

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**  
**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y**  
**AGROAMBIENTAL**



**“ESTUDIO DE HIBRIDOS OBTENIDOS EN  
EL PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE  
VARIETADES TRADICIONALES DE  
TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) DE LA  
EPSO-UMH”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Marzo 2019

Autor: David Vicario Villa

Tutores: D. Santiago García Martínez

D. Juan Francisco Salinas Marquina



## Resumen

En este trabajo, perteneciente a la línea de mejora del programa de mejora genética de variedades tradicionales de la EPSO-UMH, se han estudiado los parámetros productivos (número de frutos recolectados, peso medio de los frutos y producción total) y cualitativos (Contenido de sólidos solubles y acidez) de varios cruces de diferentes variedades tradicionales de orígenes diversos con las líneas de mejora UMH1200, UMH1209, UMH1354, UMH1400 y UMH1436. En total 27 Cruces.

Globalmente, los híbridos más destacados son UMH1200xBlack Beauty del tipo “Muchamiel”, el UMH1354xPera Intense del tipo “De la Pera” y el UMH1436xBlue Pitts, UMH1436xBrad’s Atomic y UMH1400xCafé Bule del tipo “Cherry”.

**Palabras clave:** Híbridos, variedades tradicionales de diverso origen, producción, calidad.

## Abstract

This work, belonging to the line of improvement of the breeding program of traditional varieties of the EPSO-UMH, the productive parameters (number of fruits harvested, average fruit weight and total production) and qualitative parameters (content of soluble solids and acidity) of several crosses of different traditional varieties of diverse origins with the improvement lines UMH1200, UMH1209, UMH1354, UMH1400 and UMH1436 have been studied. In total 27 crossings.

Globally, the most outstanding hybrids are UMH1200xBlack Beauty of “Muchamiel” type, the UMH1354xPera Intense of “De la Pera” type and the UMH1436xBlue Pitts, UMH1436xBrad’s Atomic and UMH1400xCafé Bule of “Cherry” type.

**Keywords:** Hybrids, traditional varieties from different origins, production, quality.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dar las gracias al departamento de Biología Aplicada y Genética de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo con ellos. En especial quería agradecer el trato, la ayuda y la comprensión que siempre ha demostrado poseer la figura de mi tutor Santiago, y agradecer sin no ser menos importante a mi cotutor Juan (“Salinas”) que ha estado siempre dispuesto a ayudarme en lo que necesitará. Por último, agradecer a otro compañero de este gran departamento, Pedro, el cual me ha enseñado y demostrado la gran capacidad de trabajo que es capaz de realizar y que me ha ayudado también mucho como ha sido en el caso de Juan. A los dos mil gracias.

También por su paciencia y sacrificio a mi familia, a mi mujer, por confiar siempre en mí, por apoyarme en el día a día, alentándome en llegar a mis objetivos, decisiones y ser pieza clave de apoyo en los momentos difíciles y de sacrificio personal, te doy las gracias Merche. Y a mi Padre y Madre, por todos los esfuerzos que han hecho durante muchos años en el pasado para que un día como este yo pudiera terminar, presentando este TFG, os doy las gracias de todo corazón.

Por último, quería dejar como ejemplo de persistencia y de capacidad de trabajo que refleja este TFG a mis tres hijos: Pablo, Jimena y Mateo, “Para que siempre, aunque sea tarde terminéis todo lo que habéis empezado”, “hoy vuestro padre ha sido capaz de terminar algo que empezó hace muchos años y estoy muy orgulloso que seáis testigos de esto”. Fuisteis lo que me empujó a cerrar este ciclo con determinación y tesón. Os quiero.

# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1	REFERENCIA HISTÓRICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL TOMATE.....	1
1.2	SITUACIÓN TAXONÓMICA.....	4
1.3	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y FISIOLÓGICAS.....	5
1.3.1	<i>El sistema radical</i> .....	5
1.3.2	<i>El sistema aéreo</i> .....	7
1.3.3	<i>El tallo</i> .....	8
1.3.4	<i>Las hojas</i> .....	8
1.3.5	<i>La flor</i> .....	8
1.3.6	<i>El Fruto</i> .....	10
1.3.7	<i>Composición del fruto</i> .....	11
1.3.8	<i>La semilla</i> .....	12
1.4	IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE.....	13
1.4.1	<i>A nivel mundial</i> .....	13
1.4.2	<i>A nivel nacional</i> .....	16
1.5	VARIETADES TRADICIONALES.....	19
3.2.1	<i>El tomate Muchamiel</i> .....	22
3.2.2	<i>El tomate De la pera</i> .....	23
3.2.3	<i>Varietas tradicionales de origen diverso</i> .....	24
1.6	PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE LA EPSO-UMH.....	35
1.7	EFFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE RESISTENCIA GENÉTICA A VIRUS.....	38
1.8	LÍNEA EN LA QUE SE ENGLA ESTE TRABAJO.....	41
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>42</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>43</b>
3.1	MATERIAL VEGETAL UTILIZADO.....	43
3.2	MÉTODOS DE CULTIVO.....	44
3.2.1	<i>Instalaciones</i> .....	44
3.3	PRÁCTICAS DE CULTIVO.....	44
3.3.1	<i>Semillero</i> .....	44
3.3.2	<i>Preparación del terreno</i> .....	45
3.3.3	<i>Trasplante</i> .....	45
3.3.4	<i>Marco de plantación</i> .....	45
3.3.5	<i>Entutorado y poda</i> .....	45
3.3.6	<i>Fertirrigación</i> .....	46
3.3.7	<i>Tratamientos fitosanitarios</i> .....	48
3.3.8	<i>Recolección</i> .....	49
3.4	PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.....	49
3.5	CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.....	51
3.5.1	<i>Caracteres productivos</i> .....	51
3.5.1.1	PRODUCCIÓN TOTAL.....	51
3.5.1.2	PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO.....	52
3.5.1.3	NÚMERO DE FRUTOS TOTAL POR PLANTA.....	52
3.5.2	<i>Caracteres de calidad</i> .....	52
3.5.2.1	<i>Sólidos solubles</i> .....	52
3.5.2.2	<i>Acidez</i> .....	54
3.5.3	<i>Evaluación global agronómica</i> .....	55
3.5.4	<i>Análisis sensorial</i> .....	55
3.6	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	56
3.7	TRATAMIENTO VISUAL DE LOS DATOS.....	56

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>57</b>
4.1	CARACTERES PRODUCTIVOS. ....	57
4.1.1	<i>Híbridos Muchamiel.</i> .....	57
4.1.1.1	<i>Producción</i> .....	57
4.1.1.2	<i>Peso medio de frutos</i> .....	58
4.1.1.3	<i>Número de frutos</i> .....	60
4.1.2	<i>Híbridos De la Pera.</i> .....	62
4.1.2.1	<i>Producción</i> .....	62
4.1.2.2	<i>Peso medio de frutos</i> .....	63
4.1.2.3	<i>Número de frutos</i> .....	64
4.1.3	<i>Híbridos Cherry.</i> .....	66
4.1.3.1	<i>Producción</i> .....	66
4.1.3.2	<i>Peso medio de frutos</i> .....	67
4.1.3.3	<i>Número de frutos</i> .....	69
4.1.4	<i>Resultado global productivo.</i> .....	71
4.2	CARACTERES CALIDAD. ....	72
4.2.1	<i>Híbridos Muchamiel.</i> .....	72
4.2.1.1	<i>Sólidos solubles</i> .....	72
4.2.1.2	<i>Acidez</i> .....	74
4.2.2	<i>Híbridos De la Pera.</i> .....	76
4.2.2.1	<i>Sólidos solubles</i> .....	76
4.2.2.2	<i>Acidez</i> .....	77
4.2.3	<i>Híbridos Cherry.</i> .....	78
4.2.3.1	<i>Sólidos solubles</i> .....	78
4.2.3.2	<i>Acidez</i> .....	80
4.2.4	<i>Resultado global calidad.</i> .....	82
4.3	EVALUACIÓN GLOBAL AGRONÓMICA. ....	83
4.4	ANÁLISIS SENSORIAL. ....	85
4.5	HÍBRIDOS SELECCIONADOS. ....	86
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> POSIBLES RUTA DE PROPAGACIÓN DEL TOMATE A PARTIR DEL SIGLO XVI (ESQUINAS-ALCÁZAR Y NUEZ, 1995) .....	1
<b>FIGURA 2:</b> RUTAS DE PROPAGACIÓN DEL TOMATE (NUEZ, 1995). .....	2
<b>FIGURA 3:</b> ILUSTRACIÓN DE LA PLANTA DE TOMATE EN EL HERBARIO DE HIERONYMUS HARDER, REALIZADA EN (1576-1600) .....	3
<b>FIGURA 4:</b> MODELO DEL SISTEMA RADICULAR DE UNA PLANTA DE TOMATE. FUENTE: <a href="http://soilandhealth.org">HTTP://SOILANDHEALTH.ORG</a> .....	6
<b>FIGURA 5:</b> TALLO DE UNA PLANTA DE TOMATE. FUENTE: PROPIA. ....	7
<b>FIGURA 6:</b> FLOR DE UNA PLANTA DE TOMATE. (FUENTE: REBECA FORNÉS TRANCHERO 2012) .....	9
<b>FIGURA 7:</b> FRUTO DEL TOMATE. FUENTE: PROPIA. ....	10
<b>FIGURA 8:</b> ESTRUCTURA DEL FRUTO DEL TOMATE: A. PERICARPIO.; B. SEMILLAS Y TEJIDO PLACENTARIO, C. SEPTO; D. COLUMELA; E. PLACENTA; F. LÓCULO. FUENTE: REBECA FORNÉS TRANCHERO 2012. 13	
<b>FIGURA 9:</b> FRUTOS DE LAS VARIETADES MUCHAMIEL (A), DE LA PERA (B), MORUNOS (C) Y TRES CANTOS (D). ....	22
<b>FIGURA 10:</b> FRUTOS DE LA VARIEDAD TRADICIONAL DE TOMATE MUCHAMIEL. ....	23
<b>FIGURA 11:</b> FRUTOS DE UNA VARIEDAD TRADICIONAL DE TOMATE DE LA PERA. ....	24
<b>FIGURA 12:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD CUOR DI BUE. FUENTE: <a href="http://macadam-gardens.fr/tomates-gourmandes/373-plant-de-tomate-coeur-de-boeuf-reif-red.html">HTTP://MACADAM-GARDENS.FR/TOMATES-GOURMANDES/373-PLANT-DE-TOMATE-COEUR-DE-BOEUF-REIF-RED.HTML</a> .....	24
<b>FIGURA 13:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD BRANDY WINE. FUENTE: <a href="https://www.elnougarden.com/tienda/alimentacion/verduras/tomates-brandywine-5kg">HTTPS://WWW.ELNOUGARDEN.COM/TIENDA/ALIMENTACION/VERDURES/TOMATES-BRANDYWINE-5KG</a> .....	25
<b>FIGURA 14:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD PINK ACCORDION. FUENTE: <a href="https://www.tomatofest.com/pink_accordion_tomato_seeds_p/TF-0382.htm">HTTPS://WWW.TOMATOFEST.COM/PINK_ACCORDION_TOMATO_SEEDS_P/TF-0382.HTM</a> .....	25
<b>FIGURA 15:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD ABSINTHE. FUENTE: <a href="http://www.lespassionsdvyves.fr/potager/absinthe.html">HTTP://WWW.LESPASSIONS D VYVES.FR/POTAGER/ABSINTHE.HTML</a> .....	26
<b>FIGURA 16:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD BLACK BEAUTY. FUENTE: <a href="https://www.etsy.com/es/listing/567617314/black-beauty-tomato-seeds-vegetable">HTTPS://WWW.ETSY.COM/ES/LISTING/567617314/BLACK-BEAUTY-TOMATO-SEEDS-VEGETABLE</a> .....	26
<b>FIGURA 17:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD GOLDMAN'S ITALIAN. FUENTE: <a href="https://www.rareseeds.com/goldmans-italian-american-tomato/">HTTPS://WWW.RARESEEDS.COM/GOLDMANS-ITALIAN-AMERICAN-TOMATO/</a> .....	27
<b>FIGURA 18:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD GREEN GIANT. FUENTE: <a href="http://www.tomatogrowers.com/green-giant/productinfo/4357/">HTTP://WWW.TOMATOGROWERS.COM/GREEN-GIANT/PRODUCTINFO/4357/</a> .....	27
<b>FIGURA 19:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD GREEN MOLDOVAN. FUENTE: <a href="https://tomatenjunkie.de/green-moldovan/">HTTPS://TOMATENJUNKIE.DE/GREEN-MOLDOVAN/</a> .....	28
<b>FIGURA 20:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD LUCID GEM. FUENTE: <a href="https://heritage seedmarket.com/index.php/product/lucid-gem/">HTTPS://HERITAGESEEDMARKET.COM/INDEX.PHP/PRODUCT/LUCID-GEM/</a> .....	28
<b>FIGURA 21:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD MALAKITOVAYA. FUENTE: <a href="https://www.rareseeds.com/malakhitovaya-shkatulka-tomato/">HTTPS://WWW.RARESEEDS.COM/MALAKHITOVAYA-SHKATULKA-TOMATO/</a> .....	29
<b>FIGURA 22:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD RED STAR. FUENTE: <a href="http://www.heirloom-tomato-farm.com">HTTP://WWW.HEIRLOOM-TOMATO-FARM.COM</a> .....	29
<b>FIGURA 23:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD ROSA PRIEGO DE CÓRDOBA. FUENTE: <a href="http://plantaromed.es">HTTP://PLANTAROMED.ES</a> 30	
<b>FIGURA 24:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD ROSSO SICILIAN. FUENTE: <a href="http://www.peapatch.ca/">HTTP://WWW.PEAPATCH.CA/</a> .....	30
<b>FIGURA 25:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD SLEEPING LADY. FUENTE: <a href="https://www.mo peppers.at/">HTTPS://WWW.MOPEPPERS.AT/</a> .....	31
<b>FIGURA 26:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD TLACOLULA. FUENTE: <a href="https://samen-schenker.de/">HTTPS://SAMEN-SCHENKER.DE/</a> .....	31
<b>FIGURA 27:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD CAFÉ BULE. FUENTE: J&L GARDENS SEEDS. ....	32
<b>FIGURA 28:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD BEDOUIN. FUENTE: RESTORATION SEEDS. ....	32
<b>FIGURA 29:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD PERA INTENSE. FUENTE: <a href="https://grupoagroponiente.com/catalogo/tomate/">HTTPS://GRUPOAGROPONIENTE.COM/CATALOGO/TOMATE/</a> .....	33
<b>FIGURA 30:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD BLUE PITTS. FUENTE: <a href="https://sortseeds.ru">HTTPS://SORTSEEDS.RU</a> .....	33

