

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental**



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*



**“ESTUDIO DE LÍNEAS DE MEJORA DE TOMATE ORONE CON  
RESISTENCIA A VIRUS”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero 2026

Autor: José Martínez Coronel

Tutor: D. Santiago García Martínez

## REFERENCIAS DEL TRABAJO

### Título:

Estudio de líneas de mejora de tomate Orone con resistencia a virus

### Palabras clave:

Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Variedad Orone, Mejora genética, Resistencia a virus, ToMV, TSWV, TYLCV, Caracteres productivos, Caracteres de calidad, Sólidos solubles, Acidez, Marcadores moleculares, Cultivo hidropónico, Retrocruzamiento.

### Keywords:

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.), Orone variety, Genetic improvement, Virus resistance, ToMV, TSWV, TYLCV, Yield traits, Quality traits, Soluble solids, Acidity, Molecular markers, Hydroponic crop, Backcrossing.

### Resumen:

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos hortícolas más relevantes a nivel mundial y nacional. Sin embargo, su producción se ve constantemente amenazada por diversas patologías virales que causan graves pérdidas económicas. El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado ha sido realizar la evaluación agronómica y de calidad de una colección de líneas de mejora derivadas de la variedad tradicional canaria "Orone", a las cuales se les ha incorporado resistencia genética a los virus ToMV, TSWV y TYLCV mediante retrocruzamientos y marcadores moleculares. El ensayo experimental se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO), empleando un sistema de cultivo hidropónico en sacos de perlita bajo condiciones controladas de invernadero. Durante el ciclo de cultivo, se analizaron caracteres productivos como la producción total, el peso medio del fruto y el número de frutos por planta, así como parámetros de calidad organoléptica, específicamente el contenido en sólidos solubles y la acidez. No se han encontrado diferencias en los caracteres productivos de las líneas de mejora respecto a Orone, mientras que se ha encontrado un ligero descenso de la acidez de los frutos.

### Abstract:

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most significant horticultural crops both globally and nationally. However, its production is constantly threatened by various viral pathologies that cause severe economic losses. The main objective of this Bachelor's Thesis was to conduct an agronomic and quality evaluation of a collection of breeding lines derived from the traditional Canary Island variety "Orone". These lines have been incorporated with genetic resistance to ToMV, TSWV, and TYLCV viruses through backcrossing and molecular markers.

The experimental trial was carried out at the facilities of the Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO), using a hydroponic cultivation system in perlite bags under controlled greenhouse conditions. During the crop cycle, productive traits such as total yield, average fruit weight, and total number of fruits per plant were analyzed. Additionally, organoleptic quality parameters were evaluated, specifically soluble solids content and acidity. No differences were found in the productive traits of the breeding lines compared to Orone, while a slight decrease in fruit acidity was observed.



## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                  | 6  |
| 1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN .....                        | 6  |
| 1.2 SITUACIÓN TAXONÓMICA.....                          | 7  |
| 1.3 CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA Y FISIOLÓGICA .....       | 8  |
| 1.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....                   | 8  |
| 1.3.2 SEMILLA .....                                    | 9  |
| 1.3.3 RAÍZ.....  | 9  |
| 1.3.4 TALLO.....                                       | 10 |
| 1.3.5 HOJA .....                                       | 11 |
| 1.3.6 FLOR.....  | 12 |
| 1.3.7 FRUTO .....                                      | 14 |
| 1.4 SITUACIÓN ACTUAL.....                              | 16 |
| 1.4.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA A NIVEL MUNDIAL.....       | 16 |
| 1.4.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA A NIVEL NACIONAL .....     | 18 |
| 1.5 VARIEDADES TRADICIONALES .....                     | 19 |
| 1.6 VARIEDADES COMERCIALES .....                       | 21 |
| 1.7 VARIEDAD ORONE .....                               | 21 |
| 1.8 PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE LA UMH – EPSO ..... | 23 |
| 1.9 LÍNEA EN LA QUE SE ENGLoba ESTE PROYECTO.....      | 25 |
| 2. OBJETIVOS.....                                      | 26 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS .....                          | 27 |
| 3.1 MATERIAL VEGETAL.....                              | 27 |
| 3.2 CONDICIONES DE CULTIVO.....                        | 27 |
| 3.3 INSTALACIONES .....                                | 28 |
| 3.4 MANEJO DEL CULTIVO.....                            | 29 |
| 3.4.1 SEMILLERO.....                                   | 29 |
| 3.4.2 SUSTRATO.....                                    | 30 |
| 3.4.3 TRANSPLANTE.....                                 | 30 |
| 3.4.4 MARCO DE PLANTACIÓN .....                        | 30 |
| 3.4.5 PODA Y ENTUTORADO.....                           | 30 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.6 FERTIRRIGACIÓN .....                        | 31 |
| 3.4.7 TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS .....           | 32 |
| 3.4.8 RECOLECCIÓN .....                           | 33 |
| 3.5 PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS .....            | 33 |
| 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL.....                      | 34 |
| 3.7 CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO .....      | 34 |
| 3.7.1 CARACTERES PRODUCTIVOS.....                 | 34 |
| 3.7.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL.....                     | 34 |
| 3.7.1.2 PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO .....          | 34 |
| 3.7.1.3 NÚMERO DE FRUTOS TOTALES POR PLANTA ..... | 34 |
| 3.7.2 CARACTERES DE CALIDAD .....                 | 34 |
| 3.7.2.1 SÓLIDOS SOLUBLES.....                     | 36 |
| 3.7.2.2 ACIDEZ .....                              | 36 |
| 3.8 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....                 | 37 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                    | 38 |
| 4.1 CARACTERES PRODUCTIVOS.....                   | 38 |
| 4.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL.....                       | 38 |
| 4.1.2 NÚMERO TOTAL DE FRUTOS .....                | 39 |
| 4.1.3 PESO MEDIO DE LOS FRUTOS .....              | 41 |
| 4.2 CARACTERES DE CALIDAD .....                   | 42 |
| 4.2.1 SÓLIDOS SOLUBLES.....                       | 42 |
| 4.2.2 ACIDEZ .....                                | 43 |
| 5. CONCLUSIÓN .....                               | 46 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA.....                              | 47 |

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, el tomate ha experimentado una notable transformación: de ser una planta silvestre presente en los márgenes de los cultivos tradicionales, ha pasado a convertirse en uno de los productos agrícolas de mayor relevancia a nivel mundial.

Este cambio se debe tanto a la evolución del propio material genético como a la modernización de los sistemas de producción, distribución y consumo. En un contexto global marcado por una competencia creciente y por la necesidad de respetar los límites ambientales, la incorporación de nuevas tecnologías se convierte en un desafío esencial. Por ello, resulta fundamental disponer de conocimientos agronómicos claros y rigurosos que permitan diseñar estrategias adaptadas a cada situación. En este marco, la mejora genética de especies vegetales cobra especial importancia, y el caso del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un ejemplo destacado de cómo la innovación puede impulsar la productividad y la sostenibilidad de un cultivo (Nuez, 1995).

### 1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El origen de la planta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se sitúa en la región andina, territorio que actualmente comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta zona crecen de manera espontánea diversas especies del género y formas silvestres, por lo que se considera su centro de origen (Esquinas y Nuez, 2001).

Durante el período precolombino existía una notable diversidad de tomates en cuanto a formas, tamaños y colores, los cuales formaban parte de la agricultura mesoamericana, aunque con escasa difusión fuera de esta área. A pesar de que el proceso exacto de domesticación no está del todo claro, se reconoce a México como la principal zona donde se domesticó la planta (Esquinas y Nuez, 2001).

Tras el descubrimiento del “Nuevo Mundo”, los españoles adoptaron esta especie, muy presente en la cultura azteca, y la llevaron a Europa. Desde allí, su cultivo se extendió gradualmente hacia otros continentes como África y Asia. La introducción del tomate en Europa no fue homogénea: en España e Italia su cultivo adquirió gran relevancia, sobre todo para el consumo humano. Así lo recoge Quer en el tomo V de su Flora Española, donde describe el uso cotidiano del tomate en la alimentación popular: “El pueblo, además de usarlos en todos sus guisados, los comen en ensalada, y crudos con poco sal...” (Nuez, 1995).

En contraste, en países como Alemania o Francia el tomate se difundió principalmente como planta ornamental debido a sus flores amarillas y a la apariencia de sus frutos. Esto se debía a que en estas regiones las solanáceas autóctonas eran ricas en alcaloides, al igual que el tomate, lo que generaba cierta desconfianza por sus posibles efectos nocivos (Rick, 1978).

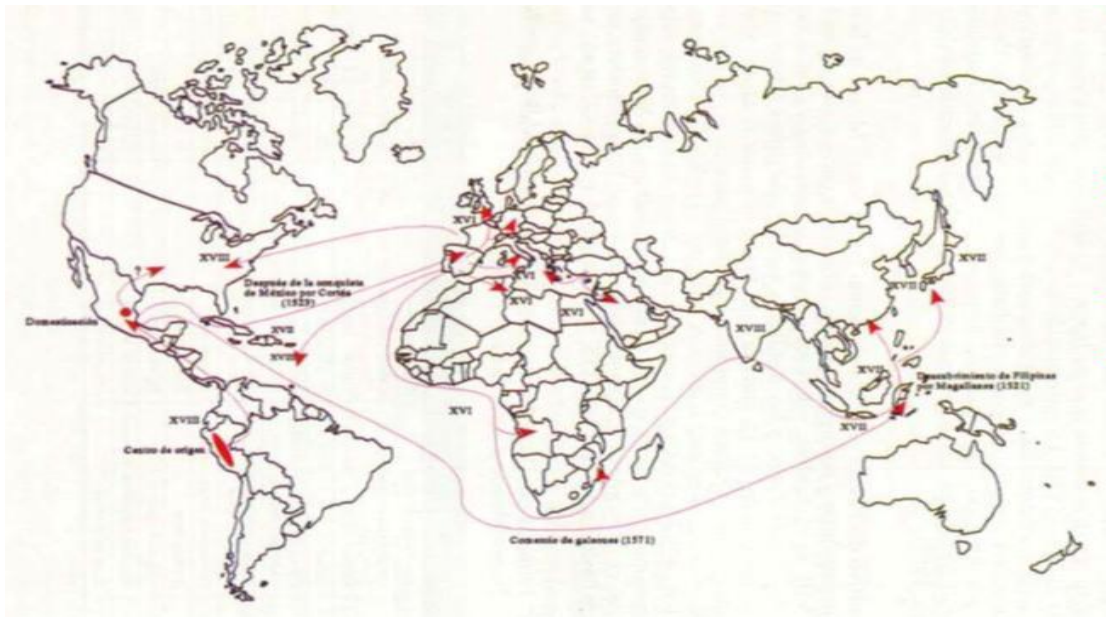


Figura 1: Rutas de origen y difusión del Tomate a partir del S.XVI (Esquinas – Alcázar y Nuez, 1995)

El cultivo del tomate continuó avanzando y, hacia 1900, experimentó un crecimiento notable en producción y valor económico, impulsado tanto por el consumo en fresco como por el desarrollo de la industria conservera (Anderlini, 1996).

