaminas, color y consistencia de la carne, acidez y contenido en sólidos solubles.

Principalmente, el sabor del tomate viene determinado por el contenido de azúcares y ácidos. Los azúcares glucosa y fructosa constituyen el 65% de los sólidos solubles, mientras que el resto está constituido principalmente por los ácidos cítrico y málico, minerales, lípidos y un conjunto de compuestos a bajas concentraciones. En consecuencia, el incremento en el contenido de sólidos solubles resulta en un aumento en el sabor (Nuez, 1995).

1.6. PROGRAMA DE MEJORA EPSO-UMH

En 1998 empezó en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández un programa de mejora (Figura 1.7) para la introducción de genes de resistencia a las tres virosis más importantes que afectan al cultivo del tomate en el sureste español: ToMV (Tomato mosaic virus o virus del mosaico del tomate), TSWV (Tomato spotted wilt virus o virus del bronceado del tomate) y TYLCV (Tomato yellow leaf curl virus o virus del rizado amarillo de la hoja de tomate). El método elegido fue una introgresión asistida por marcadores moleculares. Las etapas que comprende este programa de mejora son las siguientes:

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

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

La fijación de los genes de resistencia permite que las líneas obtenidas del programa de mejora EPSO-UMH mantengan dichas resistencias cuando se cultiva la semilla de las plantas originales, a diferencia de los híbridos comerciales.

El Registro de Variedades Protegidas se creó para proteger los derechos del obtentor. En el pasado, las variedades vegetales se obtenían por los propios agricultores y se transmitían de generación en generación, sin ningún problema. Pero desde hace varios años la obtención de nuevas variedades fue obra de técnicos especializados, normalmente trabajando para empresas de producción de semillas.

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

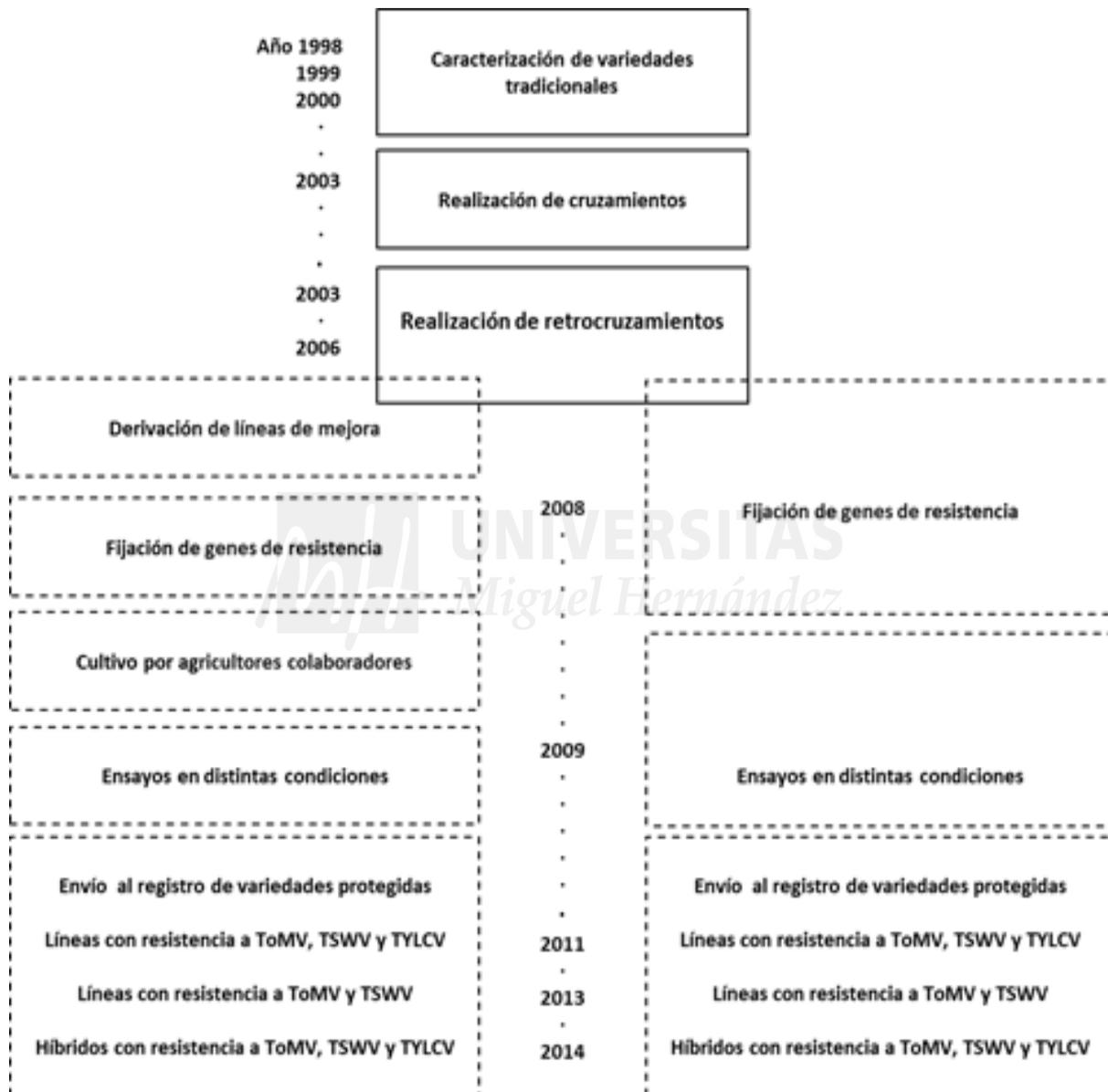


Figura 1.5. Esquema con las etapas del programa de mejora. Fuente: Cabrera 2019.

En 2013 se concedieron los primeros Títulos de Obtención Vegetal (TOV) de líneas procedentes del programa de mejora de la EPSO-UMH, las líneas UMH 1200 (tipo Muchamiel) y UMH 1203 (tipo De la pera), ambas con resistencia en homocigosis a los 3 virus (Tabla 4). También se han obtenido líneas de mejora sólo con resistencia a ToMV y TSWV (y por lo tanto sin resistencia a TYLCV), así como con resistencia sólo a ToMV, cuyos TOV fueron concedidos en 2017. También se han desarrollado híbridos, con resistencia a los tres virus en heterocigosis (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Líneas de mejora inscritas en el Registro de Variedades Protegidas, con su genotipo para los tres genes de resistencia a virus.

Tipo varietal	Línea	Resistencias ToMV-TYLCV-TSWV	Envío	Obtención título
Muchamiel	UMH 1200	RR-RR-RR	2011	2013
Muchamiel	UMH 1139	RR-ss-RR	2013	2017
Híbrido	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	-
Híbrido	UMH 1200 x BfT	Rs-Rs-Rs	2017	-
Híbrido	UMH 1200 x Costoluto	Rs-Rs-Rs	2017	-

1.6.1. EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE RESISTENCIA GENÉTICA A VIRUS.

En los programas de mejora, las especies silvestres son prácticamente la única fuente de resistencia a plagas y enfermedades. El uso de material, de especies silvestres relacionadas con el tomate, para mejorar una variedad puede estar dificultado por la basura de ligamiento, por genes indeseables que se transfieren junto al gen de interés (Figura 5).