<b>FIGURA 31:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD BRAD'S ATOMIC. FUENTE: <a href="http://www.tradewindsfruit.com/">HTTP://WWW.TRADEWINDSFRUIT.COM/</a> .....	34
<b>FIGURA 32:</b> FRUTO DE LA VARIEDAD RANCHO SOLITO. FUENTE: <a href="http://sadi45.ru">HTTP://SADIK45.RU</a> .....	34
<b>FIGURA 33:</b> ESQUEMA CON LAS ETAPAS DEL PROGRAMA DE MEJORA.....	37
<b>FIGURA 34:</b> REPRESENTACIÓN DE LOS FRAGMENTOS INTROGRESADOS (EN COLOR MORADO) EN DOS INDIVIDUOS (CUYO GENOMA APARECE EN NARANJA). LOS NÚMEROS CORRESPONDEN A DISTINTOS GENES, Y EN AMBOS CASOS EL GEN DE INTERÉS ES EL NUMERO 1. LOS RESTANTES GENES NO SON DE INTERÉS, Y EN ALGUNA OCASIÓN PUEDEN TENER UN EFECTO DESFAVORABLE. .....	39
<b>FIGURA 35:</b> INVERNADERO UTILIZADO EN EL ENSAYO EN LA PRIMAVERA-VERANO 2018. ....	44
<b>FIGURA 36:</b> ENTUTORADO DE LAS PLANTAS UTILIZADO EN ESTE ENSAYO.....	46
<b>FIGURA 37:</b> IMÁGENES DE RECOLECCIÓN Y TOMA DE MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS.....	49
<b>FIGURA 38:</b> DISPOSICIÓN DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS. LÍNEAS 1200, 1400 Y 1436.....	50
<b>FIGURA 39:</b> DISPOSICIÓN DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS. LÍNEAS 1209 Y 1354.....	50
<b>FIGURA 40:</b> ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN EN EL INVERNADERO DE LAS LÍNEAS ESTUDIADAS, SOMBREADAS EN COLOR AMARILLO. EN BLANCO APARECEN OTRAS LÍNEAS QUE NO PERTENECEN A ESTE ENSAYO. ....	51
<b>FIGURA 41:</b> FRUTOS SELECCIONADOS PARA POSTERIORMENTE ESCOGER 3-4 FRUTOS PARA EL ANÁLISIS DE ACIDEZ Y DE CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES. FOTO IZQUIERDA: HÍBRIDO 1200XBLACK BEAUTY. FOTO CENTRO: HÍBRIDO 1354XPERA INTENSE. FOTO DERECHA: HÍBRIDO 1436XBRAD'S ATOMIC.....	53
<b>FIGURA 42:</b> MUESTRAS LISTAS TRAS SER CENTRIFUGADAS A 3500RPM DURANTE 1 MINUTO.....	53
<b>FIGURA 43:</b> CENTRÍFUGA UTILIZADA DURANTE EL PROCESO. ....	54
<b>FIGURA 44:</b> REFRACTÓMETRO DIGITAL ATAGO. ....	54
<b>FIGURA 45:</b> PHMETRO PHMATIC 23 CRISON UTILIZADO PARA MEDIR LA ACIDEZ.....	55
<b>FIGURA 46:</b> GRÁFICA DE INTERACCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS Y ORIENTACIONES ESTUDIADOS.....	58
<b>FIGURA 47:</b> GRÁFICA DE INTERACCIÓN DEL PESO MEDIO DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS Y ORIENTACIONES ESTUDIADOS. ....	60
<b>FIGURA 48:</b> GRÁFICO QUE MUESTRA EL RESULTADO DE PRODUCCIÓN TOTAL EN EL EJE DE LAS X Y EL PESO MEDIO DEL FRUTO EN EL EJE DE LAS Y PARA LOS TRES TIPOS DE HÍBRIDOS: MUCHAMIEL, DE LA PERA Y CHERRY.....	72
<b>FIGURA 49:</b> GRÁFICA DE INTERACCIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES Y LA ORIENTACIÓN DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS. ....	74
<b>FIGURA 50:</b> GRÁFICA DE INTERACCIÓN ENTRE LA ACIDEZ Y LA ORIENTACIÓN DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS.....	75
<b>FIGURA 51:</b> GRÁFICA DE INTERACCIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES Y LA ORIENTACIÓN DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS. ....	80
<b>FIGURA 52:</b> GRÁFICA DE INTERACCIÓN ENTRE LA ACIDEZ Y LA ORIENTACIÓN DE LOS DISTINTOS HÍBRIDOS.....	81
<b>FIGURA 53:</b> GRÁFICA QUE MUESTRA EL RESULTADO DE LA CANTIDAD DE SÓLIDOS SOLUBLES EN EL EJE DE LAS X Y EL DE ACIDEZ EN EL FRUTO EN EL EJE DE LAS Y PARA LOS TRES TIPOS DE HÍBRIDOS: MUCHAMIEL, DE LA PERA Y CHERRY.....	83
<b>FIGURA 54:</b> GRÁFICA QUE MUESTRA EL RANKING SEGÚN LA NOTA GLOBAL AGRONÓMICA. MUESTRA TANTO LOS HÍBRIDOS QUE FUERON SELECCIONADOS PARA ANÁLISIS SENSORIAL (COLOR VERDE) COMO LOS QUE NO (COLOR ROJO). ....	84
<b>FIGURA 55:</b> GRÁFICA CON EL RANKING DE HÍBRIDOS SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL. LA NOTA GLOBAL ES LA SUMA DE LAS PUNTUACIONES OBTENIDAS PARA CADA CARÁCTER EVALUADO. .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> COMPOSICIÓN NUTRITIVA DEL TOMATE POR CADA 100GR DE PRODUCTO COMESTIBLE SEGÚN DISTINTAS FUENTES (MOREIRAS ET AL., 2013 (1); FOLQUER, 1976 (2); WATT ET AL., 1975 (3) Y GRUBBEN, 1977 (4)). ELABORACIÓN PROPIA. ....	12
<b>TABLA 2:</b> SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE TOMATE DE LOS 10 PRINCIPALES PAÍSES DEL MUNDO EN EL AÑO 2016. (F.A.O. 2018). ELABORACIÓN PROPIA. CONSULTADO DICIEMBRE 2018. ....	16
<b>TABLA 3:</b> SUPERFICIE, RENDIMIENTO, PRECIO, VALOR Y PRODUCCIONES DE TOMATE. SERIE HISTÓRICA. FUENTE: AVANCE DE ANUARIO DE ESTADÍSTICA MAGRAMA 2017. CONSULTADO EN DICIEMBRE DE 2018. ....	17
<b>TABLA 4:</b> SUPERFICIE, RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN TOTAL DE TOMATE A NIVEL NACIONAL. FUENTE: AVANCE DE ANUARIO DE ESTADÍSTICA MAGRAMA 2017. CONSULTADO EN DICIEMBRE DE 2018. 18	
<b>TABLA 5:</b> LÍNEAS DE MEJORA INSCRITAS EN EL REGISTRO DE VARIEDADES PROTEGIDAS, CON SU GENOTIPO PARA LOS TRES GENES DE RESISTENCIA A VIRUS. ....	38
<b>TABLA 6:</b> GENOTIPO DE LAS CINCO LÍNEAS PROCEDENTES DEL PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE LA EPSO-UMH Y LOS VEINTISIETE HÍBRIDOS OBTENIDOS DEL CRUCE DE LAS LÍNEAS DE MEJORA Y LAS VARIEDADES TRADICIONALES DE DIVERSO ORIGEN. ....	43
<b>TABLA 7:</b> CONDUCTIVIDAD MEDIA SEMANAL DEL AGUA DE RIEGO Y DE LAS SONDAS. ....	46
<b>TABLA 8:</b> PRODUCTOS NUTRICIONALES EMPLEADOS EN CADA FASE DE CULTIVO. ....	47
<b>TABLA 9:</b> PRODUCTOS UTILIZADOS DURANTE LA FASE DE CULTIVO. ....	48
<b>TABLA 10:</b> FECHAS EN LAS QUE SE REALIZARON LAS DISTINTAS LABORES DEL ENSAYO. ....	49
<b>TABLA 11:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA PRODUCCIÓN TOTAL DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	57
<b>TABLA 12:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL PESO MEDIO DE LOS FRUTOS DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	59
<b>TABLA 13:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL NÚMERO TOTAL DE FRUTOS DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	60
<b>TABLA 14:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA EL NÚMERO DE FRUTOS POR HÍBRIDO Y ORIENTACIÓN. ....	61
<b>TABLA 15:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA PRODUCCIÓN TOTAL DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	62
<b>TABLA 16:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA LA PRODUCCIÓN Y ORIENTACIÓN. ....	63
<b>TABLA 17:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL PESO MEDIO DE LOS FRUTOS DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	63
<b>TABLA 18:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA EL PESO MEDIO DE FRUTOS POR HÍBRIDO. ....	64
<b>TABLA 19:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL NÚMERO TOTAL DE FRUTOS DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	65
<b>TABLA 20:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA EL NÚMERO DE FRUTOS POR HÍBRIDO Y ORIENTACIÓN. ....	65
<b>TABLA 21:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA PRODUCCIÓN TOTAL DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	66
<b>TABLA 22:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA LA PRODUCCIÓN Y ORIENTACIÓN. ....	67
<b>TABLA 23:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL PESO MEDIO DE LOS FRUTOS DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	68
<b>TABLA 24:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA EL PESO MEDIO DE FRUTOS POR HÍBRIDO. ....	69
<b>TABLA 25:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA EL NÚMERO TOTAL DE FRUTOS DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	69
<b>TABLA 26:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA EL NÚMERO DE FRUTOS POR HÍBRIDO Y ORIENTACIÓN. ....	70
<b>TABLA 27:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LOS SÓLIDOS SOLUBLES DE LOS HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	73
<b>TABLA 28:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA ACIDEZ DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	74

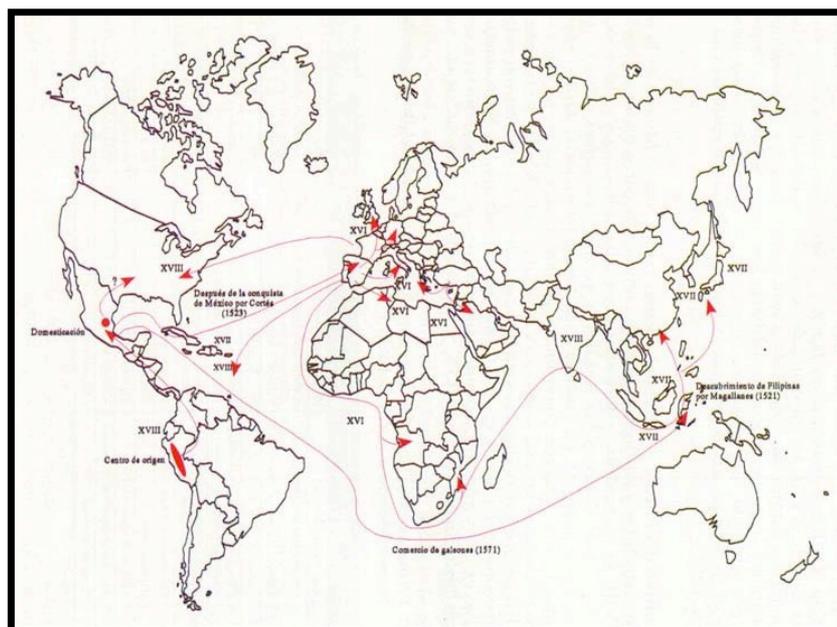
<b>TABLA 29:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LOS SOLIDOS SOLUBLES DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	76
<b>TABLA 30:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA LA CANTIDAD DE SOLIDOS SOLUBLES POR HÍBRIDO Y ORIENTACIÓN. ....	77
<b>TABLA 31:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA ACIDEZ DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES.....	77
<b>TABLA 32:</b> ANÁLISIS DE RANGO MÚLTIPLE PARA LA ACIDEZ POR HÍBRIDO Y ORIENTACIÓN.....	78
<b>TABLA 33:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LOS SOLIDOS SOLUBLES DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES. ....	79
<b>TABLA 34:</b> ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA ACIDEZ DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS EN LAS DISTINTAS ORIENTACIONES.....	80



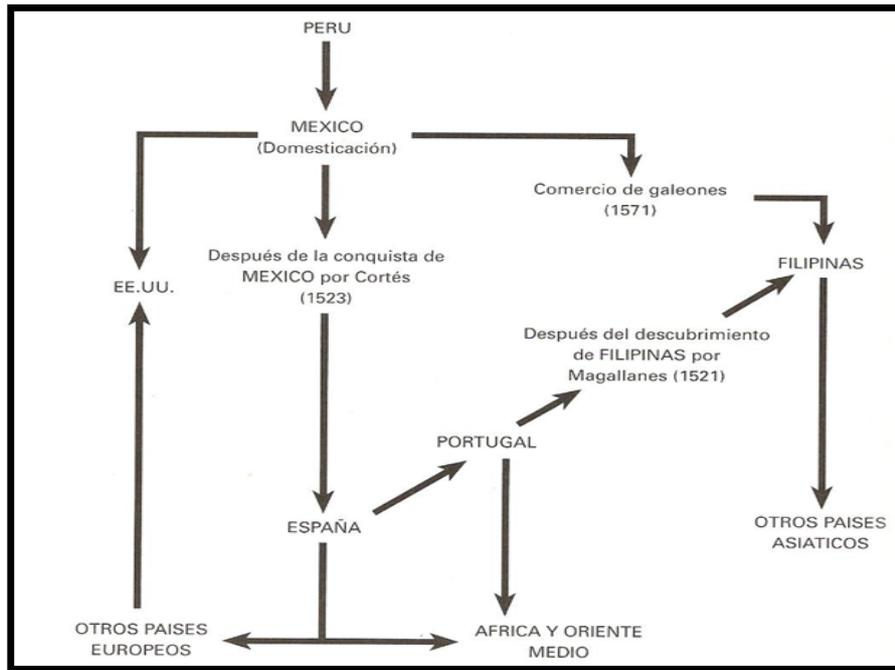
# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Referencia histórica, origen y distribución del tomate.

El centro de origen del antiguo género *Lycopersicon* no está claro, pero puede situarse concretamente en la región Andina compartida por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta zona se encuentran y crecen numerosas especies del género. La domesticación y su inicio es sin embargo no muy concreta y se pudiera aceptar una hipótesis en la cual, el cultivo, comercialización y consumo del tomate, estaba muy integrado y difundido en el imperio azteca, donde fue exportada a México como una especie de mala hierba ( a partir de *L. esculentum* variedad *cerasiforme*, único *Lycopersicum* silvestre que crece como mala hierba en las regiones tropicales y subtropicales americanas, Nuez et al., 1996; Nesbitt y Tanksley, 2002 ), donde se pudo domesticar, dando esto a entender que la domesticación fue alcanzada en la época precolombina y posteriormente se difundió hacia el Viejo Mundo (Jenkins, 1948; Rick, 1958). Un estudio reciente basado en el análisis de polimorfismo de nucleótido simple confirma que *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme* no es el ancestro del tomate cultivado, y también refuerza el modelo de que se produjo la domesticación antes citada en la región andina (Perú) y completada con la domesticación en Mesoamérica (México).



**Figura 1:** Posibles ruta de propagación del tomate a partir del siglo XVI (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995)



**Figura 2:** Rutas de propagación del tomate (Nuez, 1995).

El término español para este fruto, “tomate” proviene de la lengua náhuatl surgida en el s. XII, y que se habla principalmente en México y también por lo que se cree que fue su lugar de domesticación. La palabra náhuatl del que deriva el término español es *tómatl* que puede ser traducido como “agua gorda” o “fruto con ombligo” (Nuez, 1995).

Cuando el tomate ya había alcanzado un grado de domesticación en México (considerado así por la gran diversidad de tipos, tamaños, formas y colores que se representan en los herbarios de esa época como se muestra en la figura 3), los colonos españoles lo transportaron hacia Europa aproximadamente en el año 1500 como se muestra en la figura 1 y figura 2.



**Figura 3:** Ilustración de la planta de tomate en el herbario de Hieronymus Harder, realizada en (1576-1600)

El tomate, junto con el maíz, la patata, el chile y la batata fueron introducidos en España a principios del siglo XVI gracias a los viajes de Colón.

Probablemente, el tomate llegó en primer lugar a Sevilla, que era uno de los principales centros del comercio internacional, en particular con Italia. Posiblemente tanto en España como en Italia se utilizó para alimentación humana casi desde su introducción (Rick, 1978). En 1544, el herborista italiano Mattioli se refirió a los frutos amarillos de la planta del tomate como "mala aurea", manzana de oro, y más adelante, en 1554, mencionó una variedad roja. El mismo año, Dodoens, un herborista holandés, realizó una descripción detallada del fruto y éste se ganó la reputación de afrodisíaco. Esto explica los nombres como "pomme d'amour" en francés, "pomodoro" en italiano y "loveapple" en inglés.

La transformación de ingrediente medicinal en ingrediente culinario común empezó lentamente en el siglo XVIII. La primera receta napolitana publicada que se conoce para preparar "salsa de tomate al estilo español" data de 1692.

En muchos otros países fue utilizada como planta ornamental debido a creencias basadas en sus efectos tóxicos o venenosos al compararla con otras solanáceas de reconocida toxicidad, la mayoría ricas en alcaloides (con fuertes efectos somníferos, hemolíticos o paralizantes, cuando no fueran incluso mortales). Esta situación se mantuvo en algunos países, como Alemania, hasta principios del siglo XIX (Nuez, 1995).