Desde sus formas silvestres originales, el tomate ha experimentado una amplia diversificación y adaptación a nuevas regiones, dando lugar a numerosas variedades de interés agrícola. Sus características fisiológicas y las cualidades organolépticas de sus frutos han hecho de esta planta un cultivo altamente demandado, hasta situarlo hoy entre los más importantes a nivel mundial.

## 1.2 SITUACIÓN TAXONÓMICA

Clasificación taxonómica según Hunkizer (1979)

Clase: *Dicotyledoneas*.

Orden: *Solanales (Personatae)*.

Familia: *Solanaceae*.

Subfamilia: *Solanoideae*.

Tribu: *Solaneae*.

Género: *Solanum*.

Especie: *lycopersicum*.

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas. Esta familia, de amplia distribución mundial e importante relevancia económica, incluye 105 géneros y alrededor de 2030 especies, situándose entre las más numerosas dentro de las angiospermas (Obon, 2019).

La primera descripción escrita del tomate fue realizada por Pier Andrea Mattioli en su herbario publicado en 1504, y posteriormente continuó apareciendo en diversos estudios botánicos. Esto se debe a que el tomate no solo posee interés agronómico, sino que también se utiliza como planta modelo, dado que presenta características (apartado 1.3) que otras especies de referencia, como *Arabidopsis*, no poseen, entre ellas el desarrollo de frutos.

La primera clasificación taxonómica del tomate fue realizada por Linnaeus en 1753, quien lo nombró *Solanum lycopersicum*. Sin embargo, un año más tarde, Miller (1754) lo asignó al género *Lycopersicon* con la especie *esculentum*, diferenciándolo de *Solanum*. El género *Lycopersicon* se caracteriza por presentar estambres con conectivos alargados; sus anteras permanecen unidas en el extremo formando un “cuello”, dando lugar a un cono estaminal con forma de botella. Las anteras se abren lateralmente (dehiscencia longitudinal), a diferencia de la dehiscencia terminal típica del género *Solanum*. El polen se libera dentro del cono estaminal y sale a través de su cuello (Nuez, 1995).

No obstante, los estudios moleculares modernos han confirmado que el tomate pertenece realmente al género *Solanum* y a la especie *lycopersicum*, por lo que su denominación actual es *Solanum lycopersicum* L. (Foland, 2007).

### **1.3 CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA Y FISIOLÓGICA**

#### **1.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

La planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una especie perenne y herbácea, de porte arbustivo, aunque en agricultura se maneja como anual. Puede crecer de forma rastrera, semierecta o totalmente erecta. En las variedades determinadas su crecimiento se detiene al formar un número definido de inflorescencias, mientras que en las indeterminadas continúa de manera indefinida (Rick, 1978).

Se adapta a una amplia variedad de latitudes, suelos y sistemas de cultivo, y presenta una tolerancia moderada a la salinidad (Chamarro, 2001). Requiere climas cálidos, buena luz y suelos bien drenados. Las temperaturas óptimas para su desarrollo y fructificación se sitúan entre 25 y 30 °C, siendo muy sensible al frío. Exposiciones prolongadas por debajo de 10 °C, menos de 12 horas de luz diurna, un drenaje deficiente o un exceso de nitrógeno pueden perjudicar seriamente su crecimiento (Nuez, 1995).

### 1.3.2 SEMILLA

La semilla de tomate posee una configuración lenticular, con unas medidas aproximadas de 5 x 4 x 2 milímetros y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa. El embrión, que al desarrollarse originará la planta adulta, se compone por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo se encuentra situado bajo la testa, circundando al embrión, y contiene las reservas nutritivas necesarias para el progreso del embrión. La testa es la cubierta externa de la semilla, y está formada por una estructura rígida e impenetrable, que envuelve y resguarda al endospermo y al embrión (Nuez, 1995).



**Figura 2: Semillas de tomate**

En el proceso de germinación se diferencian tres fases. Una primera fase, donde se produce una veloz captación de agua por la semilla. Una segunda fase, donde no se aprecian modificaciones ni en la anatomía ni en la actividad metabólica de la semilla. Una tercera fase, donde la semilla vuelve a absorber agua, dando comienzo al crecimiento ligado con la aparición de la radícula (Bewley y Black, 1982).

### 1.3.3 RAÍZ

El sistema radicular tiene la finalidad de anclar la planta al sustrato, además de absorber y movilizar el agua y los compuestos minerales presentes en el suelo. Este sistema radicular se conforma por una raíz principal que se acopla al tallo, pero que se caracteriza por ser corta y poco robusta. Las raíces secundarias, que emergen de la principal, establecen un sistema secundario ramificado y potente. Las raíces adventicias, por su parte, brotan del tallo cuando este entra en contacto con el sustrato.



**Figura 3: Sistema radicular de planta de tomate (Picken et al. 1986)**

Al analizar la sección transversal de la raíz principal, identificamos la epidermis, el córtex y el cilindro vascular, zonas que están claramente diferenciadas. La epidermis es la capa celular más exterior, especializada en la captación de agua y sales minerales, y de ella se forman los pelos radicales (que son prolongaciones tubulares de las células epidérmicas). Inmediatamente debajo de la epidermis se sitúa el córtex, compuesto por diversas capas de células parenquimáticas de reserva. Dentro del córtex, distinguimos la exodermis (contigua a la epidermis) y la endodermis (que limita con el cilindro vascular). La capa más externa del cilindro vascular, en contacto con la endodermis, es el periciclo, un tejido simple (uniestratificado) del cual se originan las raíces secundarias. En el núcleo del cilindro vascular se ubican los tejidos vasculares primarios. El xilema, un conjunto de conductos que transporta los elementos minerales, adopta una forma cilíndrica central con dos extensiones laterales (alas), mientras que el floema, un conjunto de vasos que conduce los fotoasimilados, llena el espacio entre dichas alas, configurando así el sistema vascular en su totalidad (Picken et al., 1986).

#### **1.3.4 TALLO**

El tallo posee la misión de servir de apoyo a las hojas, las flores y los frutos, además de encabezar el traslado de la savia hacia los diversos órganos de la planta (Picken et al., 1986).



**Figura 4: Tallo de planta de tomate (hogarmanía.com)**

El tallo principal presenta un diámetro de entre 2 y 4 centímetros en su base, muestra una forma angulosa y está recubierto de tricomas (pelos) globulares y no globulares que surgen de la epidermis. Debajo de la epidermis se localiza el córtex, cuyas células más superficiales son fotosintéticas, mientras que las más profundas son de tipo colenquimático, y contribuyen a la sostener la estructura del tallo. El tallo principal genera de 6 a 12 hojas, las cuales se desarrollan lateralmente, antes de que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El desarrollo posterior (subsiguiente) procede desde la yema axilar de la última hoja, la cual origina un tallo secundario que crece como una extensión del tallo primario y desplaza la inflorescencia hacia un lado. Los segmentos sucesivos del tallo evolucionan de manera análoga, produciendo una inflorescencia cada tres hojas. Las variedades en las que este patrón se repite sin interrupción se denominan variedades de crecimiento indeterminado, mientras que aquellas en las que el meristemo apical se convierte en un racimo floral y cesa su progresión (ya sea de forma natural o por intervención humana), se conocen como variedades de crecimiento determinado (Picken et al., 1986).

### **1.3.5 HOJA**

Las hojas cumplen dos funciones esenciales en el despliegue de la planta. Son las encargadas de llevar a cabo la fotosíntesis, proceso clave para la generación de materia orgánica, y de facilitar el intercambio gaseoso con el ambiente externo mediante los estomas. Las hojas del cultivo de tomate son clasificadas como imparipinnadas y compuestas. Su distribución a lo largo del tallo es de manera alterna. Una hoja puede alcanzar los 0,5 metros de longitud y un ancho ligeramente menor. Exhibe de 5 a 9 folíolos (hojuelas), uno de ellos ubicado en el extremo (terminal) y el resto laterales, todos ellos unidos por peciolo, lobulados, de tamaño variable (desiguales), dispuestos alternadamente y que pueden mostrar un margen dentado. (Ramírez-Toledo, 2015).



**Figura 5: Hoja de tomate (Google images)**

A partir de un corte transversal del limbo, observamos el mesófilo (compuesto por tejido en empalizada y tejido esponjoso) con una abundante concentración de cloroplastos, revestido por una epidermis superior (el haz) y otra inferior (el envés). Ambas capas están formadas por una única hilera de células y se encuentran protegidas por la cutícula. Esta actúa como una barrera defensiva frente a elementos perjudiciales (patógenos, contaminantes, etc.) y como elemento regulador ante la pérdida de agua no estomática (Riederer y Schreiber et al., 2001). La epidermis del envés contiene numerosos estomas que agilizan el intercambio gaseoso, y haces vasculares prominentes, con un nervio central claramente definido (Ramírez et al., 2015).

### **1.3.6 FLOR**

La flor de tomate es perfecta, regular e hipógina, de color amarillo intenso. Consta de 5 o más sépalos y 5 o más pétalos dispuestos de forma helicoidal. Los estambres, de un número igual al de sépalos y pétalos, están soldados entre sí formando un cono estaminal que envuelve al gineceo (estigma, estilo y ovario) (Varga y Brusina, 1986).



**Figura 6: Flor de tomate**

Las flores, en número variable, se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso. Frecuentemente, el eje principal se ramifica por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta. (eje floral) a la que se unen las flores a través de un pedicelo articulado. La primera flor se forma en la yema apical, mientras que el resto se van desarrollando lateralmente por debajo de la primera, alrededor de un eje principal. (Varga y Brusina et al., 1986)



**Figura 7: Inflorescencia de tomate con flores (elhuertodetalou.com)**

La transformación y el crecimiento de las flores constituyen un mecanismo sofisticado condicionado por múltiples variables, tales como el genotipo, el clima, el fotoperiodo y el estado nutricional de la planta. Este proceso es determinante para el éxito de la cosecha; por tanto, cualquier elemento que altere la floración repercutirá directamente en la precocidad, el volumen de producción y las propiedades organolépticas del fruto (Chamarro y Nuez, 1995).

### 1.3.7 FRUTO

El fruto del tomate es una baya carnosa formada por varios lóculos que derivan del ovario. Dependiendo de la variedad, su apariencia puede variar de circular a alargada, con piel lisa o con surcos. Al alcanzar la madurez, el peso oscila entre los 5 y los 500 gramos, sujeto al manejo del cultivo y la variedad empleada. El fruto se mantiene unido a la planta a través de un pedicelo articulado donde se encuentra el punto de desprendimiento natural. Sus componentes principales son el pericarpio, la placenta y las semillas. En la etapa de maduración, el fruto experimenta cambios clave: aumenta su dulzor, disminuye su acidez, potencia su aroma y pierde consistencia (Escobar et al., 2012).