En un programa de retrocruzamiento es muy difícil conseguir recuperar todo el genoma de la variedad, por lo que suele quedar algo más de genoma del parental que tiene la característica de interés además del gen de interés. A este fragmento de cromosoma introducido que no es el gen de interés se le denomina carga o basura de ligamiento. En ese resto del fragmento puede haber genes que no afecten al comportamiento agronómico de la planta, pero también puede haber genes que tengan un efecto negativo sobre alguna o algunas características de interés.

El número de genes que no son el de interés y que pueden tener efectos desfavorables depende del tamaño del fragmento (Figura 1.6).

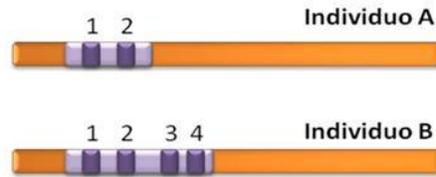


Figura 1.6. Representación de los fragmentos introgresados (en color morado) en dos individuos (cuyo genoma aparece en naranja). Los números corresponden a distintos genes, y en ambos casos el gen de interés es el número 1. Los restantes genes no son de interés, y en alguna ocasión pueden tener un efecto desfavorable.

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

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

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

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

1.7. INJERTO EN TOMATE

Con el injerto se pretende evitar el contacto de la parte productiva con el suelo, al darse en éstas circunstancias que no son favorables para que la planta exprese todas sus potencialidades y cualidades productivas.

Las causas que motivan el aislamiento de la parte productiva del suelo pueden ser de naturaleza biótica (patógenos y parásitos, es decir plagas en el sentido amplio) o abiótica, ligada a las características físicas (estructura degradada, suelos pesados de difícil regulación de la humedad, poco oxigenados, etc.), químicas (acumulación de sales, o de elementos tóxicos, altos contenidos en caliza activa, etc.) o de ambas al mismo tiempo.

En ocasiones se llegan a utilizar plantas injertadas, aunque no se den condiciones adversas en el suelo, simplemente como forma de conseguir aumentos en la producción unitaria, debido al mayor vigor que confiere el patrón a la planta injertada en relación a la planta no injertada.

Las enfermedades fúngicas vasculares, productoras de traqueomicosis (producidas por formas especializadas de *Fusarium oxysporum* y sus diferentes razas, o por *Verticillium dahliae*, principalmente), las enfermedades producidas por hongos que afectan al cilindro cortical del cuello y las raíces provocando marchitamientos o secas (especies de los géneros *Phytophthora*, *Pyrenochaeta*, etc.), las producidas por los nematodos fitopatógenos (*Meloidogyne*, etc.), las producidas por algunas bacterias o las provocadas por la acumulación en el suelo de microorganismos considerados como patógenos subclínicos o implicados en los procesos de la fatiga del suelo, son las principales causas bióticas que determinan el uso del injerto.

La influencia del patrón sobre la variedad es uno de los aspectos más importantes de la utilización y mejora de éste. Al efectuar la unión entre ambos, el patrón influye directamente en muchos aspectos de crecimiento y de la fisiología de la parte aérea de la planta. Entre estos aspectos destacamos su influencia en el vigor de la planta, la precocidad en la floración y la entrada en producción, la longevidad, en la coloración y calidad del fruto, en la adaptación climática al medio, en la resistencia a enfermedades (injerto por motivos bióticos), etc.

En general, el patrón influye sobre el híbrido injertado en el estado sanitario general, así como en el desarrollo y crecimiento de la planta y en la calidad y precocidad de sus frutos.

1.8. LÍNEA EN LA QUE SE ENGLOBA EL TRABAJO DE FIN DE GRADO.

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

Los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18 son 2 de los híbridos Muchamiel más prometedores. Como sus características morfológicas, productivas y resistencias genéticas a virus son similares, se debe elegir uno de ellos para enviar al registro de Variedades Comerciales. Este TFG forma parte de la serie de ensayos que se están realizando para decidir el que finalmente se enviará próximamente.



2. OBJETIVOS.

Los objetivos de este trabajo son analizar el efecto del injerto en dos patrones comerciales de varias líneas de tomate Muchamiel. También se compararán los dos híbridos Muchamiel UMH1200x4 y UMH1200x18 obtenidos en el programa de mejora EPSO-UMH, para ayudar a decidir cuál de ellos se enviará al Registro de Variedades Comerciales.

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



3. MATERIAL Y METODOS.

3.1. MATERIAL VEGETAL UTILIZADO.

En el ensayo se estudiaron cuatro líneas de tomate Muchamiel: la línea de mejora UMH1200, los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18, y la variedad comercial Muchamiel de Batlle.

La línea de mejora y los dos híbridos han sido obtenidos en el Programa de mejora de la EPSO-UMH. El otro parental de los híbridos, las líneas 4 y 18, son variedades tradicionales de tomate Muchamiel.

Las resistencias genéticas a virus de cada línea se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Genotipo de las variedades tradicionales y líneas estudiadas, para los 3 genes de resistencia introducidos.

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

Para el injerto se utilizaron los siguientes patrones comerciales de De Ruiter:

- Maxifort: proporciona una mayor resistencia a los cultivos generativos excelente vigor y energía extra para cultivos de ciclos largos
- Beaufort: Resistente a *Pyrenochaeta lycopersici*, proporciona un peso de fruta consistentemente más alto y además es apto para cualquier tipo de sustrato o suelo.



Figura 3.1 A la izquierda un ejemplar de Maxifort y a la derecha uno de Beaufort. (Fuente: Elaboración propia)

Las líneas se cultivaron injertadas en los dos patrones comerciales y también sin injertar.

3.2. MÉTODOS DE CULTIVO.

3.2.1. INSTALACIONES.

El cultivo se realizó en un invernadero, perteneciente a la Estación Experimental Agraria de Elche. El invernadero es de tipo multitúnel, compuesto por 2 cuerpos de 7,2 metros de anchura. La altura a la canal es de 3 metros, y a la cumbre de 4 metros. Las paredes laterales son de plástico, pero el techo es de malla.



Figura 3.2. Situación de la Estación Experimental Agraria de Elche y del interior del invernadero utilizado en el ensayo.

3.3. PRÁCTICAS DE CULTIVO.

A continuación, se describen cada una de las diferentes prácticas de cultivo llevadas a cabo en los ensayos.

3.3.1. SEMILLERO.

La siembra se realiza el 5 de febrero de 2019 en los semilleros José y Belén, empresa situada en Albufera perteneciente a la provincia de Alicante. Se utilizan bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos. Se emplea en los diferentes semilleros como substrato turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes.

3.3.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO.

El invernadero estaba más de 1 año sin cultivar. Antes de realizar el trasplante se realizó una labor de subsolador y otra de fresadora.

3.3.3 TRASPLANTE.

El trasplante se realiza cuando las plántulas alcanzan entre 40-45 días. El ensayo ocupó la mitad de uno de los módulos del invernadero, ocupando 6 filas de cultivo.