## 1.2 Situación taxonómica.

Al tomate siempre se le ha situado taxonómicamente en la familia de las solanáceas (la cual comprende 98 géneros y cerca de 2800 especies), existiendo gran controversia en cuanto a su ubicación genérica. En 1700, Tournefort establece siete géneros reconociendo *Lycopersicon* como distinto de *Solanum*. Linnaeus (1754) en contra de la práctica común de su época incluyó *Lycopersicon* dentro del género *Solanum*. Simultáneamente Miller clasificó al tomate en el género *Lycopersicon* denominándolo *Lycopersicon esculentum* Mill. (1754) diferenciándolo así del género *Solanum*. Tanto Jussieu (1789) en su *Genera Plantarum* como Wettstein (1895), en su sinopsis sobre las solanáceas mantuvieron el criterio de Linnaeus (1754) (D'Arcy, 1979; en Nuez, 1995). Hace pocos años atrás (Peralta et al. 2005) junto con estudios moleculares más recientes han colocado al tomate, previamente clasificado como indicó Miller en el género *Lycopersicon*, dentro del género *Solanum*, pasándose a denominar *Solanum lycopersicum* L.

El tomate crece en una gran diversidad de hábitats y eso ha contribuido en gran medida a poder poseer la gran variabilidad genética que esta presente en las especies de este grupo (Olmstead y Bohs, 2007).

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

- I. Clase: *Dicotyledoneas*.
- II. Orden: *Solanales (Personatae)*.
- III. Familia: *Solanaceae*.
- IV. Subfamilia: *Solanoideae*.
- V. Tribu: *Solaneae*.
- VI. Género: *Solanum*.
- VII. Especie: *lycopersicum*.

### 1.3 Características botánicas y fisiológicas.

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual (pero cuya duración vegetativa en condiciones climáticas favorables puede prolongarse varios años) y puede ser semiperenne en regiones tropicales (Valadez, 1998). Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Hay dos tipos diferenciados por el tipo de crecimiento que presentan. Están las que son de crecimiento determinado y las de crecimiento indeterminado (crecimiento normal).

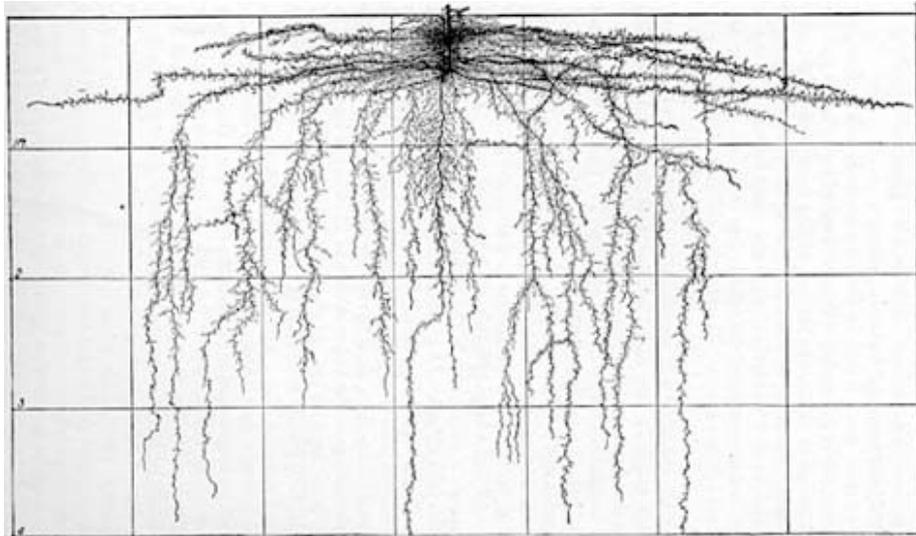
Las de crecimiento determinado, la brotación de yemas axilares es más fuerte y la producción de hojas (una o dos) es menor entre los racimos florales. Alcanzan una altura máxima de dos metros y producen una inflorescencia por cada hoja. Por lo general la producción de estas variedades con crecimiento determinado comienzan unos días antes, pero el periodo de cosecha es más corto que los denominados de crecimiento indeterminado. Además, están destinados para industria ya que permiten la recolección en una sola vez. En el caso de los de crecimiento indeterminados el tallo producido a partir de la penúltima yema empuja a la inflorescencia terminal hacia afuera haciendo que el tallo lateral parece la continuación del tallo principal que le dio origen. Están destinados estos últimos a establecerse en plantaciones en invernadero.

El tomate es insensible a la duración del día, pero requiere de buena iluminación (que puede ser modificada por el tipo de siembra, poda, tutorado y en general las prácticas culturales). El tomate puede ser cultivado desde los 20 a los 2000 msnm, las temperaturas óptimas son de 30°C en el día y 16°C durante la noche, la humedad relativa (HR) del aire es conveniente que sea entre 70-80%, a mayores favorece el desarrollo de enfermedades aéreas. En cuanto a los suelos se prefieren tipo franco a franco arcilloso, con PH de 5,5 a 6,0 y una conductividad eléctrica de 0,75-2,0 mmho/cm<sup>2</sup>.

#### 1.3.1 El sistema radical.

La parte subterránea de la planta tiene como funciones la absorción y el transporte de nutrientes, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo. Se trata del sistema radicular de la planta y está constituido por una raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. El sistema es pivotante, muy denso y con ramificaciones en los treinta primeros centímetros. Una sección transversal de la raíz principal pone de manifiesto la

existencia de tres zonas claramente diferenciadas: la epidermis, el córtex y el cilindro central o vascular (Chamorro, 2001).



**Figura 4:** Modelo del sistema radicular de una planta de tomate. Fuente: <http://soilandhealth.org>

La epidermis está especializada en la absorción de agua y nutrientes y generalmente tiene pelos absorbentes, que son extensiones tubulares de células epidérmicas. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex, un anillo de tres o cuatro células de espesor, siendo la capa cortical más interna constituyente de la endodermis, que establece el límite entre la corteza o córtex y el cilindro central o vascular. La capa más externa del cilindro central, que está en contacto con la endodermis es el periciclo, un tejido uniestratificado a partir del cual se forman las raíces secundarias (Picken et al., 1986).

En variedades cultivadas la extensión superficial de la raíz puede alcanzar un diámetro de 1,5m y una profundidad de mas de 0,5m. En la inmensa mayoría (70%) de las raíces se localizan a menos de 20 cm de la superficie (Varga y Bruinsma, 1986)

La temperatura óptima de crecimiento para el sistema radicular se sitúa entre 20°C y los 30°C, la luz inhibiría la formación de la raíz y otras variables existentes en el suelo como la estructura, nutrientes, conductividad eléctrica, PH, afectarían a la fisiología de la propia raíz.

Debemos destacar que cuando la raíz crece directamente de la semilla sin sufrir trasplantes, desarrolla una potente raíz principal que le permite adaptarse a ecosistemas

semidesérticos, pero cuando la raíz principal se daña, como por ejemplo a consecuencia del trasplante, se desarrolla un sistema de raíces laterales adventicias (Chamarro, 1995).

### 1.3.2 El sistema aéreo.

La estructura general de la planta es la de un simpodio, por lo cual, los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar del eje precedente y la yema terminal da lugar a la inflorescencia o a ramas abortivas. El tallo principal forma de 6 a 12 hojas, que crecen lateralmente con una filotaxia de 2/5, antes de que la yema principal se transforme en una inflorescencia. El crecimiento subsiguiente se produce a partir de la yema axilar de la última hoja, la cual desarrolla un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia (Chamarro, 1995).



**Figura 5:** Tallo de una planta de tomate. Fuente: Propia.

### 1.3.3 El tallo.

Los tallos son gruesos, pubescente, angulosos, de color verde (debido a que debajo de la epidermis se encuentra el córtex, cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas), con nodos compuestos de dos o tres hojas y una inflorescencia. El tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos que salen de la epidermis y al ser de naturaleza glandular le confiere a la planta un olor característico. En un principio el porte del tallo es erguido, hasta que llega un punto en que por razones de peso rastrea por el suelo. En el extremo del tallo principal se encuentra el meristemo apical, una región de división celular activa donde se inician los nuevos primordios foliares y florales. Tiene forma de cúpula y está protegido por las hojas recién formadas (Chamarro, 1995). El desarrollo del tallo es variable en función de los distintos cultivares, existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento (determinado e indeterminado), (Nuez et al., 1997).

### 1.3.4 Las hojas.

Las hojas de la planta son compuestas, imparipinnadas con 7 a 9 folíolos y una filotaxia 2/5, siendo una hoja típica de unos 0,3 a 0,5 metros de largo, con algo menos de anchura, un gran folíolo terminal y hasta ocho grandes folíolos laterales que pueden ser compuestos. Los folíolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo, y son de tipo dorsiventral o bifacial (Coleman y Greyson, 1976; Picken et al., 1986). El envés contiene estomas que facilitan el intercambio gaseoso, siendo escasos en la parte superior (Chamarro, 1995).

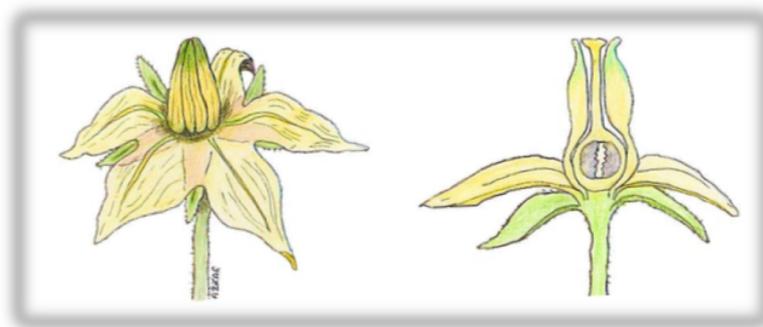
### 1.3.5 La flor.

La flor del tomate puede ser considerada perfecta, regular e hipógina, y consta de 5 o más sépalos, de 5 o más pétalos dispuestos de forma helicoidal, de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario bi o plurilocular. Las flores en número variable se agrupan en inflorescencias (Grayson y Sawhney, 1972). El racimo

florar o inflorescencia está compuesto de varios ejes y en cada uno de ellos tiene una flor de color amarillo brillante. La inflorescencia se forma a partir del sexto o séptimo nudo, y cada una o dos hojas se pueden encontrar las flores en plantas determinadas y en las cuales el crecimiento es indeterminado se formarían a partir del séptimo o decimo nudo y cada cuatro hojas (Valadez, 1998). La Inflorescencia del tomate se produce en forma de racimos simples o ramificados y en diferentes pisos o estratos, siendo lo normal que en cada inflorescencia pueda haber entre 3 y 10 flores, aunque en ocasiones pueden llegar hasta 50 de polinización autógama (Greyson y Sawhney, 1972; Nuez, 1995).

En cuanto a la diferenciación floral la cual constituye el paso previo a la fructificación esta siendo muy influenciada por las condiciones y el entorno, además de otros factores (iluminación, temperatura, nutrición y la competencia de nutrientes entre órganos de la misma planta). En una misma inflorescencia, se pueden observar varios estadios de desarrollo floral, yemas florales, flores abiertas y finalmente frutos. El hábito de ramificación de la planta también tiene una influencia determinante sobre la floración, produciéndose ésta de forma prácticamente continuada en los cultivares de crecimiento indeterminado, mientras en los determinados lo hace en una época específica (Chamarro, 1995).

La polinización y cuaje del tomate tanto protegidos o al aire libre a menudo necesitan de ayuda, debido a la no óptima polinización o fecundación la cual puede producir un grave descenso en la producción de tomate.



**Figura 6:** Flor de una planta de tomate. (Fuente: Rebeca Fornés Tranchero 2012)

### 1.3.6 El Fruto.

El fruto es una baya bi o plurilocular, que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500gramos (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995), y un tamaño de entre 3-16 cm (Nuez et al., 1997), en función de la variedad y las condiciones de desarrollo. El fruto adulto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

Puede tener forma achatada, redondeada o de pera y la superficie puede ser lisa o acostillada. En cuanto al color pueden ser de color amarillo, naranja, violeta, rosado o rojo debido a la presencia de licopina y carotina en distintas y variables proporciones.

Se une a la planta por medio de un pedicelo, con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión. El fruto ya adulto está constituido por pericarpio, tejido placentario y las semillas.

Los principales agentes del medio físico, como la temperatura, la luz y la humedad juegan un papel importante en la fecundación y cuajado del fruto: las condiciones óptimas para que se produzcan estos procesos pueden cifrarse en 14 – 17°C durante la noche y 23-25°C durante el día (Maroto, 2002).



**Figura 7:** Fruto del tomate. Fuente: Propia.

El tiempo necesario para que un ovario fecundado se desarrolle a un fruto maduro es de 7 a 9 semanas, en función del cultivar, la posición en el racimo y las condiciones ambientales (Hoyos et al., 2005; Rodríguez et al., 1997). El crecimiento se ajusta a una curva sigmoide simple que puede dividirse en tres periodos:

- ◆ El primer periodo, es el de crecimiento lento, dura 2 ó 3 semanas, y cuando termina el peso del fruto es inferior al 10% del peso final.
- ◆ El segundo periodo, de crecimiento rápido, dura 3-5 semanas y se prolonga hasta el inicio de la maduración. Hacia la mitad de este periodo, la velocidad de crecimiento es máxima y, al final de este, el fruto ha alcanzado prácticamente su máximo desarrollo.
- ◆ Finalmente, hay un periodo de crecimiento lento, de unas dos semanas, en el que el aumento en el peso del fruto es pequeño, pero se producen los cambios metabólicos característicos de la maduración.

### 1.3.7 Composición del fruto.

Según un estudio realizado en EE. UU. por Stevens (2005) sobre las principales frutas y hortalizas, el tomate ocupa el lugar 16 en cuanto a concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales. No obstante, su popularidad mundial, demostrada por el alto nivel de consumo se convierte a este cultivo en una de las principales fuentes de compuestos fenólicos (Soto-Zamora et al., 2005), pigmentos, vitaminas y minerales (0,4%, Davies y Hobson, 1981), destacándose las vitaminas C y A. Tabla 1.

Estos componentes nutricionales del tomate pueden ser denominados nutracéuticos (Jack, 1995; Canene-Adams et al., 2005) es decir aquellos compuestos presentes en los alimentos que proporcionan adicionalmente beneficios médicos o saludables, incluyendo la prevención y el tratamiento de enfermedades. (Marangoni et al., 1995).

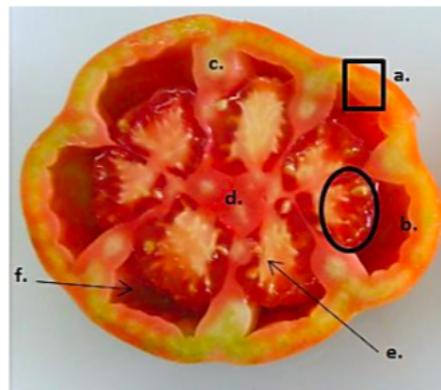
**Tabla 1:** Composición nutritiva del tomate por cada 100gr de producto comestible según distintas fuentes (Moreiras et al., 2013 (1); Folquer, 1976 (2); Watt et al., 1975 (3) y Grubben, 1977 (4)). Elaboración propia.

<b>Composición nutritiva del tomate/100g de producto</b>				
<b>Fuente:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Agua	94%	94%	93.50%	
Hidratos de carbono	3.5 g	4.0 g	4.7 g	6.2
Grasas	0.11g	-	0.2 g	-
Proteínas	1 g	1 g	1.1 g	1.2 g
Cenizas	0.3g	0.3 g	0.5 g	-
Otros (ácidos, licopeno, etc.,)	0.7g	0.7 g	-	0.5 g
Vitamina A	82.3µg	1700 UI	900 UI	-
Vitamina B6	0.11 mg	-	-	-
Vitamina B12	0mg	-	-	-
Vitamina B1 (Tiamina)	-	0.10 mg	0.06 g	0.06 g
Vitamina B2 (Riboflavina)	-	0.02 mg	0.04 g	0.04 g
Niacina	0.80 mg	0.60 mg	0.70 g	0.60 g
Vitamina C	26 mg	21 mg	23 mg	23 mg
PH	4.5	4-4.5	-	-
Calcio	11 mg	-	13 mg	7.0 mg
Fósforo	27mg	-	27 mg	-
Hierro	0.6 mg	-	0.5 mg	0.6 mg
Sodio	3 mg	-	3 mg	-
Potasio	290 mg	-	244 mg	-
Valor energético	22 Kcal	-	22-24 Kcal	20 Kcal

### 1.3.8 La semilla.

La semilla es grisácea de pequeño tamaño, de 5 x 4 x 2 mm, tiene forma lenticular, esta recubierta por vellosidades y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. En un gramo de semillas hay 300 a 350. La semilla puede conservar su poder germinativo durante 4 o más años en las condiciones adecuadas, siendo las temperaturas para su germinación de 35°C y 10°C (Rodríguez et al., 1997). El embrión,

cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido a su vez por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión, y la testa está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo.