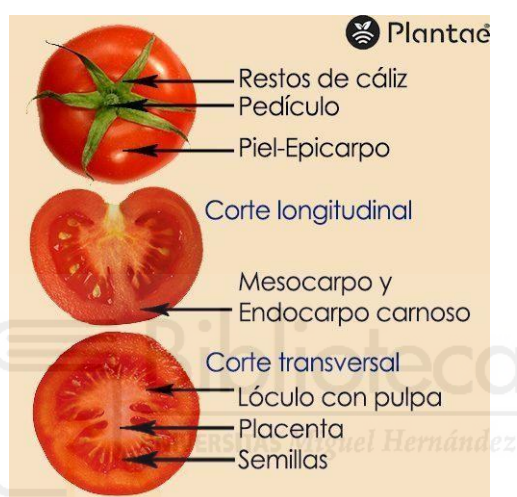


Figura 8: Fruto de tomate incluyendo sus partes ([www.plantae.garden](http://www.plantae.garden))

El desarrollo del fruto se produce en 7 – 9 semanas, a partir de que el ovario es fecundado, aunque varía según el cultivar, posición en el racimo y condiciones ambientales. El desarrollo del fruto se podría dividir en tres períodos.

El primer período, dura de 2 a 3 semanas, y se caracteriza por un crecimiento lento, y finaliza cuando el fruto ha alcanzado en torno al 10% del peso final.

El segundo período, dura de 3 a 5 semanas, prolongándose hasta el inicio de la maduración del fruto. Hacia mitad de este período la velocidad de crecimiento es máxima, y al final de este, el fruto ha alcanzado casi la totalidad de su desarrollo (Ho et al., 1983).

El tercer período, dura de 1 a 2 semanas, se caracteriza por un crecimiento lento, en el que el aumento del peso del fruto es pequeño, pero tiene lugar los cambios metabólicos característicos de la maduración (Nuez, 1995).

- COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL FRUTO DE TOMATE ORONE

El fruto del tomate Orone se caracteriza por ser un alimento de alta densidad biológica y bajo aporte calórico, compuesto mayoritariamente por agua, que representa entre el 94% y el 95% de su peso total. Su valor energético es reducido, aportando apenas unas 20 kcal por cada 100 gramos, debido a su bajo contenido en lípidos y proteínas. Los hidratos de carbono, que oscilan entre 3.5 y 4.5 gramos, están representados principalmente por azúcares simples como la fructosa y la glucosa, los cuales, junto con una equilibrada presencia de fibra dietética, definen su estructura energética y su beneficio para la salud digestiva (Escobar et al., 2012).

**Tabla 1: Composición nutricional del tomate, MAPA 2021**

| Componente                      | Cantidad aproximada | % Valor Diario (IDR)* |
|---------------------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Agua</b>                     | 94.5 g              | --                    |
| <b>Energía</b>                  | 18 - 22 kcal        | 1%                    |
| <b>Proteínas</b>                | 0.9 g               | 2%                    |
| <b>Lípidos (Grasas)</b>         | 0.2 g               | <1%                   |
| <b>Carbohidratos</b>            | 3.9 g               | 1.5%                  |
| -- <i>Azúcares simples</i>      | 2.6 g               | --                    |
| Componente                      | Cantidad aproximada | % Valor Diario (IDR)* |
| <b>Fibra Alimentaria</b>        | 1.2 g               | 5%                    |
| <b>Vitamina C</b>               | 14 - 18 mg          | 25%                   |
| <b>Vitamina A (eq. Retinol)</b> | 42 µg               | 5%                    |
| <b>Potasio</b>                  | 237 mg              | 7%                    |
| <b>Fósforo</b>                  | 24 mg               | 3%                    |
| <b>Licopeno (Antioxidante)</b>  | 3.0 - 5.0 mg        | <b>Alto</b>           |

Desde una perspectiva de micronutrientes, esta variedad destaca por su notable contenido de potasio, mineral esencial para la regulación de la presión arterial y el equilibrio osmótico celular. En el plano vitamínico, el tomate Orone actúa como una fuente relevante de vitamina C y carotenos precursores de la vitamina A.

Estos componentes no solo elevan su valor nutricional, sino que también juegan un papel crucial en la protección del sistema inmunológico y el mantenimiento de la salud ocular de los consumidores (MAPA, 2021).

Sin duda, el aspecto más sobresaliente de la composición del Orone es su riqueza en compuestos bioactivos, especialmente el licopeno. Este carotenoide, responsable de su pigmentación roja intensa, es un potente antioxidante que ayuda a neutralizar los radicales libres en el organismo. Su concentración se ve potenciada durante la maduración climatérica, momento en el que el balance entre los sólidos solubles (medidos en grados Brix) y la acidez orgánica alcanza su punto óptimo, otorgando al fruto ese sabor característico que equilibra perfectamente el dulzor con el frescor cítrico (Escobar et al., 2012).

## 1.4 SITUACIÓN ACTUAL

### 1.4.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA A NIVEL MUNDIAL

El tomate se trata de una de las hortalizas más extendidas a nivel mundial y de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio (MAPA, 2024).

Según la FAO, en el año 2023 se produjeron en todo el mundo unas 1.210.420.000 toneladas de hortalizas (sin incluir el melón), de las cuales, 192.317.970 toneladas corresponden a la producción de tomate, lo que equivale a un 15,9% de la producción mundial de hortalizas. En el siguiente gráfico se puede observar la importancia de la producción de tomate frente a otros grupos de hortalizas, consolidándose como el cultivo hortícola líder por volumen y valor de mercado.

Producción mundial de los principales grupos de hortalizas



Figura 9: Producción económica mundial de hortalizas, FAO 2023

El cultivo de tomate se encuentra extendido por todos los continentes del mundo, prácticamente en todos los países, ocupando una superficie de 5.148.240 hectáreas, a partir de las cuales se obtiene una producción de 192.317.970 toneladas.

**Tabla 2: Superficie mundial clasificada por continentes destinada a tomate (FAO, 2023)**

| Continente   | Superficie de cultivo (Hectáreas) | Producción (Toneladas) |
|--------------|-----------------------------------|------------------------|
| África       | 1.685.420                         | 23.104.550             |
| América      | 392.115                           | 25.412.330             |
| Asia         | 2.642.500                         | 119.850.100            |
| Europa       | 422.905                           | 23.535.120             |
| Oceanía      | 5.300                             | 415.870                |
| <b>Mundo</b> | <b>5.148.240</b>                  | <b>192.317.970</b>     |

El análisis de la tabla muestra la clara hegemonía de Asia, que concentra el 62% de la producción global, consolidándose como el principal motor del sector. Destaca también el contraste entre África y Europa: mientras que el continente africano emplea una superficie mucho mayor, Europa logra una producción similar gracias a su alta eficiencia tecnológica. En conjunto, el crecimiento de la superficie y el volumen total refuerza al tomate como el cultivo hortícola más importante a nivel mundial en la actualidad.

El análisis de los principales productores revela una brecha tecnológica significativa. Mientras China domina por volumen absoluto, países como España destacan por su altísima eficiencia: con la menor superficie de cultivo de la lista (solo 55.100 hectáreas), España logra superar en producción a naciones que cultivan el doble o triple de terreno, como Egipto o Irán (FAO, 2023).

Por otro lado, la recuperación de las cifras de India y la estabilidad de Estados Unidos y Turquía reflejan un mercado global muy competitivo, donde la producción se está concentrando cada vez más en países que logran optimizar el rendimiento por metro cuadrado mediante técnicas avanzadas de riego y cultivo protegido (FAO, 2023).

**Tabla 3: Clasificación de países en función de la producción de tomate (FAO, 2023)**

| <b>País</b>    | <b>Producción (Toneladas)</b> | <b>Superficie de cultivo (Hectáreas)</b> |
|----------------|-------------------------------|--|
| China          | 68.235.100                    | 1.120.400                                |
| India          | 20.450.000                    | 830.500                                  |
| Turquía        | 13.500.200                    | 185.300                                  |
| Estados Unidos | 10.200.500                    | 110.200                                  |
| Egipto         | 6.450.100                     | 165.400                                  |
| Italia         | 6.150.300                     | 95.800                                   |
| Irán           | 5.850.000                     | 115.200                                  |
| <b>España</b>  | <b>5.350.700</b>              | <b>55.100</b>                            |

#### **1.4.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA A NIVEL NACIONAL**

El cultivo de tomate representa una importante actividad económica en España, que se mantiene como un referente de eficiencia global. Su producción ha mostrado solidez, llegando a alcanzar en la campaña 2024 las 5.350.700 toneladas de tomate en una superficie optimizada de 55.100 hectáreas. Esto implica un notable aumento del rendimiento por hectárea respecto a periodos anteriores, consolidando a España como uno de los líderes en productividad frente a otros países que, pese a destinar una mayor superficie al cultivo, no obtienen volúmenes tan altos en relación a dicha extensión (MAPA, 2024).

A continuación, se muestra la tendencia de crecimiento del cultivo de tomate en España:

Por Comunidades Autónomas, destaca la Comunidad de Extremadura como la primera productora nacional (impulsada por el tomate de industria) con una producción de 2.150.400 toneladas, seguida muy de cerca por la Comunidad de Andalucía, con 2.080.150 toneladas, y la Región de Murcia, con una producción de 275.600 toneladas (MAPA, 2024). Estas tres comunidades representan actualmente el 84% de la producción total de España. En el resto de Comunidades Autónomas el cultivo es significativamente menor; de hecho, la Comunidad Foral de Navarra, que se sitúa como la cuarta productora tras Murcia, registra una producción de 132.800 toneladas, lo que supone, siguiendo la tendencia histórica, menos de la mitad del volumen de la

comunidad que la precede.

**Tabla 4: Clasificación según la producción de tomate en España (MAPA, 2024)**

| Comunidad Autónoma  | Producción (Toneladas) | % sobre el Total Nacional (aprox.) |
|---------------------|------------------------|------------------------------------|
| Extremadura         | 2.150.400              | 40,2%                              |
| Andalucía           | 2.080.150              | 38,9%                              |
| Región de Murcia    | 275.600                | 5,1%                               |
| Navarra             | 132.800                | 2,5%                               |
| Resto de CCAA       | 711.750                | 13,3%                              |
| <b>TOTAL ESPAÑA</b> | <b>5.350.700</b>       | <b>100%</b>                        |

### 1.5 VARIEDADES TRADICIONALES

Entendemos por variedades tradicionales a un “grupo de plantas de un determinado taxón botánico seleccionado por los agricultores, adaptándolo de forma continuada a las condiciones ambientales y la forma de uso y manejo propias de la cultura local. Estas variedades se definen por una serie de criterios de identificación y selección compartidos por la comunidad” (Tardío, 2018). Este concepto resalta la simbiosis entre la naturaleza y el factor humano, donde la planta no evoluciona de forma aislada, sino ligada estrechamente a la historia y las costumbres de un lugar específico.

