

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL**



**“EFECTO DE VARIOS PATRONES SOBRE LOS CARACTERES PRODUCTIVOS Y  
DE CALIDAD EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) MUCHAMIEL”**

**UNIVERSITAS**  
TRABAJO FIN DE GRADO

Marzo 2025

Autor: Guillermo José Ramírez Tena

Tutor: Santiago García Martínez



## **Efecto de varios patrones sobre los caracteres productivos y de calidad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel**

### **Resumen**

En este trabajo se ha evaluado el efecto del injerto en seis patrones comerciales diferentes sobre los caracteres productivos y de calidad en el híbrido UMH 1200x4 de tomate Muchamiel perteneciente al programa de mejora del CIAGRO-UMH; bajo condiciones de cultivo ecológico. Este híbrido presenta resistencia en heterocigosis a tres de las virosis principales que afectan al cultivo de tomate: Virus de Moteado del Tomate (TSWV), Virus del Rizado Amarillo del Tomate (TYLCV) y Virus de Mosaico del Tomate (ToMV).

Los datos obtenidos mediante análisis estadístico ANOVA y LSDs muestran que existen diferencias significativas en los caracteres agronómicos y de calidad entre los diferentes patrones Enpower®, Beaufort®, Spirit®, Armstrong®, Silex® y Multifort® y el híbrido sin injertar.

**Palabras clave:** variedades tradicionales, mejora vegetal, injerto-patrón, resistencia a virus, caracteres productivos y de calidad.

### **Abstract**

In this work we have evaluated the influence of the grafting of six different rootstocks for productive and quality characters in the hybrid UMH 1200x4 of tomato Muchamiel, belonging to the breeding program of the CIAGRO-UMH; under organic farming conditions. This hybrid has resistance in heterozygosity to three of the principal viruses that affect tomato growing: Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV), Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) and Tomato Mosaic Virus (ToMV).

The data obtained by the statistical analysis ANOVA and LSDs shows that there exist significant differences for the agronomics and quality characters between the different rootstocks Enpower®, Beaufort®, Spirit®, Armstrong®, Silex® y Multifort® and the hybrid not grafted.

**Keywords:** traditional varieties, plant breeding, graft, rootstock, virus resistance, productive and quality characters.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUCCIÓN</b>                                 | <b>7</b>  |
| 1.1.      | ORIGEN Y DIFUSIÓN                                   | 7         |
| 1.2.      | IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE                    | 8         |
| 1.2.1.    | A NIVEL MUNDIAL Y EUROPEO                           | 8         |
| 1.2.2.    | A NIVEL NACIONAL                                    | 9         |
| 1.3.      | SITUACIÓN TAXONÓMICA                                | 13        |
| 1.4.      | DESCRIPCIÓN BOTÁNICA                                | 14        |
| 1.5.      | CARÁCTERES MORFOLÓGICOS                             | 15        |
| 1.6.      | CULTIVO DEL TOMATE                                  | 17        |
| 1.7.      | INJERTO E INFLUENCIA DEL PATRÓN                     | 18        |
| 1.8.      | VARIETADES TRADICIONALES DE TOMATE                  | 18        |
| 1.9.      | EL TOMATE MUCHAMIEL                                 | 20        |
| 1.10.     | PROGRAMA DE MEJORA. CIAGRO-UMH                      | 21        |
| 1.11.     | LÍNEA EN LA QUE SE ENLOBA ESTE TRABAJO FIN DE GRADO | 24        |
| <b>2.</b> | <b>OBJETIVO</b>                                     | <b>25</b> |
| <b>3.</b> | <b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>                           | <b>26</b> |
| 3.1.      | MATERIAL VEGETAL EMPLEADO                           | 26        |
| 3.2.      | CONDICIONES DE CULTIVO                              | 27        |
| 3.3.      | MANEJO DEL CULTIVO                                  | 27        |
| 3.3.1.    | SEMILLERO   | 27        |
| 3.3.2.    | PREPARACIÓN DEL TERRENO                             | 28        |
| 3.3.3.    | TRANSPLANTE   | 28        |
| 3.3.4.    | MARCO DE PLANTACIÓN                                 | 28        |
| 3.3.5.    | ENTUTORADO Y PODA                                   | 28        |
| 3.3.6.    | POLINIZACIÓN  | 29        |
| 3.3.7.    | FERTILIZACIÓN Y AGUA DE RIEGO                       | 29        |
| 3.3.8.    | TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS                         | 30        |
| 3.3.9.    | RECOLECCIÓN   | 31        |
| 3.4.      | PLANIFICACIÓN DEL ENSAYO                            | 32        |
| 3.5.      | CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO                  | 33        |
| 3.5.1.    | CARACTERES PRODUCTIVOS                              | 33        |
| 3.5.1.1.  | PRODUCCIÓN  | 33        |
| 3.5.1.2.  | NÚMERO DE FRUTOS                                    | 33        |
| 3.5.1.3.  | PESO MEDIO DEL FRUTO                                | 33        |
| 3.5.2.    | CARACTERES DE CALIDAD                               | 33        |

|           |                                     |           |
|-----------|-------------------------------------|-----------|
| 3.5.2.1.  | SÓLIDOS SOLUBLES.....               | 35        |
| 3.5.2.2.  | ACIDEZ.....                         | 36        |
| 3.5.3.    | ANÁLISIS SENSORIAL.....             | 37        |
| 3.5.3.1.  | VISUAL .....                        | 37        |
| 3.5.3.2.  | SABOR .....                         | 38        |
| 3.5.3.3.  | TEXTURA .....                       | 38        |
| 3.6.      | TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....       | 41        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b> | <b>42</b> |
| 4.1.      | CARACTERES PRODUCTIVOS.....         | 42        |
| 4.1.1.    | PRODUCCIÓN COMERCIAL .....          | 42        |
| 4.1.2.    | PRODUCCIÓN DESTRÍO .....            | 44        |
| 4.1.3.    | PRODUCCIÓN TOTAL.....               | 47        |
| 4.2.      | CARÁCTERES DE CALIDAD.....          | 52        |
| 4.2.1.    | SÓLIDOS SOLUBLES .....              | 52        |
| 4.2.2.    | ACIDEZ.....                         | 53        |
| 4.2.3.    | ANÁLISIS SENSORIAL.....             | 55        |
| 4.2.3.1.  | VISUAL .....                        | 55        |
| 4.2.3.2.  | SABOR .....                         | 56        |
| 4.2.3.3.  | TEXTURA .....                       | 57        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSIONES .....</b>           | <b>59</b> |
| <b>6.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>            | <b>60</b> |





**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

## 1. INTRODUCCIÓN

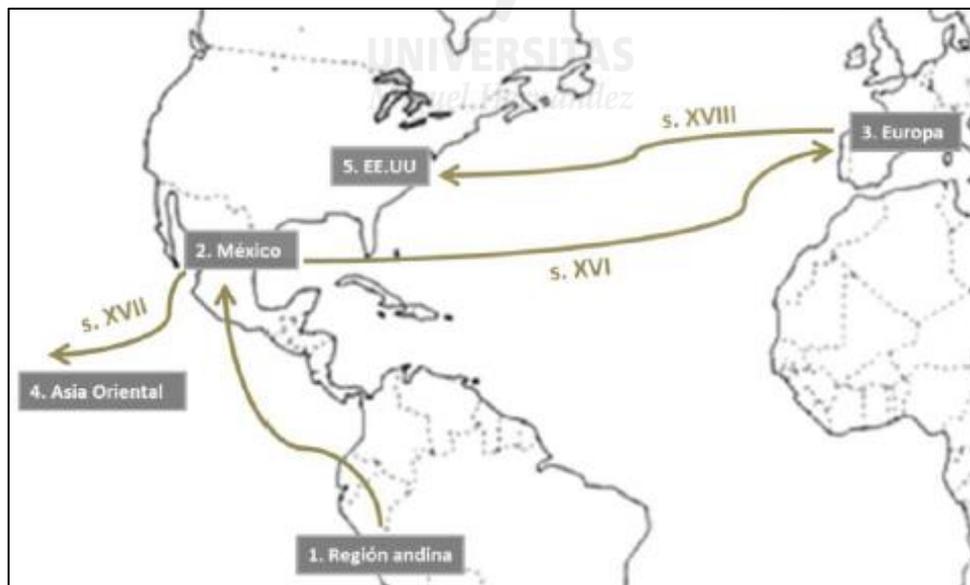
### 1.1. ORIGEN Y DIFUSIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una planta perteneciente a la familia de las Solanáceas, a la cual también pertenecen otras conocidas plantas cultivadas, como la patata (*Solanum tuberosum* L.) y la berenjena (*Solanum melongena* L.).

La planta es originaria de Sudamérica, más concretamente de la región andina; lo que hoy correspondería con zonas de países como Chile, Ecuador, Bolivia, Colombia y Perú; y donde todavía podemos encontrar diferentes especies salvajes de este género como *Solanum pimpinellifolium* L., *Solanum peruvianum* L. o *Solanum chilense* (Dunal) Reiche; entre otros (Esquinas-Alcázar y Nuez, 2001).

La cantidad de variedades silvestres que se pueden encontrar en los campos y terrenos sin cultivar de esta zona de Sudamérica confirman que este es su centro de origen (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

Desde su lugar de origen, la planta fue difundida por Centroamérica y el sur de Norteamérica. Existe un debate sobre el lugar de la domesticación del tomate, aunque es aceptado que tuvo lugar en México (Charles M. Rick, 1986).



**Figura 1.** Centro de origen y rutas de distribución del tomate basado en Alcázar y Nuez (1995). Fuente: Cabrera J. (2019)

Fue desde México, de donde llegaron los primeros tomates a la Península Ibérica en la primera mitad del siglo XVI. El tomate se introdujo fácilmente en Europa y fue aceptado

para consumo humano por diferentes países europeos como Italia, España y Portugal, aunque por otros países se usó como planta ornamental debido al pensamiento de que todas las solanáceas eran venenosas por su composición en alcaloides como la solanina. Se consideró como hortaliza en el año 1785 (Charles M. Rick,1978).

Es ya a partir del siglo XIX, cuando el tomate adquiere una gran importancia económica a nivel mundial, llegándose a convertir, junto con la patata, en una de los productos más consumidos y expandidos a nivel mundial.

## 1.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE

### 1.2.1. A NIVEL MUNDIAL Y EUROPEO

Según la FAO con datos actualizados a 2022, la producción mundial de tomate alcanzó las 186.107.972 toneladas y la superficie cosechada 4.917.735 hectáreas, por lo que el rendimiento promedio mundial fue de 37,84 toneladas por hectárea.

China se sitúa como el mayor productor con 68 millones de toneladas, después India con 20 millones y el tercero Turquía con 13 millones. España ocupa la décima posición en el ranking mundial de los principales productores de tomate (Figura 2).

El valor de la producción mundial de tomate para fresco en 2022 fue de 88.609 millones de euros.

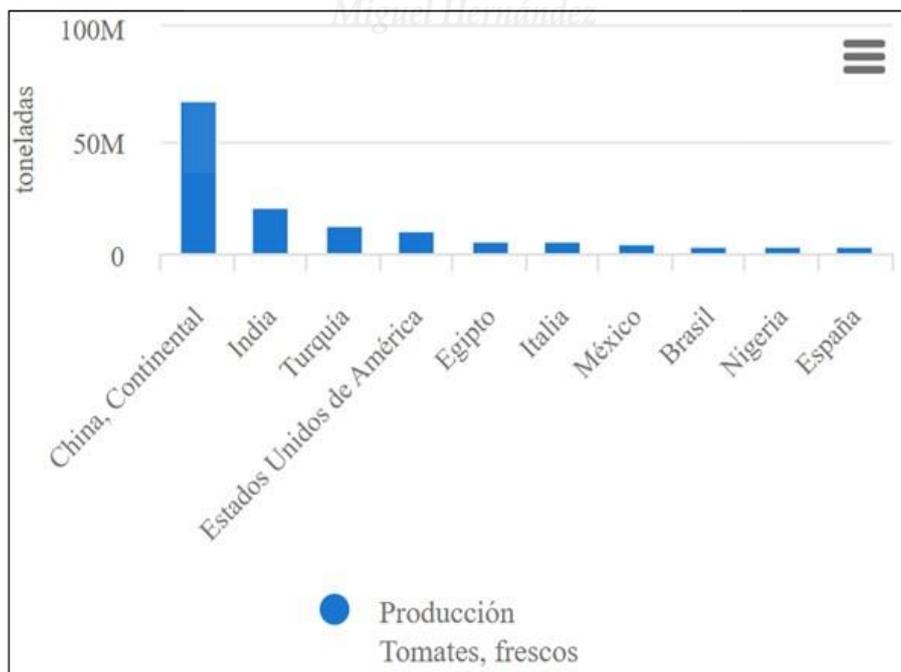


Figura 2. Principales países productores de tomate 2022. Fuente: FAOSTAT, 2024

A nivel europeo España ocupa la segunda posición en el ranking de los 10 principales productores de tomate en fresco con una producción de 3,5 millones de toneladas. Destaca en primera posición Italia, con una producción de 6,1 millones de toneladas (Tabla 1).

**Tabla 1** Ranking 10 principales países productores de tomate a nivel europeo en 2022.

Fuente: elaboración propia datos extraídos de FAOSTAT, 2024

| Puesto | País         | Cultivo          | Año  | Producción (toneladas) |
|--------|--------------|------------------|------|------------------------|
| 1      | Italia       | Tomates, frescos | 2022 | 6.136.380,00           |
| 2      | España       | Tomates, frescos | 2022 | 3.651.940,00           |
| 3      | Portugal     | Tomates, frescos | 2022 | 1.406.280,00           |
| 4      | Ucrania      | Tomates, frescos | 2022 | 1.257.470,00           |
| 5      | Polonia      | Tomates, frescos | 2022 | 787.200,00             |
| 6      | Países Bajos | Tomates, frescos | 2022 | 770.000,00             |
| 7      | Grecia       | Tomates, frescos | 2022 | 752.510,00             |
| 8      | Francia      | Tomates, frescos | 2022 | 711.040,00             |
| 9      | Bélgica      | Tomates, frescos | 2022 | 298.800,00             |
| 10     | Albania      | Tomates, frescos | 2022 | 315.057,30             |

### 1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Como podemos apreciar (Tabla 2), el tomate es el quinto cultivo que se produce en mayor cantidad en España. En 2022 se llegaron a producir cerca 3.7 millones de toneladas de tomate en fresco (FAOSTAT 2024).