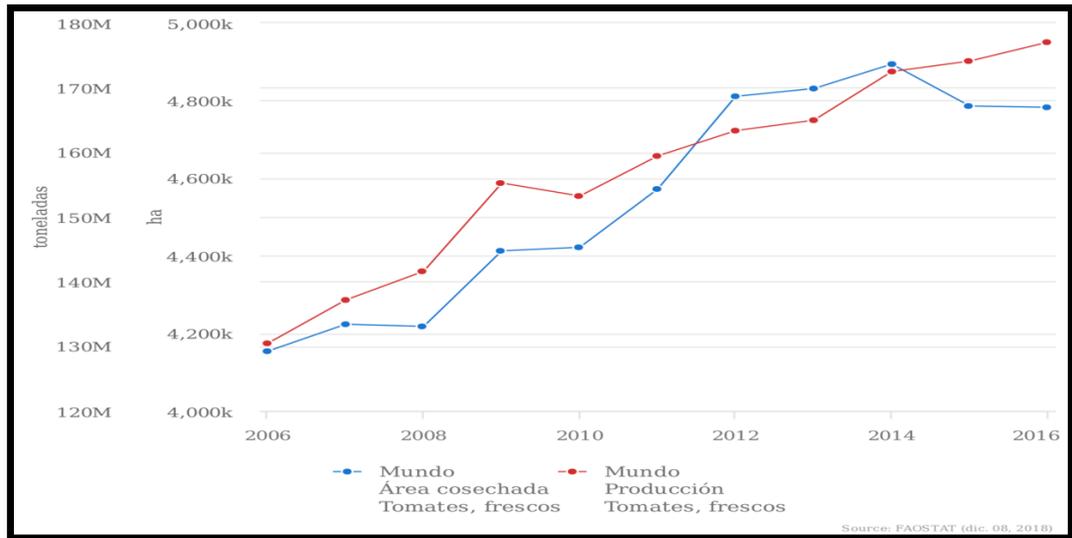


**Figura 8:** Estructura del fruto del tomate: a. Pericarpio.; b. Semillas y tejido placentario, c. Septo; d. columela; e. Placenta; f. Lóculo. Fuente: Rebeca Fornés Tranchero 2012.

## 1.4 Importancia económica del tomate.

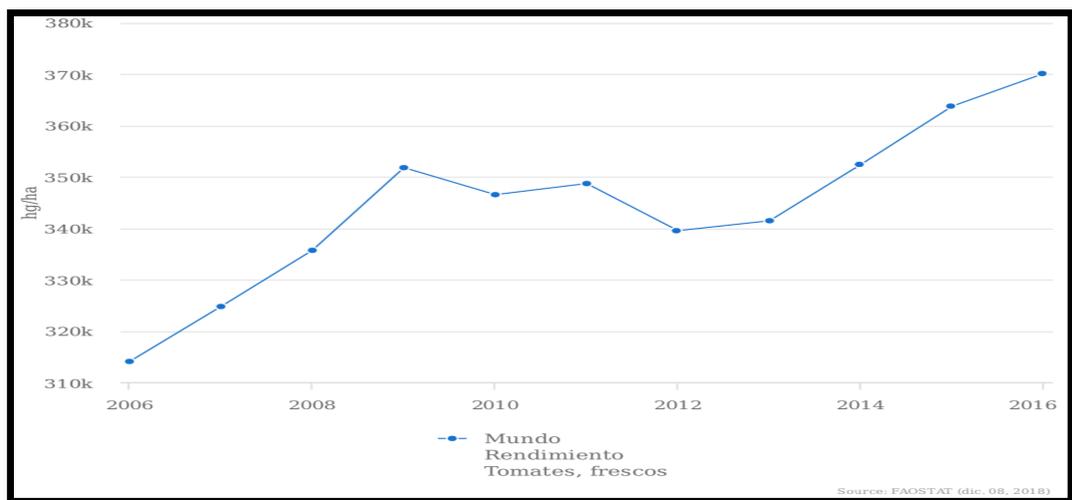
### 1.4.1 A nivel mundial.

El tomate es la hortaliza más importante en muchos países del mundo. Su cultivo está difundido a todos los continentes y en muchos casos representa una de las principales fuentes de vitaminas y minerales para las personas (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995). Se destina principalmente para consumo en fresco, pero también sirve como materia prima para elaborar diversos derivados, como pastas, sopas y deshidratados, entre otros (CORFO, 1986). A su vez, se ha producido un incremento en investigación y mejora del cultivo del tomate tanto por centros públicos como privados debido a esta importancia económica y social.

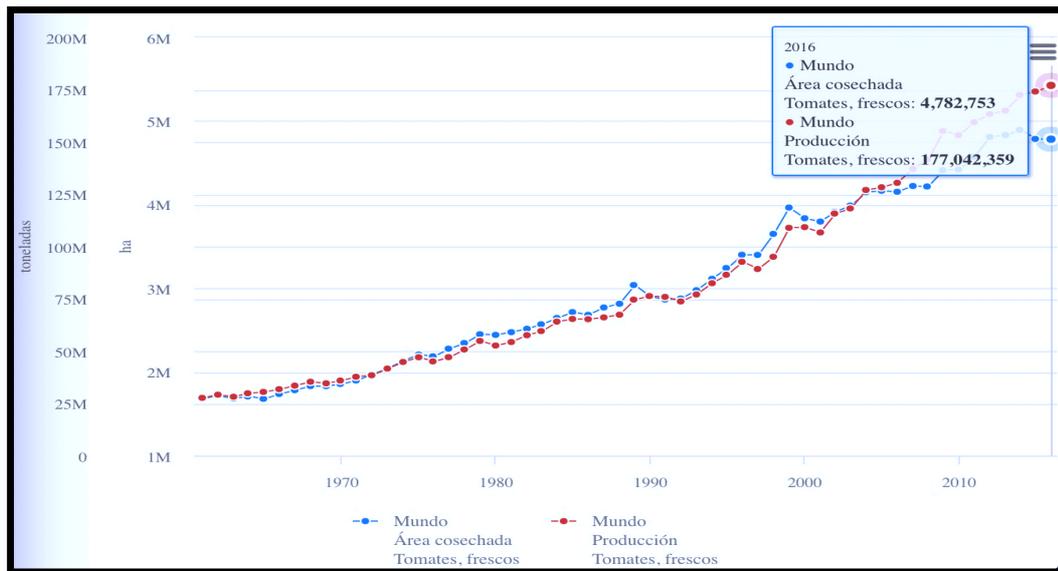


**Gráfico 1:** Comparativa de producción y área cosechada en los últimos 10 años en el mundo. Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2016, consultado diciembre 2018.

En los últimos 10 años la superficie cultivada alrededor del mundo aumentó un 15,1%, mientras la producción lo hizo un 35,71%. La diferencia entre la tasa de crecimiento de la superficie cultivada y la de producción se explica por un aumento en el rendimiento del cultivo. Dicho aumento se debe a las mejoras tecnológicas en el manejo del cultivo y a la disponibilidad de variedades de superior rendimiento. Este fenómeno se observa claramente en los datos que se presentan en la Tabla 2 y Gráfico 2, donde se puede observar que en los últimos 10 años el rendimiento aumento en un 17,86% (FAOstat, 2016).



**Gráfico 2:** Rendimiento por HA de tomate fresco en los últimos 10 años en el mundo. Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2016, consultado diciembre 2018



**Gráfico 3:** Producción mundial de tomate fresco en su serie histórica 1961-2016. Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2016, consultado en diciembre 2018.

A nivel mundial, en 2016, se producían un total de 177 millones de toneladas, constituyendo China el principal país productor, abarcando una cantidad de 56 millones de toneladas, seguido de la India con un total de 18 millones de toneladas y EE. UU. con 13 millones. España ocupa el octavo puesto entre los 10 principales países productores de tomate.

En los últimos años tanto Italia como España han escalado un puesto en el ranking mundial al sumar mayores toneladas de producción y áreas de cosecha. En cambio, Egipto ha ido perdiendo volumen de producción y área de cosecha.

Aunque la producción ha ido en aumento a nivel mundial, la superficie empleada para el cultivo ha disminuido, debido a una mejora en las técnicas de cultivo, con lo que resultará un mayor rendimiento, como podemos observar en el gráfico 1. Este incremento de rendimiento ha generado un aumento en la producción y para absorber estos volúmenes se ha producido una serie de cambios en la demanda final con el aumento en la diversidad de tipos de productos que utilizan este cultivo (salsas, jugos, purés, pastas, concentrado, tomate al natural, triturado, en polvo, etc.) y la apertura de nuevos mercados de exportación.

La producción media actual en el mundo es de 27 t/ha, pero la mayor producción por área se da en invernaderos europeos, donde la producción puede rebasar los 700 t/ha en una temporada. Un cultivo de tomates frescos a campo abierto y de alta producción con riego por surco, produce normalmente entre 50 y 70 t/ha.

**Tabla 2:** Superficie y producción de tomate de los 10 principales países del mundo en el año 2016. (F.A.O. 2018). Elaboración propia. Consultado diciembre 2018.

Posición	Región	Producción (t)	Área cosechada (ha)
1	China	56.423.811	1.003.992
2	India	18.399.000	760.000
3	EE. UU.	13.038.410	144.410
4	Turquía	12.600.000	188.270
5	Egipto	7.943.285	199.712
6	Italia	6.437.432	103.940
7	Irán	6.372.633	159.123
8	España	4.671.807	54.203
9	Brasil	4.167.629	63.980
10	México	4.047.171	93.376
	<b>TOTAL. MUNDIAL 2016</b>	<b>177.042.359</b>	<b>4.782.753</b>
	<b>TOTAL. MUNDIAL 2014</b>	<b>172.499.120</b>	<b>4.894.143</b>

#### 1.4.2 A nivel nacional.

En los últimos años la producción en España se encuentra algo estancada después de una fuerte subida en el año 2013, pero cabe destacar que ocupa como anteriormente se ha podido comprobar el 8º puesto como productor mundial, cuadruplica la de Marruecos y multiplica por más de 5 la de Holanda. El aumento de rendimiento del cultivo es contrarrestado con la reducción de la superficie cultivada, pudiendo resaltar dos factores, la posible dificultad para abrir nuevos mercados de exportación y el aumento de las importaciones.

Por sus condiciones ambientales no es de extrañar que dentro de la Unión Europea los dos principales productores sean Italia y España, con el 26% y el 19% de la producción comunitaria (FAOstat, 2016).

Tiene una gran relevancia, representando el 30% de la superficie y el 45% de la producción hortícola total. Además de la importancia por volumen y superficie, España

es el tercer exportador mundial por detrás de México y Holanda con 907,62 millones de kilos, el 12,19 % del total mundial (Fuente: F.A.O y TARIC. 2016). Cabe destacar que se ha descendido en número de empresas que han realizado las exportaciones de tomate, pasando de 643 en 2013 a 621 en 2016 (Fuente: F.A.O y TARIC. 2016).

En la tabla 3, se puede observar la evolución de producción, rendimiento y superficie en los últimos 10 años con un aumento significativo desde el año 2013 en adelante.

**Tabla 3:** Superficie, rendimiento, precio, valor y producciones de tomate. Serie histórica. Fuente: Avance de anuario de estadística MAGRAMA 2017. Consultado en diciembre de 2018.

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (miles de euros)
2006	56,7	670	3.800,6	37,24	1.415.326
2007	53,3	766	4.081,5	39,76	1.622.795
2008	54,9	738	4.049,8	37,25	1.508.533
2009	63,8	752	4.798,1	32,44	1.556.488
2010	59,3	728	4.312,7	37,78	1.629.341
2011	51,2	755	3.864,1	27,69	1.069.975
2012	48,6	832	4.046,4	30,04	1.215.542
2013	46,6	809	3.772,8	29,96	1.130.345
2014	54,7	890	4.865,5	28,99	1.410.497
2015	58,1	831	4.832,7	32,56	1.573.527
2016	62,7	834	5.233,5	28,12	1.471.672

GRÁFICO: Evolución de la superficie de tomate (miles de hectáreas)

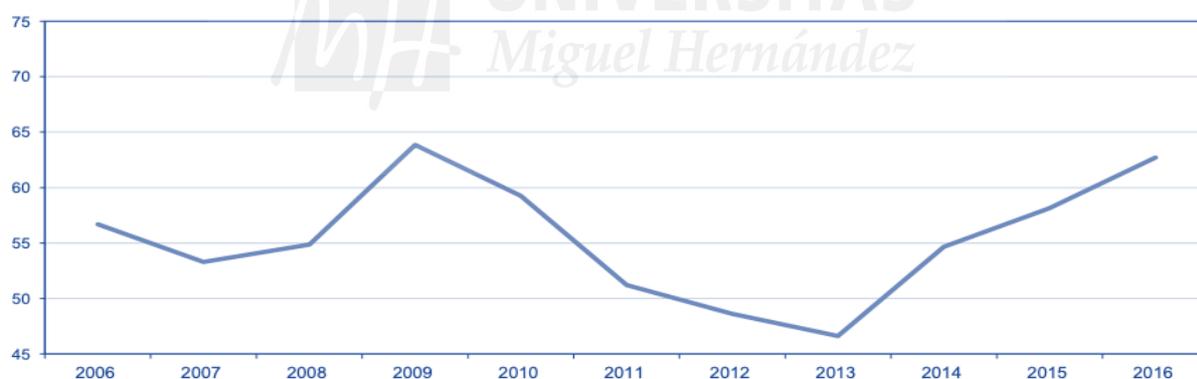
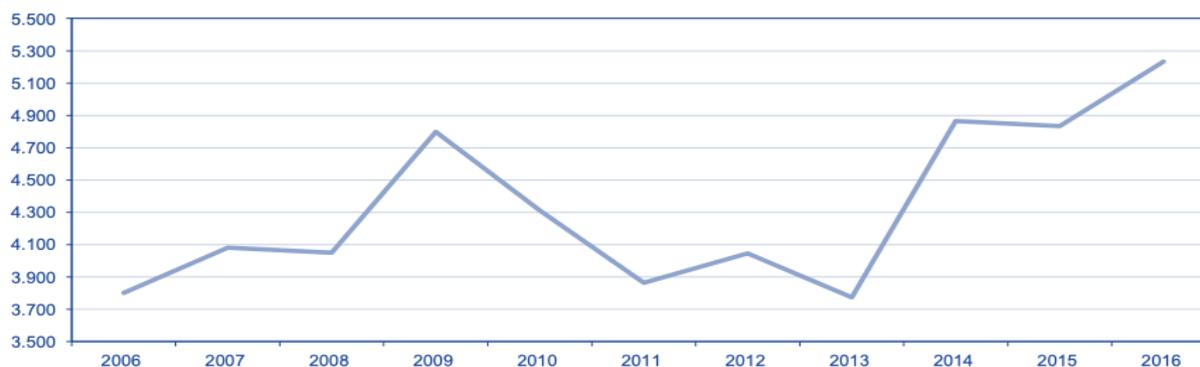


GRÁFICO: Evolución de la producción de tomate (miles toneladas)