Dicho de otro modo, las variedades tradicionales son aquellas que proceden de los propios agricultores, como resultado del trabajo realizado con paciencia y observación año tras año. Este proceso consiste en seleccionar las “mejores” plantas (aquellas que muestran mayor vigor, sabor o resistencia) de las cuáles obtienen la semilla para el siguiente cultivo (Sanchís, 2009). Esta práctica ancestral ha permitido que el material genético se refine de manera natural, garantizando una adaptación óptima al suelo y al microclima de cada zona, algo que las semillas comerciales estándar no siempre logran.

En base a ello, la Comunidad Valenciana destaca, entre las regiones de la Unión Europea, como una de las áreas con mayor patrimonio agrícola y biodiversidad cultivada. Esta riqueza es el reflejo de una tradición huertana milenaria que ha sabido preservar un legado fitogenético invaluable. La región actúa como un reservorio de biodiversidad donde el conocimiento transmitido de generación en generación ha

evitado la desaparición de ecotipos únicos que, de otro modo, se habrían perdido ante la homogeneización de la agricultura industrial (Sanchís, 2009).

Centrándonos en el cultivo de tomate, encontramos una gran riqueza de variedades tradicionales que son auténticas joyas gastronómicas y biológicas. Un ejemplo claro es el tomate "Muchamiel", famoso por su cuello verde y su intenso aroma, o el tomate "De la pera", muy apreciado por su pulpa densa y jugosa. También destaca el "Tres cantos", junto a otras tipologías originarias de la provincia de Alicante y zonas colindantes. Todos ellos presentan una enorme diversidad de frutos con distintas formas, colores y sabores, representando un abanico sensorial que define la identidad de la cocina mediterránea (Raíz y Nuez, 1997).



**Figura 10: Tomate "De la Pera"**



**Figura 11: Tomate Muchamiel**



**Figura 12: Tomate Tres Cantos (tomatofifou.com)**

## **1.6 VARIEDADES COMERCIALES**

Se define variedad comercial como un “conjunto de plantas cultivadas que se distinguen de otros conjuntos por determinados caracteres (ya sean morfológicos, fisiológicos, citológicos o químicos) y que conservan sus rasgos distintivos sea cual sea su modo de reproducción” (Cubero, 2003).

Esta estabilidad es fundamental para garantizar que la identidad de la planta permanezca inalterable a lo largo de sucesivos ciclos de cultivo.

Todo este proceso se encuentra regulado por la Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV), que supervisa su registro oficial para asegurar el cumplimiento de estándares de distinción, homogeneidad y estabilidad. A diferencia de las variedades locales, estas se enfocan en la uniformidad y el rendimiento, proporcionando una base legal y técnica para el comercio y la producción agrícola a gran escala.

## **1.7 VARIEDAD ORONE**

La variedad “Orone” tiene sus raíces en una variedad comercial antigua originaria de las Islas Canarias. Su perfil genético presenta particularidades específicas, especialmente en lo referente a sus resistencias naturales, lo que induce a considerar que hubo una intervención humana previa en su desarrollo inicial para potenciar dichas capacidades adaptativas y defensivas.

Sin embargo, más allá de su origen técnico, su consolidación se debe a la labor de los agricultores locales. Con el paso de las décadas, estos productores han empleado la variedad de forma continuada, estableciendo una red de intercambio de semillas que ha permitido su evolución natural sobre el terreno. Este proceso de selección empírica la ha adaptado progresivamente a las condiciones edafoclimáticas y a los métodos de

manejo tradicionales del entorno canario, transformándola en una variedad con identidad propia y profundamente arraigada a la zona.

En la actualidad, esta transición entre lo tradicional y lo regulado ha culminado en su registro oficial por parte de la empresa Cultesa. Este hito es de gran relevancia para el patrimonio agrícola regional, ya que la "Orone" se ha convertido formalmente en la primera variedad comercial de origen canario, logrando un estatus legal que protege su singularidad y reconoce su valor histórico y agronómico.

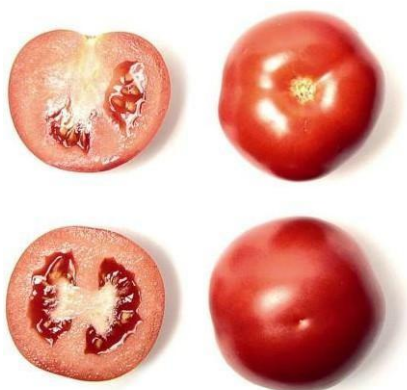


Figura 13: Tomate Orone (Google images)

The image shows a technical data sheet for the Orone tomato variety. On the left, there is a photograph of several whole, ripe, red tomatoes. The sheet is titled "Tomate Orone" and includes the following information:

- Características:**
  - Tipo varietal: redondo liso
  - Carnoso, jugoso, sabroso, aromático, con un color intenso y una larga conservación.
  - Nutricionalmente destaca por presentar altos contenidos de licopeno y, al tener un menor contenido en agua con respecto a otros tomates tipo canarios evaluados, sus frutos aportan más nutrientes.
  - Color del fruto maduro: rojo
  - Piel gruesa de color rojo brillante
  - Intensidad del color de la carne: mucha
  - La variedad Orone® responde a plantas de crecimiento indeterminado. Muestra producciones medias de 10-12 Kg/m<sup>2</sup>.
- Observaciones:**
  - El Orone es la primera y única variedad comercial (NRVC 20130157) y protegida (NRVP 20135074) de tomate registrada en Canarias por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente (B.O.E.)\*

At the bottom of the sheet, there is contact information: "922 56 26 11 · cultesa @ cultesa.com" and a small "Activar Windows" watermark.

Figura 14: Ficha técnica variedad "Orone" (cultesa.com)

## 1.8 PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE LA UMH (EPSO)

El programa de mejora genética de variedades tradicionales de tomate de la Universidad Miguel Hernández se inició en 1998 en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO). Su creación surgió como una respuesta estratégica para contribuir al conocimiento, estudio y utilización de la vasta diversidad genética presente en las variedades locales. El objetivo principal ha sido evitar la erosión genética de estos ecotipos, rescatando sus cualidades sensoriales y adaptativas para devolverlas al sector productivo con garantías de éxito.

A través de este programa, se trabaja de forma específica en la obtención de variedades que combinen el sabor y la calidad de los tomates de "antes" con la robustez necesaria para la agricultura actual. El foco principal se centra en la introducción dirigida de genes de resistencia para combatir las tres virosis más devastadoras que amenazan los cultivos en la zona mediterránea.

- Virus del Mosaico del Tomate (ToMV) La enfermedad del Mosaico es una de las afecciones más cosmopolitas, con una distribución global que impacta a cerca de 150 géneros de dicotiledóneas herbáceas. Este virus destaca por su alta estabilidad y persistencia, lo que facilita su propagación mecánica a través de las labores cotidianas de cultivo, como la poda o el entutorado, donde el contacto directo actúa como vector. Los síntomas clínicos incluyen una marcada clorosis foliar, atrofia del crecimiento y necrosis en tejidos sensibles. En el fruto, el daño es económico, ya que provoca una maduración dispar y la aparición de manchas amarillas que deprecian su valor comercial (MAPA, 2021).



Figura 15: Virus del Mosaico del Tomate (ToMV) en fruto y hojas (google images)

- Virus del Bronceado del Tomate (TSWV) El Bronceado es una patología extremadamente versátil que afecta a una amplísima gama de huéspedes, desde hortalizas hasta especies ornamentales. Su peligrosidad radica en su complejo sistema

de transmisión, mediado por insectos vectores del orden *Thysanoptera*, siendo los trips los principales responsables de su dispersión. La infección se manifiesta mediante un enanismo severo y necrosis generalizada en la arquitectura de la planta. En los frutos, el virus genera lesiones necróticas o cloróticas anulares que invalidan totalmente la calidad del producto para su consumo.



**Figura 16: Virus del Bronceado del Tomate (TSWV) en fruto y hojas, y su vector más importante *Frankiniella occidentalis* (Google images)**

- Virus del Rizado Amarillo del Tomate (TYLCV) Conocido popularmente como el "virus de la cuchara", representa una de las mayores amenazas para la seguridad alimentaria a nivel mundial debido a la magnitud de las pérdidas económicas que ocasiona. El vector principal es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual inocular el virus al alimentarse de la planta. El cuadro sintomatológico es inconfundible: un enrollamiento ascendente de los márgenes foliares (en forma de cuchara), reducción drástica del área fotosintética, acortamiento de los entrenudos y un enanismo pronunciado. Además, el virus provoca el aborto floral sistemático, impidiendo la formación de frutos y comprometiendo la viabilidad de la cosecha (Navas-Castillo, 2014).



**Figura 17: Virus del Rizado Amarillo del Tomate (TYLCV) en hojas, así como el vector principal *Bemisia Tabaci* (Google images)**

### **1.9 LÍNEA EN LA QUE SE ENGLOBA ESTE PROYECTO**

Este Trabajo de Fin de Grado se ha realizado dentro del contrato Desarrollo de variedades derivadas de tomate canario Orone que incorporen genes de resistencia a ToMV, TSWV y TYLCV por entrecruzamientos y aplicación de marcadores moleculares, financiado por la empresa mixta Cultesa (obtentora de Orone) y realizado por los grupos de los Dr. Antonio Granell y Antonio Monforte del IBCMP-CSIC-UPV y del Dr. Juan José Ruiz del CIAGRO-UMH, realizado entre 2018 y 2021 y entre 2023 y 2024. Mediante este contrato se ha introducido resistencia genética TYLCV y TSWV en la variedad comercial Orone, realizando 7 retrocruzamientos y 2 autofecundaciones para fijar los genes de resistencia en homocigosis. En este Trabajo Fin de Grado se ha realizado la evaluación agronómica y de calidad de una colección de líneas de mejora derivadas de Orone con resistencia a virus, junto con la variedad Orone original.

## 2. OBJETIVOS

Con la elaboración de este trabajo, se pretende evaluar varias líneas de tomate "Orone" con resistencia a virus, obtenidas en el programa de mejora de tomate del CIAGRO-UMH, cultivadas en un invernadero de malla de la EPSO-UMH.

Para ellos, se estudiará caracteres agronómicos como número de frutos recolectados por planta, peso medio y producción total, así como caracteres de calidad, principalmente, su contenido en sólidos solubles y acidez.

Las líneas que muestren caracteres más interesantes se seleccionarán para continuar con su estudio, hasta que determine que está en condiciones para su envío al Registro de Variedades Comerciales y Protegidas.



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL VEGETAL

En el ensayo realizado en la EPSO se han estudiado 4 líneas de mejora de tomate derivadas de Orone con resistencia a virus, 4 lotes de la variedad original Orone y la variedad comercial Calero como referencia. Las líneas de mejora se han obtenido tras 6 o 7 retrocruzamientos y 2 autofecundaciones, y se nombran como BC6S2 y BC7S2.

A continuación, en la tabla 5, se muestra el genotipo de las líneas de mejora de tomate tipo canario estudiadas en el programa de mejora.