3.3.4 MARCO DE PLANTACIÓN.

Las plantas se disponen en filas individuales, separadas 1,2 metros. La separación entre plantas era de 0,33 metros en las plantas sin injertar, y de 0,66 metros en las plantas injertadas, con lo que se obtiene una densidad de 2,5 plantas/m² en las plantas sin injertar y de 1,25 plantas/m² en las plantas injertadas (Figura 3.3). En ambos casos se obtienen 2,5 tallos/m².



Figura 3.3. Disposición de plantas en los ensayos

3.3.5. ENTUTORADO Y PODA.

Para el entutorado se emplean hilos de rafia, sujetos al emparrillado de alambre de la parte superior de la estructura.

El sistema de poda elegido es el de una guía o tallo en las plantas sin injertar y a dos tallos en las injertadas, y lo realizaban trabajadores de la Estación Experimental.

Los brotes laterales (o axilares) se eliminan cada 10-12 días.

Con el objeto de no transmitir el virus del mosaico del tomate entre las plantas de las variedades tradicionales, que son sensibles, los cuchillos se limpian con lejía de forma frecuente durante las labores de poda.



Figura 3.4. Entutorado con hilos de rafia.

3.3.6. FERTIRRIGACIÓN.

El agua de riego utilizada en la estación experimental en el cultivo procede del trasvase Tajo- Segura, y es almacenada en la balsa de la finca.

Se ha utilizado riego localizado por goteo. Los emisores son no autocompensantes, y tienen un caudal de 2,2 l/h, situados a 0,33 m de distancia.

El riego variaba en función de la fase de desarrollo de cultivo, al igual que la fertilización. Las necesidades de agua fueron calculadas utilizando la ETo media de los últimos 10 años del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío, disponible en www.riegos.ivia.es/red-siar. La siguiente tabla muestra la distribución del riego durante las distintas semanas del cultivo.

Tabla 3.2 tiempo de riego por semana a partir del día 26/03/2019

Semana	Desde	Hasta	ETo	Kc	ETc	Nec. riego	Riego bru	m³/Ha	L/m²	Horas riego	T/día
1	26/03	01/04	20,73	0,10	2,07	2,07	2,57	25,75	2,57	00:25	
2	02/04	08/04	23,85	0,17	4,05	4,05	5,04	50,36	5,04	00:49	
3	09/04	15/04	22,60	0,21	4,75	4,75	5,89	58,95	5,89	00:57	
4	16/04	22/04	25,05	0,25	6,26	6,26	7,78	77,78	7,78	01:16	1:16:00
5	23/04	29/04	27,46	0,29	7,96	7,96	9,89	98,91	9,89	01:37	0:13:51
6	30/04	06/05	28,16	0,39	10,98	10,98	13,64	136,40	13,64	02:13	0:19:00
7	07/05	13/05	28,92	0,50	14,46	14,46	17,96	179,59	17,96	02:56	0:25:09
8	14/05	20/05	30,06	0,63	18,94	18,94	23,52	235,21	23,52	03:51	0:33:00
9	21/05	27/05	32,66	0,78	25,47	25,47	31,64	316,40	31,64	05:10	0:44:17
10	28/05	03/06	33,49	0,99	33,16	33,16	41,18	411,79	41,18	06:43	0:57:34
11	04/06	10/06	35,01	1,05	36,76	36,76	45,66	456,57	45,66	07:28	1:04:00
12	11/06	17/06	37,96	1,06	40,24	40,24	49,98	499,75	49,98	08:10	1:10:00
13	18/06	24/06	38,99	1,05	40,94	40,94	50,85	508,47	50,85	08:18	1:11:09
14	25/06	01/07	38,37	1,05	40,29	40,29	50,04	500,38	50,04	08:10	1:10:00
15	02/07	08/07	39,57	1,03	40,76	40,76	50,62	506,20	50,62	08:16	1:10:51
16	09/07	15/07	38,88	0,96	37,32	37,32	46,36	463,57	46,36	07:34	1:04:51
17	16/07	22/07	38,47	0,89	34,24	34,24	42,52	425,24	42,52	06:57	0:59:34
18	23/07	29/07	37,50	0,81	30,38	30,38	37,73	377,26	37,73	06:10	0:52:51
19	30/07	05/08	37,73	0,75	28,30	28,30	35,15	351,45	35,15	05:45	0:49:17
20	06/08	12/08	35,72	0,70	25,00	25,00	31,05	310,55	31,05	05:04	0:43:26
21	13/08	20/08	35,40	0,70	24,78	24,78	30,78	307,77	30,78	05:01	0:43:00

Para el abonado se siguieron las indicaciones de la Orden de 10 de mayo de 2012, de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia por la que se regulan las normas técnicas de producción integrada en el cultivo de tomate. En la siguiente tabla se detallan las unidades fertilizantes totales de los principales macroelementos aportadas al cultivo.

Tabla 3.3. Tablas de la fórmula del abonado siguiendo la orden de 10 de mayo de 2012, de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia por la que se regulan las normas técnicas de producción integrada en el cultivo de tomate.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	MgO
UF/tm.	3,5	1,5	5,5	2,5	1
tm/ha	70	70	70	70	70
UF/ha	245	105	385	175	70

La siguiente tabla muestra la distribución del abonado durante las distintas semanas del cultivo.

Tabla 3.4 Distribución del abonado.

Semanas tras transplante	UF/ha				UF/ 294,624			
	N	P2O5	K2O	MgO	N	P2O5	K2O	MgO
1	0	0	0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	4,34	2,13	19,25	0,0	0,128	0,063	0,567	0,000
3	4,34	2,13	19,25	0,0	0,128	0,063	0,567	0,000
4	8,69	4,07	23,10	3,5	0,256	0,120	0,681	0,103
5	8,69	4,07	23,10	3,5	0,256	0,120	0,681	0,103
6	13,03	5,23	26,95	4,2	0,384	0,154	0,794	0,124
7	13,03	5,23	26,95	4,2	0,384	0,154	0,794	0,124
8	14,77	6,39	26,95	4,9	0,435	0,188	0,794	0,144
9	14,77	6,39	26,95	4,9	0,435	0,188	0,794	0,144
10	17,38	7,36	26,95	5,6	0,512	0,217	0,794	0,165
11	17,38	7,36	26,95	5,6	0,512	0,217	0,794	0,165
12	17,38	7,36	23,10	4,9	0,512	0,217	0,681	0,144
13	17,38	7,36	23,10	4,9	0,512	0,217	0,681	0,144
14	17,38	7,36	19,25	4,2	0,512	0,217	0,567	0,124
15	17,38	7,36	19,25	4,2	0,512	0,217	0,567	0,124
16	13,03	5,23	11,55	3,5	0,384	0,154	0,340	0,103
17	13,03	5,23	11,55	3,5	0,384	0,154	0,340	0,103
18	9,56	4,26	7,70	2,1	0,282	0,126	0,227	0,062
19	9,56	4,07	7,70	2,1	0,282	0,120	0,227	0,062
20	6,95	3,29	7,70	2,1	0,205	0,097	0,227	0,062
21	6,95	3,10	7,70	2,1	0,205	0,091	0,227	0,062
22	0,00	0,00	0,00	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000
	245,0	105,0	385,0	70,0	7,218	3,094	11,343	2,062

3.3.7. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.