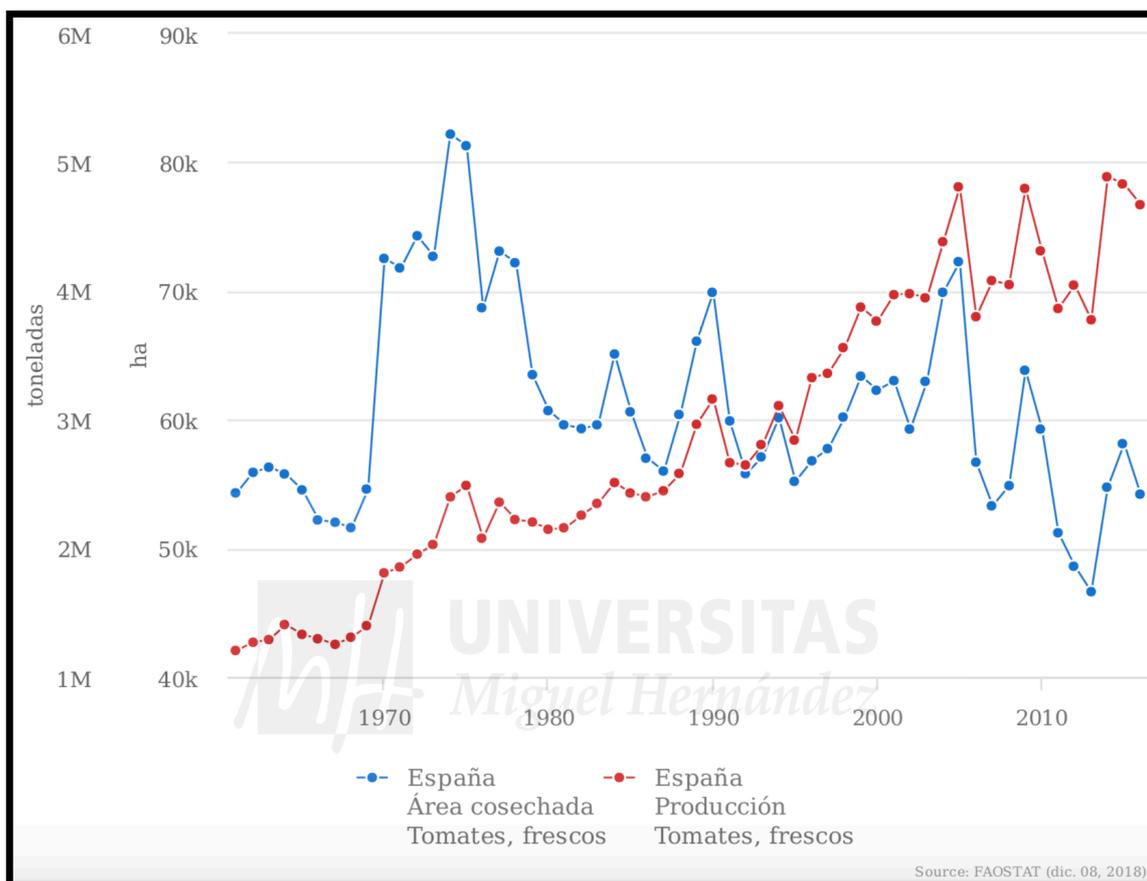


Por otro lado, se puede observar en la tabla 4, que la principal Comunidad Autónoma del país productora de tomate es Andalucía, seguida de cerca por Extremadura y en menor medida la Región de Murcia. Además, las mayores superficies de cultivo en invernadero se dan en las provincias de Almería (6 de cada 10 tomates que exporta España, 2016), Granada, Murcia, Málaga, Las Palmas, y Alicante.

**Tabla 4:** Superficie, rendimiento y producción total de tomate a nivel nacional. Fuente: Avance de anuario de estadística MAGRAMA 2017. Consultado en diciembre de 2018.

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
A Coruña	–	59	235	294	–	49.230	77.720	21.169
Lugo	–	40	142	182	–	59.630	80.000	13.745
Ourense	–	47	180	227	–	57.850	91.120	19.121
Pontevedra	–	76	322	398	–	59.320	95.690	35.321
<b>GALICIA</b>	–	<b>222</b>	<b>879</b>	<b>1.101</b>	–	<b>56.383</b>	<b>87.415</b>	<b>89.356</b>
<b>P. DE ASTURIAS</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>115</b>	<b>15.000</b>	<b>30.000</b>	<b>45.000</b>	<b>3.225</b>
<b>CANTABRIA</b>	<b>16</b>	–	–	<b>16</b>	<b>72.810</b>	–	–	<b>1.165</b>
Alava	–	44	11	55	–	18.000	59.000	1.441
Guipúzcoa	30	30	15	75	9.750	23.730	56.580	1.853
Vizcaya	50	65	49	164	8.750	18.900	48.600	4.047
<b>PAÍS VASCO</b>	<b>80</b>	<b>139</b>	<b>75</b>	<b>294</b>	<b>9.125</b>	<b>19.658</b>	<b>51.721</b>	<b>7.341</b>
<b>NAVARRA</b>	–	<b>2.186</b>	<b>50</b>	<b>2.236</b>	–	<b>81.990</b>	<b>82.000</b>	<b>183.330</b>
<b>LA RIOJA</b>	–	<b>195</b>	<b>19</b>	<b>214</b>	–	<b>71.000</b>	<b>105.000</b>	<b>15.840</b>
Huesca	–	30	1	31	–	75.800	156.000	2.430
Teruel	4	2	3	9	15.000	30.000	150.000	570
Zaragoza	34	688	2	724	16.250	74.999	92.500	52.337
<b>ARAGÓN</b>	<b>38</b>	<b>720</b>	<b>6</b>	<b>764</b>	<b>16.118</b>	<b>74.907</b>	<b>131.833</b>	<b>55.337</b>
Barcelona	56	199	93	348	5.495	35.277	128.407	19.270
Girona	3	253	7	263	5.000	35.043	71.000	9.378
Lleida	–	182	15	197	–	33.122	79.560	7.222
Tarragona	–	426	26	452	–	34.668	69.808	16.584
<b>CATALUÑA</b>	<b>59</b>	<b>1.060</b>	<b>141</b>	<b>1.260</b>	<b>5.470</b>	<b>34.606</b>	<b>109.555</b>	<b>52.454</b>
<b>BALEARES</b>	–	<b>330</b>	<b>60</b>	<b>390</b>	–	<b>34.875</b>	<b>50.000</b>	<b>14.509</b>
Ávila	–	8	7	15	–	38.200	88.200	923
Burgos	–	1	–	1	–	50.000	–	50
León	–	22	–	22	–	50.000	–	1.100
Palencia	–	3	2	5	–	40.000	52.500	225
Salamanca	–	30	5	35	–	30.500	38.000	1.105
Segovia	–	34	–	34	–	40.000	–	1.360
Soria	–	–	–	–	–	–	–	–
Valladolid	–	7	4	11	–	38.000	38.000	418
Zamora	–	5	4	9	–	24.450	100.000	522
<b>CASTILLA Y LEÓN</b>	–	<b>110</b>	<b>22</b>	<b>132</b>	–	<b>38.535</b>	<b>66.564</b>	<b>5.703</b>
<b>MADRID</b>	–	<b>21</b>	<b>33</b>	<b>54</b>	–	<b>52.000</b>	<b>120.000</b>	<b>5.052</b>
Albacete	–	190	33	223	–	85.800	160.000	21.582
Ciudad Real	–	340	–	340	–	76.620	–	26.051
Cuenca	61	14	–	75	1.400	28.000	–	477
Guadalajara	16	18	–	34	15.000	20.000	–	600
Toledo	–	635	–	635	–	68.894	–	43.748
<b>CASTILLA-LA MANCHA</b>	<b>77</b>	<b>1.197</b>	<b>33</b>	<b>1.307</b>	<b>4.226</b>	<b>72.558</b>	<b>160.000</b>	<b>92.458</b>
Alicante	–	128	404	532	–	35.000	117.426	51.920
Castellón	38	491	20	549	7.663	35.697	54.985	18.918
Valencia	–	114	60	174	–	36.991	63.000	7.997
<b>C. VALENCIANA</b>	<b>38</b>	<b>733</b>	<b>484</b>	<b>1.255</b>	<b>7.663</b>	<b>35.777</b>	<b>108.099</b>	<b>78.835</b>
<b>R. DE MURCIA</b>	–	–	<b>2.408</b>	<b>2.408</b>	–	–	<b>119.798</b>	<b>288.474</b>
Badajoz	–	21.521	–	21.521	–	72.920	–	1.569.311
Cáceres	–	2.811	–	2.811	–	72.115	–	202.715
<b>EXTREMADURA</b>	–	<b>24.332</b>	–	<b>24.332</b>	–	<b>72.827</b>	–	<b>1.772.026</b>
Almería	–	104	10.836	10.940	–	55.904	101.688	1.107.706
Cádiz	–	1.744	10	1.754	–	29.014	36.216	50.962
Córdoba	7	237	5	249	12.500	35.000	98.000	8.872
Granada	–	726	3.290	4.016	–	39.286	101.828	363.535
Huelva	–	187	–	187	–	48.290	–	9.030
Jaén	–	180	–	180	–	34.600	–	6.228
Málaga	16	271	618	905	4.000	40.000	79.000	59.726
Sevilla	81	7.535	100	7.716	89.430	114.330	110.600	879.780
<b>ANDALUCÍA</b>	<b>104</b>	<b>10.984</b>	<b>14.859</b>	<b>25.947</b>	<b>71.109</b>	<b>89.294</b>	<b>100.790</b>	<b>2.485.839</b>
Las Palmas	4	53	570	627	35.000	48.528	107.797	64.156
S.C. de Tenerife	–	43	220	263	–	40.000	76.010	18.442
<b>CANARIAS</b>	<b>4</b>	<b>96</b>	<b>790</b>	<b>890</b>	<b>35.000</b>	<b>44.708</b>	<b>98.945</b>	<b>82.598</b>
<b>ESPAÑA</b>	<b>466</b>	<b>42.355</b>	<b>19.894</b>	<b>62.715</b>	<b>25.176</b>	<b>75.242</b>	<b>102.289</b>	<b>5.233.542</b>

En la siguiente gráfica, se observa que la producción de tomate en fresco alcanza su punto máximo en el año 2014, tras haber sufrido varias fluctuaciones a la baja en los tres años anteriores. En cambio, en el resto del mundo se ha podido comprobar anteriormente el continuo crecimiento de la producción.



**Gráfico 4:** Producción y área cosechada de tomate fresco en España en la serie histórica. Fuente: F.A.O. FAOSTAT, 2016. Consultado en diciembre de 2018

## 1.5 Variedades tradicionales.

Las variedades tradicionales sin duda proporcionan un valor añadido adicional, ya que no sólo son producidas localmente, sino que fomentan la biodiversidad y mantienen vivos los sabores y aromas que se van perdiendo como consecuencia de el auge de los cultivos comerciales.

Constituyen un recurso natural que también ha ganado importancia en los últimos años ya que son la base de la producción de alimentos y la base biológica para la seguridad

alimentaria, los medios de vida y el desarrollo económico (F.A.O, 2010). La F.A.O. insiste en la necesidad de preservar y utilizar la diversidad genética de los cultivos locales.

Estas nuevas variedades mejoradas o cultivos procedentes de semillas híbridas están desplazando a las tradicionales de cada zona y es consecuencia de la adaptación a un mercado que se enfoca en el reporte de importantes beneficios económicos en detrimento de las variedades autóctonas (Nuez y Ruiz, 1999).

También es consecuencia de que estos nuevos cultivos son preferidos por los agricultores ya que suponen menores riesgos y generalmente son más productivos que las variedades locales tradicionales este hecho está poniendo en peligro su conservación y, por ende, la biodiversidad de los ecosistemas agrarios.

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

Por otro lado, las variedades tradicionales son el resultado de selección y mejora realizada a lo largo del tiempo por los agricultores para la obtención de semilla para la próxima campaña (García, 1999; Guzmán *et al.*, 2000; Cebolla y Nuez, 2005), pero que ahora poco a poco están en serio peligro de desaparecer porque no se ajustan a las exigencias que demandan los mercados.

El criterio tenido en cuenta para esta selección ha sido fundamentalmente la relación a la rusticidad del cultivo y otros aspectos más relacionados con la calidad del fruto.

El monocultivo de variedades comerciales y el uso continuado de pesticidas potencia la resistencia a posibles plagas y supone la mayor dispersión de enfermedades a las que a su vez las variedades tradicionales son más sensibles.

Las principales características de las variedades tradicionales son:

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

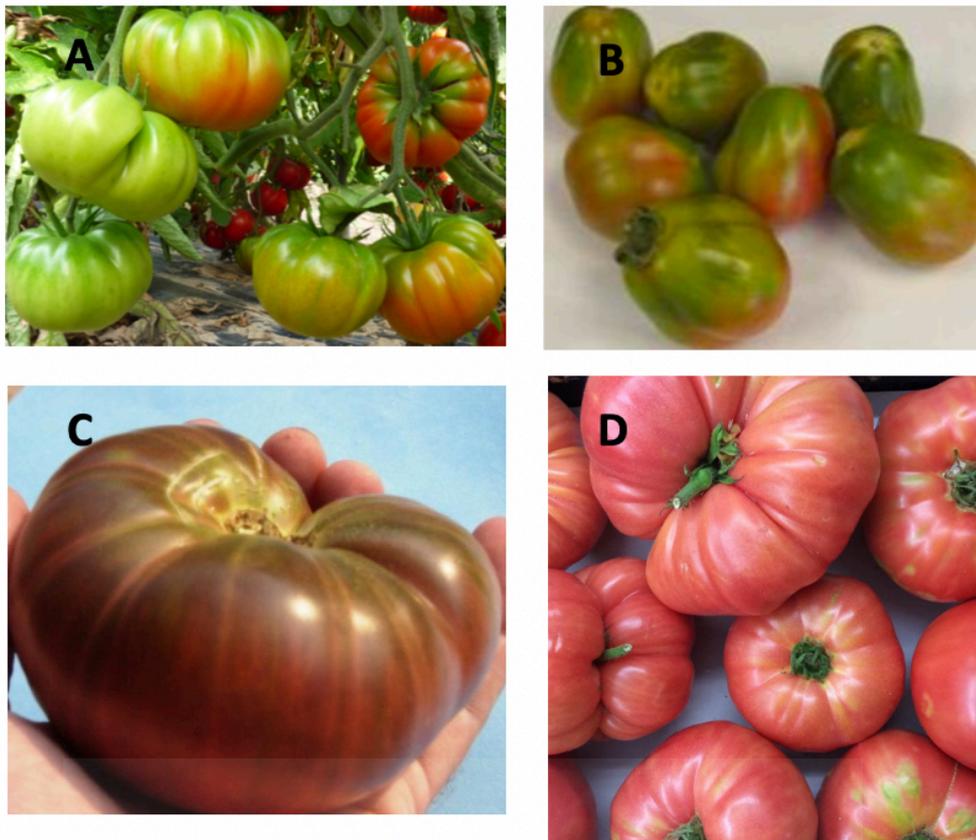
- ❖ Heterogeneidad. Una de las características más importantes de las variedades tradicionales, es su considerable variación de fenotipo, si se comparan con las variedades comerciales (Amurrio *et al.*, 1993).
- ❖ Selección local de los agricultores. Estas variedades no son algo estático, sino que presentan una diversidad y un dinamismo que, bajo la presión del hombre y la naturaleza, han evolucionado en el tiempo (Hawtin *et al.*, 1996).

A partir de la segunda mitad de siglo XX, con la llamada Revolución Verde, las variedades tradicionales se fueron sustituyendo paulatinamente debido a la llegada al mercado de las semillas híbridas, conseguidas mediante la selección genética para la obtención de variedades de alto rendimiento, más asociadas estas a una explotación intensiva (Ceccon, 2008).

Los parámetros que han primado la selección de semillas para el cultivo de tomate han sido fundamentalmente los de resistencia, productividad y alargamiento de la vida comercial de los frutos, obteniéndose así variedades comerciales de diseño (Martínez-Carrasco *et al.*, 2012).

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

En el sureste español se encuentran presentes diversas variedades tradicionales de tomate, como el “Muchamiel” de Alicante (tomate “Muchamelero”), el “De la pera” y “Cherry” de la Vega Baja del Segura, el “Tres cantos” de Elche, el “Valenciano”, los “tomates morunos”, o el “Flor de Baladre” de Murcia.