**Tabla 5: Genotipo de las líneas de mejora de tomate tipo canario**

| VARIEDAD-LÍNEA            | GEN DE RESISTENCIA A VIRUS |       |      |
|---------------------------|----------------------------|-------|------|
|                           | ToMV                       | TYCLV | TSWV |
| <i>ORONE L0</i>           | RR                         | SS    | SS   |
| <i>ORONE L1</i>           | RR                         | SS    | SS   |
| <i>ORONE L2</i>           | RR                         | SS    | SS   |
| <i>ORONE L3</i>           | RR                         | SS    | SS   |
| <i>ORONE BC7S2-643</i>    | RR                         | RR    | RR   |
| <i>ORONE BC7S2-644</i>    | RR                         | RR    | RR   |
| <i>ORONE BC7S2-646</i>    | RR                         | RR    | RR   |
| <i>ORONE BC6S2-634628</i> | RR                         | RR    | RR   |
| <i>Calero</i>             | RR                         | Rs    | RR   |

Para facilitar la comprensión de los resultados, se utilizarán L0, L1, L2 y L3 para referirse a los lotes de Orone y 643, 644, 645 y 634628 para las líneas de mejora.

#### 3.2 CONDICIONES DE CULTIVO

Todos los ensayos experimentales se desarrollaron bajo condiciones de cultivo estrictamente uniformes, empleando para ello un invernadero de malla perteneciente a la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO), integrada en la Universidad Miguel Hernández. El uso de esta instalación es estratégico, ya que permite que las plantas crezcan en un ambiente controlado que reduce la presión de plagas externas,

pero manteniendo una conexión directa con las condiciones ambientales propias de la zona, lo que garantiza que los resultados obtenidos sean extrapolables a la realidad productiva del entorno.

La Escuela Politécnica, y por extensión el invernadero donde se ubica el ensayo, se emplaza en el municipio de Orihuela, en la provincia de Alicante. Esta ubicación es de especial relevancia agronómica al encontrarse en el corazón de la denominada "Vega Baja del Segura", una zona tradicionalmente conocida como "huerta" debido a su fertilidad histórica. En este enclave, las condiciones para el desarrollo de cultivos hortícolas son excepcionalmente favorables, gracias a la calidad de sus suelos aluviales y a una tradición agrícola milenaria que ha optimizado el manejo de los recursos hídricos.

En dicha región predomina un clima mediterráneo seco, un factor determinante que condiciona la fisiología y el rendimiento de la variedad "Orone". Según los estudios de Paredes Gil (2017), este clima se caracteriza por presentar una temperatura media anual que oscila entre los 15 y 18 °C, lo que proporciona un régimen térmico estable durante gran parte del ciclo vegetativo (Paredes Gil, 2017).

Asimismo, el entorno se caracteriza por un régimen de precipitaciones escasas, lo que obliga a un manejo preciso del riego, y una elevada humedad relativa debido a la influencia de la proximidad de la costa mediterránea. Esta combinación de factores configura un escenario ideal para evaluar la resistencia de las líneas de tomate a las virosis locales, ya que son precisamente estas condiciones las que favorecen la actividad de los insectos vectores y ponen a prueba la robustez genética de los nuevos materiales obtenidos por el CIAGRO-UMH.

### **3.3 INSTALACIONES**

El invernadero empleado es de tipo capilla, con cubierta a dos aguas, simétrica y de policarbonato (Figura 13). Sus dimensiones son las siguientes: 10 m de ancho, 19 m de profundidad, 3 m de altura hasta el canal, y 4,5 m hasta la cumbrera. Cuenta con ventilación lateral.

El invernadero se realiza cultivo hidropónico en sacos de perlita. Se dispone de riego localizado por goteo. Los emisores son autocompensantes, y tienen un caudal de 2 l/h.



**Figura 18: Invernadero donde tiene lugar el ensayo**

### **3.4 MANEJO DEL CULTIVO**

#### **3.4.1 SEMILLERO**

La fase de semillero se confió a la empresa Semilleros José y Belén S.L., ubicada en Albatera (Alicante). Se eligió este centro especializado para asegurar que las plantas tuvieran un buen inicio antes de llevarlas al invernadero definitivo.

Para la siembra se utilizó un sustrato que combinaba un 80% de turba rubia y un 20% de turba negra, mezcla que venía ya preparada con abono para nutrir a las pequeñas plantas. Como soporte, se emplearon bandejas de corcho blanco (poliestireno) de 150 huecos, lo que permite que cada semilla crezca de forma independiente y con espacio suficiente.



**Figura 19: Plantas de tomate en semillero**

### 3.4.2 SUSTRATO

Para el cultivo en el invernadero se utilizó perlita tipo B-12 como sustrato, la cual venía presentada en sacos de 40 litros donde se colocaron 6 plantas por unidad. Estos sacos se renovaron por completo al finalizar la campaña, empleándose únicamente para un solo ciclo de cultivo.

### 3.4.3 TRASPLANTE

El trasplante se llevó a cabo cuando las pequeñas plantas tenían entre 40 y 50 días de vida, de forma manual. Previamente se habían agujereado los sacos para abrir los orificios necesarios respetando el marco de plantación establecido y facilitando la colocación de la plántula para que iniciara su desarrollo definitivo.

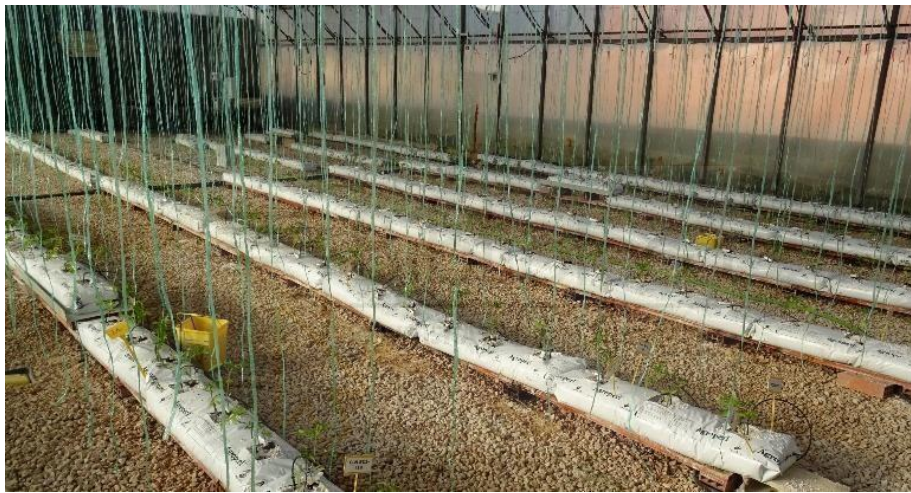


Figura 20: Plantas de tomate recién trasplantadas

### 3.4.4 MARCO DE PLANTACIÓN

Las plantas se disponen en 2 filas pareadas, separadas 50 cm. Dichas filas tienen 2 metros de separación entre ejes, y la separación entre plantas es de 0,4 metros, con lo que se obtiene una densidad de 2,5 plantas/m<sup>2</sup>.

### 3.4.5 PODA Y ENTUTORADO

Para asegurar el crecimiento vertical de las plantas, se utilizó un sistema de entutorado con hilos de rafia, los cuales se amarraron a la estructura de alambre situada en la parte alta del invernadero. Con el fin de guiar el cultivo de forma segura sin dañar los tejidos, el tallo se fue fijando progresivamente al hilo mediante el uso de anillas plásticas.

En cuanto al manejo de la arquitectura de la planta, se optó por una poda a un solo tallo, eliminando sistemáticamente todos los brotes laterales o "chupones" con una frecuencia de unos 10 o 12 días. Esta labor es fundamental para concentrar el vigor de la planta en la guía principal y mejorar la aireación entre el follaje.

Debido a que se trabaja con variedades tradicionales que carecen de defensas naturales, se extremaron las medidas de bioseguridad para evitar la propagación del virus del mosaico del tomate (ToMV). Dado que este virus se transmite muy fácilmente por contacto mecánico, los operarios desinfectaban las herramientas de corte sumergiéndolas en una solución de lejía de manera constante al pasar de una planta a otra, garantizando así que una posible infección no se extendiera por todo el ensayo.

### 3.4.6. FERTIRRIGACIÓN

La cantidad de agua, así como la cantidad de fertilizante aplicada en cada riego, han variado en función de la fase de desarrollo del cultivo. Distinguimos 3 fases:

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

Fase 2: Desde el final de la fase 1 hasta el viraje de color de los primeros frutos.

Fase 3: Desde el final de la fase 2 hasta el final del cultivo.

La fórmula de abonado durante el cultivo fue la siguiente:

375 N – 225 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1 K<sub>2</sub>O – 1 CaO.

La distribución de estas unidades fertilizantes a lo largo del cultivo siguió las siguientes proporciones:

Fase 1: 1 N – 2 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1 K<sub>2</sub>O – 1 CaO

Fase 2: 1 N – 1 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1 K<sub>2</sub>O – 1 CaO

Fase 3: 1 N – 0,3 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2 K<sub>2</sub>O – 1 CaO

Para cumplir con las necesidades en micronutrientes del cultivo, se aplicaron los siguientes productos:

**Tabla 6: Productos empleados para satisfacer las necesidades**

| Nombre Comercial | Elementos Nutricionales   |
|------------------|---|
| Siapton          | Aminoácidos 7,9%  |
| Agrostim         | AATC (ácido N-acetil-4-triazolidin carboxílico) 5% + Ácido fólico 0,1 p/v |
| Pitca            | Calcio 6%   |
| Isabion          | N 5,7% + P 5,4% + K 7% + Aminoácidos 6%                                   |
| Brotomax         | N,P,K (5-0-0) Urea, Cobre (1,75%), Manganeso (0,75%), Zinc (0,5%)         |

### 3.4.7 TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

A lo largo del ciclo de cultivo, se estableció un calendario de protección fitosanitaria con aplicaciones periódicas cada 10 o 15 días, con el fin de mantener a raya la presión de patógenos y parásitos. Durante el desarrollo del ensayo, se identificaron tres amenazas principales que presentaron una mayor intensidad: los trips (*Frankliniella occidentalis*), la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y la polilla del tomate o tuta (*Tuta absoluta*). Estas plagas son especialmente críticas no solo por el daño directo que causan al alimentarse, sino también por su papel como vectores de virus.

Además de las plagas mencionadas, se detectaron de forma secundaria otros problemas sanitarios que, aunque con una presencia más moderada, también requirieron vigilancia. Entre ellos destacan la oruga conocida como plusia (*Chrysodeixis chalcites*), que afecta a la superficie foliar, y el oídio o "mancha amarilla" (*Leveillula taurica*), un hongo que puede comprometer la fotosíntesis de la planta. Asimismo, se observó la aparición puntual de vasates (*Aculops lycopersici*), un ácaro que puede causar el bronceado y la desecación de los tallos si no se controla a tiempo.