Los tratamientos fitosanitarios se realizaban cada 10-15 días. Las plagas con mayor incidencia durante el ensayo fueron; trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tuta (*Tuta absoluta*). Otras plagas y enfermedades con menor incidencia durante el ensayo fueron plusia (*Chrysodeixis chalcites*), araña roja (*Tetranychus urticae*), oídio o mancha amarilla (*Leveillula taurica*) y vasates (*Aculops lycopersici*). Los productos utilizados durante el cultivo se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Fitosanitarios utilizados en el cultivo.

Nombre Comercial	Materia Activa
ORTIVA	25% P/V AZOXYSTROBIN (250 g/l)
DELFIN® WG	<i>Bacillus thuringiensis</i> subesp kurstaki.
PROCUPRICO 60-4	AZUFRE MICRONIZADO 60% + OXICLORURO DE COBRE 4%
APOLO 50 SC	CLOFENTEZIN 50% p/v. SC
AGRIMEC PRO	ABAMECTINA 1,8% [SC] P/V
OBERON	SPIROMESIFEN 24% [SC] P/V
THIOVIT	AZUFRE 80% WG P/P

3.3.8. AUXILIARES UTILIZADOS.

Se realizó una suelta de *Nesidiocoris tenuis* (Bioline) el día 21 de mayo de 2019. Para mejorar el cuajado se colocó una colmena de abejorros (*Bombus terrestris*) el día 10 de abril de 2019.

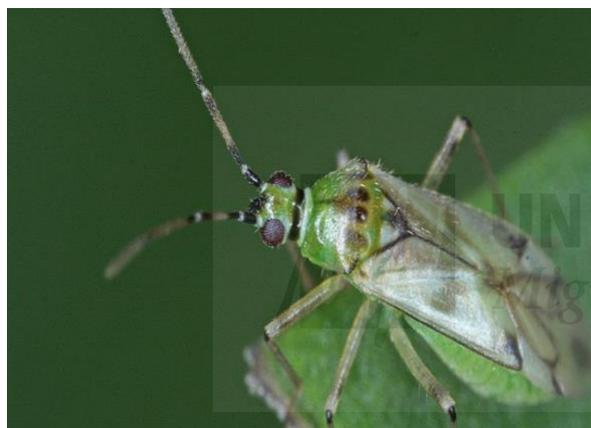


Figura 3.5 Se realizó una suelta de *Nesidiocoris tenuis* (Bioline) el día 21 de mayo de 2019 la cual es muy eficaz en el control de la *Tuta absoluta*. Fuente: Bioplanet.eu



Para mejorar el cuajado se colocó una colmena de abejorros (*Bombus terrestris*) el día 10 de abril de 2019. Fuente: Wikimedia.org

3.3.9 ESTADO SANITARIO DURANTE EL ENSAYO

Durante el ensayo no se detectaron plantas con síntomas de ToMV ni TSWV. Sin embargo, sí que se detectó 1 planta de la variedad comercial Batlle con síntomas de TYLCV, que no se analizó.

3.3.10 RECOLECCIÓN.

La recolección de los frutos se realizaba semanalmente, por parte de los trabajadores de la Estación Experimental, cuando los frutos tenían al menos la mitad de la superficie de color rojo. Los frutos de las plantas de cada repetición se recogían en una caja.



Figura 3.6 Labores de recogida de frutos.

3.4. PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.

A continuación se muestran las fechas en las que se realizaron las labores más importantes del ensayo, siembra, trasplante, recolecciones (donde se efectúa la toma de datos de los caracteres agronómicos como producción total, peso medio de los frutos y número de frutos por planta), y análisis de sólidos solubles y acidez (referentes a los caracteres de calidad).

Tabla 3.6 Fechas en las que se realizan las labores más importantes de los ensayos

Fecha año 2019	Labor
05/02/2019	Siembra
27/03/2019	Trasplante
24/04/2019	Entutorado
03/07/2019	1 recolección
10/07/2019	2 recolección
17/07/2019	3 recolección
24/07/2019	4 recolección
31/07/2019	5 recolección
06/08/2019	6 recolección
25/09/2019 - 01/10/2019	Análisis sólidos solubles y acidez

3.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.

En el ensayo se disponen 4 repeticiones de cada línea, en las 4 líneas de cultivo centrales, compuestas por 10 plantas sin injertar o 5 plantas injertadas (Figura 3.5 y 3.6). Al principio y al final de cada línea se ponen dos plantas de híbrido comercial para reducir el efecto borde. Las 2 líneas exteriores o bordes se cultivaron híbridos comerciales sin injertar, y no se analizaron.

A mitad del cultivo se detectó una anomalía en el sector de riego 2. Un fallo en la electroválvula hizo que no se regara igual que en el sector 1, lo que afectó al desarrollo vegetativo de las plantas. Se decidió no analizar los datos de las plantas del sector de riego 2, que aparecen sombreadas en gris en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Esquema con las repeticiones del ensayo

Resto invernadero						
B O R D E	Borde (IV)	Borde (III)	Borde (II)	Borde (I)	B O R D E	Sector riego 1
	UMH 1200-Maxi	UMH 1200	UMH1200x4	Battle		
	UMH 1200X4-Beau	UMH 1200-Beau	Battle-Beau	UMH 1200		
	UMH 1200X18	UMH 1200X4	UMH 1200x18-Beau	UMH 1200x18-Beau		
	Battle-Beau	UMH 1200-Maxi	UMH 1200-Maxi	UMH 1200X18		
	Battle-Maxi	UMH 1200X18	UMH 1200-Beau	UMH 1200X4		
	UMH 1200x18-Maxi	UMH 1200X4-Beau	UMH 1200X18	UMH 1200X4-Beau		
	UMH 1200x4-Maxi	UMH 1200x18-Maxi	Battle-Beau	Battle-Beau		
B O R D E	Battle	UMH 1200x18-Beau	UMH 1200x18-Maxi	UMH 1200-Maxi	B O R D E	Sector riego 2
	UMH 1200x4	Battle	Battle-Maxi	UMH 1200-Beau		
	UMH 1200-Beau	Battle-Maxi	UMH 1200-Maxi	Battle-Maxi		
	UMH 1200	UMH 1200-Maxi	UMH 1200X4-Beau	UMH 1200x18-Maxi		
	UMH 1200x18-Beau	Battle-Beau	UMH 1200	UMH 1200-Maxi		
	Borde	Borde	Borde	Borde		

3.5. CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.

3.5.1. CARACTERES PRODUCTIVOS.

3.5.2. PRODUCCIÓN TOTAL.

Se calcula como la suma de todos frutos recolectados de cada tallo durante todo el ciclo, expresándose en g/tallo, para poder comparar plantas injertadas y no injertadas. La recolección se realizó agrupando los frutos de las plantas de cada repetición, y calculando posteriormente la media.