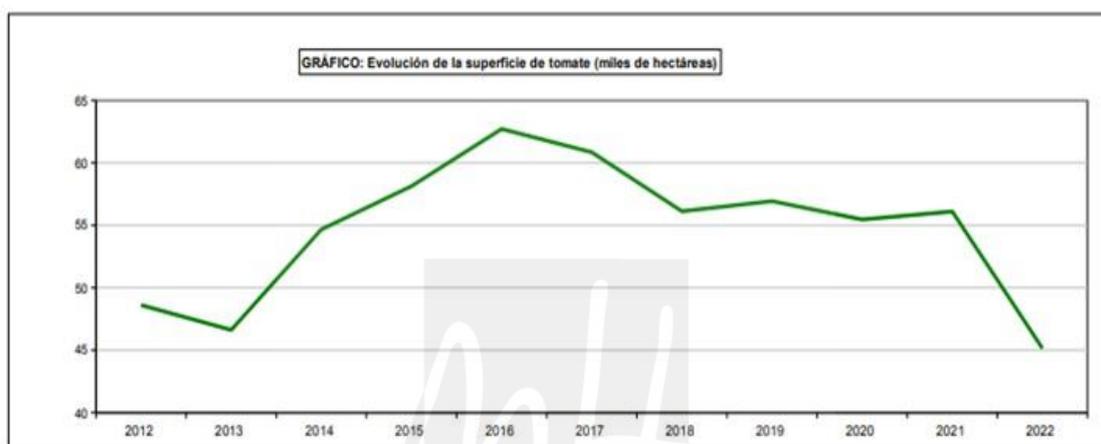
**Tabla 2.** Principales cultivos en España para el año 2022. Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de FAOSTAT, 2024.

| Posición | Producto                            | Valor (toneladas) |
|----------|-------------------------------------|-------------------|
| 1        | Cebada                              | 7.029.720         |
| 2        | Trigo                               | 6.508.800         |
| 3        | Uvas                                | 5.902.040         |
| 4        | Aceitunas, olivas                   | 3.940.070         |
| 5        | Tomates, frescos                    | 3.651.940         |
| 6        | Maíz                                | 3.590.260         |
| 7        | Naranjas                            | 2.817.400         |
| 8        | Azúcar, remolacha                   | 2.001.040         |
| 9        | Papas, patatas                      | 1.881.920         |
| 10       | Tangerinas, mandarinas, clementinas | 1.800.490         |

**Tabla 3.** Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio, valor del tomate – Fuente: MAPA, 2024

| 7.6.27.1. HORTALIZAS DE FRUTO-TOMATE:<br>Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio, valor |                                    |                        |                                    |  |                           |
|--|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|--|---------------------------|
| Años   | Superficie<br>(miles de hectáreas) | Rendimiento<br>(qm/ha) | Producción<br>(miles de toneladas) | Precio medio<br>percibido por<br>los agricultores<br>(euros/100kg) | Valor<br>(miles de euros) |
| 2012   | 48,6                               | 832                    | 4.046,4                            | 30,04  | 1.215.542,5               |
| 2013   | 46,6                               | 809                    | 3.772,8                            | 29,96  | 1.130.344,7               |
| 2014   | 54,7                               | 890                    | 4.865,5                            | 28,99  | 1.410.496,9               |
| 2015   | 58,1                               | 831                    | 4.832,7                            | 32,56  | 1.573.527,0               |
| 2016   | 62,7                               | 834                    | 5.233,5                            | 28,12  | 1.471.672,0               |
| 2017   | 60,9                               | 849                    | 5.163,5                            | 38,88  | 2.007.555,6               |
| 2018   | 56,1                               | 850                    | 4.768,6                            | 31,55  | 1.504.491,7               |
| 2019   | 56,9                               | 878                    | 5.000,6                            | 31,57  | 1.578.676,5               |
| 2020   | 55,5                               | 778                    | 4.312,9                            | 31,79  | 1.371.069,3               |
| 2021   | 56,1                               | 847                    | 4.754,4                            | 37,29  | 1.772.908,3               |
| 2022   | 45,2                               | 809                    | 3.651,9                            | 46,01  | 1.680.259,4               |

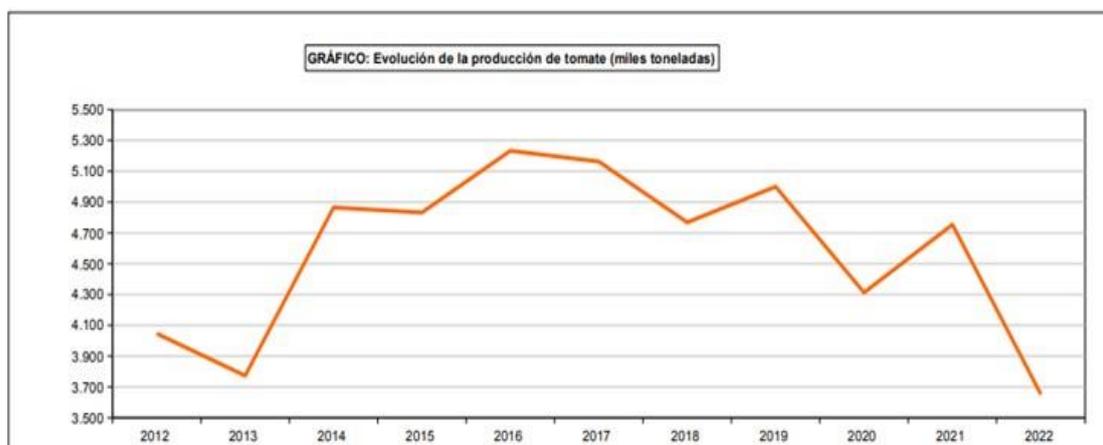
Si observamos la evolución del cultivo de tomate (Tabla 3); en la última década apreciamos cierta estabilidad en el valor de la producción pese a que la superficie cultivada se ha visto fuertemente reducida. Esto es porque el nivel de precios al que se paga al agricultor ha aumentado, consecuencia del encarecimiento y la inflación generalizada que venimos soportando desde hace unos años y porqué una gran parte del tomate producido en España tiene como destino la exportación a otros países de la comunidad europea gracias a sus elevados estándares de calidad, donde estos, se pagan a un precio superior.



**Figura 3.** Evolución de la superficie de cultivo del tomate en España desde 2012 hasta 2022. Fuente: MAPA, 2024.

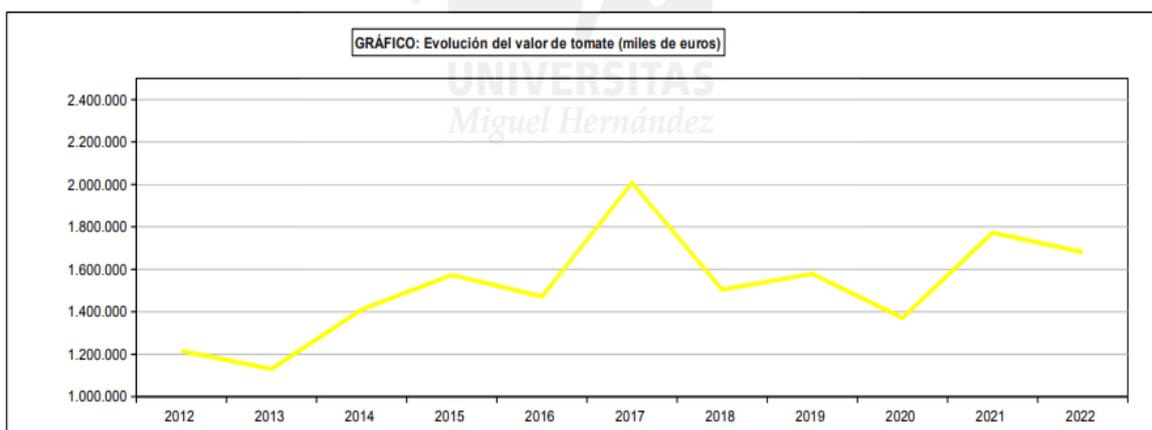
Podemos apreciar un importante descenso en la superficie de cultivo desde mediados del 2016 hasta el 2018, desde cuando se mantiene más o menos estable (Figura 3). A mediados de 2021 vuelve a bajar bruscamente la superficie cultivada hasta niveles inferiores a los de 2012.

En cuanto a la producción nacional (Figura 4), observamos una tendencia al descenso desde 2016 con un pequeño repunte en 2019 y 2021, para volver a caer drásticamente en 2022. Se puede asociar a la reducción en la superficie cultivada y la fuerte competencia de terceros países extracomunitarios que pueden vender más barato debido al no cumplimiento de las fuertes exigencias a las que los agricultores españoles y europeos se ven sometidos, lo que provoca el abandono del cultivo por parte de los productores nacionales; además del aumento generalizado del coste de la energía, transporte y producción, que se ha vivido estos últimos años.



**Figura 4.** Evolución de la producción total de tomate en España desde 2012 hasta 2022. Fuente: MAPA, 2024.

Respecto al precio y valor de los tomates (Figura 5), observamos una cierta estabilidad desde 2018 hasta 2021, donde apreciamos un fuerte incremento del precio percibido por los agricultores y del valor de la producción. A pesar de la reducción en la producción, los precios se han mantenido al alza y por eso el valor económico se ha mantenido elevado.



**Figura 5.** Evolución del valor del tomate en España desde 2012 hasta 2022. Fuente: MAPA, 2024

Si analizamos por comunidades autónomas el cultivo del tomate en España (Tabla 4), observamos que las comunidades con mayor producción y superficie de cultivo son: Extremadura, Andalucía y Región de Murcia en tercer lugar. Comunidad Valenciana ocupa el 7º lugar.

**Tabla 4** Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción, 2022. Fuente: MAPA 2024

| Provincias y Comunidades Autónomas | Superficie (hectáreas) | Producción (Toneladas) |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| GALICIA                            | 998                    | 71.092                 |
| P. DE ASTURIAS                     | 145                    | 4.390                  |
| CANTABRIA                          | 20                     | 1.305                  |
| PAÍS VASCO                         | 287                    | 5.636                  |
| NAVARRA                            | 2.001                  | 180.717                |
| LA RIOJA                           | 92                     | 7.116                  |
| ARAGÓN                             | 613                    | 42.507                 |
| CATALUÑA                           | 893                    | 35.972                 |
| BALEARES                           | 406                    | 9.002                  |
| CASTILLA Y LEÓN                    | 47                     | 2.625                  |
| MADRID                             | 71                     | 4.865                  |
| CASTILLA-LA MANCHA                 | 1.276                  | 93.801                 |
| C. VALENCIANA                      | 1.067                  | 63.029                 |
| R. DE MURCIA                       | 2.363                  | 219.143                |
| EXTREMADURA                        | 17.784                 | 1.550.848              |
| ANDALUCÍA                          | 16.495                 | 1.306.561              |
| CANARIAS                           | 594                    | 53.335                 |
| <b>ESPAÑA</b>                      | <b>45.152</b>          | <b>3.651.944</b>       |

### 1.3. SITUACIÓN TAXONÓMICA

La primera descripción del tomate se dio en el herbario publicado en 1554 por Pietro Andrea Gregorio Mattioli, donde se describía un tomate de bayas pequeñas y amarillas que se conocía como “Pomi d`oro” (Peralta, 2008).

Cabe mencionar, que el ejemplar más antiguo de la planta del tomate conservado hasta la fecha se encuentra en el herbario de Ulisse Aldrovandi, el cual comenzó en 1551 y es considerado uno de los más antiguos del mundo. En la actualidad se encuentra en el Jardín Botánico de Bolonia (Peralta, 2008).

El tomate siempre ha sido clasificado dentro de la familia de las solanáceas, aunque hubo años de controversia con el género al que pertenece. Fue Linneo, quién en 1754 clasificó al tomate como perteneciente al género *Solanum*. Al mismo tiempo, Miller clasificó al

tomate como *Lycopersicon esculentum* Mill., aunque años después, gracias a nuevos estudios moleculares realizados, se ha validado la clasificación de Linneo: *Solanum lycopersicum* L.; aceptando que pertenece al género *Solanum* (Knapp y E. Peralta 2016).

La taxonomía aceptada es la siguiente (Foolad, 2007):

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta / Angiospermae
- Clase: Magnoliopsida / Dicotyledoneae
- Subclase: Asteridae
- Orden: Solanales
- Suborden: Solaninae
- Familia: Solanaceae
- Género: *Solanum*
- Especie: *lycopersicum*

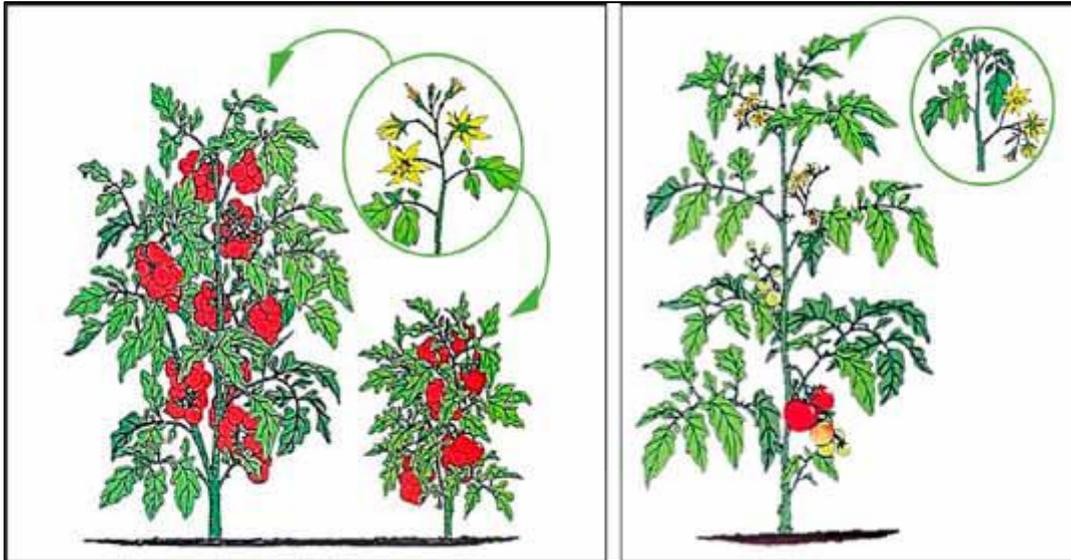
#### **1.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

El tomate es una planta perenne de tipo arbustivo que se cultiva como planta anual.