**Figura 9:** Frutos de las variedades Muchamiel (a), de la pera (b), Morunos (c) y Tres cantos (d).

### 3.2.1 El tomate Muchamiel.

El tipo varietal “Muchamiel” toma el nombre de la misma localidad, cercana a Alicante. Es una de las variedades más emblemáticas y reconocidas, aunque su cultivo se ha ido abandonando por la susceptibilidad a distintos tipos de virus, favoreciendo el abandono de este. Se trata de una variedad tradicional local, por tanto, su nombre es conocido en prácticamente toda España. Es muy posiblemente la variedad tradicional de tomate más conocida, muy apreciada por su calidad organoléptica.

No existe un único tipo de tomate Muchamiel, sino que hay ligeras variantes que mantienen cierta diversidad, como consecuencia lógica de haber sido seleccionada por los agricultores durante muchos años. El tipo varietal “Muchamiel” tiene el fruto grandes y acostillados, el cuello verde, su piel fina y su pulpa muy carnosa, melosa y dulce. (Figura 10). Se cultiva fundamentalmente en Alicante, Valencia y Murcia.



**Figura 10:** Frutos de la variedad tradicional de tomate Muchamiel.

Su principal uso es el consumo en fresco, y tienen unas excepcionales características organolépticas.

### 3.2.2 El tomate De la pera.

El tipo varietal “De la pera” esta formado por un conjunto de variedades que tienen en común la forma aperada de los frutos. Esta variedad fue desapareciendo poco a poco desde los años 40-50 del siglo pasado.

En esa época se cultivaban principalmente para su destino a industria (conservera) y para consumo en fresco. En la Vega Baja el cultivo del tomate “De la pera” también fue disminuyendo a partir del siglo pasado debido a la introducción de otros cultivos como el cáñamo, la alcachofa o el algodón y a la introducción de variedades mejoradas de tomate “italiano”, especialmente enfocadas en la industria conservera.

A pesar de ello muchas variedades aún hoy en día se han podido conservar para su consumo en fresco. Estas variedades se cultivan principalmente en el sur de la provincia de Alicante (en la comarca de la Vega Baja del Segura) y en las comarcas vecinas de Murcia.



**Figura 11:** Frutos de una variedad tradicional de tomate De la pera.

### 3.2.3 Variedades tradicionales de origen diverso.

Para la realización de este estudio, se han utilizado un total de 22 variedades tradicionales procedentes de diversas zonas del mundo (EE. UU., Alemania, España, Moldavia, Italia, Rusia y México). Cada una con unas características y cualidades organolépticas diferentes.

El tomate **Cuor di Bue** o corazón de buey es un tomate de ensalada de origen italiano, grande e irregular (Figura 12). El tamaño de los frutos en general varía de 200 a 300 gramos, aunque se pueden encontrar frutos de casi 500 gramos. Tiene una pulpa carnosa con una consistencia similar a la del caqui. Es muy sabroso, aromático, con muy pocas semillas en la pulpa.



**Figura 12:** Fruto de la variedad Cuor di Bue. Fuente: <http://macadam-gardens.fr/tomates-gourmandes/373-plant-de-tomate-coeur-de-boeuf-reif-red.html>

El tomate **Brandy Wine** es un tomate procedente de Vermón en EE. UU. Es una variedad grande, plana de color rojizo- rosadas y con la carne ligera y cremosa. Es considerado una reliquia entre los tomates antiguos. Puede producir frutos que pueden llegar a pesar 700g. Ha sido cultivado por los Amish desde los años 1880.



**Figura 13:** Fruto de la variedad Brandy Wine. Fuente:  
<https://www.elnougarden.com/tienda/alimentacion/verdures/tomates-brandywine-5kg>

El tomate **Pink accordion** es un tomate originario de EE. UU. Fruto rosado perlado oscuro, plisado o con volantes como si fuera un acordeón. Los frutos pueden pesar entre 150 a 500g y es una variedad con grandes cavidades (perfecto para rellenar) y pocas semillas en su interior. El sabor es suave y dulce.



**Figura 14:** Fruto de la variedad Pink Accordion. Fuente:  
[https://www.tomatofest.com/Pink\\_Accordion\\_Tomato\\_Seeds\\_p/ff-0382.htm](https://www.tomatofest.com/Pink_Accordion_Tomato_Seeds_p/ff-0382.htm)

El Tomate **Absinthe** es un tomate originario de Indiana, EE. UU. Es un tomate verde ámbar. Forma redonda, aplanada y hombro ligeramente estriado. Los frutos son grandes de 250 a 350g. La carne es jugosa, tierna y sabor muy aromático y ligeramente ácido. Con muy pocas semillas.



**Figura 15:** Fruto de la variedad Absinthe. Fuente: <http://www.lespassionsdyves.fr/potager/absinthe.html>

El tomate **Black Beauty** es un tomate procedente de EE. UU. Es un tomate carnoso de forma redonda, ligeramente aplanada y acanalada discretamente en los hombros. De color Rojo/oscuro púrpura. Los frutos tienen de peso medio unos 120g (por debajo del standard). La piel es gruesa y dura. El sabor puede mejorar con el almacenamiento a temperatura ambiente. Para muchos especialistas es uno de los mejores tomates que existen.



**Figura 16:** Fruto de la variedad Black Beauty. Fuente: <https://www.etsy.com/es/listing/567617314/black-beauty-tomato-seeds-vegetable>

El tomate **Goldman's Italian** es un tomate procedente de Italia. Es un tomate único, hermoso por su forma achaparrada de pera con nervaduras y pliegues. Tiene un color rojo intenso en su punto de maduración. La carne es gruesa y roja. El sabor es dulce. El tamaño es medio.



**Figura 17:** Fruto de la variedad Goldman's Italian. Fuente: <https://www.rareseeds.com/goldmans-italian-american-tomato/>

El tomate **Green Giant** es un tomate con origen Alemania. Es un tomate de mayor tamaño (supera los 300g), de color verde hasta que llega a la maduración y es torna ámbar. Forma redonda aplanada y acanalada en los hombros. La carne es jugosa con un punto de acidez, pero muy equilibrada en el sabor. Se recomienda comer en su punto óptimo de maduración por que torna a perder cualidades organolépticas con el paso del tiempo y se vuelve blanquecina.



**Figura 18:** Fruto de la variedad Green Giant. Fuente: <http://www.tomatogrowers.com/GREEN-GIANT/productinfo/4357/>

El tomate **Green Moldovan** es un tomate procedente como si nombre indica de Moldavia. Es un tomate verde, con ligeros tonos amarillentos, con forma aplanada y acanalada en los hombros. El tamaño es mediano con un peso comprendido entre los 150-300g. La carne es jugosa y carnosa y contiene muchas semillas.



**Figura 19:** Fruto de la variedad Green Moldovan. Fuente: <https://tomatenjunkie.de/green-moldovan/>

El tomate **Lucid Gem** es un tomate que procede de EE. UU. Es un tomate de coloración amarillo a naranja brillante (Bicolor), con manchas de antocianina oscuras a medida que madura. El fruto es carnoso de piel delgada y con pocas semillas. El peso esta comprendido entre 200-300g. El sabor es dulce y suave con un regusto muy a tomate.



**Figura 20:** Fruto de la variedad Lucid Gem. Fuente: <https://heritageseedmarket.com/index.php/product/lucid-gem/>

El tomate **Malakitovaya** es un tomate originario de Rusia, en la zona de Siberia. Su nombre significa “caja de malaquita”. La malaquita es un mineral verde intenso usado especialmente para elaborar cajas de joyería. Es un tomate de color amarillo-verde, acanalado en su parte superior y con una fuerte depresión en el pedúnculo. La Carne es de color verde claro y es muy sabrosa.



**Figura 21:** Fruto de la variedad Malakitovaya. Fuente: <https://www.rareseeds.com/malakhitovaya-shkatulka-tomato/>

El tomate **Red Star** es un tomate procedente de Idaho, EE. UU. Es un tomate de color rojo intenso, con gran sabor y una muy buena vida útil. Posee unos volantes y lóbulos de 2-3 cm de largo. Como su nombre indica tiene una forma de estrella y su piel es muy fina. El tamaño es medio con pesos que tienen de media 100- 150g.



**Figura 22:** Fruto de la variedad Red Star. Fuente: <http://www.heirloom-tomato-farm.com>

El tomate **Rosa Priego de Córdoba** tiene su origen en Córdoba, España. Es un tomate rosado de color característico. Es un fruto carnoso, jugoso y dulzón (tiene poca acidez). Posee muy pocas semillas en su interior. Su peso esta comprendido entre 300-500g.



**Figura 23:** Fruto de la variedad Rosa Priego de Córdoba. Fuente: <http://plantaromed.es>

El tomate **Rosso Sicilian** procede de Sicilia en Italia y llevada después a EE. UU. En 1987. Es un tomate de carne firme, sólida y con amplia cavidad interna. Los frutos son muy llamativos por el acanalado de sus formas y el color rojo oscuro. Es perfecto para hacer salsas de tomate. La piel es muy delgada y por tanto muy sensible. El peso medio es de 150g.



**Figura 24:** Fruto de la variedad Rosso Sicilian. Fuente: <http://www.peapatch.ca/>

El tomate **Sleeping Lady** es originario de Alaska (su nombre se debe a una leyenda del folklore de Alaska) e introducido en 2011. El fruto es del tipo enano (son una clase rara de tomates que tienen los beneficios de los indeterminados y los determinados: mejor sabor, mayor estación, maduración mas temprana y menor mantenimiento). El tamaño es mediano, pudiendo llegar hasta los 200g. El color varía hacia un caobachocolate tras el transcurso de la maduración.



**Figura 25:** Fruto de la variedad Sleeping Lady. Fuente: <https://www.mopeppers.at/>

El tomate **Tlacolula** procede de México (la ciudad de Tlacolula, en el estado de Oaxaca). El fruto es de color rosa oscuro fuertemente plisado y con múltiples formas. El peso esta comprendido entre 180-350g. Algunos frutos se fusionan para formar tomates con tamaños enormes. Posee una depresión significativa y amplia en la unión peduncular. El interior es algo hueco y la carne es firme de buen sabor.



**Figura 26:** Fruto de la variedad Tlacolula. Fuente: <https://samen-schenker.de/>

El tomate **Café Bule** es originario de EE. UU. y lanzado en 2012. Es una variedad de tomates que dan frutos pequeños en forma de pera con cuellos delgados que maduran a rojo chocolate. Tienen un buen sabor dulce y la piel es algo dura. El sabor es dulce.



**Figura 27:** Fruto de la variedad Café Bule. Fuente: J&L Gardens seeds.

El tomate **Bedouin** procede de Rusia. El fruto es de color rojizo en forma de pera con hombros verde- púrpura. Es uno de los tomates más valorados en cuanto al sabor. El peso esta comprendido entre 150-300g. Carne jugosa.



**Figura 28:** Fruto de la variedad Bedouin. Fuente: Restoration seeds.

El tomate **Pera Intense** su origen se sitúa en Italia en 2000 tras años de investigación a cabo por Nunhems (Ahora Bayer Cropscience Vegetable Seeds). El fruto es de color rojo y su textura interna hace que sea muy utilizado en la cocina ya que no se deshace (no pierde su jugo) y es fácil de pelar. Su característica principal es su gran vida útil. El peso puede rondar los 80 a 140g.



**Figura 29:** Fruto de la variedad Pera Intense. Fuente: <https://grupoagroponiente.com/catalogo/tomate/>

El tomate **Blue Pitts** procede de EE. UU. y presentada en 2012. Fruto pequeño tipo cherry con alto contenido en antocianinas le da una coloración de verde a púrpura oscuro y finalmente a rojo rosado con tonalidades púrpura cuando madura. El fruto puede pesar 30-40g. La pulpa es sedosa y aterciopelada.



**Figura 30:** Fruto de la variedad Blue Pitts. Fuente: <https://sortseeds.ru>

El tomate **Brad's Atomic** es originario de EE. UU. Es uno de los frutos favoritos por su forma algo alargada y color dentro de los del tipo cherry. El fruto varía de color verde oliva, rojo y marrón/ azul cuando esta completamente maduro. El color del interior es verde oliva hasta un rojo cuando está maduro. Posee franjas de antocianina en la superficie de la piel que lo diferencian (del tipo cebra).

Es una variedad con gran resistencia al agrietado y el sabor es extraordinariamente dulce. El peso puede variar de 100-200g. Como punto negativo es el tiempo que tarda para madurar.



**Figura 31:** Fruto de la variedad Brad's Atomic. Fuente: <http://www.tradewindsfruit.com/>

El tomate **Rancho Solito** es procedente de EE. UU. El fruto es pequeño, rojo y esférico con terminación en forma puntiaguda. El sabor es muy equilibrado. Peso 30-40g. De sabor dulce.



**Figura 32:** Fruto de la variedad Rancho Solito. Fuente: <http://sadi45.ru>

## 1.6 Programa de mejora genética de la EPSO-UMH.

La mejora genética vegetal se puede definir como ciencia y tecnología destinada a producir nuevos cultivares cambiando su genotipo, y mejorándolo para un determinado medio según las necesidades y aprovechamientos para los que vayan destinados de acuerdo con las necesidades del hombre (Frankel, 1958).

Según Hoyos *et al.*, (2005), los caracteres importantes para la mejora del tomate en fresco se pueden clasificar en:

- ❖ Aumento de la producción.
- ❖ Resistencia a estreses bióticos: plagas y enfermedades.
- ❖ Tolerancia a estreses abióticos: condiciones ambientales adversas.
- ❖ Arquitectura de la planta adecuada al tipo de cultivo, recolección, etc.
- ❖ Calidad del fruto: externa (forma, tamaño, color, ausencia de fisiopatías) e interna (dureza, sabor, aroma, compuestos saludables).

La mejora genética de variedades es esencialmente una selección de plantas escogidas dentro de una población en la cual existe variabilidad, es decir, la mejora sólo es posible debido a la existencia de variabilidad.

La baja variabilidad genética del tomate es un serio problema para su mejora genética que se puede solucionar con el uso de especies silvestres incluyendo los ancestros de los cultivos y aquellas más alejadas filogenéticamente. Estas proveen a los mejoradores de plantas de una amplia reserva de genes potencialmente útiles. El valor agronómico prácticamente nulo de estas especies ha propiciado el aprovechamiento de genes mayores capaces de manifestar su efecto de forma clara y completa, eliminando el fondo genético no deseable por métodos de retrocruzamiento.

Históricamente los genes más utilizados han sido los de resistencia a enfermedades, sobre todo los dominantes. Según Hajjar y Hodgkin (2007) hasta el 80% de las especies silvestres utilizadas en mejora, son utilizadas por sus resistencias a plagas y enfermedades.