3.5.3. PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO.

Se calcula como la media de todos los frutos recolectados durante todo el ciclo, calculando la media por repetición. Las medidas fueron tomadas en gramos, sin decimales.

3.5.4. NÚMERO DE FRUTOS TOTAL POR PLANTA.

Se contabilizan los frutos de cada repetición, sumando los de las distintas recolecciones, y calculando la media por tallo.

3.5.5. CARACTERES DE CALIDAD.

3.5.6 SÓLIDOS SOLUBLES.

Los valores de sólidos solubles y acidez vienen determinados por el estado de maduración de los frutos, por lo que es muy importante que los frutos analizados tengan un estado de maduración lo más homogéneo posible. Por lo que, tras la recolección se seleccionaban frutos completamente maduros (Figura 3.7), lo más homogéneos posibles en cuanto a maduración de cada línea, para medir los sólidos solubles y la acidez en el laboratorio. Para cada una de las repeticiones de cada línea se seleccionaban 4 muestras compuestas por 3-4 frutos, que se cortaban en trozos, para triturarlos con una batidora doméstica.



Figura 3.7. Frutos del híbrido UMH1200x4 injertados en Beaufort de la repetición III seleccionados para medir el contenido de sólidos solubles y acidez

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

Para medir el contenido de sólidos solubles y acidez, tras descongelar las muestras, se centrifugan a 4.000 rpm durante 1 minuto, tras comprobar un peso equilibrado de las muestras. Posteriormente se elimina la mayor parte de la pulpa, y tras equilibrarlas de nuevo, se vuelve a centrifugar a 4.000 rpm durante 6 minutos. El sobrenadante de cada tubo, sin pulpa, se utiliza para realizar la medida por duplicado.

Los sólidos solubles están constituidos en su mayor parte por azúcares, los más abundantes son la glucosa y la fructosa que se encuentran en proporciones similares. Los sólidos solubles se miden por duplicado con un refractómetro digital Atago (Figura 3.8), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}\text{Brix}$).



Figura 3.8. Refractómetro utilizado para medir el contenido de sólidos solubles.

3.5.7. ACIDEZ.

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

La acidez se valora por duplicado, con NaOH en concentración de 0,01 N hasta pH 8,01 con un pHmetro pHmatic 23 CRISON (Figura 3.9), expresándose en gramos de ácido cítrico por cada 100 gramos de tejido fresco.



Figura 3.9. pHmetro pHmatic 23 CRISON.

3.6. MODELO ESTADÍSTICO.

Se realizó un análisis de la varianza multifactorial, con las distintas líneas y patrones. Si se encuentran diferencias significativas se aplica un contraste *post-hoc* de Newman-Keuls para establecer la diferencia significativa entre los valores medios de cada tratamiento. Ambos análisis se realizaron con el programa STATGRAPHICS PLUS versión 3.1 para Windows.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 CARACTERES PRODUCTIVOS.

4.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL.

En el análisis de la varianza realizado para la producción total muestra diferencias significativas entre las líneas, y también entre los patrones (Tabla 4.1). La interacción Línea-Patrón no es significativa.

Tabla 4.1. Análisis de la varianza para la producción total.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	16,7861	3	5,59535	26,85	0,0000
Patrón	7.3032	2	3.65161	17.52	0,0001
Interacciones					
Línea-Patrón	3.07523	6	0.512539	2.46	0.0737
Residual	3.12564	15	0.208376		
Total (corregido)	37.0282	26			

Como la interacción no es significativa se puede utilizar el test de rango múltiple.

Tabla 4.2: Análisis de rango múltiple para la producción por líneas y patrones.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (g/tallo)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200	7	4.208	A
	Battle	6	5.933	B
	UMH1200x18	7	6.003	B
	UMH1200x4	7	6.223	B
Patrón	Maxifort	7	4.773	A
	Sin injertar	10	5.986	B
	Beaufort	10	6.063	B

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

La producción obtenida oscila entre 4.208 g/tallo en la línea UMH1200 y 6.223 g/tallo en el híbrido UMH1200x4. Se han encontrado diferencias significativas entre la línea UMH1200 y el resto, siendo la UMH1200 la que obtiene menor producción. La menor producción obtenida en la línea UMH1200 se debe, en gran parte, a que tiene la resistencia TYLCV en homocigosis.

Este resultado se ha obtenido anteriormente en varios trabajos realizados con material desarrollado en el Programa de Mejora de la EPSO-UMH. Rubio et al. (2016) indicó que la introgresión del gen *Ty-1* afecta agrónomicamente de modo negativo debido probablemente a otros genes introducidos a la vez que el de resistencia y que no se pueden eliminar con los retrocruces (basura de ligamiento). Verlaan et al. (2011) señalaron que la supresión de recombinación en la región de *S. chilense* que contiene el *Ty-1* es debida a dos inversiones cromosómicas entre *S. chilense* LA1969 (especie donante del gen *Ty-1*) y *S. lycopersicum*.

No se han encontrado diferencias significativas entre los dos híbridos, que superan ligeramente los 6 kg/tallo. Esta producción es muy interesante para una variedad tradicional como la Muchamiel. Estos valores superan ampliamente los obtenidos por los híbridos sin injertar en el estudio de Cámara (2019), que se realizó en las instalaciones de la EPSO en 2018, sin la utilización de abejorros.

La producción obtenida oscila entre 4.773 g/tallo en las plantas injertadas en Maxifort y 6.063 g/tallo en las injertadas en Beaufort. Se han encontrado diferencias significativas entre los patrones, que forman dos grupos. Las plantas sin injertar e injertadas en Beaufort son más productivas que las injertadas en Maxifort. Este resultado difiere del obtenido por Jorge (2011), que estudió otras líneas Muchamiel procedentes del Programa de Mejora de la EPSO-UMH, y obtuvo la mayor producción en las injertadas en Maxifort.

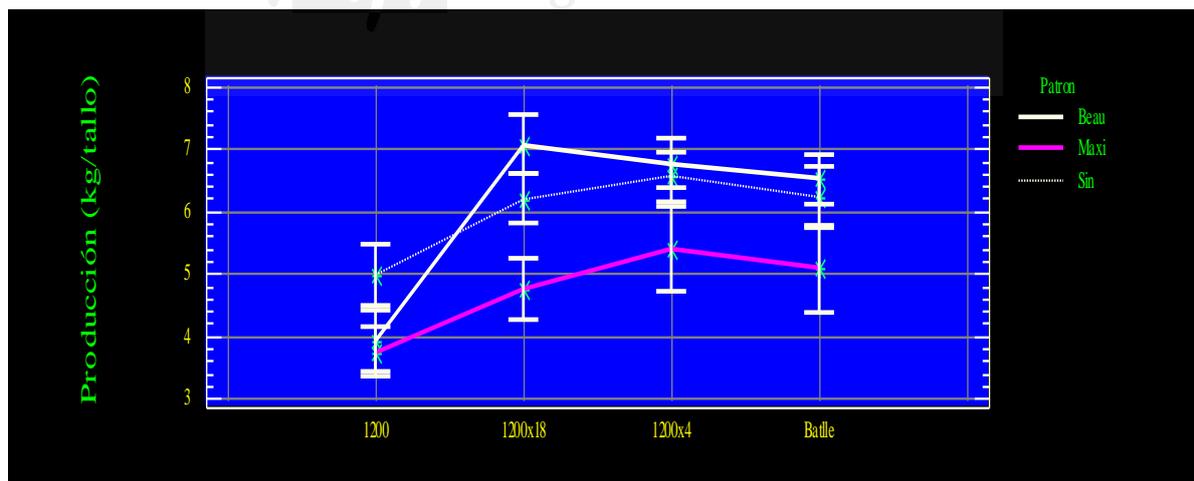


Figura 4.1 Producción de las líneas con los distintos patrones (kg/tallo).