En cuanto a la morfología de la planta, puede ser de tipo rastrero, semi-erecta o erecta, existiendo dos tipos de plantas:

- Determinadas: cuyo crecimiento es limitado, llegando a su fin cuando de la última yema (apical), se desarrolla una inflorescencia.

- Indeterminadas: con crecimiento ilimitado (Figura 6). Siguen creciendo y floreciendo durante todo su ciclo de cultivo.



**Figura 6.** Planta de tomate de crecimiento determinado (derecha) y de crecimiento indeterminado (izquierda). Fuente: *Boletín INIA 411, capítulo 1: "El tomate"*.

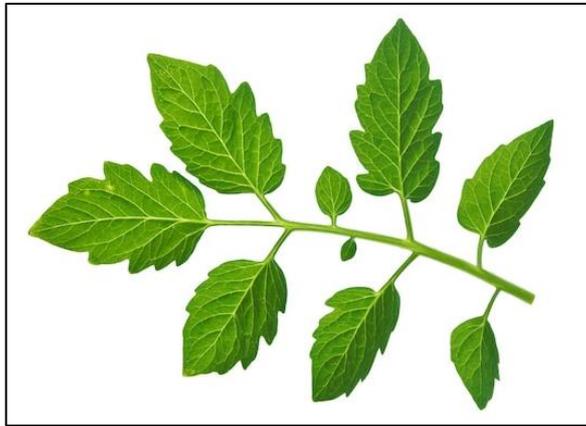
Las variedades de crecimiento indeterminado son las más interesantes a nivel productivo porque suelen tener un mayor rendimiento que las variedades determinadas.

### 1.5. CARÁCTERES MORFOLÓGICOS

El sistema radicular es amplio y profundo, pudiéndose desarrollar hasta los 50-60 cm de profundidad. Se compone de una raíz principal desde la que parten una gran cantidad de raíces secundarias con sus respectivas raíces adventicias.

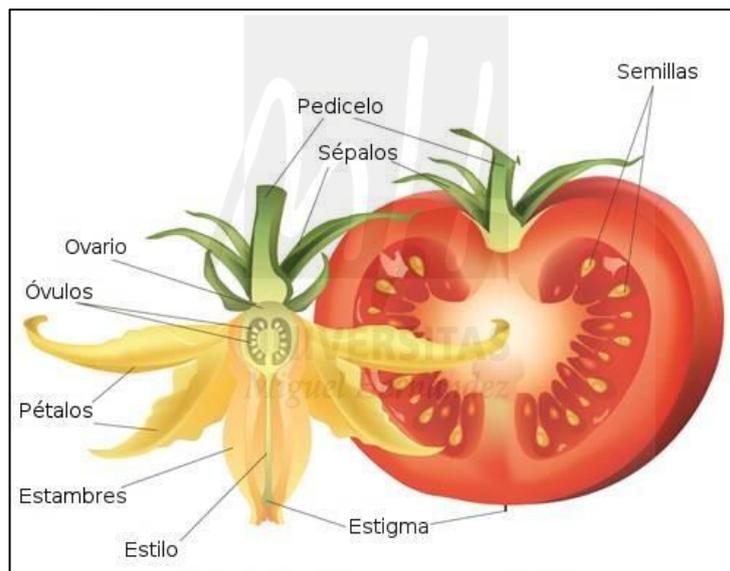
El tallo de la planta es grueso, pubescente, anguloso y de tonalidad verdosa. Midiendo entre 2 y 4 cm de ancho y volviéndose más fino en la parte superior. De los meristemos apicales y axilares salen los tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales. La vellosoidad es de origen glandular, lo que hace que la planta tenga un olor característico.

Las hojas (Figura 7), son compuestas e imparipinnadas, con generalmente entre 5 y 9 foliolos peciolados y de borde dentado. Al igual que el tallo, están recubiertas de pequeñas vellosoidades.



**Figura 7.** Detalle hoja de tomate. Fuente: *Freepick.es*

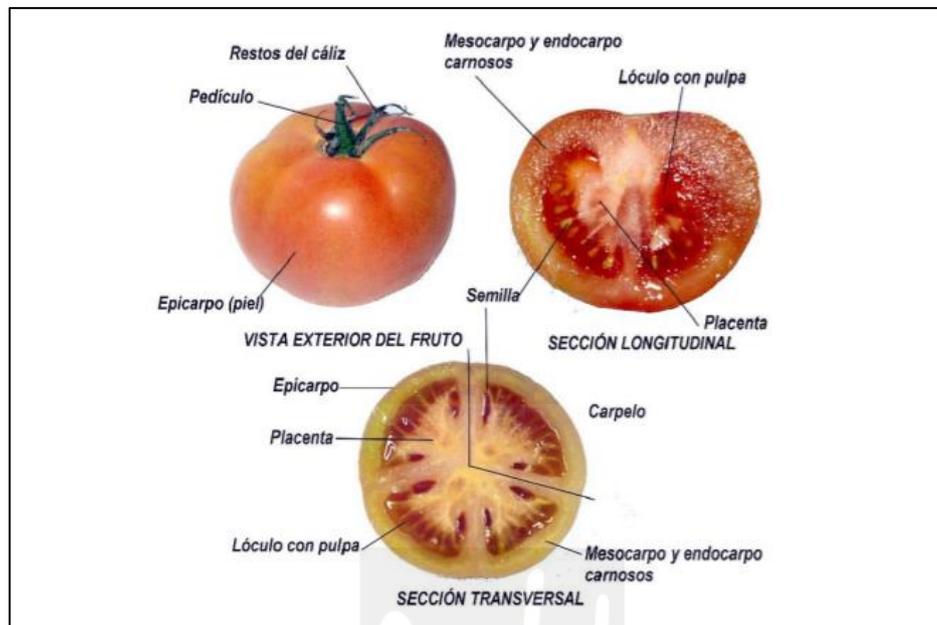
La flor es perfecta, regular e hipógina; los sépalos, pétalos y estambres están insertos en el receptáculo por debajo del gineceo (ovario súpero) y tiene 5 o más sépalos e igual número de pétalos de color amarillo (flor pentámera). Las flores se presentan en inflorescencias o racimos florales, que están compuestos de varios ejes de las cuales salen cada una de las flores.



**Figura 8.** Detalle de la flor de tomate. Fuente: *kobox.es*

El ovario puede ser bi/plurilocular, que da origen a un fruto o baya bi o plurilocular constituida por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. La polinización es autógama, es decir, la flor se poliniza con su propio polen. En la mayoría de los cultivares las anteras recubren el estigma del pistilo, asegurando así la autopolinización. La polinización cruzada debido a insectos ocurre en aproximadamente un 5%, aunque en las regiones tropicales se han observado valores de 15 a 25% (Valadez, 1998).

El fruto es una baya carnosa habitualmente de color rojo en la maduración, aunque puede presentar otras tonalidades como púrpura, amarillo o naranja. Estas bayas pueden ser lisas o acostilladas, según las variedades.



**Figura 9.** Vista exterior, sección transversal y longitudinal del fruto del tomate. Fuente: *Unlversidad Politécnica de Valencia*

En el interior de la baya se diferencian claramente los lóculos carpelares que pueden variar de 2 a 30, con numerosas semillas pequeñas y aplanadas en su interior. El tamaño de los frutos también es variable, desde 3 cm de diámetro hasta 16 cm. (Maroto, 2000). Los tomates para consumo en fresco se clasifican en base al calibre (Díez y Nuez, 2008).

La semilla del tomate es aplanada y de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. En endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. Del embrión se desarrollará la planta adulta y está constituido por una yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. La testa está constituida por un tejido duro e impermeable, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Maroto, 2000).

### 1.6. CULTIVO DEL TOMATE

La planta del tomate es una planta que se desarrolla bastante bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas y métodos de cultivo.

Las condiciones idóneas para su cultivo son ambientes cálidos con buena iluminación y suelos francos con buen drenaje; lo que hace que su crecimiento vegetativo y el desarrollo y cuajado del fruto se vea favorecido. (Chamarro, 2001)

El crecimiento óptimo lo consigue con temperaturas diurnas de entre 23°C y 28°C y nocturnas alrededor de los 17°C. Es moderadamente sensible a la salinidad. No tolera las heladas y una exposición prolongada a temperaturas inferiores a 10 °C, iluminación diurna inferior a 12 horas, un drenaje insuficiente o un abonado nitrogenado excesivo; también le afectan negativamente. (Esquinas y Nuez, 2001).

### **1.7. INJERTO E INFLUENCIA DEL PATRÓN**

El objetivo del injerto en tomate es reducir la susceptibilidad a diversos estreses abióticos y bióticos y mejorar la producción sin ningún deterioro de calidad ni nutricional en el fruto. En los últimos años, se ha estudiado el potencial del injerto para tratar diferentes tipos de estreses abióticos como la salinidad (Colla et al., 2010), estrés hídrico (Kumar et al., 2017), resistencia a metales pesados (Kumar et al., 2015), enfermedades y patógenos del suelo (Barrett, et al. 2012); así como para mejorar el rendimiento y calidad del fruto (Turhan et al., 2011).

En general, el uso del injerto supone un aumento en los costes de producción, pero este es compensado por el aumento en los rendimientos obtenidos (Genova et al., 2013).

Es una herramienta fundamental en cultivo ecológico para aumentar los rendimientos, ya que aporta vigor y resistencia a diferentes estreses favoreciendo un aumento de producción y disminución de las bajas y pérdidas sufridas por el agricultor.

### **1.8. VARIEDADES TRADICIONALES DE TOMATE**

El tomate es un cultivo con mucha diversidad genética y morfológica por lo que produce frutos con distintas formas, tamaños, colores, sabores y texturas. Esta diversidad tiene su origen en la gran expansión y adaptación que ha tenido el tomate por el mundo, enfrentándose a diferentes climas, condiciones de cultivo, intercambios entre agricultores, selección a partir de mezclas, hibridaciones accidentales...

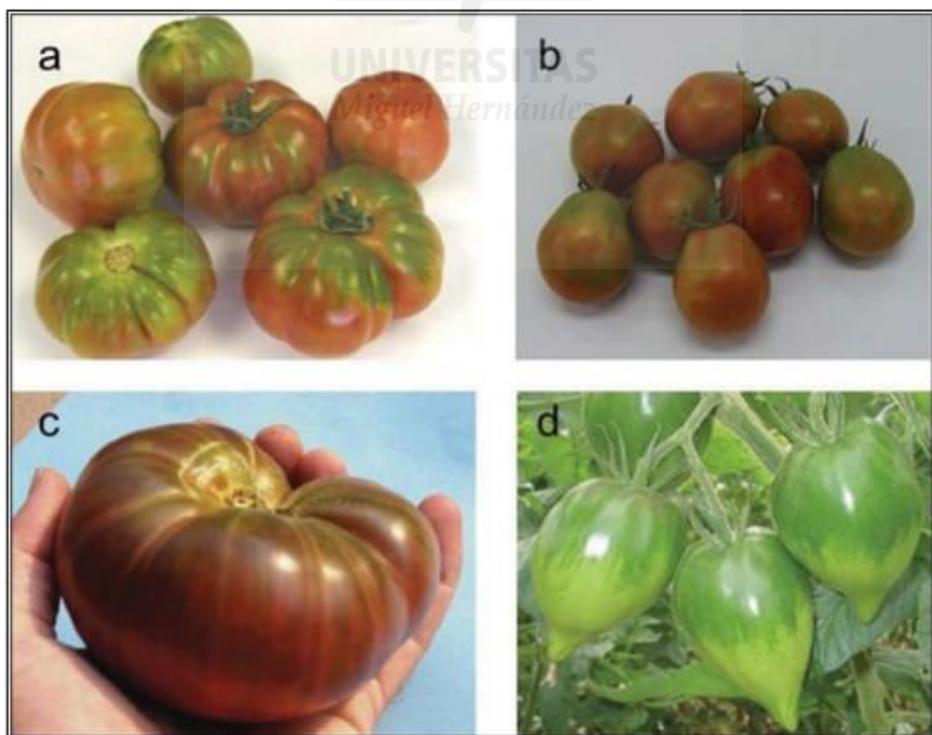
Sin embargo, en los últimos años, debido a varios motivos como la exigencia de uniformidad en los mercados agrarios y la desaparición de las pequeñas unidades de autoconsumo, se ha producido una sustitución de muchas de las variedades locales,

heterogéneas y primitivas; por variedades comerciales constituidas por genotipos uniformes. Todo ello está provocando una pérdida enorme de la variabilidad acumulada durante años (Nuez et al. 1997).

La variabilidad perdida ya no se puede recuperar. Esta erosión genética aumenta la vulnerabilidad agrícola de los cultivos y puede poner en peligro la seguridad alimentaria mundial (Martín 2001).

Conservar y mantener estas variedades tradicionales es de vital importancia ya que representan una enorme diversidad frente a los híbridos comerciales; lo cual es un recurso enormemente valioso. Las variedades tradicionales son en general sensibles a virosis y menos productivas que los híbridos comerciales; pero destacan respecto a sus caracteres organolépticos.

En el sureste español, son muchas las variedades tradicionales que podemos encontrar (Figura 10). Las más representativas son entre otras: el “De la pera” y “Cherry” de la Vega Baja del Segura, el “Tres cantos” de Elche, el “Valenciano”, los “tomates morunos”, el “Flor de Baladre” de Murcia y el tomate “Muchamiel” de Alicante (García Martínez, 2006); el cual es el objeto de nuestro estudio.



**Figura 10.** A: Tomate Muchamiel, B: Tomate de la pera, C: Morunos y D: Valencianos.

Fuente: *García Martínez, 2006*; visto en *J.A. Cabrera 2019*.

### 1.9. EL TOMATE MUCHAMIEL

El tomate Muchamiel es una de las variedades tradicionales con mayor relevancia y reconocimiento en la provincia de Alicante. Es originaria del municipio de Muchamiel (Alicante), pero su cultivo se extiende por muchas zonas del sureste español.

En general podemos decir, que es una planta vigorosa y con buen follaje. El fruto se presenta acostillado y la parte del pedúnculo (hombros), es de un verde marcado que se mantiene hasta la recolección.