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

-ToMV. Tomato Mosaic Virus. Virus del Mosaico del Tomate

-TSWV. Tomato Spotted Wilt Virus. Virus del Moteado del Tomate

-TYLCV. Tomato Yellow Leaf Curl. Virus del Rizado Amarillo del Tomate

El método elegido fue una introgresión asistida por marcadores moleculares. Las etapas que comprende este programa de mejora son las siguientes:

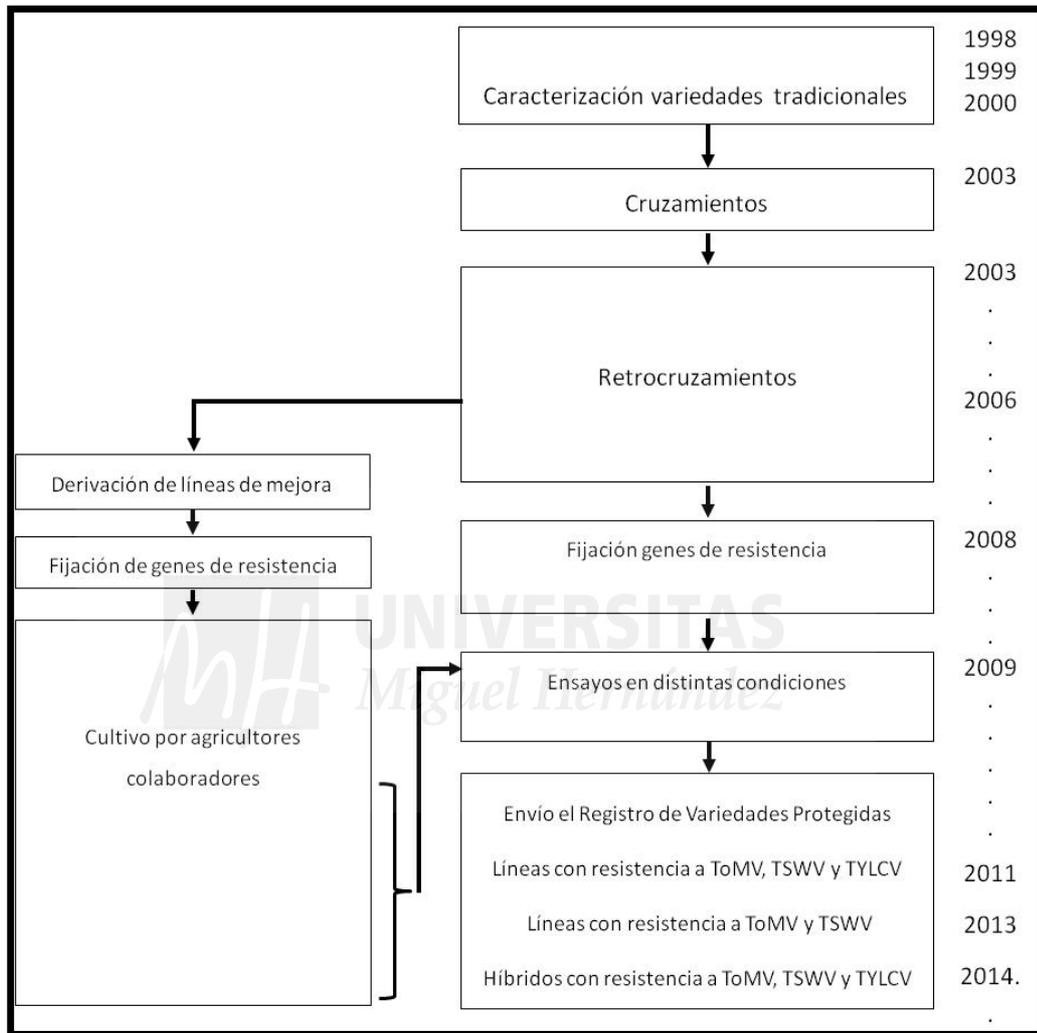
- ❖ Caracterización agronómica de las variedades tradicionales y de la fuente de resistencia.
- ❖ Realización de cruzamientos.
- ❖ Realización de retrocruzamientos.
- ❖ Fijación de los genes de resistencia.
- ❖ Selección de las mejores líneas.
- ❖ Inscripción en el registro de variedades.

Se han empleado marcadores moleculares para la selección precoz de individuos portadores de todos los genes de interés. En las distintas generaciones de retrocruzamiento se han empleado de forma complementaria la selección genotípica, mediante marcadores, y la selección fenotípica. Esta selección fenotípica se realiza para obtener, entre las plantas portadoras de los genes de interés (según los marcadores empleados) aquellas que no manifiesten síntomas de la virosis y que tengan mejores características de cuajado, tamaño de fruto, uniformidad, producción, etc.

Ambas técnicas no son excluyentes, habiéndose confirmado que el resultado óptimo se obtiene empleando una combinación de las dos técnicas (García-García P., 2004).

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

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



**Figura 33:** Esquema con las etapas del programa de mejora.

En 2013 se concedieron los primeros Títulos de Obtención Vegetal (TOV) de líneas procedentes del programa de mejora de la EPSO-UMH, las líneas UMH 1200 (tipo Muchamiel) y UMH 1203 (tipo De la pera), ambas con resistencia en homocigosis a los 3 virus (Tabla 5). También se han obtenido líneas de mejora sólo con resistencia a ToMV y TSWV (y por lo tanto sin resistencia a TYLCV), así como con resistencia sólo a ToMV, cuyos TOV fueron concedidos en 2017. También se han desarrollado híbridos, con resistencia a los tres virus en heterocigosis.

**Tabla 5:** Líneas de mejora inscritas en el Registro de Variedades Protegidas, con su genotipo para los tres genes de resistencia a virus.

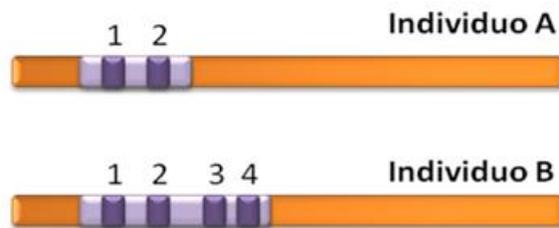
Tipo varietal	Línea	Resistencias	Envío	Obtención Título
		ToMV-TYLCCV-TSWV		
<b>Muchamiel</b>	UMH 1200	RR-RR-RR	2011	2013
<b>Muchamiel</b>	UMH 1139	RR-ss-RR	2013	2017
<b>Muchamiel</b>	UMH 1101xIF	Rs-Rs-Rs	2014	2017
<b>De la pera</b>	UMH 1203	RR-RR-RR	2011	2013
<b>De la pera</b>	UMH 1422	RR-ss-ss	2013	2017
<b>De la pera</b>	UMH 1415	RR-ss-RR	2013	2017
<b>De la pera</b>	UMH 1353	RR-ss-RR	2013	2017
<b>De la pera</b>	UMH 1354	RR-ss-RR	2013	2017
<b>De la pera moreno</b>	UMH 1209	RR-RR-RR	2015	2018*
<b>Cherry</b>	UMH 1400	RR-RR-RR	2015	2018*
<b>Cherry</b>	UMH 1401	RR-ss-RR	2015	2018*
<b>Cherry</b>	UMH 1402	RR-ss-RR	2015	2018*

\*Propuesta de inclusión en la lista

## 1.7 Efecto de la introducción de resistencia genética a virus.

En los programas de mejora, las especies silvestres son prácticamente la única fuente de resistencia a plagas y enfermedades. El uso de material, de especies silvestres relacionadas con el tomate, para mejorar una variedad puede estar dificultado por la basura de ligamiento, por genes indeseables que se transfieren junto al gen de interés (Figura 34).

En un programa de retrocruzamiento es muy difícil conseguir recuperar todo el genoma de la variedad, por lo que suele quedar genoma del parental que tiene la característica de interés además del gen de interés. A este fragmento de cromosoma introducido que no es el gen de interés se le denomina carga o basura de ligamiento. En ese resto del fragmento puede haber genes que no afecten al comportamiento agronómico de la planta, pero también puede haber genes que tengan un efecto negativo sobre alguna o algunas características de interés. El número de genes que no son el de interés y que pueden tener efectos desfavorables depende del tamaño del fragmento (Figura 34).



**Figura 34:** Representación de los fragmentos introgresados (en color morado) en dos individuos (cuyo genoma aparece en naranja). Los números corresponden a distintos genes, y en ambos casos el gen de interés es el número 1. Los restantes genes no son de interés, y en alguna ocasión pueden tener un efecto desfavorable.



Hay varios trabajos donde se ha comprobado el efecto negativo de la introducción de genes procedentes de especies silvestres relacionadas con el tomate cultivado. Tanksley et al. (1998) observaron leves reducciones en producción y calidad asociadas a la introducción de resistencia a ToMV en tomate.

Brouwer and St.Clair (2004) encontraron que el fragmento de cromosoma de la especie *S. hirsutum* que confiere resistencia a *Phytophthora infestans* contenía alelos perjudiciales en caracteres agronómicos importantes. Más recientemente, Verlaan et al. (2011) demostraron que en gran parte del cromosoma 6 de *S. chilense* (donde se encontró el gen Ty-1, que confiere resistencia a TYLCV) la recombinación con el tomate cultivado es muy baja, debido a dos reordenaciones cromosómicas ocurridas en *S. chilense*. Este hecho dificultaría la eliminación del cromosoma de la especie silvestre durante los retrocruzamientos.

En varios trabajos del Grupo de Biodiversidad Agrícola y Mejora Genética de Variedades de la UMH se ha observado el efecto negativo de la introducción de

resistencia a TYLCV sobre caracteres productivos y de calidad.

Las líneas Muchamiel UMH 1200 y De la pera UMH 1203 son homocigotas a los tres virus, y pueden sufrir una reducción considerablemente la producción (hasta el 40%), especialmente en ausencia de TYLCV, que se puede conseguir en cultivo en invernadero (García-Martínez et al., 2011; García-Martínez et al., 2012). Rubio et al. (2016) estudió el efecto de la introducción simultánea de los genes de resistencia a ToMV, TSWV y TYLCV, siendo este último el que tenía un mayor efecto negativo, tanto en caracteres productivos como de calidad.

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

Otra opción es introducir el Ty-1 en heterocigosis, obteniendo híbridos F1. Esta estrategia también se ha utilizado en el programa de mejora. Pero en este caso, los agricultores no pueden quedarse semilla de un año para otro, pues la segregación hace que no todas las plantas tengan resistencia.

Otra opción es eliminar parte de la carga de ligamiento que acompaña al Ty-1, buscando recombinantes. Esto se ha conseguido en el proyecto europeo “Traditional tomato varieties and cultural practices: a case for agricultural diversification with impact on food security and health of European population”, coordinado por el Dr. Antonio Granell del (IBMCP), centro mixto de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en el que participa el Grupo de Biodiversidad Agrícola y Mejora Genética de Variedades de la EPSO-UMH.

La última opción es introducir otros genes de resistencia que no tengan ese efecto negativo. Entre los posibles genes, destaca el gen Ty-5, obtenido a partir del híbrido Tyking (Royal Sluis). La resistencia derivada de Tyking es útil frente a varios begamovirus mono y bipartitos, incluyendo TYLCV (Hutton et al., 2012). Recientemente, Pereira-Carvalho et al (2015) indican que la línea de mejora TX 468-RG es una fuente de resistencia monogénica y recesiva derivada de Tyking.

En 2017 el grupo de mejora empezó su introducción.

## 1.8 Línea en la que se engloba este trabajo.

Este trabajo fin de grado forma parte del programa de mejora genética de tomate de la EPSO-UMH. Una parte de este proyecto es el desarrollo de híbridos entre líneas de mejora con resistencia a virosis y variedades tradicionales de diverso origen. En 2017 se obtuvo el Título de Obtención Vegetal del híbrido UMH1101xIF, el primer híbrido desarrollado. Se están estudiando otros híbridos, que, en función de sus características, podrán ser enviados a dichos registros los próximos años.

Estos híbridos tienen los genes de resistencia en heterocigosis, por lo que pueden resultar muy interesantes para su cultivo.



## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es realizar la evaluación de veintisiete híbridos obtenidos al cruzar líneas de mejora con resistencia a virus y variedades tradicionales de diverso origen, obtenidos en el programa de mejora de la EPSO-UMH. Las plantas se cultivaron en un invernadero de malla durante el ciclo de primavera-verano 2018. Se estudiarán caracteres agronómicos (número de frutos recolectados por planta, peso medio de los frutos y producción total) y de calidad (contenido de sólidos solubles, acidez y análisis sensorial). Se seleccionarán los cruces más interesantes para continuar estudiándolos, con vistas a un futuro envío a los Registros de Variedades Comerciales y Protegidas.



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material vegetal utilizado.

En el ensayo se han estudiado cinco líneas procedentes del programa de mejora de la EPSO-UMH y veintisiete híbridos obtenidos al cruzar líneas de mejora con variedades tradicionales de diverso origen, (Tabla 6).

**Tabla 6:** Genotipo de las cinco líneas procedentes del programa de mejora genética de la EPSO-UMH y los veintisiete híbridos obtenidos del cruce de las líneas de mejora y las variedades tradicionales de diverso origen.

Variedad-Línea	Gen de resistencia		
	<i>Tm-2<sup>a</sup></i>	<i>Ty-1</i>	<i>Sw-5</i>
UMH1200	RR	RR	RR
UMH1209	RR	RR	RR
UMH1354	RR	ss	RR
UMH1400	RR	RR	RR
AU1436	RR	RR	ss
UMH1200 x Brandy Wine	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Pink Accordion	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Absinthe	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Black Beauty	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Cuor Di Bue	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Goldman's Italian	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Green Giant	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Green Moldovan	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Lucid Gem	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Malakitovaya	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Red Star	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Rosa Priego de Córdoba	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Rosso Sicilian	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Sleeping Lady	Rs	Rs	Rs
UMH1200 x Tlacolula	Rs	Rs	Rs
UMH1209 x Café Bule	Rs	Rs	Rs
UMH1354 x Bedouin	Rs	ss	Rs
UMH1354 x Café Bule	Rs	ss	Rs
UMH1354 x Pera Intense	Rs	ss	Rs
UMH1354 x Tlacolula	Rs	ss	Rs
UMH1400 x Blue Pitts	Rs	Rs	Rs
UMH1400 x Brad's Atomic	Rs	Rs	Rs
UMH1400 x Café Bule	Rs	Rs	Rs
UMH1400 x Rancho Solito	Rs	Rs	Rs
AU1436 x Blue Pitts	Rs	Rs	ss
AU1436 x Brad's Atomic	Rs	Rs	ss
AU1436. x Rancho Solito	Rs	Rs	ss

## 3.2 Métodos de cultivo.

Todas las plantas se cultivaron en las mismas condiciones en un invernadero de malla de la EPSO-UMH.

### 3.2.1 Instalaciones.

El cultivo se realizó en un invernadero de malla, también llamado invernadero cortavientos, multicapilla. La malla es de monofilamento transcarnado de densidad 6 x 9 o 10 x 16, según la zona, y un faldón perimetral de plástico 800 galgas (Figura 35). Sus dimensiones son las siguientes: 26 m. de ancho, 36 m. de profundidad, 4 m. de altura hasta el canal, y 5 m. hasta la cumbrera.



**Figura 35:** Invernadero utilizado en el ensayo en la primavera-verano 2018.

## 3.3 Prácticas de cultivo.

### 3.3.1 Semillero.

La realización del semillero se realizó en los Semilleros José y Belen SL., empresa situada en Albaterra (Alicante). Se utilizaron bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos. El sustrato empleado en los diferentes semilleros fue turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes.

### 3.3.2 Preparación del terreno.

El suelo se desinfectó utilizando metam-sodio, tres meses antes del trasplante. Se aplicaron 2,5 kg/m<sup>2</sup> de estiércol comercial de oveja, en pelet, de fondo. Para todas las condiciones de cultivo, previo al trasplante, se realizó una labor de subsolador y otra de fresadora. En las líneas de cultivo se instaló acolchado con plástico negro, para reducir el desarrollo de malas hierbas y mantener la humedad del suelo.

### 3.3.3 Trasplante.

El trasplante se realizó cuando las plántulas tenían 50 días, con la ayuda de un plantador “tipo pato”.

### 3.3.4 Marco de plantación.

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

### 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. Para sujetar el tallo al hilo de rafia se emplean anillas de plástico (Figura 36).

El sistema de poda elegido en todas condiciones fue el de una guía o tallo. Los brotes laterales (o axilares) se eliminaban cada 10-12 días.

Para no transmitir el virus del mosaico del tomate entre las plantas de las variedades tradicionales, que son sensibles, los cuchillos se limpiaban con lejía frecuentemente.



**Figura 36:** Entutorado de las plantas utilizado en este ensayo.

### 3.3.6 Fertirrigación.

El agua de riego utilizada en la EPSO en el cultivo procede del río Segura, y es almacenada en la balsa de la finca (de la EPSO). Se ha utilizado riego localizado por goteo. Los emisores son autocompensantes, y tienen un caudal de 1,6 l/h.

La CE de el agua de riego se midió y además se obtuvo el valor de CE de las sondas dispuestas a 15 y 30 centímetros de profundidad, (Tabla 7).

**Tabla 7:** Conductividad media semanal del agua de riego y de las sondas.

2018 Semana	Convencional		
	CE Riego	CE 15	CE 30
1	3,06	-	-
2	2,85	-	-
3	3,44	6,28	5,75
4	3,58	6,13	6,02
5	3,65	5,92	5,88
6	2,99	7,19	6,48
7	3,25	6,12	6,05
8	3,25	6,03	6,13
9	3,32	7	6,7
10	3,31	8,3	7,37
11	3,35	6,16	7,75
12	3,33	8,81	7,81
13	3,49	9,55	8,36

El riego variaba en función de la fase de desarrollo de cultivo, al igual que la fertilización, distinguiéndose 3 fases:

- ❖ Fase 1: Desde la plantación hasta la aparición del tercer racimo floral.
- ❖ Fase 2: Final de la fase 1 hasta el viraje de color de los primeros frutos.
- ❖ Fase 3: Final de la fase 3 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> – 550 K<sub>2</sub>O – 190 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 cubrir las necesidades de micronutrientes durante el cultivo se aportaron distintos productos, que aparecen en la tabla 8.