4.1.2 PESO MEDIO DE LOS FRUTOS

El análisis de la varianza para el peso medio de frutos (Tabla 4.3) muestra que solo existen diferencias significativas entre las líneas estudiadas. La interacción entre los factores (Línea y Patrón) no es significativa.

Tabla 4.3. Análisis de la varianza para el peso medio de los frutos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	2461.78	3	820.593	5.89	0,0073
Patrón	746.713	2	373.356	2.68	0.1012
Interacciones					
Línea-Patrón	635.394	6	105.899	0.76	0.6121
Residual	2090.55	15	139.37		
Total (corregido)	7072.43	26			

Como la interacción no es significativa se puede utilizar el test de rango múltiple.

Tabla 4.4: Análisis de rango múltiple para el peso medio de los frutos por líneas y patrones.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (g/fruto)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200	7	173.9	A
	UMH1200x18	7	190.6	B
	Battle	6	198.3	B
	UMH1200x4	7	198.4	B
Patrón	Maxifort	7	182.8	A
	Sin injertar	10	190.8	A
	Beaufort	10	197.2	A

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

El peso medio oscila entre 173,9 g/fruto en la línea UMH1200 y 198,4 g/fruto en el híbrido UMH1200x4. Se han encontrado diferencias significativas entre la línea UMH1200 y el resto, siendo la UMH1200 la que obtiene menor producción.

El menor peso medio en la línea UMH1200 se debe, en gran parte, a que tiene la resistencia TYLCV en homocigosis. Este resultado se ha obtenido anteriormente en varios trabajos realizados con material desarrollado en el Programa de Mejora de la EPSO-UMH (Rubio *et al.*, 2016), y la razón ya se ha indicado en la producción.

No se han encontrado diferencias significativas entre los dos híbridos, cuya media de gramos por fruto son de 190,6 para la línea 1200x18 y de 198,4 para la línea 1200x4. Al igual que ocurría en la producción, estos valores superan ampliamente los obtenidos por los híbridos sin injertar en el estudio de Cámara (2019), que se realizó en las instalaciones de la EPSO en 2018, sin la utilización de abejorros.

El peso medio oscila entre 182,8 g/fruto en las plantas injertadas en Maxifort y 197,2 g/fruto en las injertadas en Beaufort. No se han encontrado diferencias significativas entre los patrones.

En la figura 4.2 se representa el peso medio de las distintas líneas y los distintos patrones.

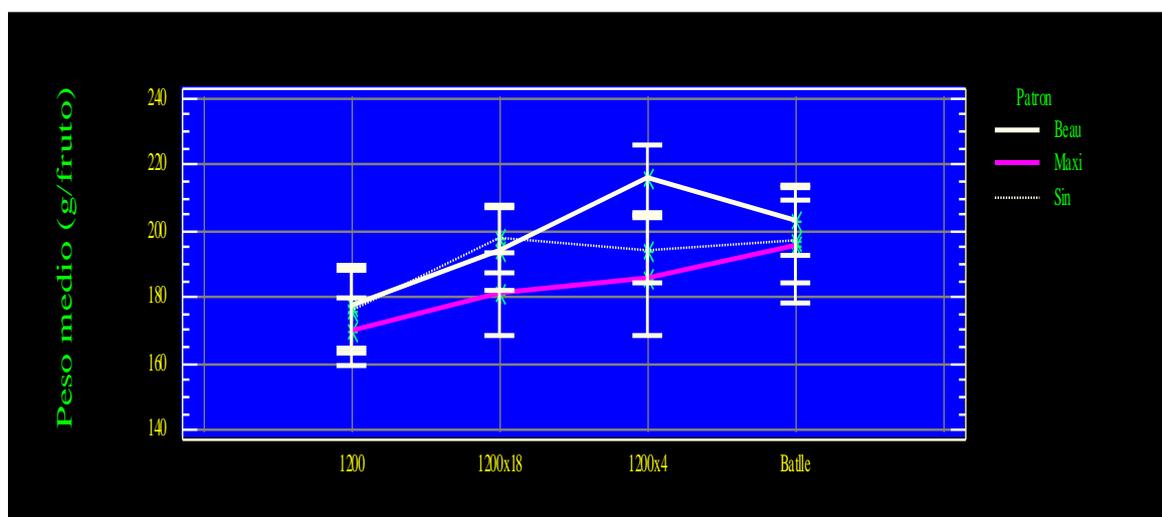


Figura 4.2 Peso medio de las líneas con los distintos patrones (g/fruto).

4.1.3 NÚMERO DE FRUTOS TOTAL

En el análisis de la varianza realizado para el número total de frutos muestra diferencias significativas entre las líneas, y también entre los patrones (Tabla 4.5). La interacción Línea-Patrón no es significativa.

Tabla 4.5. Análisis de la varianza para el número de frutos recolectado por planta.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	233.664	3	77.888	8.57	0.0015
Patrón	118.806	2	59.4031	6.53	0.0091
Interacciones					
Línea-Patrón	87.0794	6	14.5132	1.60	0.2159
Residual	136.363	15	9.09084		
Total (corregido)	656.103	26			

Como la interacción no es significativa se puede utilizar el test de rango múltiple.

Tabla 4.6: Análisis de rango múltiple para el número de frutos por tallo por líneas y patrones.

Factor	Variación	Nº de medidas	Media (frutos/tallo)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200	7	24.2	A
	Batlle	6	29.9	B
	UMH1200x18	7	31.4	B
	UMH1200x4	7	31.5	B
Patrón	Maxifort	7	25.8	A
	Sin injertar	10	30.6	B
	Beaufort	10	31.3	B

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

El número de frutos por tallo obtenido oscila entre 24,2 frutos/tallo en la línea UMH1200 y 31,5 frutos/tallo en el híbrido UMH1200x4. Se han encontrado diferencias significativas entre la línea UMH1200 y el resto, siendo la UMH1200 la que obtiene menor valor. Al igual que en los caracteres productivos anteriores, el menor número de frutos obtenido en la línea UMH1200 se debe a que tiene la resistencia TYLCV en homocigosis. No se han encontrado diferencias significativas entre los dos híbridos, que superan ligeramente los 30 frutos/tallo. Esta producción es muy interesante para una variedad tradicional como la Muchamiel.