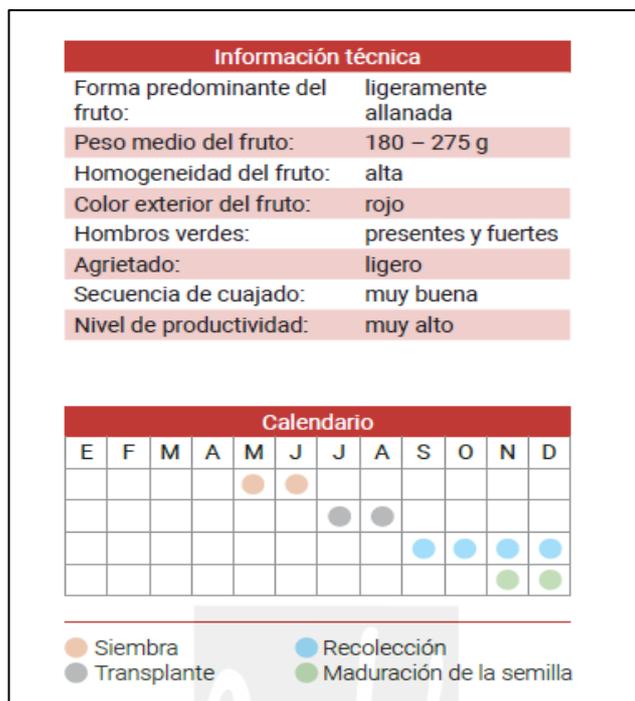
Hay que matizar que, aparte de esta descripción generalizada, sigue existiendo cierta variabilidad morfológica en los frutos de la variedad Muchamiel, ya existen variantes seleccionadas por los agricultores durante años. El tipo varietal "Muchamiel" está formado por un conjunto de variedades tradicionales de tomate que tienen el fruto grande, aplastado, más o menos rizado (Figura 11), que se cultivan fundamentalmente en Alicante, Valencia y Murcia (García Martínez, 2006).



**Figura 11.** Frutos del tipo varietal Muchamiel en el estado de maduración óptimo de consumo, con distintas formas y colores. Fuente: *García-Martínez, 2006*, visto en J.A. Cabrera 2019.

Posee buenas cualidades organolépticas, teniendo un sabor suave y una textura que se describe como "melosa". Suele presentar una zona blanca en el centro del tomate (zona de debajo del pedúnculo), lo cual puede suponer un inconveniente para algunos consumidores; y una piel fina pero resistente (aunque suele ser susceptible al rajado).

Su principal uso es el consumo en fresco y se recomienda un ciclo de cultivo de otoño-invierno (Figura 12).



**Figura 12.** Información técnica y calendario tradicional del cultivo de tomate Muchamiel. Fuente: *Catálogo Valenciano de variedades tradicionales de interés agrario*.

En las últimas décadas se ha ido abandonando la variedad tradicional por la susceptibilidad a distintos tipos de virus hortícolas; sustituyéndose por híbridos comerciales.

#### 1.10. PROGRAMA DE MEJORA. CIAGRO-UMH

Desde el punto de vista de la mejora vegetal, la preservación de la variabilidad genética, y la conservación de las variedades tradicionales, nace en 1998, el programa de mejora genética de variedades tradicionales de la EPSO-UMH. Su objetivo es la introducción de resistencias genéticas a 3 de las principales virosis 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); en las variedades tradicionales Muchamiel y De la pera.

Es un programa de mejora basado en la técnica del retrocruzamiento, la selección temprana de genotipos asistida mediante marcadores moleculares y la selección fenotípica de los mejores retrocruces. Esta selección fenotípica se realiza para obtener, entre las plantas portadoras de los genes de interés (selección asistida), aquellas que no manifiesten síntomas de la virosis y que tengan mejores características productivas (número de frutos, cuajado, producción...) y de calidad (aspecto, sabor, azúcares, acidez...). Ambas técnicas no son excluyentes, habiéndose confirmado que el resultado óptimo se obtiene empleando una combinación de las dos técnicas (García-García P., 2004; visto en Carbonell P. 2021).

Las etapas que comprende este programa de mejora son las siguientes:

- **Caracterización agronómica de las variedades tradicionales y de la fuente de resistencia** (1998 - 2001)

Las accesiones se evaluaron en diferentes ensayos en los que se estudiaron características como el rendimiento, peso de fruto, cuajado, número de frutos, incidencia de enfermedades y otros parámetros basados en descriptores de tomate (IPGRI, 1996), los cuales permiten homogeneizar la información con independencia del evaluador (Carbonell P., 2021).

- **Realización de cruzamientos y retrocruzamientos, fijación genes de resistencia y selección de las mejores líneas** (2003 – 2011 y posteriores)

El programa de mejora UMH se diseñó para la introducción simultánea de diferentes genes de resistencia a virus en las variedades Muchamiel y De la pera seleccionadas. Para ello, se eligió el híbrido comercial F1 Anastasia (Semini Vegetable Seeds) como fuente de resistencia. Este híbrido contiene el gen *Tm-2a* en homocigosis otorgando resistencia a ToMV, y los genes *Ty-1* y *Sw-5* en heterocigosis proporcionando tolerancia a TYLCV y resistencia a TSWV, respectivamente (Carbonell P., 2021).

Hasta la aparición de los marcadores moleculares en los programas de mejora modernos, se observaba la respuesta fenotípica de las plantas a la inoculación del virus y se seleccionaban aquellas que no manifestaban síntomas. Sin embargo, esto da lugar a la aparición frecuente de escapes, es decir, plantas sin resistencias que no se han infectado. Para evitar esta situación, en el programa de mejora UMH se comenzó a utilizar marcadores moleculares ligados a los genes de resistencia, los cuales permiten

diferenciar genéticamente las plántulas retrocruzadas en el laboratorio. Tras la selección genética mediante marcadores, se evaluaron fenotípicamente una serie de caracteres agro-morfológicos y de calidad entre la población segregante de los retrocruzamientos, con alta presión de selección para elegir las mejores plantas (Carbonell P., 2021).

Fueron necesarios de 5-9 ciclos de retrocruzamiento y 1 de autofecundación para obtener plantas con las resistencias fijadas y suficientemente parecidas a los parentales.

#### - Inscripción en el Registro de Variedades

Tras el largo y arduo proceso de mejora vegetal llevado a cabo, el último paso es la inscripción y obtención del título de obtención varietal a través de la Oficina Española de Variedades Vegetales.

En 2011 se enviaron las primeras líneas de variedades tradicionales Muchamiel y De la pera. Las líneas UMH 1200 (Muchamiel) y UMH 1203 (De la pera), con los genes de resistencia a ToMV, TYLCV y TSWV en homocigosis, se registraron en el año 2013. Tras los primeros registros, se observaron efectos negativos relacionados con el gen *Ty-1* en homocigosis sobre los caracteres productivos y de calidad del fruto; lo que motivó la obtención de líneas sin resistencia a TYLCV para evitar la pérdida de productividad y calidad asociada a la introgresión del *Ty-1*. De todas las líneas obtenidas en el programa sin el gen *Ty-1*, se ha registrado una de tipo Muchamiel (UMH 1139), cuatro De la pera (UMH 1422, UMH 1415, UMH 1353 y UMH 1354) y dos de tipo Cherry (UMH 1401 y UMH 1402).

En 2019 se registraron dos líneas homocigóticas para los tres genes de resistencia. Por un lado, la línea UMH 1209 inscrito como De la pera moruno; y también se registró la línea UMH 1400, procedente de una accesión de tomate cherry tradicional de fruto con cierta forma aperada (García- Martínez et al., 2020; visto en Carbonell P., 2021).

Por último, se han registrado tres híbridos de tipo Muchamiel con los tres genes de resistencia en heterocigosis evitando los problemas por la introgresión del gen *Ty-1* en homocigosis, anteriormente mencionado. Estos son los híbridos UMH 1101xIF (2017), el UMH 1200xBFT (2020) y el UMH 1200xCGB (2020). Todos ellos consiguen buenas producciones y una gran calidad de fruto, sin embargo, estos híbridos no poseen muchas

de las características del tomate Muchamiel al estar cruzados con otro tipo de variedades (Carbonell P., 2021).

En 2021 nace CIAGRO-UMH (Instituto de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental), que constituye un centro dedicado principalmente a la investigación científica y técnica, así como a la promoción, la coordinación, la formación y el asesoramiento, sobre la base del conocimiento y la innovación en las disciplinas Agroalimentaria y Agroambiental. El programa de mejora pasa a formar parte de las actividades del grupo de investigación en Biodiversidad Agrícola y Mejora Genética de Variedades del CIAGRO-UMH.

Actualmente se siguen evaluando varias líneas e híbridos del programa de mejora del CIAGRO-UMH; como es el caso del híbrido UMH 1200x4, utilizado en este ensayo.

#### **1.11. LÍNEA EN LA QUE SE ENGLoba ESTE TRABAJO FIN DE GRADO**

En este ensayo se ha utilizado el híbrido Muchamiel UMH 1200x4, obtenido en el programa de mejora del CIAGRO-UMH que conserva prácticamente todas las cualidades de la variedad tradicional y aparte, incorpora resistencia en heterocigosis a 3 de las principales virosis que afectan a su cultivo: ToMV, TSWV y TYLCV. En el programa de mejora del CIAGRO-UMH se han utilizado algunos patrones comerciales (Beaufort y Maxifort, De Ruitter), obteniendo buenos resultados. En este TFG se amplía el número de patrones.

## 2. OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio y evaluación de la influencia del patrón sobre de los caracteres agronómicos y de calidad en la variedad de tomate Muchamiel.

Se ha utilizado como variedad el híbrido de Muchamiel UMH 1200x4 del programa de mejora del CIAGRO-UMH con resistencia en heterocigosis a 3 de las principales virosis que afectan al cultivo del tomate en nuestro país: ToMV (Tomato Mosaic Virus), TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) y TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus); injertado en seis patrones comerciales diferentes: Enpower®, Beaufort®, Spirit®, Armstrong®, Silex® y Multifort®.

El ensayo se ha realizado bajo un régimen de cultivo ecológico. Se estudiarán los parámetros productivos: peso medio de frutos, producción y número de frutos recolectados, y los parámetros de calidad: contenido de sólidos solubles, acidez valorable, aspecto, sabor, calidad global...



### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAL VEGETAL EMPLEADO

En el ensayo realizado se han estudiado el injerto del híbrido Muchamiel UMH 1200x4, con resistencia en heterocigosis a ToMV, TYLCV y TSWV; obtenido en el Programa de Mejora Genética de Tomate del CIAGRO-UMH, en 6 patrones comerciales: Enpower®, Beaufort®, Spirit®, Armstrong®, Silex® y Multifort®. También se incluyó el híbrido sin injertar. Respecto a los patrones utilizados, en la Tabla 5 se resumen sus principales características agronómicas.

**Tabla 5.** Empresas productoras, vigor y resistencias de los patrones utilizados en el ensayo.

| Empresa   | Patrón    | Vigor      | HR: resistencia alta |           |     |    |      |      |           | IR: resistencia intermedia |
|-----------|-----------|------------|----------------------|-----------|-----|----|------|------|-----------|----------------------------|
|           |           |            | ToMV 0,1,2           | Fol 0,1,2 | For | PI | Va 0 | Vd 0 | Pf        | Ma, Mi, Mj                 |
| De Ruyter | Beaufort  | Moderado   | SI                   | 0,1       | SI  | SI | SI   | SI   |           | SI                         |
|           | Multifort | Medio      | SI                   | 0,1,2     | SI  | SI | SI   | SI   |           | SI                         |
| Nunhens   | Spirit    | Alto       | SI                   | 0,1,2     | SI  | SI | SI   | SI   |           | SI                         |
|           | Enpower   | Medio      | SI                   | 2         | SI  | SI | SI   | SI   |           | SI                         |
| Fitó      | Silex     | Bajo       | SI                   | 0,1,2     | SI  | SI | SI   | SI   |           | SI                         |
| Syngenta  | Armstrong | Medio-Alto |                      | 0,1,2     | SI  | SI | SI   |      | 1,2,3,4,5 | SI                         |

Elaborado a partir de la información que aportan las distintas empresas.

#### Significado de las abreviaturas utilizadas en la Tabla:

- ToMV: Virus del Mosaico del Tomate
- Pf: *Passalora fulva ex Fulvia fulva* (hongo)
- Fol: *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* races (hongo)
- For: *Fusarium oxysporum f. sp. radidis-lycopersici* (hongo)
- Va: *Verticillium albo-atrum* (hongo)
- Vd: *Verticillium dahliae* (hongo)

- Ma: *Meloidogyne arenaria* (nematodo)
- Mi: *Meloidogyne incognita* (nematodo)
- Mj: *Meloidogyne javanica* (nematodo)
- Pl: *Pyrenochaeta lycopersici*(hongo)

Los números identifican diferentes cepas de los patógenos.

### 3.2. CONDICIONES DE CULTIVO

El ensayo se realizó en las instalaciones de Juan Pedro Morales Pérez, situada en Mutxamel (Alicante), durante el ciclo de primavera-verano de 2023. El agricultor cuenta con el certificado de producción ecológica. El cultivo es bajo invernadero de malla, en suelo.



**Figura 14.** Invernadero de malla empleado en el cultivo.

### 3.3. MANEJO DEL CULTIVO

#### 3.3.1. SEMILLERO

El semillero se realizó en el semillero José y Belén, situado en Albufera (Alicante), en bandejas de 150 alveolos. Las plantas se injertaron en cada uno de los patrones comerciales objeto de análisis.

### **3.3.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO**

En enero de 2023 se aplicaron 2 kg/m<sup>2</sup> de estiércol vacuno y ovino, que se incorporaron con el motocultor al suelo.

El agricultor realiza biosolarización cada 2-3 años, durante los meses de julio y agosto. Previamente a este ensayo se realizó la biosolarización en 2022.

Además, el agricultor deja sectores en barbecho para la recuperación del suelo y lleva a cabo una rotación de cultivos con leguminosas.

### **3.3.3. TRANSPLANTE**

El trasplante se realizó de forma manual, el 27 de febrero de 2023.

### **3.3.4. MARCO DE PLANTACIÓN**

Las plantas se dispusieron en filas individuales, separadas entre sí 1,5 metros. La separación entre plantas dentro de la línea era de 0,6 metros, y al estar injertadas se conducían a 2 tallos, con lo que se obtiene una densidad de 1,11 plantas/m<sup>2</sup> y 2,22 tallos/m<sup>2</sup>.



**Figura 15.** Detalle de una de las líneas del cultivo.

### **3.3.5. ENTUTORADO Y PODA**

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

El sistema de poda elegido fue a 2 tallos por planta. Los brotes laterales (o axilares) se eliminaban cada 10-15 días.