Para combatir este complejo de plagas y enfermedades de manera efectiva, se seleccionaron diversos fitosanitarios específicos, los cuales se detallan en la tabla que se presenta a continuación:

**Tabla 7: Productos fitosanitarios empleados**

| Nombre Comercial       | Materia Activa                                 |
|------------------------|--|
| Affirm                 | Emamectina 0,855% p/p                          |
| Altacor 30 WG          | Clorantraniliprol 35% p/p                      |
| Bacillus B-Tec 32      | <i>Bacillus thuringiensis</i>                  |
| Belpron                | Azufre 90% DP                                  |
| DoamMojante            | Alcohol Isotrideciloetoxilado 20%              |
| Enervin Duo SC         | Ametrotradin 30% p/v + Dimetomorf 22,5% p/v SC |
| Epik                   | Acetamiprid 20% SP                             |
| Eradiocoat             | Maltodextrina 59,8% p/v                        |
| Oxícloruro de cobre 50 | Oxícloruro de cobre 50% p/p                    |
| Previcur Energy        | Fosfetil 31% + Propamocarb 53% p/v SL          |
| Revus                  | Mandipropamid 25% p/v                          |
| Ridomil Gold MZ Pepite | Mancozeb 64% p/p + Metalaxyl-M 3,9% p/p        |
| Spintor 480 SC         | Spinosad 48% p/v                               |
| Switch One             | Fludioxiinil 50% WG                            |

### 3.4.8 RECOLECCIÓN

La recolección de los frutos se realizaba semanalmente, cuando estos tenían la madurez óptima para el posterior análisis, es decir, al menos la mitad de la superficie de color rojo. Los frutos alcanzaban este estado de madurez de manera ascendente, es decir, primero los frutos situados en los racimos inferiores (más próximos al suelo), y así gradualmente hasta llegar a los racimos superiores.

La recolección y evaluación in situ (pesos y número de frutos) se realizó en equipos de tres personas, cada una con una función asignada (recolección del fruto, pesos y conteo del número de frutos, anotación de los pesos y número de frutos), con objeto de reducir posibles errores.

### 3.5 PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

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

Tabla 8: Realización de tareas y sus fechas

| Tareas                         | Fecha      |
|--------------------------------|------------|
| Siembra                        | 14/02/2025 |
| Trasplante                     | 10/04/2025 |
| 1º Recolección                 | 13/06/2025 |
| 2º Recolección                 | 25/06/2025 |
| 3º Recolección                 | 08/07/2025 |
| 4º Recolección                 | 21/07/2025 |
| 1º Medida de azúcares y acidez | 23/09/2025 |
| 2º Medida de azúcares y acidez | 29/09/2025 |

### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se dispusieron entre 2 y 3 repeticiones de 4-6 plantas de cada línea, tanto de las líneas de mejora como de los lotes de Orone y de Calero.

### 3.7 CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO

#### 3.7.1 CARACTERES PRODUCTIVOS

##### 3.7.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL

Se calcula como la suma de todos los frutos recolectados de cada planta, expresándose en g / planta.

##### 3.7.1.2 PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO

Se calcula como la media de todos los frutos recolectados. Las medias fueron tomadas en gramos, sin decimales.

##### 3.7.1.3 NÚMERO DE FRUTOS TOTALES POR PLANTA

Se contabiliza uno a uno los frutos de cada planta después de cada recolección, anotando el número de frutos y su fecha de recogida.

#### 3.7.2 CARACTERES DE CALIDAD

Para medir los sólidos solubles y la acidez, es fundamental tener en cuenta que estos valores cambian según qué tan maduro esté el tomate. Por eso, es muy importante que todos los tomates que se analicen estén en el mismo punto de maduración. Después de recogerlos, se hacía una selección cuidadosa para elegir solo los frutos que estaban completamente rojos o muy cerca de estarlo, buscando que todos los de una misma línea fueran lo más parecidos posible antes de llevarlos al laboratorio.



**Figura 21: Tomates de cada muestra lo más parecidos posible, utilizados para medir sólidos solubles y acidez**

En cuanto a la preparación de las muestras, el trabajo se organizaba por grupos. Para cada repetición de cada línea de tomate, se preparaban 4 lotes, y en cada uno se ponían entre 3 y 4 tomates. Estos frutos se cortaban en gajos a lo largo y luego se pasaban por una batidora normal de cocina hasta conseguir un puré uniforme. De esta forma, se mezclaban bien todas las partes del tomate para que la prueba final reflejara el sabor y la composición real de toda la pieza.

El triturado se guardaba en tubos "Falcon" de 50 ml, etiquetados con el nombre la línea y la repetición, que se depositaban en un congelador a  $-18^{\circ}$  para su posterior análisis.



**Figura 22: Muestras antes de ser congeladas, donde se ha triturado el tomate y depositado en los tubos "Falcon"**

Para analizar los sólidos solubles y la acidez, el proceso comenzaba con la descongelación de las muestras. Una vez listas, se pesaban los tubos de tipo "Falcon" por parejas; si no pesaban lo mismo, se usaba una espátula para quitar un poco de pulpa hasta que estuvieran equilibrados. Esto es necesario para que, al meterlos en la centrifugadora durante 1 minuto a 4000 rpm, la máquina no vibre ni se estropee.

Después de ese primer minuto, se sacaba la mayor parte de la pulpa sobrante y se volvían a equilibrar los tubos con cuidado para meterlos de nuevo en la centrifugadora, esta vez durante 6 minutos a 4000 rpm. Al terminar este tiempo, los restos sólidos se quedaban en el fondo del tubo (precipitado), dejando en la parte superior un líquido transparente llamado sobrenadante. Con este líquido limpio se hicieron todas las pruebas por duplicado para asegurar que los resultados fueran correctos.

### 3.7.2.1 SÓLIDOS SOLUBLES

El contenido de sólidos solubles se compone principalmente de azúcares, destacando sobre todo la glucosa y la fructosa, las cuales suelen aparecer en cantidades muy parecidas dentro del fruto.

Para realizar la medición, se utilizó el líquido transparente (sobrenadante) que se consiguió tras el centrifugado. Las pruebas se hicieron por duplicado para mayor seguridad, empleando un refractómetro digital de la marca Atago. El valor obtenido con este aparato se anota en grados Brix, que es la unidad que nos indica cuánto azúcar tiene el tomate.



Figura 23: Refractómetro digital

### 3.7.2.2 ACIDEZ

Para medir la acidez, se utilizó el mismo líquido limpio y sin restos de pulpa que se separó en la centrifugadora y que ya se había empleado para los azúcares.

Este análisis se realizó por duplicado mediante una valoración, añadiendo poco a poco una solución de NaOH (sosa cáustica) a una concentración de 0,1 N. Para controlar el proceso, se utilizó un aparato llamado pH-metro (modelo pHmatic 23 CRISON) hasta alcanzar un punto de equilibrio de pH 8,01. El resultado final se calculó y anotó como la cantidad de gramos de ácido presentes por cada 100 gramos de tomate fresco.



**Figura 24: Valorador "Crison"**

### **3.8 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

Los caracteres fueron analizados mediante un ANOVA unifactorial. Se aplicó el test de rango múltiple LSD (Diferencia Mínima Significativa), con un p valor de 0,05. Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS versión 3.1 para Windows.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERES PRODUCTIVOS

#### 4.1.1 PRODUCCIÓN TOTAL

En la Figura 25 se observan los valores obtenidos en forma de nube de puntos para cada una de las plantas de cada familia, de manera que cuanto más agrupados se encuentren los puntos dentro de la misma familia, más uniforme será la misma. De la misma forma, cuanto mayor separación haya entre ellos, mayor diferencia habrá en la producción de cada planta.

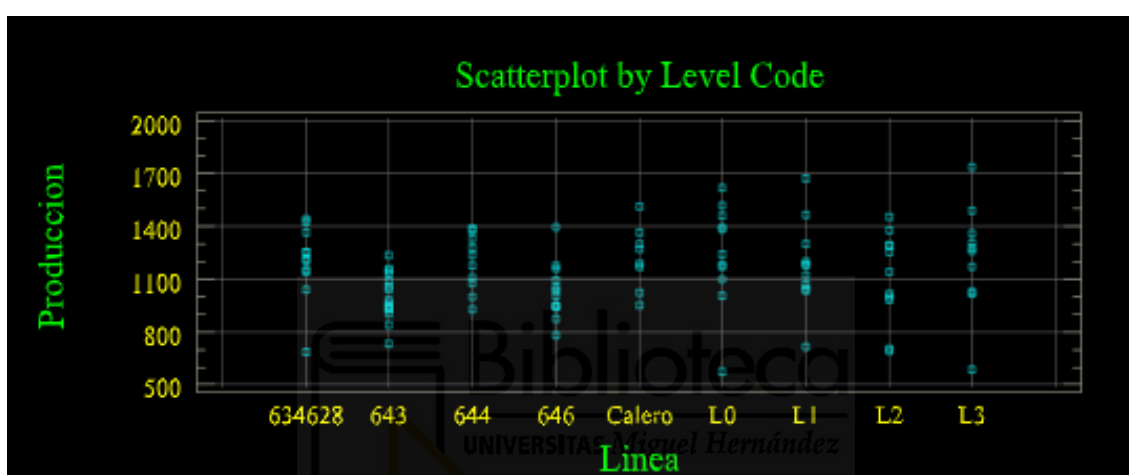


Figura 25: Nube de puntos para la producción total (g/planta) de las líneas estudiadas

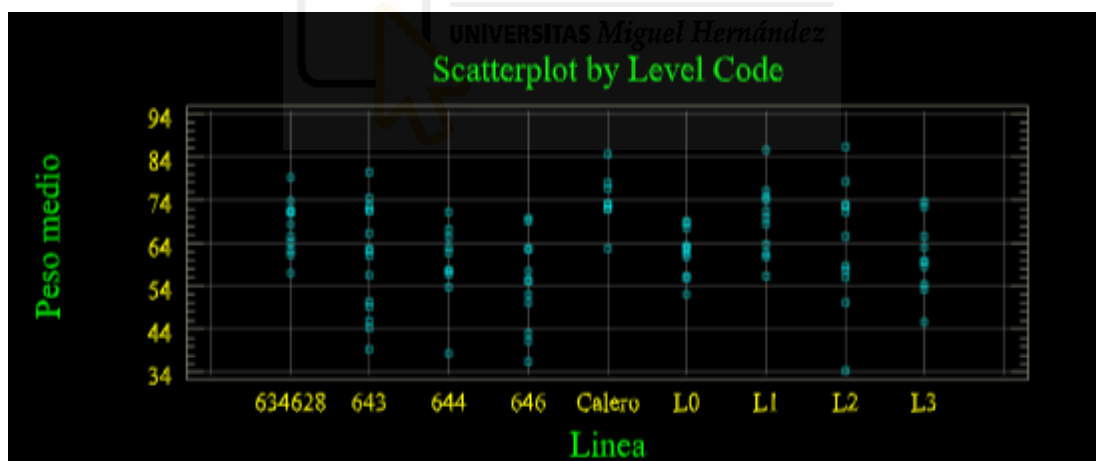
En la tabla 11 se muestra que no existen diferencias significativas entre las líneas estudiadas para la producción total por planta. En la tabla 11 aparece el test de rango múltiple LSD, donde se puede observar que la producción obtenida oscila entre 1006 g/planta de la línea 643 y 1240 g/planta de la línea L0. No se han encontrado grandes diferencias para la producción entre las líneas estudiadas. Las repeticiones de la variedad comercial Calero han tenido una media de alrededor de 1200 g/planta. Entre las líneas de mejora, la 643 se sitúa en un rango menor de producción. En el trabajo de Marín (2022), realizado en cultivo en suelo, se obtuvieron mejores resultados, con producciones que oscilaban entre 2,2 y 3,2 kg por planta. Estas diferencias pueden deberse al sistema de cultivo utilizado en cada caso.