El número de frutos en las líneas injertadas oscila entre 25.8 frutos/tallo en las plantas injertadas en Maxifort y 31,3 frutos/tallo en las injertadas en Beaufort. Se han encontrado diferencias significativas entre los patrones, que forman dos grupos. Las plantas sin injertar e injertadas en Beaufort son más productivas que las injertadas en Maxifort. Estos valores son similares a los obtenidos por los híbridos sin injertar en el estudio de Cámara (2019).

En la figura 4.3 se representa el número de frutos por tallo de las distintas líneas y los distintos patrones.

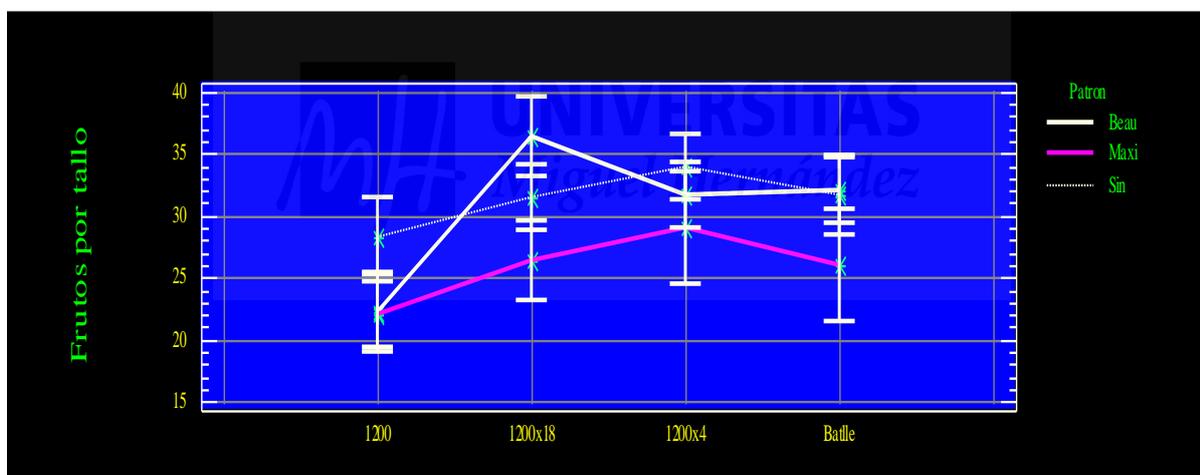


Figura 4.3 Número de frutos por tallos.

4.2. CARACTERES DE CALIDAD

4.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 4.7) muestra que no existen diferencias significativas para las líneas estudiadas, mientras que sí existen diferencias significativas entre los patrones. La interacción entre los factores no es significativa.

Tabla 4.7. Análisis de la varianza para el contenido de sólidos solubles.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	0.310673	3	0.103558	0.81	0.4922
Patrón	2.02034	2	1.01017	7.88	0.0007
Interacciones					
Línea-Patrón	0.757496	6	0.126249	0.99	0.4393
Residual	13.199	103	0.128145		
Total (corregido)	16.6392	114			

Como la interacción no es significativa se puede utilizar el test de rango múltiple. El contenido de sólidos solubles oscila entre 4,20 °Brix en el híbrido UMH1200x18 y 4,37 °Brix en el híbrido UMH1200x4. No se han encontrado diferencias significativas entre las líneas. Estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos por los híbridos sin injertar en el estudio de Cámara (2019).

El contenido de sólidos solubles oscila entre 4,15 °Brix en las plantas injertadas en Maxifort y 4,48 °Brix en las no injertadas. En este caso sí se han encontrado diferencias significativas entre los patrones, que forman dos grupos. Las plantas sin injertar tienen mayor contenido de sólidos solubles que las plantas injertadas en los dos patrones comerciales.

Tabla 4.8: Análisis de rango múltiple para el contenido de sólidos solubles por líneas y patrones.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (°Brix)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200x18	30	4.20	A
	UMH1200	30	4.27	A
	Batlle	28	4.30	A
	UMH1200x4	27	4.37	A
Patrón	Maxifort	29	4.15	A
	Beaufort	42	4.23	A
	Sin injertar	44	4.48	B

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

En la figura 4.4 se representa el contenido de sólidos solubles de las distintas líneas y los distintos patrones.

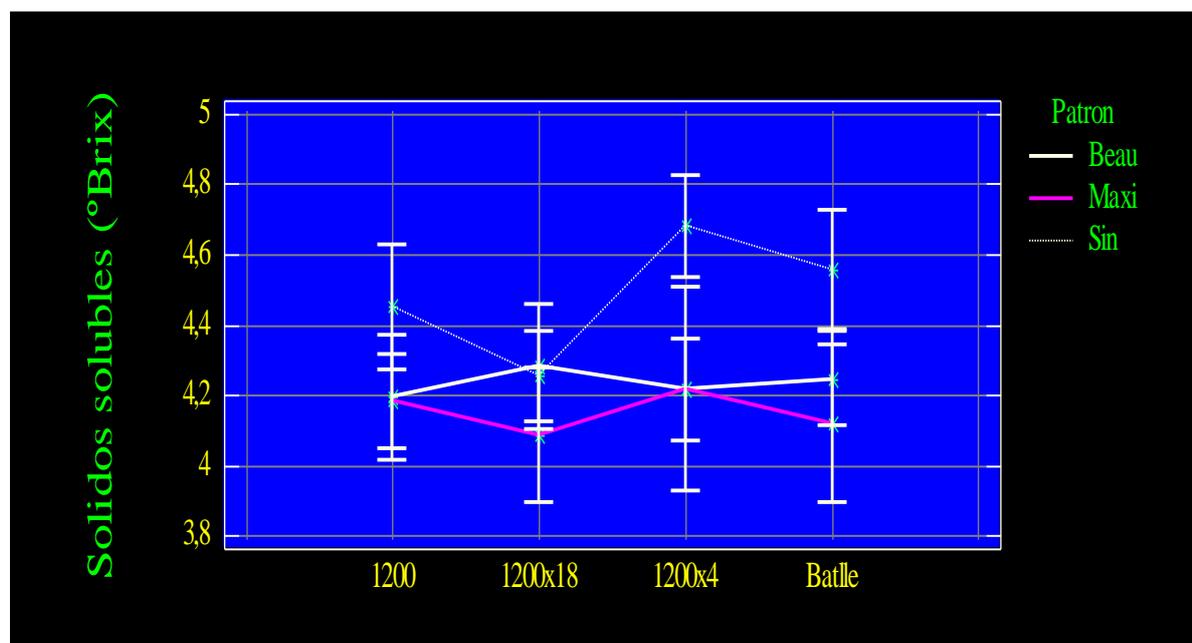


Figura 4.4 Contenido de sólidos solubles (°Brix).

4.2.2. ACIDEZ

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 4.9) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas. No existen diferencias significativas entre los patrones. La interacción entre los factores no es significativa.

Tabla 4.9. Análisis de la varianza para la acidez.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	0.135268	3	0.0450894	10.09	0,0000
Patrón	0.0218464	2	0.0109232	2.44	0.0923
Interacciones					
Línea-Patrón	0.0147806	6	0.00246344	0.55	0.7681
Residual	0.451528	101	0.00447058		
Total (corregido)	0.648328	112			

Como la interacción no es significativa se puede utilizar el test de rango múltiple. La acidez obtenida oscila entre el 0,33% en la línea UMH1200 y el 0,42% en la variedad comercial Batlle. Se han encontrado diferencias significativas entre las líneas, siendo la línea

UMH1200 y el híbrido UMH1200x18 los que presentan menor acidez. Estos valores son similares a los obtenidos por los híbridos sin injertar en el estudio de Cámara (2019).