**Figura 16.** Detalle del entutorado y balizado

### 3.3.6. POLINIZACIÓN

Para evitar problemas de polinización, se ha recurrido a abejorros (*Bombus terrestris*), colocándose una colmena por invernadero. Así se reducen los frutos mal fecundados y deformes.



**Figura 17.** Colmena de abejorros utilizada para la polinización.

### 3.3.7. FERTILIZACIÓN Y AGUA DE RIEGO

El agua de riego utilizada procede del trasvase Tajo-Segura, y es almacenada en la balsa de la finca. Se ha utilizado riego localizado por goteo. Los emisores son auto

compensantes con un caudal de 4 (l/h). Se aplicaba un bio-estimulante compatible con agricultura ecológica diluido en el agua de riego.

Al ser un cultivo bajo régimen ecológico la fertilización se aporta con el estiércol mencionado anteriormente (ver apartado 3.3.2. Preparación del terreno) limitado a su aportación de Nitrógeno (inferior a 175 Kg/ha y año); y con el resto de las posibilidades dentro de las fuentes de materia orgánica autorizadas por el Reglamento (UE) 2018/848. Los fertilizantes, acondicionadores del suelo y nutrientes permitidos solo se podrán usar cuando las necesidades de las plantas no puedan ser satisfechas con la aportación de materia orgánica, de forma que estos resulten esenciales para obtener una producción sostenible.

### 3.3.8. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

Al tratarse de un cultivo ecológico los tratamientos químicos están descartados a no ser que, en base al Umbral Económico de Tratamiento (UET) y el Nivel Económico de Daño (85% aprox. del UET) se vea en la obligación de intervenir; debiendo adaptarse al listado de materias activas y productos fitosanitarios admitidos en agricultura ecológica. Se realizaban tratamientos preventivos cada 10-15 días con azufre en polvos mojables, *Bacillus thuringiensis* y cola de caballo.

Se daban las condiciones propicias para que se desarrolle la fauna auxiliar y se observó la presencia de enemigos naturales como *Chrysoperla carnea* (Figura 18) y *Coccinella septempunctata*; que son aliados en el control biológico de las plagas.



**Figura 18.** Imagen de la fauna auxiliar – *Chrysoperla carnea*. Fuente: *kibut.com.mx*

A lo largo del ensayo se apreciaron frutos dañados por las aves, debido a que había algún descosido que otro en la malla del invernadero por el cual podían acceder. También se

apreciaron algunas plantas infectadas por el hongo *Phytophthora infestans*, aunque tuvo baja incidencia en los frutos.

### 3.3.9. RECOLECCIÓN

La recolección se ha llevado a cabo semanalmente, donde se han ido seleccionando los frutos más apropiados en base a su punto óptimo de maduración.

Para el híbrido Muchamiel UMH 1200x4 el punto de maduración óptimo es cuando al menos la mitad del fruto tiene color rojo.



**Figura 19.** Frutos de la variedad Muchamiel UMH 1200x4 en su punto óptimo de maduración



**Figura 20.** Conjunto de frutos recolectados en una jornada

Las fechas de cada una de las recolecciones las podemos observar en la Tabla 6 del apartado 3.4 PLANIFICACIÓN DEL ENSAYO.

### 3.4. PLANIFICACIÓN DEL ENSAYO

Se estudiaron 10 plantas a 2 tallos en cada uno de los 6 patrones y 20 a un tallo de la línea control. Se marcó cada línea del ensayo en la décima planta para que el agricultor no cosechara esos frutos y para evitar errores a la hora de identificar las plantas del ensayo. En total se han llevado a cabo 11 recolecciones repartidas entre mediados de junio y finales de agosto de 2023.

**Tabla 6.** Fechas de recolección, toma de muestras y análisis de los tomates estudiados

|  |            |
|--|------------|
| <b>1ª Recolección</b>                        | 15/06/2023 |
| <b>2ª Recolección</b>                        | 22/06/2023 |
| <b>3ª Recolección</b>                        | 29/06/2023 |
| <b>4ª Recolección</b>                        | 06/07/2023 |
| <b>5ª Recolección</b>                        | 13/07/2023 |
| <b>Preparación de muestras</b>               | 13/07/2023 |
| <b>Análisis sensorial</b>                    | 14/07/2023 |
| <b>6ª Recolección</b>                        | 18/07/2023 |
| <b>7ª Recolección</b>                        | 28/07/2023 |
| <b>8ª Recolección</b>                        | 10/08/2023 |
| <b>9ª Recolección</b>                        | 16/08/2023 |
| <b>10ª Recolección</b>                       | 24/08/2023 |
| <b>11ª Recolección</b>                       | 31/08/2023 |
| <b>Análisis de los parámetros de calidad</b> | 15/10/2024 |

### **3.5. CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO**

#### **3.5.1. CARACTERES PRODUCTIVOS**

Para analizar los caracteres productivos se precisó de una báscula de precisión y de un cuaderno de campo para anotar los datos que se obtuvieron. Con los datos obtenidos se procede a estimar la producción, número de frutos, y peso medio de los mismos; frutos comerciales, no comerciales (destrío) y el total (ambos frutos). Se consideró destrío los frutos que no eran aptos para su comercialización, bien porque estaban dañados o por su pequeño tamaño (menor de 80 gramos, aproximadamente).

Para la toma de estos datos, simplemente se recolectaron como se indica en el apartado anterior (3.3.9. Recolección) y se pesaron los frutos uno a uno, anotando siempre de que línea (patrón), planta y tallo provenían.

Una vez pesados y anotados todos los frutos, se seleccionaron los frutos más representativos y se emplearon en la toma de muestras para análisis de calidad.

##### **3.5.1.1. PRODUCCIÓN**

Cantidad de tomates recolectados de cada línea de ensayo, dividido entre el número de tallos, expresado en (g/tallo). Se incluyen las categorías: comercial, destrío y total.

##### **3.5.1.2. NÚMERO DE FRUTOS**

Nos indica el número de frutos recolectados de cada variedad. Expresada en (frutos/tallo). Se incluyen las categorías: comercial, destrío y total.

##### **3.5.1.3. PESO MEDIO DEL FRUTO**

Indica el peso medio de los frutos recolectados de cada variedad. Expresada en (g/fruto). Se incluyen las categorías: comercial, destrío y total.

#### **3.5.2. CARACTERES DE CALIDAD**

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, acidez y contenido en sólidos solubles.

Es muy importante que los frutos se hayan recolectado en su punto óptimo de maduración para que la proporción de los azúcares y la acidez sea las más equilibrada posible.

En la quinta recolección, llevada a cabo el 13 de julio de 2023, se seleccionaron los frutos más apropiados para preparar las muestras objeto de análisis. Se procuró la recolección de los frutos en el momento óptimo, que para este híbrido es cuando se torna rojo al menos la mitad del fruto, pero continúa teniendo cierto verdor en los hombros.



**Figura 21.** Muestras representativas de los tomates Muchamiel recolectados para el análisis de los parámetros de calidad.

Para obtener las muestras, se trituraron con una batidora manual aproximadamente 4-6 porciones de cada tomate y se almacenó el triturado en el tubo de ensayo de 50 ml. Se prepararon un total de 7 muestras representativas por patrón y 7 más para la línea control.

Posteriormente se procedió a su etiquetado y congelación. Para etiquetarlos se anotó en cada tubo la línea/patrón, y una letra de la A-G, para diferenciarlos dentro de la misma línea de ensayo. La congelación se realiza para facilitar la separación de las dos fases (la pulpa y la fase acuosa), en la centrifuga del laboratorio a posteriori, y para conservar las muestras en buen estado hasta que fueran analizadas. Las muestras se han guardado en un congelador convencional a unos  $-15^{\circ}\text{C}$  aproximadamente.

Una vez en el laboratorio con las muestras descongeladas, se procede a su análisis. Para el análisis, es necesario realizar el centrifugado de las muestras, ya que nos interesa la parte acuosa y no la pulpa. Para ello, lo primero es igualar el peso de cada 2 muestras retirando la cantidad de muestra que fuera necesaria. Después se centrifugaban 2 parejas por cada ciclo de centrifugado (ciclos de 4 minutos a 4.000 rev/min), separándose así las dos fases. Una vez las teníamos centrifugadas y separadas se vuelve a equilibrar en peso, esta vez retirando exclusivamente la parte pulposa. Por último, procedíamos a un segundo centrifugado para separar mejor las fases y obtener una fase acuosa lo más clara posible.

### 3.5.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES

La cantidad de sólidos solubles nos indica principalmente la cantidad de azúcares que hay presentes en el fruto, concretamente de glucosa y fructosa, que se suelen encontrar en proporciones similares.

Para el análisis de sólidos solubles hemos utilizado un refractómetro digital ATAGO (Figura 22), el cual nos indica la cantidad de sólidos solubles en grados Brix.



**Figura 22.** Refractómetro digital ATAGO

Con el refractómetro ya calibrado con agua destilada (lectura del agua destilada = 0), se procede a tomar lectura de las muestras. Con una micropipeta se ha colocado 0,5 ml de la fase acuosa de cada una de nuestras muestras en la lente, y se ha tomado el valor de la lectura. Es importante entre cada medición limpiar la lente con agua destilada para no alterar los resultados.

De cada muestra hacíamos dos mediciones para luego sacar la media. Al tomar dos medidas podemos saber si hay algún error de lectura. Si algún dato era muy dispar al otro, se repite la lectura 2 veces de nuevo, para comprobar la veracidad de los resultados.

### 3.5.2.2. ACIDEZ

En el caso del tomate, los principales ácidos son el málico y el cítrico que representan aproximadamente el 13 % de la materia seca. Al principio del crecimiento, el ácido málico es el predominante mientras el cítrico representa sólo el 25 %, pero como al realizar los análisis se suele trabajar con tomate maduro de consumo, se asume que el contenido de ácido cítrico es mayor, por esta razón, la acidez titulable se expresa con relación a este ácido (Nuez, 2001).

La acidez de los frutos de tomate es responsable junto al contenido en sólidos solubles totales, del sabor en el tomate. Los valores de la acidez valorable para el tomate común oscilan entre los 0,37 - 0,55 g de ácido cítrico/100 g tomate (Shinohara et al., 1982; visto en Anoro Segura C., 2013).



**Figura 23.** *PHmetro pHmatic 23 CRISON empleado en el ensayo.*

Para medir la acidez utilizamos el pHmetro: pHmatic 23 CRISON (Figura 23) con una disolución de NaOH 0,1 N hasta pH 8,01. Se mide el volumen consumido de NaOH neutralizar los ácidos de la muestra.

Para medir esta muestra se colocan 0,5 ml de la fase acuosa de cada muestra en un tubo de ensayo con un imán abajo. Después se diluye con un poco de agua destilada

(aproximadamente hasta la mitad del tubo) y se coloca en el agitador. Se realizó un cambio de la boquilla de la pipeta para cada una de las distintas muestras.

Con el pHmetro calibrado (con los tampones con pH 4 y 7), se procede a tomar la lectura de las muestras. Para ello, simplemente se anota la cantidad de muestra que se ha colocado en el tubo de ensayo (0,5 ml), se introduce la sonda en nuestro tubo más o asegurándonos de que el electrodo esté completamente sumergido. Mientras el tubo continúa en agitación, se espera a la lectura del pHmetro. El resultado se expresa en gramos de ácido cítrico por cada 100 gramos de sobrenadante, o lo que es lo mismo, el porcentaje de ácido cítrico.

Al igual que en las mediciones de sólidos solubles, cada vez que se cambia de muestra, se limpia la sonda con agua destilada para evitar errores de lectura y se toman 2 lecturas por muestra para incrementar la fiabilidad de los resultados.

### 3.5.3. ANÁLISIS SENSORIAL

La determinación de la calidad sensorial de los tomates se ha de llevar a cabo por un panel constituido por 4-5 evaluadores. Es necesario evaluar conjuntamente distintas réplicas dada la variabilidad propia del producto.

Todos los parámetros son subjetivos, pero se evalúan dentro de una escala estandarizada para poder valorar los diferentes aspectos dentro de la subjetividad del mismo análisis. Se analizaron los tomates sobrantes de la última recolección para la toma de muestras.

En este caso se analizaron los siguientes parámetros en 3 fases.

#### 3.5.3.1. VISUAL

Es necesario evaluar 3 o 4 frutos enteros. Se utilizará una escala de 4 valores para valorar la intensidad del carácter analizado:

Nula – Baja – Media – Alta

- **Homogeneidad:** La situación ideal es que el color de un tomate sea totalmente homogéneo, por tanto, la homogeneidad de color se evalúa como el porcentaje de superficie del tomate que presenta un color distinto al de la mayor parte del tomate. Para su evaluación se utilizará la escala siguiente:

| Nula           | Baja           | Media          | Alta                           |
|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| entre 45 y 50% | entre 25 y 45% | entre 10 y 25% | entre 0 y 10% (tomate canario) |

**Figura 24.** Escala utilizada para la valoración visual de la homogeneidad y los otros factores del análisis visual.

- **Bicoloridad de la variedad Muchamiel:** Presencia de los dos colores característicos de la variedad y la intensidad de este aspecto.
- **Brillo:** El brillo es un atributo sensorial natural y característico de los tomates, debido a las ceras naturales de la piel del tomate. El cepillado de los tomates puede variar su intensidad.
- **Acostillado:** Percepción visual de la cantidad de acostillado presente en el fruto.
- **Hombro:** Valoración visual de la presencia o ausencia de hombros en el fruto.
- **Aspecto global:** Percepción de la imagen o el aspecto del fruto en cuanto a calidad se refiere.

### 3.5.3.2. SABOR

Es necesario masticar un trozo de tomate con los molares 5 veces. Mantener el tomate masticado en la boca hasta obtener toda la información necesaria. Si es necesario repetir con otro trozo. Los caracteres incluidos en esta fase se valoran en una escala numérica del 1 al 10, siendo el 1 la mínima expresión de la cualidad analizada y 10 la máxima.

- **Acidez:** Sensación o percepción subjetiva del gusto ácido presente en el fruto.
- **Dulzor:** Percepción subjetiva de la cantidad presente de azúcares en el fruto.
- **Retrogusto:** Presencia de sabor pasado un tiempo desde la ingestión del fruto.
- **Duración del retrogusto:** Duración del retrogusto descrito anteriormente, en una escala temporal, siendo 1 muy poca duración y 10 larga duración.
- **Calidad organoléptica global:** la calidad organoléptica global asignada a la muestra.

### 3.5.3.3. TEXTURA

- **Jugosidad:** Percepción personal de la presencia de jugo al masticar el fruto.