**Tabla 11.** Nivel de significación ANOVA y test de rango múltiple LSD (95%) para la producción total de las líneas estudiadas.

| P-valor ANOVA: 0,0759 |                   |                  |                   |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Línea                 | Número de valores | Media (g/planta) | Grupos homogéneos |
| 643                   | 15                | 1006             | A                 |
| 646                   | 12                | 1033             | AB                |
| L2                    | 11                | 1108             | ABC               |
| L1                    | 11                | 1180             | BC                |
| 644                   | 10                | 1190             | BC                |
| 634628                | 11                | 1198             | BC                |
| Calero                | 8                 | 1222             | BC                |
| L3                    | 10                | 1223             | C                 |
| L0                    | 11                | 1240             | C                 |

#### 4.1.2 PESO MEDIO FRUTOS

En la Figura 26 se observan los valores obtenidos para el peso medio de los frutos en forma de nube de puntos para cada una de las plantas de cada familia.



**Figura 26:** Nube de puntos para el peso medio de los frutos (g/fruto) de las líneas estudiadas

El análisis estadístico para el peso medio de los frutos muestra un p-valor de 0,001, lo que confirma de manera contundente que existen diferencias significativas entre las líneas. Esto significa que el tamaño individual de los frutos no es uniforme, sino que depende directamente de la variedad genética analizada, permitiendo identificar grupos con comportamientos claramente diferenciados.

La variedad comercial Calero es la que alcanza mayor peso medio, alcanzando un peso promedio de 74 g por fruto. Al situarse en solitario en el grupo homogéneo "E", se distingue estadísticamente de casi todas las demás variedades, lo que la posiciona como la opción ideal si el objetivo es obtener frutos de mayor calibre y presencia comercial.

En el extremo opuesto se encuentra la línea 646, que presenta los frutos más pequeños con una media de 54,6 g. Esta variedad queda relegada al grupo "A", mostrando una diferencia de peso considerable respecto a las líderes. Por su parte, la línea L1 se mantiene en un sólido segundo lugar con 69,3 g, separándose también del bloque promedio.

Finalmente, el resto de las variedades (644, 643, L3, L0 y L2) conforman un grupo intermedio con pesos que oscilan entre los 59 y 64 gramos. Debido al solapamiento de sus grupos homogéneos (AB, ABC, BC), se concluye que sus diferencias no son lo suficientemente grandes como para destacar entre sí.

Estos resultados muestran pesos significativamente menores que los del ensayo de Marín (2022): mientras que allí el peso medio era de 96,2 g, los valores de éste TFG valores oscilan en un rango muy inferior (entre 54,6 g y 74,0 g). Incluso el valor máximo de éste TFG se sitúa por debajo del mínimo del estudio de Marín. Destaca el caso de la línea 643, que pasa de ser la líder en los datos de Marín (2022) a registrar solo 60,5 g en este ensayo, lo que supone una reducción de calibre de casi un 43%.

**Tabla 12.** Nivel de significación ANOVA y test de rango múltiple LSD (95%) para el peso medio de los frutos de las líneas estudiadas.

| P-valor ANOVA: 0,001 |                   |                  |                   |
|----------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Línea                | Número de valores | Media (g/planta) | Grupos homogéneos |
| 646                  | 12                | 54,6             | A                 |
| 644                  | 10                | 59,3             | AB                |
| 643                  | 15                | 60,5             | AB                |
| L3                   | 10                | 60,5             | AB                |
| L0                   | 11                | 61,9             | ABC               |
| L2                   | 11                | 64               | BC                |
| 634628               | 11                | 67,7             | BCD               |
| L1                   | 11                | 69,3             | DE                |
| Calero               | 8                 | 74               | E                 |

### 4.1.3 NUMERO DE FRUTOS RECOLECTADOS

En la Figura 27 se observan los valores obtenidos en forma de nube de puntos para el número de frutos recolectados por planta de cada familia.

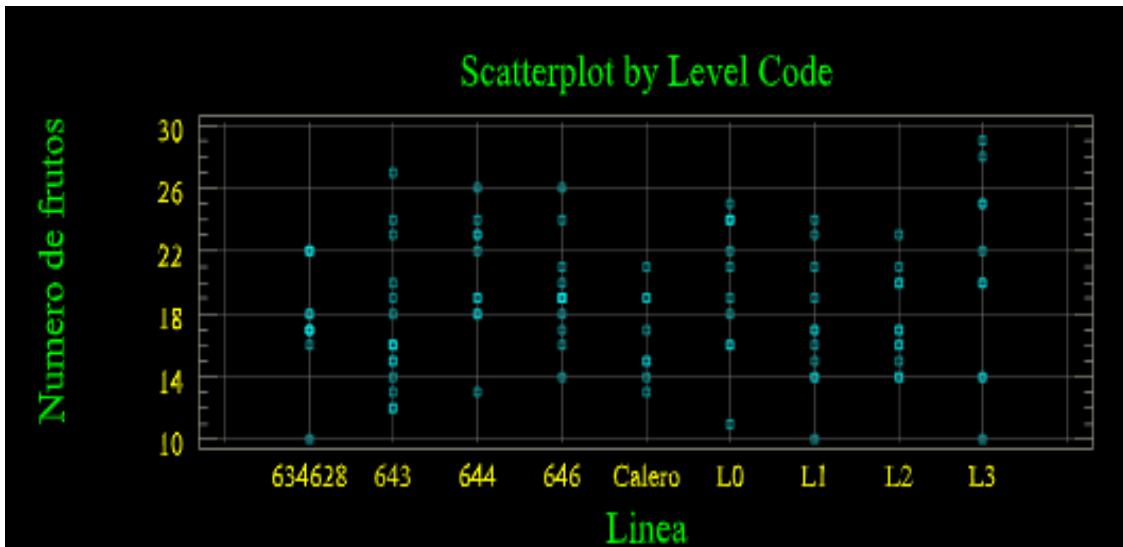


Figura 27: Nube de puntos para el peso medio de los frutos (g/fruto) de las líneas estudiadas

En este caso, el p-valor de 0,1767 nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre las líneas evaluadas. Esto significa que, aunque vemos que los números varían un poco, científicamente no podemos asegurar que una variedad sea mejor o peor que la otra; los resultados son tan parecidos que las diferencias se deben probablemente al azar.

Si observamos los valores, vemos que la variedad Calero tiene el promedio más bajo con 16,6 g y la L3 el más alto con 20,7 g. Sin embargo, como el análisis no ha encontrado diferencias importantes, se considera que todas las variedades están en un nivel muy similar.

Este resultado se confirma al mirar los grupos homogéneos. Casi todas las líneas comparten las letras "A" y "B" (el grupo AB), lo que nos indica que están muy mezcladas entre sí y no hay una separación clara. En conclusión, para esta característica específica, puedes considerar que todas las líneas se comportan de forma prácticamente igual y no habría una ventaja especial al elegir una sobre otra.

Los resultados de éste TFG muestran un número de frutos menor y más homogéneo que el ensayo de Marín (2022). Mientras que esta última alcanza valores de entre 24 y 31 frutos/planta con diferencias estadísticas claras, en éste TFG se obtienen entre 13,6 y 22,1, sin presentar diferencias significativas entre ellas.

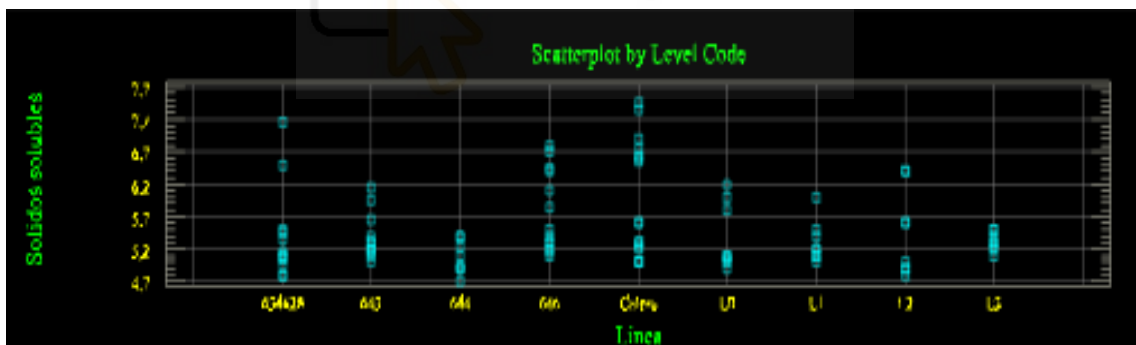
**Tabla 13.** Nivel de significación ANOVA y test de rango múltiple LSD (95%) para el peso medio de los frutos de las líneas estudiadas.

| P-valor ANOVA: 0,1767 |                   |                  |                   |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Línea                 | Número de valores | Media (g/planta) | Grupos homogéneos |
| Calero                | 8                 | 16,6             | A                 |
| L1                    | 11                | 17,2             | A                 |
| 643                   | 15                | 17,3             | A                 |
| L2                    | 11                | 17,5             | AB                |
| 634628                | 11                | 17,8             | AB                |
| 646                   | 12                | 19,3             | AB                |
| L0                    | 11                | 20,0             | AB                |
| 644                   | 10                | 20,5             | AB                |
| L3                    | 10                | 20,7             | B                 |

## 4.2 CARACTERES DE CALIDAD

### 4.2.1 SÓLIDOS SOLUBLES

En la Figura 28 se observan los valores obtenidos de contenido de sólidos solubles en forma de nube de puntos para cada una de las plantas de cada familia.



**Figura 28:** Nube de puntos para el contenido de sólidos solubles (°Brix de las líneas estudiadas)

Los resultados para los sólidos solubles en este grupo muestran un p-valor de 0,0222, lo que indica que existen diferencias estadísticas reales entre las líneas. Aunque los valores numéricos parecen cercanos, el análisis confirma que la variación no se debe al azar, permitiendo identificar qué variedades acumulan más azúcares o sólidos en sus frutos.

En la parte superior de la tabla destaca la línea Calero, que alcanza el valor más alto con 5,96. Esta variedad se ubica en el grupo "C", lo que la diferencia de manera clara del bloque inicial. Muy cerca se encuentra la línea 646, con un valor de 5,78,

compartiendo parte de esa superioridad frente a las líneas con menor rendimiento en este parámetro.