Sin embargo, en el estudio de Cámara (2019) no encontraron diferencias significativas entre los dos híbridos. Se deberán repetir los análisis, para comprobar este hecho.

El rango de acidez obtenido para los distintos patrones oscila entre 0,37% y 0,39%, y no se han encontrado diferencias significativas entre ellos.

Tabla 4.10: Análisis de rango múltiple para la acidez por líneas y patrones.

Factor	Variedad	Nº de medidas	Media (%)	Grupos homogéneos
Línea	UMH1200	29	0.33	A
	UMH1200x18	29	0.35	A
	UMH1200x4	27	0.39	B
	Batlle	28	0.42	B
	Maxifort	27	0.37	A
Patrón	Beaufort	42	0.37	A
	Sin injertar	44	0.39	A

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

En la figura 4.5 se representa la acidez de las distintas líneas y los distintos patrones.

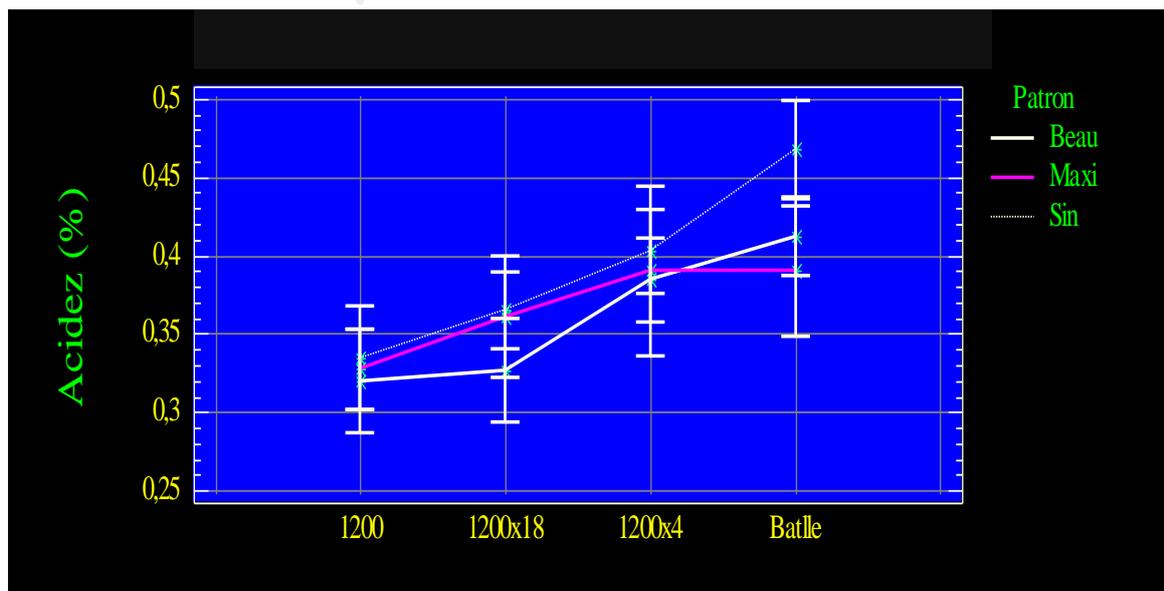


Figura 4.5 Acidez (% ácido cítrico)

5. CONCLUSIONES.

En los caracteres productivos no se han encontrado diferencias significativas entre las plantas sin injertar y las injertadas en Beaufort. En las plantas injertadas en Maxifort se ha obtenido una producción y número de frutos significativamente menor.

En los caracteres de calidad se han encontrado diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles a favor de las plantas sin injertar. No se han encontrado diferencias significativas en la acidez.

Solo se han encontrado diferencias significativas entre los híbridos UMH1200x4 y UMH1200x18 en acidez, a favor del UMH1200x4. Con estos resultados, cualquiera de los dos híbridos podría ser elegido para enviarlo al Registro.



6. BIBLIOGRAFÍA.

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

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

Brouwer, D., St Clair, D. 2004. Fine mapping of three quantitative trait loci for late blight resistance in tomato using near isogenic lines (NILs) and sub-NILs. *Theor. Appl. Genet.* 108, 628-638.

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

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

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

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

Cubero, J.I. 2003 Introducción a la mejora genética vegetal Mundiprensa.

FAO/FAOSTAT 2019. 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/

Fray Bernardino de Sahagún 2010 Historia general de las cosas de Nueva España. Ed. S.L. DASTIN

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, FS. 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., Valero, M. y Ruiz, J.J. 2014. UMH 1422 and UMH 1415: Two Freshmarket Tomato Breeding Lines Resistant to Tomato Mosaic Virus and Tomato Spotted Wilt Virus. Hortscience.

García-Martínez, S., Grau, A., Alonso, A., Rubio, F., Carbonell, P. y Ruiz, J.J. 2015. UMH 916, UMH 972, UMH 1093, UMH 1127, and UMH 1139: Four Freshmarket Breeding Lines Resistant to Viruses Within the Muchamiel Tomato Type. Hortscience.

García-Martínez, S., Grau, A., Alonso, A., Rubio, F., Carbonell, P. y 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

Guzman, G., González De Molina, M., Sevilla, E. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ed. Mundiprensa, Madrid.

Hawtin, G.C., Iwnaga, M., Hodgkin, T. 1996. Genetic resources in breeding for adaptation. Euphytica 92: 255-266.

Hunziker, A.T. 1979. South American Solanaceae: a synoptic survey. Linn. Soc. Symp. Series (7):49-85.

Jorge, J.M. 2011. Evaluación de patrones comerciales con respecto a plantas sin injertar en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.

Knapp, S.K., Peralta, I.E., Spooner, D.M. 2004. New species of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru. Systematic Botany 30 (2):424-434.

Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ed. Mundiprensa.

Nuez, F. y Ruiz, J.J. 1999. La biodiversidad agrícola valenciana: estrategias para su conservación y utilización. Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Peralta. 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sections *Lycopersicoides*, *Juglandifolia*, *Lycopersicon*; *Solanaceae*). Syst Bot Monogr 84:1-186.

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

Tanksley, S., Bernachi, D., BeckBunn, T., Emmatty, D., Eshed, Y., Inai, S., Zamir, D., 1998. Yield and quality evaluations on a pair of processing tomato lines nearly isogenic for the Tm2a gene for resistance to the tobacco mosaic virus. *Euphytica* 99, 77-83.

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.

Recursos web:

<https://bioplanet.eu/es/nes/>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2010-04-28_\(35\)_Erdhummel,_Buff-tailed_bumblebee,_Bombus_terrestris.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2010-04-28_(35)_Erdhummel,_Buff-tailed_bumblebee,_Bombus_terrestris.jpg)

www.riego.ivia.es/red-siar