- **Cantidad de pulpa:** Cantidad de pulpa del tomate en comparación con el jugo segregado y la piel. Se evalúa presionando la mezcla después de 5 masticaciones contra el paladar.
- **Cantidad de piel:** Cantidad de piel del tomate en comparación con el jugo segregado y la pulpa. Se evalúa presionando la mezcla después de 5 masticaciones contra el paladar.
- **Cantidad de nervios:** Cantidad de nerviaciones presentes en el fruto.
- **Firmeza:** Resistencia a ser penetrado al ejercer una presión sobre el fruto.
- **Solubilidad en la boca:** Porción del tomate que permanece después de 5 masticaciones
- **Harinosidad:** Valoración de la textura del fruto al ser ingerido.

En la Figura 16, se puede apreciar el modelo de hoja de catas utilizado en este ensayo, cedida por el Grupo de Calidad y Seguridad Alimentaria del CIAGRO-UMH.

En este análisis, también se incluye la categoría Defectos, para poder evaluar los principales defectos del tomate, como rajado, cicatriz peduncular y/o pistilar deformada, etc.



# HOJA DE CATA DE TOMATE



Nombre y apellidos:.....Fecha:.....

Usar una escala desde 0 (intensidad no perceptible) hasta 10 (intensidad extremadamente elevada), empleando incrementos de 0,5 unidades, salvo en algunos caracteres.

|                                    | CODIGO |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>APARIENCIA</b>                  |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Color (carta de color)             |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Bicolor, vetas                     |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Homogeneidad de color (N,B,M,A)    |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Brillo (Nulo-Bajo-Medio-Alto)      |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Acostillado (Nulo-Bajo-Medio-Alto) |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Hombro (Nulo-Bajo-Medio-Alto)      |        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>FLAVOR, tras masticar 5 veces</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Dulce                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Acido                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Posgusto: duración                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Posgusto: calidad                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>TEXTURA, tras masticar 5 veces</b>   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Firmeza-Dureza                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Jugosidad                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cantidad de pulpa                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cantidad de piel                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Solubilidad en saliva FUNDENTE MELOSO   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cantidad de piel residual               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cantidad nervios (Nulo-Bajo-Medio-Alto) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| HARINOSIDAD (Nulo-Bajo-Medio-Alto)      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>DEFECTOS (Nulo-Bajo-Medio-Alto)</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Micro-rajado (ruseting), rozaduras, manchas o coloración irregular, deformaciones, tamaño, firmeza, grietas en pedúnculo, ahuecado, rajado o cracking

|               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>GLOBAL</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Aspecto       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Organoléptico |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figura 25. Modelo de la hoja de catas utilizada en este ensayo

### 3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Para el análisis de los parámetros productivos y de calidad se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) unifactorial.

Una vez realizado este análisis, si existen diferencias significativas ( $P$  valor  $< 0.05$ ), se realiza un Test de Rangos Múltiples LSD (Least Significant Difference, Diferencia Mínima Significativa), para determinar de dónde vienen esas diferencias significativas entre las líneas (patrones) y agruparlos en grupos homogéneos. El análisis se realizó con el programa STATGRAPHICS PLUS versión 3.1 para Windows.



#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a los resultados de este ensayo y comparándolo con los ensayos realizados en 2020 por Adrián Mateu y Antonio Pérez en sus TFG, podremos concluir si los datos son concluyentes; si hay alguna diferencia entre las diferentes líneas injertadas y el híbrido sin injertar; y averiguar, si hay algún patrón que destaque por encima de los demás y que sea más interesante para su uso desde el punto de vista agronómico y/o de calidad para utilizarlo con el híbrido UMH 1200x4 de la variedad Muchamiel.

##### 4.1. CARACTERES PRODUCTIVOS

##### 4.1.1. PRODUCCIÓN COMERCIAL

Respecto a la producción comercial, podemos afirmar que hay diferencias significativas entre los distintos patrones ( $P < 0,05$ ) y por ello se somete a un análisis LSD.

**Tabla 7.** Resultados del análisis LSD al 95 % y clasificación en grupos homogéneos para la producción comercial

| Producción comercial. Valor P de ANOVA = 0,00005 |       |                    |                   |
|--|-------|--------------------|-------------------|
| PATRÓN   | CASOS | MEDIA<br>(g/tallo) | GRUPOS HOMOGÉNEOS |
| SIN INJERTAR                                     | 20    | 2.769,15           | A                 |
| ARMSTRONG  | 20    | 3.831,70           | B                 |
| SILEX  | 20    | 4.615,00           | C                 |
| BEAUFORT   | 20    | 4.678,15           | C                 |
| MULTIFORT  | 20    | 4.946,35           | C                 |
| SPIRIT   | 20    | 5.089,60           | C                 |
| ENPOWER  | 20    | 5.763,30           | D                 |

Los resultados muestran (Tabla 7), que la línea control (grupo A) es la menos productiva, seguida del patrón Armstrong (grupo B). Los patrones Silex, Beaufort, Multifort y Spirit

son prácticamente homogéneos (grupo C). El patrón Enpower destaca sobre los demás notablemente con una producción comercial de 5.763 g/tallo.

En el apartado posterior “Totales”, se realizará la comparativa de los datos obtenidos con la de los resultados obtenidos en los TFG de Adrián Mateu y Antonio Pérez, que realizaron sus ensayos en 2020, bajo régimen de agricultura convencional, con el híbrido UMH 1200x4 sin injertar, y este híbrido injertado en el patrón Beaufort.

El análisis de la varianza del número de frutos comerciales muestra diferencias significativas (Tabla 8). Los resultados muestran cierta variabilidad, siendo los grupos menos interesantes el A (sin injertar) con 12,05 frutos/tallo y B (Armstrong) con 16,45. Entre los grupos BC (Beaufort) y C (Silex, Spirit, Multifort), existen menos diferencias, con valores entre los 17,75 y los 19,85 frutos/tallo. Vuelve a destacar el patrón Enpower (grupo D), con unos valores medios de 23,15 frutos/tallo, muy superiores al resto.

**Tabla 8.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para el número de frutos comerciales

| Número frutos comerciales. Valor P de ANOVA = 0,00005 |       |                         |                   |
|---|-------|-------------------------|-------------------|
| PATRÓN  | CASOS | MEDIA<br>(frutos/tallo) | GRUPOS HOMOGÉNEOS |
| SIN INJERTAR  | 20    | 12,05                   | A                 |
| ARMSTRONG   | 20    | 16,45                   | B                 |
| BEAUFORT  | 20    | 18,75                   | BC                |
| SILEX   | 20    | 19,25                   | C                 |
| SPIRIT  | 20    | 19,85                   | C                 |
| MULTIFORT   | 20    | 19,85                   | C                 |
| ENPOWER   | 20    | 23,15                   | D                 |

Los valores del ANOVA para el peso medio del fruto comercial, con valor de  $P = 0,0007$ ; hacen necesario el análisis LSD al 95% de confianza (Tabla 9).

Los resultados muestran una clasificación en 4 grupos homogéneos (Tabla 9), siendo el patrón Spirit (grupo C), el que mayor peso medio del fruto comercial alcanza: 256,76 g/fruto. Le sigue el grupo BC (Multifort, Enpower y Beaufort) con unos valores medios sobre los 249 g/fruto y luego las líneas Silex y Multifort (grupo AB). El menos interesante vuelve a ser el grupo A constituido por la línea sin injertar, con unos valores medios de 228,24 g/fruto, aunque es un valor aceptable para un Muchamiel.

**Tabla 9.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para el peso medio del fruto comercial

| Peso medio comercial. Valor P de ANOVA = 0,0007 |       |                    |                   |
|---|-------|--------------------|-------------------|
| PATRÓN  | CASOS | MEDIA<br>(g/fruto) | GRUPOS HOMOGÉNEOS |
| SIN INJERTAR                                    | 20    | 228,24             | A                 |
| ARMSTRONG                                       | 20    | 236,75             | AB                |
| SILEX   | 20    | 240,55             | AB                |
| MULTIFORT                                       | 20    | 248,75             | BC                |
| ENPOWER   | 20    | 249,50             | BC                |
| BEAUFORT  | 20    | 249,75             | BC                |
| SPIRIT  | 20    | 256,70             | C                 |

#### 4.1.2. PRODUCCIÓN DESTRÍO

Respecto al análisis de los frutos no comerciales, el análisis ANOVA, con valores de Probabilidad superiores al 5%, indica que no hay diferencias significativas entre los distintos patrones estudiados.

Pese a ello se ha realizado un análisis LSD de los factores estudiados.

**Tabla 10.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para la producción no comercializable.

| Producción destrío, Valor P de ANOVA = 0,2317 |       |                    |                      |
|---|-------|--------------------|----------------------|
| PATRÓN  | CASOS | MEDIA<br>(g/tallo) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| SILEX   | 20    | 163,84             | A                    |
| BEAUFORT                                      | 20    | 290,35             | AB                   |
| SIN INJERTAR                                  | 20    | 293,29             | AB                   |
| ARMSTRONG                                     | 20    | 315,05             | C                    |
| MULTIFORT                                     | 20    | 321,20             | C                    |
| SPIRIT  | 20    | 329,37             | C                    |
| ENPOWER                                       | 20    | 363,74             | C                    |

Respecto a la producción no comercial (Tabla 10), observamos una menor producción descartada para la línea Silex (grupo A), seguido por el grupo AB con valores medios de aproximadamente 290 g/tallo. En el grupo C están los que han presentado una mayor producción no comercial, destacando el patrón Enpower sobre el resto del grupo con unos valores medios de 363,74 g/tallo.

Los patrones más productivos también presentan una mayor producción desechada.

**Tabla 11.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para el número de frutos no comercializables

| Número frutos destrío. Valor P de ANOVA = 0,2783 |       |                         |                      |
|--|-------|-------------------------|----------------------|
| PATRÓN   | CASOS | MEDIA<br>(frutos/tallo) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| SILEX  | 20    | 1,35                    | A                    |
| MULTIFORT  | 20    | 2,05                    | AB                   |
| BEAUFORT   | 20    | 2,10                    | AB                   |
| SIN INJERTAR                                     | 20    | 2,28                    | AB                   |
| ENPOWER  | 20    | 2,30                    | AB                   |
| ARMSTRONG  | 20    | 2,30                    | AB                   |
| SPIRIT   | 20    | 2,70                    | B                    |

El análisis LSD del número de frutos de destrío (Tabla 11), divide a las líneas en 3 grupos homogéneos A, AB y B, siendo la línea Spirit la que mayor número de frutos de destrío presenta, con unos valores medios de 2,70 frutos/tallo. Pero como podemos apreciar las diferencias son pequeñas ( $P=0,2783$ ). El patrón Silex es el que menos fruto de destrío obtuvo.

**Tabla 12.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para el peso medio de los frutos no comerciales

| Peso medio destrío. Valor P de ANOVA = 0,282 |       |                    |                      |
|--|-------|--------------------|----------------------|
| PATRÓN                                       | CASOS | MEDIA<br>(g/fruto) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| SIN INJERTAR                                 | 20    | 130,11             | A                    |
| BEAUFORT                                     | 20    | 134,50             | AB                   |
| SPIRIT                                       | 20    | 135,05             | AB                   |
| ARMSTRONG                                    | 20    | 140,00             | AB                   |
| SILEX  | 20    | 162,43             | AB                   |
| MULTIFORT                                    | 20    | 164,47             | AB                   |
| ENPOWER                                      | 20    | 186,77             | B                    |

Respecto al peso medio de los frutos no comercializables (Tabla 12), no hay diferencias significativas entre los diferentes patrones según el ANOVA, pero el análisis LSD de nuevo muestra la clasificación en 3 grupos distintos.

Destaca el grupo B, formado por el patrón Enpower, con unos valores medios de 186,77 g/fruto no comercial.

#### 4.1.3. PRODUCCIÓN TOTAL

Los valores totales se componen de la suma de los frutos comerciales y no los no comerciales. En cuanto a los valores totales de los parámetros productivos, obtenemos un valor P de ANOVA menor a 0.05, por lo que consideramos que existen diferencias significativas entre los patrones. Debido a esto se someten al análisis LSD al 95% de confianza.

Respecto a la producción total, del análisis LSD obtenemos 7 grupos homogéneos diferentes (Tabla 13).

**Tabla 13.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para la producción total

| Producción total. Valor P de ANOVA = 0,00005 |       |                    |                      |
|--|-------|--------------------|----------------------|
| PATRÓN                                       | CASOS | MEDIA<br>(g/tallo) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| SIN INJERTAR                                 | 20    | 3.066,65           | A                    |
| ARMSTRONG                                    | 20    | 4.146,75           | B                    |
| SILEX  | 20    | 4.824,65           | C                    |
| BEAUFORT                                     | 20    | 4.968,50           | CD                   |
| MULTIFORT                                    | 20    | 5.267,55           | CD                   |
| SPIRIT                                       | 20    | 5.463,70           | D                    |
| ENPOWER                                      | 20    | 6.161,55           | E                    |

En cuanto a la producción total destaca notablemente por encima del resto el patrón Enpower (grupo E), con una producción total de 6.151,55 g/tallo. Por detrás le siguen el patrón Spirit (grupo D), con una producción de 5.463,70 g/tallo y los patrones que componen el grupo CD que se consideran homogéneos entre sí (Beaufort y Multifort). La línea con una menor producción total es la del híbrido sin injertar, con una producción total de 3.066,65 g/tallo; valor muy por debajo del grupo más productivo.

En varios TFG realizados anteriormente (Pérez, 2020; Mateu, 2020) se estudió el mismo híbrido UMH 1200x4 injertado en Beaufort, y sin injertar, obteniéndose resultados diferentes. Los valores obtenidos en este TFG han sido inferiores a los de Mateu (2020), que obtuvo alrededor de 6 kg/tallo tanto con el injerto en Beaufort como sin injertar. Comparándolo con Pérez (2020), con entorno a los 4 kg/tallo, los resultados son superiores en este ensayo para la línea injertada en Beaufort, pero claramente inferiores para las plantas sin injertar, que su caso alcanzó casi 5 kg/tallo; siendo en su ensayo más productivos los híbridos sin injertar que las líneas injertadas.

Estas diferencias pueden deberse a las condiciones de cultivo: ecológico en este TFG, frente a convencional en los otros. En cultivo convencional, el efecto o influencia del patrón en la producción total para un ciclo de cultivo corto no sería tan importante, mientras que en un cultivo ecológico de ciclo largo como es este caso sí.