Por el contrario, la línea 644 presenta el valor más bajo de la lista con 5,07, situándose en el grupo "A". Entre este extremo y el superior existe un amplio grupo intermedio (formado por las líneas L0, L1, L2, L3, 643 y 634628) que oscila entre 5,31 y 5,45. Al compartir las letras "AB", estas variedades se consideran muy similares entre sí, sin diferencias que permitan destacar una sobre otra.

En conclusión, si se busca maximizar la concentración de sólidos solubles, la variedad Calero es la opción más sólida, seguida de cerca por la 646. Mientras tanto, el resto de las líneas mantienen un perfil más bajo y uniforme, siendo la 644 la que ofrece el resultado más discreto de todo el ensayo.

Los niveles de sólidos solubles de éste TFG (5,07-5,96 °Brix) son muy similares a los obtenidos en el ensayo de Marín (2022) (5,50-5,89 °Brix).

**Tabla 14.** Nivel de significación ANOVA y test de rango múltiple LSD (95%) para el contenido de sólidos solubles de las líneas estudiadas.

| P-valor ANOVA: 0,0222 |                   |               |                   |
|-----------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| Línea                 | Número de valores | Media (°Brix) | Grupos homogéneos |
| 644                   | 8                 | 5,07          | A                 |
| L1                    | 8                 | 5,31          | AB                |
| L3                    | 8                 | 5,31          | AB                |
| L0                    | 8                 | 5,39          | AB                |
| 643                   | 11                | 5,40          | AB                |
| 634628                | 12                | 5,40          | AB                |
| L2                    | 8                 | 5,45          | AB                |
| 646                   | 13                | 5,78          | BC                |
| Calero                | 16                | 5,96          | C                 |

#### 4.2.2 ACIDEZ

En la Figura 28 se observan los valores obtenidos para la acidez en forma de nube de puntos para cada una de las plantas de cada familia.

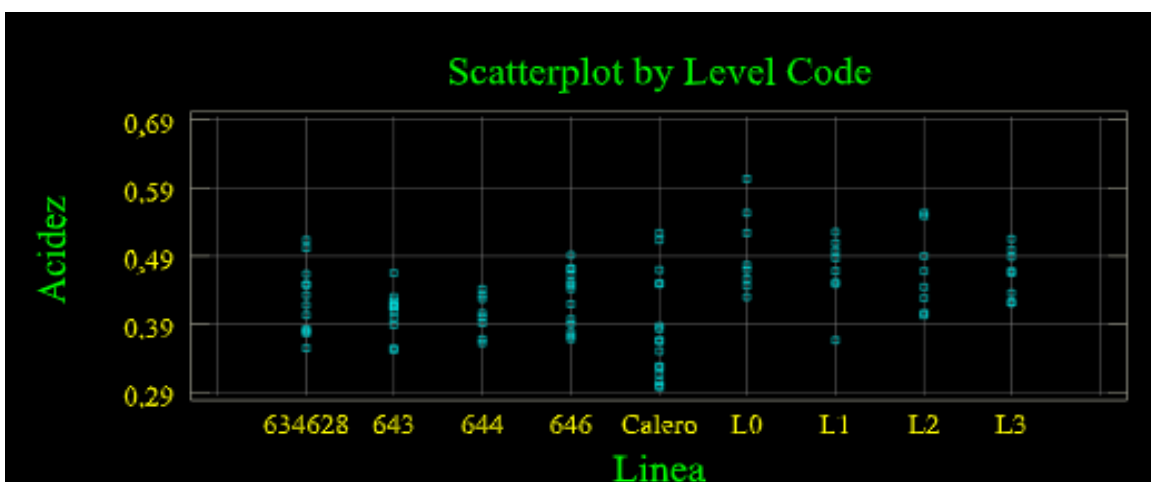


Figura 28: Nube de puntos para la acidez de los frutos (%) de las líneas estudiadas

Para el análisis de la acidez en este grupo, el p-valor de 0,0000 nos indica que las diferencias entre las líneas son extremadamente claras y contundentes. No hay duda de que la variedad de la planta determina qué tan ácido será el fruto, permitiendo separar los resultados en grupos muy definidos.

En el nivel más bajo de acidez destaca nuevamente la variedad Calero, con una media de 0,383. Al estar situada en el grupo "A", se confirma como la opción con los frutos menos ácidos de todo este bloque. Cerca de ella se encuentran las líneas 644 y 643, que también mantienen niveles de acidez bastante moderados (alrededor de 0,40).

En el extremo opuesto, el grupo de las "L" vuelve a mostrar los niveles de acidez más altos. La línea L0 es la que lidera esta categoría con 0,494, seguida muy de cerca por L1, L2 y L3. Estas variedades se agrupan en las letras "C" y "D", lo que significa que son significativamente más ácidas que las líneas Calero o las de la serie 600.

En conclusión, existe una división muy marcada: si se buscan frutos más suaves y con baja acidez, la línea Calero es la referencia principal. Por el contrario, si el objetivo es obtener una mayor concentración de acidez, las líneas del grupo L (especialmente la L0) son las que ofrecen los valores más elevados y diferenciados del resto.

Los resultados en cuanto a acidez de éste TFG son prácticamente iguales a los de Marín (2022).

**Tabla 15.** Nivel de significación ANOVA y test de rango múltiple LSD (95%) para la acidez de los frutos de las líneas estudiadas.

| P-valor ANOVA: 0,0000 |                   |           |                   |
|-----------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| Línea                 | Número de valores | Media (%) | Grupos homogéneos |
| Calero                | 16                | 0,383     | A                 |
| 644                   | 8                 | 0,403     | AB                |
| 643                   | 11                | 0,406     | AB                |
| 634628                | 12                | 0,426     | BC                |
| 646                   | 13                | 0,427     | BC                |
| L3                    | 8                 | 0,464     | CD                |
| L2                    | 8                 | 0,467     | CD                |
| L1                    | 8                 | 0,469     | CD                |
| L0                    | 8                 | 0,494     | D                 |

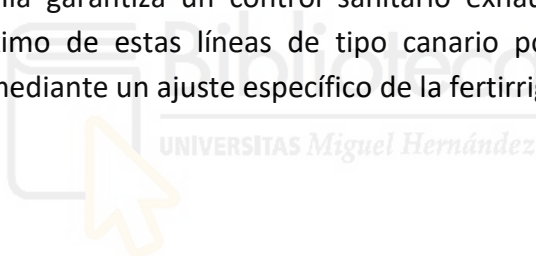


## 5. CONCLUSIÓN

Tras la evaluación agronómica y de calidad de las líneas de mejora derivadas de la variedad tradicional "Orone", se concluye que el programa ha logrado integrar con éxito las resistencias a los virus ToMV, TSWV y TYLCV sin comprometer la productividad. El análisis estadístico confirma que no existen diferencias significativas en la producción total ni en el número de frutos respecto a la variedad original, manteniendo la capacidad productiva bajo condiciones de invernadero.

Dentro de este rendimiento general, se observa que las líneas 634628 y 644 presentan un comportamiento productivo ligeramente superior a las líneas 643 y 646, posicionándose como las opciones con mayor potencial de carga. En cuanto a la calidad del fruto, se identifica una segmentación clara: la línea 646 destaca por su equilibrio y nivel de azúcares. Se observa un ligero descenso de las líneas mejoradas en cuanto a la acidez respecto a Orone (L0, L1, L2 y L3).

Es relevante señalar que los rendimientos en este sistema hidropónico sobre perlita fueron inferiores a los registrados en estudios previos en suelo. Esta diferencia sugiere que, aunque la hidroponía garantiza un control sanitario exhaustivo frente a virus y plagas, el potencial máximo de estas líneas de tipo canario podría optimizarse bajo sistemas tradicionales o mediante un ajuste específico de la fertirrigación.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- **Anderlini, R.** (1996). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa.
- **Bewley, J. D. y Black, M.** (1982). Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Springer-Verlag.
- **Chamarro, J.** (2001). Anatomía y fisiología de la planta. En: El cultivo del tomate (Nuez, F., Ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- **Cubero, J. I.** (2003). Introducción a la mejora genética vegetal. Ediciones Mundi-Prensa.
- **Escobar, I., Valero, D. y Martínez-Romero, D.** (2012). Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración del tomate. Revista de Agrotecnología.
- **Esquinas-Alcázar, J. T. y Nuez, F.** (2001). Origen y domesticación. En: El cultivo del tomate. Mundi-Prensa.
- **FAO** (2023). Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). Datos de producción mundial de hortalizas y tomate.
- **Foland, T.** (2007). Molecular Phylogenetics of Solanum. Botanical Journal.
- **Ho, L. C., Hewitt, J. D. y Hubbell, A.** (1983). Fruit development in tomato. Journal of Experimental Botany.
- **Hunkizer, A. T.** (1979). The South American Solanaceae. In: The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Linnean Society Symposium Series.
- **MAPA** (2021). Virus del Mosaico del Tomate (ToMV). Fichas de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- **MAPA** (2024). Avances de superficies y producciones agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- **Marín, J.** (2022). Evaluación agronómica de líneas de tomate en suelo. Trabajo Fin de Grado, EPSO-UMH.
- **Navas-Castillo, J.** (2014). El virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV). Sociedad Española de Fitopatología.
- **Nuez, F.** (1995). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa.
- **Obon, C.** (2019). Botánica Agrícola. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- **Paredes Gil, V.** (2017). Caracterización climática de la Vega Baja del Segura. Cuadernos de Geografía.

- **Picken, A. J., Stewart, K. y Klapwijk, D.** (1986). Germination and vegetative development. In: The Tomato Crop. Springer Netherlands.
- **Ramírez Toledo, M.** (2015). Morfología y fisiología del tomate. Guía técnica de cultivo.
- **Rick, C. M.** (1978). The Tomato. Scientific American.
- **Riederer, M. y Schreiber, L.** (2001). Protecting against the environment: the multi-functional plant cuticle. Methods in Molecular Biology.
- **Sanchís, E.** (2009). Conservación de variedades tradicionales en la Comunidad Valenciana. Generalitat Valenciana.
- **Tardío, J.** (2018). El inventario español de conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad agrícola. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- **Varga, A. y Brusina, J.** (1986). The physiology of flowering and fruit set. In: The Tomato Crop.
- **PÁGINAS WEB CONSULTADAS:**
- <https://www.hogarmania.com/jardineria/tecnicas/poda/guia-completa-para-podar-tomates.html>
- <https://www.elhuertodetialou.com/diario-de-un-tomate-semana-4-la-floracion-y-los-primeros-frutos-2/>
- <https://plantae.garden/el-cultivo-del-tomate-en-murcia/>
- <https://www.tomatofifou.com/en/produit/tres-cantos/>
- [https://www.cultesa.com/orone/catalogo\\_orone.html#p=4](https://www.cultesa.com/orone/catalogo_orone.html#p=4)
- <https://images.google.com/>
-