También es posible que, en este ensayo por el efecto borde, la línea sin injertar haya recibido demasiada radiación para esta variedad, ya que se observó que los frutos de esta línea amarilleaban y esto se debe a un exceso de radiación recibida y de temperatura. El efecto borde, debido a la mayor incidencia del viento, la radiación y temperatura; provoca, además, un aumento de la demanda hídrica de esta línea en comparación con el resto.

El análisis LSD del número total de frutos (Tabla 14), aporta valores y grupos homogéneos similares a los obtenidos en el número de frutos comerciales; destacando el patrón Enpower (grupo D), con un valor de 25,45 frutos/tallo. Entre los grupos BC y C la diferencia es pequeña con unos valores entre 20,60 y 22,55. Los que menor número de frutos presentan son los grupos B constituido por la línea Armstrong y el grupo A compuesto por la línea sin injertar.

Comparándolo con los resultados de Mateu (2020); podemos apreciar que no coinciden los resultados para la línea híbrida UMH 1200x4 sin injertar, ni para la línea injertada en Beaufort; teniendo este como resultado 31,3 frutos/tallo con Beaufort y 33,5 frutos/tallo en la UMH 1200x4 sin injertar. Observamos una gran diferencia con los resultados obtenidos en este ensayo, que han sido de 20,85 frutos/tallo en Beaufort y 14,33 frutos/tallo en la línea sin injertar. Si observamos los resultados obtenidos por Pérez (2020), vemos que tampoco coinciden con los resultados de este ensayo. Para la línea UMH 1200x4 sin injertar obtiene unos valores medios de 32 frutos/tallo aproximadamente; y de 27 frutos/tallo con Beaufort.

**Tabla 14.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para el número de frutos total

| Número frutos total. Valor P de ANOVA = 0,00005 |       |                         |                      |
|---|-------|-------------------------|----------------------|
| PATRÓN  | CASOS | MEDIA<br>(frutos/tallo) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| SIN INJERTAR                                    | 20    | 14,33                   | A                    |
| ARMSTRONG                                       | 20    | 18,75                   | B                    |
| SILEX   | 20    | 20,60                   | BC                   |
| BEAUFORT  | 20    | 20,85                   | BC                   |
| MULTIFORT                                       | 20    | 21,90                   | C                    |
| SPIRIT  | 20    | 22,55                   | C                    |
| ENPOWER   | 20    | 25,45                   | D                    |

Los resultados de Mateu y Pérez (2020), son bastante semejantes entre sí, siendo el híbrido UMH 1200x4 sin injertar el que mayor número de frutos por tallo presenta; por lo que podemos intuir que las diferencias entre los valores obtenidos en este ensayo tienen que ver con las diferencias entre un sistema de cultivo convencional de ciclo corto y uno ecológico de ciclo largo; a parte del efecto borde, mencionado anteriormente.

En cuanto al peso medio total de los frutos el análisis LSD divide a los patrones en 4 grupos homogéneos (Tabla 15). Destaca por encima de los demás el grupo D, formado por los patrones Enpower y Spirit, con unos valores de 242,15 y 243,40 g/fruto respectivamente. El grupo BC es el segundo más interesante y se compone de los patrones Silex, Beaufort y Multifort. Los valores más bajos los presenta el grupo A, constituido por la línea sin injertar, con un peso medio total del fruto de 213,29 g/fruto.

**Tabla 15.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos obtenidos para el peso medio del total de los frutos

| Peso medio total. Valor P de ANOVA = 0,004 |       |                    |                      |
|--|-------|--------------------|----------------------|
| PATRÓN                                     | CASOS | MEDIA<br>(g/fruto) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| SIN INJERTAR                               | 20    | 213,29             | A                    |
| ARMSTRONG                                  | 20    | 226,10             | AB                   |
| SILEX                                      | 20    | 236,10             | BC                   |
| BEAUFORT                                   | 20    | 238,60             | BC                   |
| MULTIFORT                                  | 20    | 240,30             | BC                   |
| ENPOWER                                    | 20    | 242,15             | D                    |
| SPIRIT                                     | 20    | 243,40             | D                    |

Si comparamos los resultados con los ensayos anteriores (Mateu, 2020 y Pérez, 2020), también observamos diferencias significativas. En el ensayo de Mateu (2020), se obtienen unos valores de unos 218 g/fruto para Beaufort y unos 185 g/fruto para el híbrido UMH 1200x4 sin injertar. En el caso de los resultados de Pérez, no existen diferencias significativas entre la línea injertada en Beaufort y sin injertar.

Sí comparamos ambos ensayos (Mateu, 2020 y Pérez, 2020) con este; observamos que el peso medio del fruto es mayor en producción ecológica que en convencional, tanto en la línea injertada en Beaufort como en la UMH 1200x4 sin injertar. Los resultados del ensayo realizado por Baptista (2021) también muestran que el peso medio de los frutos es mayor en régimen ecológico que en convencional. Vemos también que Mateu (2020), obtiene un peso medio mayor para la línea injertada en Beaufort, contrariamente a los resultados de Pérez (2020), donde no existen diferencias significativas entre la línea injertada en Beaufort y la variedad UMH 1200x4 sin injertar.

Los resultados de este ensayo coinciden con los de Mateu (2020), obteniendo el híbrido UMH 1200x4 sin injertar un menor peso medio del fruto, en comparación a las líneas injertadas.

En resumen, los resultados de este ensayo para los parámetros productivos resultan poco fiables al compararlos con los ensayos de Mateu (2020) y Pérez (2020), ya que se observan grandes diferencias en los resultados obtenidos para el híbrido UMH 1200x4 sin injertar y para el híbrido injertado en Beaufort. Las diferencias entre los resultados obtenidos pueden deberse a las causas mencionadas anteriormente, como son: las diferencias entre un cultivo convencional de ciclo corto y uno ecológico de ciclo largo; y el efecto borde, repercutiendo en este ensayo sobre la línea formada por los híbridos sin injertar.

Sería conveniente repetir este ensayo bajo las mismas condiciones para corroborar la veracidad de los resultados obtenidos.

## **4.2. CARÁCTERES DE CALIDAD**

### **4.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES**

Respecto al ANOVA para los sólidos solubles, el valor de  $P = 0,1144$  (superior a 0,05), se traduce en que no hay diferencias significativas entre las medias. Pese a ello, se realiza el análisis LSD.

Destacan la línea del híbrido UMH 1200x4 sin injertar y la injertada en Beaufort (grupo B), con 4,35 y 4,37 ° Brix respectivamente (Tabla 16).

Los resultados son inferiores para la línea UMH 1200x4 sin injertar, comparados con los resultados obtenidos por Mateu (2020), con valores en torno a 4,6 ° Brix; y ligeramente superiores para la línea injertada en Beaufort, donde Mateu obtiene 4,2 ° Brix. Obteniendo mayores niveles en la línea sin injertar. Comparando los resultados con el ensayo de Pérez (2020), observamos que los resultados de este ensayo han sido inferiores para las líneas sin injertar y la línea injertada en Beaufort, donde Pérez obtiene unos valores de unos 5,3 y 5 ° Brix respectivamente. En este caso también es la línea sin injertar la que mayores niveles presenta.

**Tabla 16.** Resultados del análisis LSD al 95% y grupos homogéneos para sólidos solubles

| Sólidos solubles. Valor P de ANOVA = 0,1144 |       |                   |                      |
|---|-------|-------------------|----------------------|
| PATRÓN                                      | CASOS | MEDIA<br>(° BRIX) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| MULTIFORT                                   | 7     | 4,07              | A                    |
| ENPOWER                                     | 7     | 4,07              | A                    |
| SILEX                                       | 7     | 4,17              | AB                   |
| ARMSTRONG                                   | 7     | 4,17              | AB                   |
| SPIRIT                                      | 6     | 4,18              | AB                   |
| SIN INJERTAR                                | 7     | 4,35              | B                    |
| BEAUFORT                                    | 6     | 4,37              | B                    |

Los frutos de la línea sin injertar pertenecen al grupo de los que mayor cantidad de sólidos solubles presentan, tanto en agricultura ecológica como en convencional; por lo que el uso del portainjerto parece tener un ligero efecto negativo sobre los niveles de sólidos solubles respecto al híbrido UMH 1200x4 sin injertar. Esta influencia es más o menos acusada dependiendo de la combinación injerto-portainjerto. Parece ser menos acusada en la combinación UMH 1200x4 injertado en Beaufort.

#### 4.2.2. ACIDEZ

Como podemos observar, el valor de  $P = 0,000005$  es inferior a 0,05 lo que nos indica que hay falta de homogeneidad entre las medias, por tanto, se procede a realizar un análisis LSD para averiguar de dónde vienen esas diferencias.

Podemos observar (Tabla 17), que es el híbrido UMH 1200x4 sin injertar la que mayor acidez presenta (grupo B), con unos valores medios de 0,42% de ácido cítrico y que, entre el resto de las líneas injertadas no existen diferencias significativas, con unos valores medios de aproximadamente 0,30 %.

**Tabla 17.** Resultados del análisis LSD al 95% de confianza y grupos homogéneos para la acidez

| Acidez. Valor P de ANOVA = 0,000005 |       |                            |                      |
|-------------------------------------|-------|----------------------------|----------------------|
| PATRÓN                              | CASOS | MEDIA<br>(% ácido cítrico) | GRUPOS<br>HOMOGÉNEOS |
| ARMSTRONG                           | 7     | 0,30                       | A                    |
| SPIRIT                              | 6     | 0,30                       | A                    |
| MULTIFORT                           | 7     | 0,31                       | A                    |
| BEAUFORT                            | 6     | 0,31                       | A                    |
| SILEX                               | 7     | 0,32                       | A                    |
| EMPOWER                             | 7     | 0,32                       | A                    |
| SIN INJERTAR                        | 7     | 0,42                       | B                    |

Comparando los resultados con los obtenidos en los ensayos de Pérez (2020) y Mateu (2020), apreciamos que los resultados de este ensayo son similares a los obtenidos por Mateu, para la variedad UMH 1200x4 sin injertar con unos valores medios de 0,40%; e inferiores a los que él obtuvo para la línea injertada en Beaufort, con unos valores medios de ácido cítrico de 0,38% vs el 0,31% obtenido en este ensayo. En el ensayo de Mateu (2020), también es el híbrido sin injertar es la que mayor acidez presenta.

Comparando los resultados obtenidos con el ensayo de Pérez (2020), observamos que los resultados de este ensayo no son coincidentes; siendo ligeramente superiores para la línea UMH 1200x4 sin injertar, donde Pérez obtiene unos valores medios de 0,37%; e inferiores para la línea injertada en Beaufort, donde obtiene una media de 0,38%. En este caso no existen diferencias significativas entre las líneas sin injertar y la injertada en Beaufort.

Teniendo en cuenta que los resultados son semejantes a los de Mateu (2020), parece ser que el uso del portainjerto en la variedad UMH 1200x4 tiende a reducir los niveles de acidez de los frutos en comparación con la variedad sin injertar, pero es necesario realizar más ensayos para corroborarlo. Esto parece ser más acusado en cultivo ecológico

que en convencional, ya que podemos apreciar una gran diferencia en los resultados de este ensayo entre las líneas injertadas (valores medios de 0,30-0,32%) y el híbrido UMH 1200x4 sin injertar (valores medios de 0,42%).

En algunos ensayos se muestra una disminución en los caracteres de calidad de las plantas injertadas (Turhan et al. 2011), y en otros el portainjerto no influye en ellos, ni en la productividad (Lambés, 2015; Gastón, 2015); por lo que parece que la influencia del portainjerto dependerá entre otras cosas, de las condiciones del ensayo, del material vegetal utilizado y de la buena compatibilidad entre la variedad y el portainjerto.

#### 4.2.3. ANÁLISIS SENSORIAL

Respecto a los resultados del análisis sensorial, para la mayoría de los parámetros estudiados (descritos en el apartado 3.5.3. Análisis sensorial); no se han obtenido diferencias significativas entre las medias, a pesar de todo se han sometido al análisis LSD y se han clasificado en grupos homogéneos.

##### 4.2.3.1. VISUAL

**Tabla 18.** Resultado global del análisis ANOVA y LSD para la categoría “VISUAL”

| PATRÓN  | Valor P de ANOVA para la categoría “VISUAL” |          |                |                      |             |
|---|---|----------|----------------|----------------------|-------------|
|   | 0,08910                                     | 0,05210  | 0,00200        | 0,00005              | 0,52890     |
|   | Homogeneidad                                | Bicolor  | Aspecto global | Presencia de hombros | Acostillado |
| ARMSTRONG   | 3,83 - B                                    | 1,6 - BC | 5,83 - AB      | 3,16- B              | 3,00 - A    |
| SILEX   | 2,33 - A                                    | 1,6 - BC | 6,17 - BC      | 2,17 - A             | 2,83 - A    |
| MULTIFORT   | 3,00 - AB                                   | 1,40 - A | 7,33 - C       | 3,83 - BC            | 3,00 - A    |
| EMPOWER   | 2,67 - A                                    | 2,60 - C | 7,33 - C       | 4,00 - C             | 3,00 - A    |
| SPIRIT  | 2,83 - A                                    | 2,60 - C | 6,00 - BC      | 3,16 - B             | 3,00 - A    |
| BEAUFORT  | 2,83 - A                                    | 2,60 - C | 6,50 - BC      | 3,16 - B             | 3,00 - A    |
| SIN INJERTAR  | 2,83 - A                                    | 1,40 - A | 4,50 - A       | 2,33 - A             | 2,91 - A    |
| Las medias con la misma letra forman un grupo homogéneo |   |          |                |                      |             |

Para el factor homogeneidad del fruto, observamos pocas diferencias entre las medias, aun así, se han formado 3 grupos homogéneos diferenciados. Destaca el grupo B conformado por el patrón Armstrong. Para el factor bicoloridad vemos que el rasgo está más marcado en el grupo C, compuesto por las líneas injertadas en Enpower, Spirit y Beaufort. Observamos una mayor diferenciación en el factor aspecto global, en el cual destacan los grupos BC (Spirit y Beaufort) y C (Multifort y Enpower). Respecto a la presencia de hombros en el fruto, podemos afirmar que es un rasgo más marcado en los frutos injertados en Enpower (grupo C) y Multifort (BC). En cuanto al acostillado, no se encuentran diferencias significativas entre las medias.

Podemos concluir que el uso del portainjerto parece influir en el aspecto del fruto respecto al híbrido UMH 1200x4 sin injertar en casi todos los parámetros analizados.

#### **4.2.3.2. SABOR**

A continuación, se resumen los resultados de los análisis ANOVA y LSD para la categoría sabores básicos dentro del análisis sensorial. Como podemos apreciar (Tabla 19), no existen diferencias significativas entre las medias ( $P$  de ANOVA  $> 0.05$ ); pese a ello se realiza el correspondiente análisis LSD y clasificación en grupos homogéneos.

Hay poca diferencia entre las líneas estudiadas. Destaca algo por encima de las demás el híbrido sin injertar para dulzor y retrogusto. En cuanto a la acidez destaca el grupo C, formado por los patrones Armstrong, Enpower, Multifort y Beaufort. Respecto la calidad organoléptica global existen pocas diferencias entre las medias, destacando Multifort (grupo B); y Enpower, la línea sin injertar y Beaufort, que conforman el grupo AB.

Podemos afirmar en este caso que, para los factores analizados dentro de la categoría "SABOR", no existen diferencias significativas entre los frutos de las líneas injertadas y tampoco entre estas y la línea sin injertar. Por tanto, podemos concluir que parece existir escasa influencia del uso del portainjerto sobre estos caracteres.

**Tabla 19.** Resultado global del análisis ANOVA y LSD para la categoría “SABOR”

| PATRÓN  | Valor P de ANOVA para la categoría “SABOR” |           |            |                            |                              |
|---|--|-----------|------------|----------------------------|------------------------------|
|   | 0,2998                                     | 0,1392    | 0,3318     | 0,171                      | 0,0750                       |
|   | Acidez                                     | Dulzor    | Retrogusto | Durabilidad del retrogusto | Calidad organoléptica global |
| ARMSTRONG   | 5,67 - C                                   | 4,83 - A  | 6,17 - AB  | 4,83 - A                   | 4,83 - A                     |
| SILEX   | 4,17 - A                                   | 4,83 - A  | 5,50 - A   | 4,83 - A                   | 4,50 - A                     |
| MULTIFORT   | 5,83 - C                                   | 5,83 - AB | 6,80 - AB  | 6,00 - A                   | 7,00 - B                     |
| ENPOWER   | 5,67 - C                                   | 5,50 - AB | 5,66 - AB  | 5,83 - A                   | 6,33 - AB                    |
| SPIRIT  | 5,00 - AB                                  | 4,83 - A  | 6,00 - AB  | 5,33 - A                   | 4,83 - A                     |
| BEAUFORT  | 5,67 - C                                   | 5,83 - AB | 6,00 - AB  | 4,83 - A                   | 5,66 - AB                    |
| SIN INJERTAR  | 5,33 - AB                                  | 6,00 - B  | 7,00 - B   | 5,50 - A                   | 6,33 - AB                    |
| Las medias con la misma letra forman un grupo homogéneo |  |           |            |                            |                              |

#### 4.2.3.3. TEXTURA

Podemos apreciar que para los factores analizados en la categoría “TEXTURA”, apenas existen diferencias significativas entre las medias de las diferentes líneas estudiadas (Tabla 20). Las más significativas se dan para los factores jugosidad y dureza. En jugosidad destaca el grupo B, formado por el híbrido UMH 1200x4 sin injertar y por las líneas de los patrones Enpower y Multifort. En cuanto a dureza destacan Armstrong, Spirit y Beaufort (grupo B).

En definitiva, no existen diferencias significativas entre las distintas líneas para los caracteres referentes a la textura de los frutos analizados y, por tanto, no existe influencia clara del portainjerto en estas características.

**Tabla 20.** Resultado global del análisis ANOVA y LSD para la categoría "TEXTURA"

| PATRÓN  | Valor P de ANOVA para la categoría "TEXTURA" |                  |                     |           |             |           |
|---|--|------------------|---------------------|-----------|-------------|-----------|
|   | 0,44920                                      | 0,60000          | 0,88130             | 0,0842    | 0,99890     | 0,05000   |
|   | Cantidad de pulpa                            | Cantidad de piel | Cantidad de nervios | Dureza    | Harinosidad | Jugosidad |
| <b>ARMSTRONG</b>  | 6,83 - A                                     | 6,50 - A         | 2,00 - A            | 7,33 - B  | 1,17 - A    | 4,83 - A  |
| <b>SILEX</b>  | 6,67 - A                                     | 5,83 - A         | 1,67 - A            | 5,33 - A  | 1,17 - A    | 6,33 - AB |
| <b>MULTIFORT</b>  | 6,83 - A                                     | 6,80 - A         | 1,83 - A            | 6,67 - AB | 1,17 - A    | 7,17 - B  |
| <b>EMPOWER</b>  | 6,47 - A                                     | 6,67 - A         | 2,00 - A            | 6,40 - AB | 1,17 - A    | 6,66 - B  |
| <b>SPIRIT</b>   | 6,17 - A                                     | 6,67 - A         | 2,33 - A            | 7,33 - B  | 1,17 - A    | 5,80 - AB |
| <b>BEAUFORT</b>   | 6,50 - A                                     | 7,33 - A         | 2,16 - A            | 7,33 - B  | 1,33 - A    | 5,67 - AB |
| <b>SIN INJERTAR</b>                                     | 7,16 - A                                     | 6,17 - A         | 1,83 - A            | 6,50 - AB | 1,17 - A    | 7,00 - B  |
| Las medias con la misma letra forman un grupo homogéneo |  |                  |                     |           |             |           |



## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este ensayo para los parámetros productivos muestran que todas las líneas injertadas obtienen mejores resultados que el híbrido UMH 1200x4 sin injertar. De entre los distintos patrones, Enpower es el más productivo; aún que hay otros como Spirit y Multifort, que también obtienen buenas producciones y por encima de Beaufort, que es el patrón de uso más común.

En cuanto a la influencia del patrón sobre los caracteres de calidad, podemos afirmar que en general, el uso de portainjerto reduce ligeramente el contenido en sólidos solubles del fruto respecto al híbrido UMH 1200x4 sin injertar. Esta reducción es menos acusada con el patrón Beaufort, que obtiene unos niveles prácticamente iguales a los del híbrido UMH 1200x4 sin injertar. Respecto a la acidez, en este ensayo el híbrido UMH 1200x4 sin injertar obtiene unos niveles mucho más elevados que el resto y los niveles de los distintos portainjertos, son muy semejantes entre sí; por lo que el uso del portainjerto parece reducir el nivel de acidez de los frutos respecto a los del híbrido UMH 1200x4 sin injertar.

Los resultados del análisis sensorial muestran que el uso del portainjerto tiene influencia positiva sobre el aspecto visual del fruto, sobre todo en el aspecto global, la presencia de hombros y el marcado bicolor típico de los Muchamiel. Tiene escasa o nula influencia en la textura y sabor de los frutos.

Podemos concluir que la influencia del portainjerto en los caracteres productivos y de calidad dependerá de la variedad y portainjerto utilizados, de la buena combinación entre ambos y del régimen de cultivo aplicado; y que la influencia de los patrones sobre el híbrido UMH 1200x4, es más acusada en un ciclo de cultivo largo bajo régimen ecológico que en uno de convencional de ciclo corto.

Hay sospechas de que, en este ensayo, la línea de los híbridos UMH 1200x4 sin injertar, ha podido estar bajo la influencia de diversas causas que han propiciado la alteración de los resultados, por lo que sería necesaria la repetición de este ensayo en las mismas condiciones, para comprobar la veracidad de los resultados obtenidos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, A.; Cabrera, J.A.; Carbonell, A.; García-Martínez, S.; Grau, A.; Ruiz, J.J.; Salinas, J.F.; 2019. *Evaluación de nuevos híbridos de tomate (Solanum lycopersicum L.) Muchamiel con resistencia genética a virus*. Departamento de Biología Aplicada. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández. Actas del Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria 2020.
- Alonso, A.; Salinas, J.F.; Soler, A.; 2020. *Caracterización de variedades tradicionales de tomate tipo Muchamiel* – Actas del I Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria 2020. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández.
- Angarita Díaz, MDP. 2009. Generación de líneas T-DNA de tomate (*Solanum Lycopersicon* cv p.73) e identificación de mutantes de inserción [Tesis doctoral]. Editorial Universitat Politècnica de València.
- Anoro Segura, Cristina, 2013. Trabajo de fin de grado: “*Evaluación de la calidad nutricional y organoléptica del tomate rosa de Barbastro*”. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Repositorio de la Universidad de Zaragoza.
- Anuario de Estadística, 2023. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA 2024), Gobierno de España. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2023/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=6&seccion=27>
- Baptista Alvar, 2021. *Seguimiento y evaluación de híbridos de tomate (Solanum lycopersicum L.) Muchamiel con resistencia a virus en condiciones de agricultura ecológica*, Trabajo de Fin de Mater. Máster Universitario Oficial de Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo. Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández.
- Barrett, Charles & Zhao, Xin & Hodges, Alan. 2012. *Cost Benefit Analysis of Using Grafted Transplants for Root-knot Nematode Management in Organic Heirloom Tomato Production*. HortTechnology. 22: 252-257.

- Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT 2024). Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QI>
- Catálogo Valenciano de variedades tradicionales de interés agrario. 2024. Conselleria de Agricultura, Desarrollo rural, Emergencia climática y Transición ecológica.
- Cabrera, J. 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*. Trabajo Fin de Máster. Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández.
- Carbonell, P., 2021. *Programa de mejora genética de tomate tradicional UMH: nuevas técnicas moleculares, registro de líneas y agricultura de resiliencia*. Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández.
- Chamarro L. J., 2001. Anatomía y Fisiología de la Planta. En *El cultivo del tomate*. F. Nuez, ed. Ediciones Mundi-Prensa, España. pp 43-91.
- Díez, M.J.; Nuez, F., 2008. Tomato. In: “*Vegetables II*”. pp. 249-323. Prohens-Tomás, J.; Nuez, F. (eds.). Springer. Nueva York, USA.
- Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. 1995. *Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate*. En: *El cultivo del tomate*. Nuez, F. (Ed). Mundi-Prensa. Madrid. p. 17-42
- Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. (1995 - 2001). *El Cultivo del Tomate*. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
- Foolad M.R., 2007. *Genome mapping and molecular breeding of tomato*. International Journal Plant Genomics.
- Gastón Ludueña, Mariano. 2015. *Evaluación y comportamiento del Híbrido de tomate Elpida injertado sobre cuatro portainjertos en un suelo biofumigado bajo invernadero*. Tesis final de grado. Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

- Genova, C., P. Schreinemachers, and V. Afari-Sefa. 2013. *An impact assessment of AVRDC's tomato grafting in Vietnam*. AVRDC – The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. AVRDC Publication No. 13-773
- Guía de abreviaturas de resistencias a enfermedades. Bayer México, 2024. Disponible en: <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/guia-de-abreviaturas-de-resistencia-a-las-enfermedades.html>
- Knapp, S. Peralta, I.E., and Spooner, D.M. 2005. *New Species of Wild Tomatoes (Solanum Section Lycopersicon: Solanaceae) from Northern Peru*. Systematic Botany 30: 424-434.
- Knapp S., Peralta I.E., 2016. *The Tomato (Solanum lycopersicum L., Solanaceae) and Its Botanical Relatives*. In: Causse M., Giovannoni J., Bouzayen M., Zouine M. (eds) The Tomato Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kumar, Pradeep & Lucini, Luigi & Roupael, Youssef & Cardarelli, Mariateresa & Kalunke, Raviraj & Colla, Giuseppe, 2015. *Insight into the role of grafting and arbuscular mycorrhiza on cadmium stress tolerance in tomato*. Frontiers in Plant Science. 6. 1-6.
- Kumar, Pradeep & Roupael, Youssef & Cardarelli, Mariateresa & Colla, Giuseppe, 2017. *Vegetable Grafting as a Tool to Improve Drought Resistance and Water Use Efficiency*. Frontiers in Plant Science. 8:1130, doi:10.3389/fpls.2017.01130
- Lambies Cuevas, Javier.2015. Influencia del injerto y de dos soluciones nutritivas en parámetros de producción y calidad en tomate “valenciano”, Trabajo Fin de Master, Universidad Politécnica de Valencia.
- Maroto i Borrego Josep Vicent, 2002. *Horticultura herbácea especial*. Quinta edición. Madrid, Mundi-Prensa. 611 p. ISBN: 84-8476-042-1
- Martin I. 2001. Conservación de recursos fitogenéticos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

- Mateu, Adrián, 2020. *Evaluación de líneas de mejora de tomate (Solanum lycopersicum L.) Muchamiel injertadas en patrones comerciales*. Trabajo fin de grado. Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández.
- Nuez F, Ruiz J.J., Prohens J.; 1997. *Mejora genética para mantener la diversidad en los cultivos agrícolas*. Estudio Informativo 6. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura - FAO
- Peralta. 2008. *Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (Solanum sections Lycopersicoides, Juglandifolia, Lycopersicon; Solanaceae)*. 84:1-186.
- Pérez Antonio, 2020. *Evaluación de líneas de mejora de tomate (Solanum lycopersicum L.) Muchamiel injertadas en patrones comerciales*. Trabajo de fin de Grado. Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández.
- Reglamento (UE) 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos.
- Rick, C.M. 1978. *The tomato*. Scientific American. 239(2):76-87.
- Rick, C.M. 1980. Tomato. In: W.H. Fehr and H.H. Hadley (eds.) *Hybridization of Crop Plants*, p.669-680. Amer. Soc. of Agronomy/Crop Sci. Soc. of Amer., Madison, Wisconsin.
- Rick, C.M., 1976. *Natural variability in wild species of Lycopersicon and its bearing on tomato breeding*. Genética Agraria 30:249-259.
- Saavedra del R., Gabriel, Jana A., Constanza, Kehr M., Elizabeth, 2019. *Hortalizas para procesamiento agroindustrial. Capítulo 1: El tomate*. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 411.
- Shinohara Y., Suzuki Y., Shibuya M., 1982. *Effects of cultivation method, growing season and cultivar on the ascorbic acid content of tomato fruits*. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 51:338-343.
- Turhan, A & Ozmen, Nese & Serbeci, M.S. & Seniz, V., 2011. *Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality*. Horticultural Science. 38.
- Valadez, L. A., 1998. *Producción de hortalizas (1ra. Ed)*, Limusa. México.

- Zoilo Serrano Cermeño, 2009. *Prontuario del cultivo de tomate*. Junta de Andalucía. Consejería de agricultura y pesca. I.S.B.N.: 978-84-8474-273-9