**Tabla 8:** Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	<b>ELEMENTOS NUTRICIONALES</b>
<b>SIAPTON</b>	Aminoácidos 7,9 %
<b>PITCA</b>	Calcio 6%
<b>ISABION Riego</b>	N 5,7% + P 5,4% + K 7% + Aminoácidos 6%
<b>BROTOMAX</b>	N, P, K (5-0-0) Urea, Cobre (1,75%), Manganeso (0,75%), Zinc (0,5%)

### 3.3.7 Tratamientos fitosanitarios.

Se realizaban tratamientos cada 10-15 días. Las plagas y enfermedades con mayor incidencia durante el ensayo fueron trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tuta (*Tuta absoluta*).

Cabe hacer especial mención a la *Tuta absoluta*, la cual durante la duración del cultivo no supuso un problema y por tanto no afectó a las plantas de tomate y ni condicionó la forma de aplicar tratamientos. Por otro lado, tampoco hizo presencia en gran medida vasates (*Aculops lycopersici*).

Los productos utilizados durante el ensayo aparecen en la tabla 9.

**Tabla 9:** Productos utilizados durante la fase de cultivo.

<b>NOMBRE COMERCIAL</b>	<b>MATERIA ACTIVA</b>
<b>APHOX</b>	Pirimicarb 50% [WG] p/p
<b>BACILLUS B-TEC 32</b>	Bacillusthuringiensis
<b>BRAVO 50 SC</b>	Clortalonil 50% p/v
<b>CAL EX AVANCE</b>	Abamectina
<b>COSTAR</b>	Bacillus thuringiensis 18% w/w
<b>DOAMMOJANTE</b>	Alcohol Isotrideciloetoxilado 20%
<b>DORYOKU</b>	Etoxazol 11% [SC] p/v
<b>ERADIOCOAT</b>	Maltodextrina 59,8% p/v
<b>FEROMONA TUTA ABSOLUTA</b>	Feromona
<b>KUMULUS DF</b>	Azufre 80%
<b>MOVENTO O-TEQ</b>	Spirotetramat 15% p/v
<b>OBERON</b>	Spiromesifen 24% p/v
<b>RELDAN</b>	Metil clorpirifos 22,4 % p/v
<b>RIDOMIL GOLD MZ PEPITE</b>	Mancozeb 64% p/p + Metalaxyl-M 3.9% p/p
<b>RUFAST AVANCE</b>	Acrinatrín 7.5% p/v
<b>VOLIAM TARGO</b>	Abamectina 1,8 % + Clorantraniliprole 4,5 % [SC] p/v

### 3.3.8 Recolección.

Se realizaba la recolección de los frutos semanalmente, cuando los frutos tenían al menos la mitad de la superficie de color rojo, estado en el que se pueden consumir sin ningún problema.

**Figura 37:** Imágenes de recolección y toma de muestras para su análisis.



### 3.4 Planificación de los ensayos.

En la tabla 10 aparecen las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes del cultivo, así como las 5 recolecciones que se llevaron a cabo en las distintas instalaciones.

Tarea	Fecha
Siembra	5/2/18
Trasplante	27/3/18
1ª recolección	28/6/18
2ª recolección	3/7/18
3ª recolección	11/7/18
4ª recolección	18/7/18
5ª recolección	25/7/18
Medida sólidos solubles y acidez	01/10/2018 al 17/10/2018

**Tabla 10:** Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo.

### 3.4.1 Diseño experimental.

En los ensayos de la EPSO se dispusieron 2 repeticiones, 1 en la orientación Norte y otra en Sur, de 3 a 5 plantas cada una (Figura 38). De las al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de Boludo F1 como borde.

N													
	1200 x Absinthe			1200 x Green			1200 x Green	1200 x Goldman's	1200 x Cuor di				
S	1200 x Absinthe			1200 x Green			1200 x Green	1200 x Goldman's	1200 x Cuor di				
	1200 x Sleeping			1200 x Black			1200 x Tlacolula	1200 x Rosso	1200 x Pink				
		1200 x Sleeping		1200 x Black			1200 x Tlacolula	1200 x Rosso	1200 x Pink				
		1200 x Rosa		1200 x			1200 x Red Star	1200 x	1200 x Lucid Gem				
		1200 x Rosa		1200 x			1200 x Red Star	1200 x	1200 x Lucid Gem				
1436 x Blue Pitts			1436 x Brad's			1400 x Blue Pitts	1400 x Café Bule	1400 x Brad's	1400 x Rancho				
1436 x Blue Pitts			1436 x Brad's Atomic			1400 x Blue Pitts	1400 x Café Bule	1400 x Brad's Atomic	1400 x Rancho Solito				
A			1436 x Rancho										
			1436 x Rancho										

Figura 38: Disposición de los distintos híbridos. Líneas 1200, 1400 y 1436.

	1354 x Pera Int	1354 x Café Bulé	1354 x Bedouin	1354 x Tlacolula	1209 x Café Bulé	N
B	1354 x Pera Int	1354 x Café Bulé	1354 x Bedouin	1354 x Tlacolula	1209 x Café Bulé	S

Figura 39: Disposición de los distintos híbridos. Líneas 1209 y 1354.



### 3.5.1.2 Peso medio total del fruto

Se calculó como la media ponderada de los pesos medios de las distintas recolecciones, expresándose en gramos, sin decimales.

### 3.5.1.3 Número de frutos total por planta

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

## 3.5.2 Caracteres de calidad.

### 3.5.2.1 Sólidos solubles.

Los valores de sólidos solubles y acidez vienen determinados por el estado de maduración de los frutos, por lo que es muy importante que los frutos analizados tengan un estado de maduración lo más homogéneo posible. Por lo que, tras la recolección se seleccionaban frutos completamente maduros (Figura 41), lo más homogéneos posibles en cuanto a maduración de cada línea para medir los sólidos solubles y la acidez en el laboratorio. Para cada una de las repeticiones de cada línea y orientación, se seleccionaron 3 muestras compuestas por 3-4 frutos en los híbridos y líneas Muchamiel y De la Pera y de 6-9 en los híbridos y líneas Cherry.

Los frutos se cortaban en trozos, para triturarlos con una batidora doméstica. El triturado se guardaba en tubos de 50 ml, etiquetados con el nombre de la línea y la repetición, que se guardaron en un congelador a -18 °C para su posterior análisis, en octubre de 2018.

En total fueron 162 muestras analizadas.

**Figura 41:** Frutos seleccionados para posteriormente escoger 3-4 frutos para el análisis de acidez y de contenido en sólidos solubles. Foto izquierda: Híbrido 1200xBlack Beauty. Foto centro: Híbrido 1354xPera Intense. Foto derecha: Híbrido 1436xBrad's Atomic.



Para medir el contenido de sólidos solubles y acidez, tras descongelar las muestras, se centrifugaron a 3.500 rpm durante 1 minuto, tras comprobar que el peso de las muestras estaba equilibrado.

Se eliminaba la mayor parte de la pulpa, y tras equilibrarlas de nuevo, se volvía a centrifugar a 3.500 rpm durante 6 minutos. El sobrenadante de cada tubo, sin pulpa, se utilizaba para realizar la medida, por duplicado.

**Figura 42:** Muestras listas tras ser centrifugadas a 3500rpm durante 1 minuto.





**Figura 43:** Centrífuga utilizada durante el proceso.

Los sólidos solubles están constituidos en su mayor parte por azúcares, los más abundantes son la glucosa y la fructosa que se encuentran en proporciones similares. Los sólidos solubles se midieron con un refractómetro digital Atago (Figura 44), expresándose el resultado en grados Brix ( $^{\circ}$ Brix), por duplicado.



**Figura 44:** Refractómetro digital Atago.

### 3.5.2.2 Acidez.

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

La acidez se valoró, por duplicado, con NaOH en concentración de 0,1 N hasta pH 8,01 con un pHmetro pHmatic 23 CRISON (Figura 45), expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco.



**Figura 45:** pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.

### 3.5.3 Evaluación global agronómica.

Antes del inicio de la recolección, cuatro miembros del equipo de mejora realizaron una evaluación global agronómica de los distintos híbridos, teniendo en cuenta el vigor, cuajado, uniformidad de los frutos, presencia de “hombro” y sabor.

Se le asignó una nota de 0 a 10 y se llegó a un consenso para el valor de cada línea.

### 3.5.4 Análisis sensorial.

Tras la segunda recolección se realizó un análisis sensorial de los 10 híbridos con mayor valoración agronómica con un panel semi-entrenado de 6 catadores relacionados con el programa de mejora.

Se evaluaron un total de 9 características de fruto (aspecto externo e interno, color externo e interno, aroma, textura, dureza de la piel, acidez y dulzor), dando una valoración del 1 al 3 en cada una de las características y además dando una valoración global total del 1 al 3 para cada uno de los híbridos. La valoración 1 corresponde a “no me gusta”, el 2 “ni me gusta, ni me disgusta” y el 3 “me gusta”. Para el caso de la dureza de la piel el 1 corresponde a “muy dura”, el 2 “intermedia” y el 3 “poco dura”.

Se elaboró un ranking con los híbridos analizados a partir de la suma de los resultados obtenidos para cada carácter evaluado.

### 3.6 Tratamiento estadístico.

En los caracteres productivos y de calidad se realizó un análisis de la varianza multifactorial, con los distintos híbridos y orientaciones. Si se encuentran diferencias significativas se aplica un contraste post-hoc de Newman-Keuls para establecer la diferencia significativa entre los valores medios de cada tratamiento. Ambos análisis se realizaron con el programa STATGRAPHICS PLUS versión 3.1 para Windows. Para evitar interferencias debidas a las distintas características de los híbridos, los análisis se realizaron agrupando los híbridos por tipo: Muchamiel, De la Pera y Cherry.

Para la nota global agronómica y el análisis sensorial se presentan los resultados sin realizar análisis estadísticos.

### 3.7 Tratamiento visual de los datos.

Para la representación de todos lo híbridos en función de los caracteres productivos y de calidad se utilizaron las graficas ‘producción-peso medio’ y ‘sólidos solubles-acidez’, construidas con la ayuda del paquete ‘ggplot2’ v.3.0.0 de R.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracteres productivos.

#### 4.1.1 Híbridos Muchamiel.

##### 4.1.1.1 Producción

El análisis de la varianza realizado para la producción total muestra diferencias significativas entre los híbridos (Tabla 11). La interacción híbrido-Orientación es también significativa.

**Tabla 11:** Análisis de la varianza para la producción total de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	3,032x10 <sup>7</sup>	14	2,166x10 <sup>6</sup>	3,4	0,0002
Orientación	3,668x10 <sup>5</sup>	1	3,668x10 <sup>5</sup>	0,6	0,4512
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	1,689x10 <sup>7</sup>	14	1,207x10 <sup>6</sup>	1,9	0,0374
<b>Residual</b>	6,284x10 <sup>7</sup>	98	6,412x10 <sup>5</sup>		
<b>Total (corregido)</b>	1,094x10 <sup>8</sup>	127			

Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción (Figura 46).

El rango oscila entre los 3000g/planta para el híbrido UMH1200xAbsinthe en la orientación norte y los 6000g/planta para el híbrido UMH1200xRosso Sicilian en la orientación sur, aproximadamente.

Respecto a producciones, son similares a las obtenidas con otros cruces similares ya estudiados (Frutos, 2014) y ligeramente superiores a las de González (2018). Estas diferencias son debidas a las condiciones salinas del ensayo del González (2018). Aunque los valores de producción obtenidos son inferiores a los de otros híbridos del

programa de mejora (UMH1200xRaf EELM y UMH1200xRaf COMAV, con alrededor de 7kg/planta, obtenidos por Frutos (2014)) no se descartarían directamente y podrían pasar una siguiente etapa, si cumplen con las características de calidad exigidas.

Como puede observarse (Figura 46), solo existen diferencias significativas entre las orientaciones para los híbridos UMH1200xGreen Giant (a favor de la orientación norte), UMH1200xRosso Sicilian (a favor de la orientación sur) y UMH1200xSleeping Lady a favor de la orientación norte). Para el resto de híbridos no se han encontrado diferencias significativas.

En este ensayo no se han encontrado diferencias significativas entre las orientaciones para 12 de los 15 híbridos estudiados. Este es el resultado es el más habitual obtenido en los ensayos (Arellano, 2018; Vañó, 2018). Pero en algún trabajo realizado si se han encontrado diferencias entre las orientaciones (Gonzálvez, 2018).

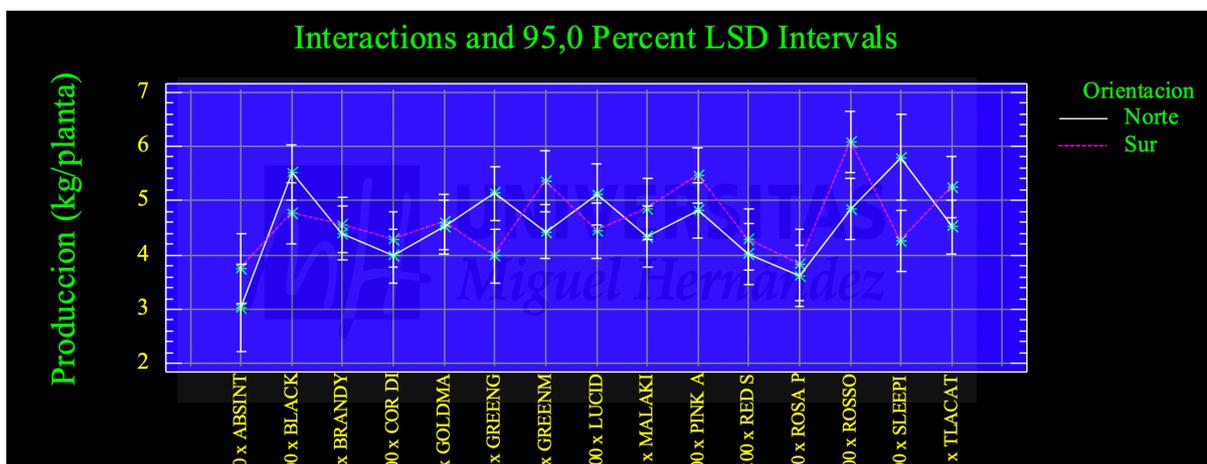


Figura 46: Gráfica de interacción de la producción de los distintos híbridos y orientaciones estudiados.

#### 4.1.1.2 Peso medio de frutos

El análisis de la varianza para el peso medio de frutos (Tabla 13) muestra que existen diferencias significativas entre los híbridos estudiados. No existen diferencias significativas entre las orientaciones. La interacción entre los factores (Híbrido y orientación) también es significativa.

**Tabla 12:** Análisis de la varianza para el peso medio de los frutos de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	184716,0	14	13194,0	26,9	<0,0001
Orientación	46,2	1	46,2	0,1	0,7598
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	15588,3	14	1113,5	2,3	0,0101
<b>Residual</b>	48167,4	98	491,5		
<b>Total (corregido)</b>	248565,0	127			

Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción (figura 47). El rango oscila entre los 75g/fruto para el híbrido UMH1200xRed Star y los 240g/fruto para el híbrido UMH1200xRosa Priego, aproximadamente. Estas diferencias se deben a la variedad utilizada como parental en cada híbrido.

Como puede observarse solo existen diferencias significativas entre las orientaciones para los híbridos UMH1200xBlack Beauty (a favor de la orientación norte) y del híbrido UMH1200xLucid Gem (a favor de la orientación sur). Para el resto de híbridos no se han encontrado diferencias significativas. En los trabajos realizados por Arellano (2018) y Vañó (2018), tampoco se encontraron diferencias en los pesos medios de las orientaciones. Sin embargo, en Gonzálvez (2018) si se encontraron diferencias entre las orientaciones a favor de la orientación sur.

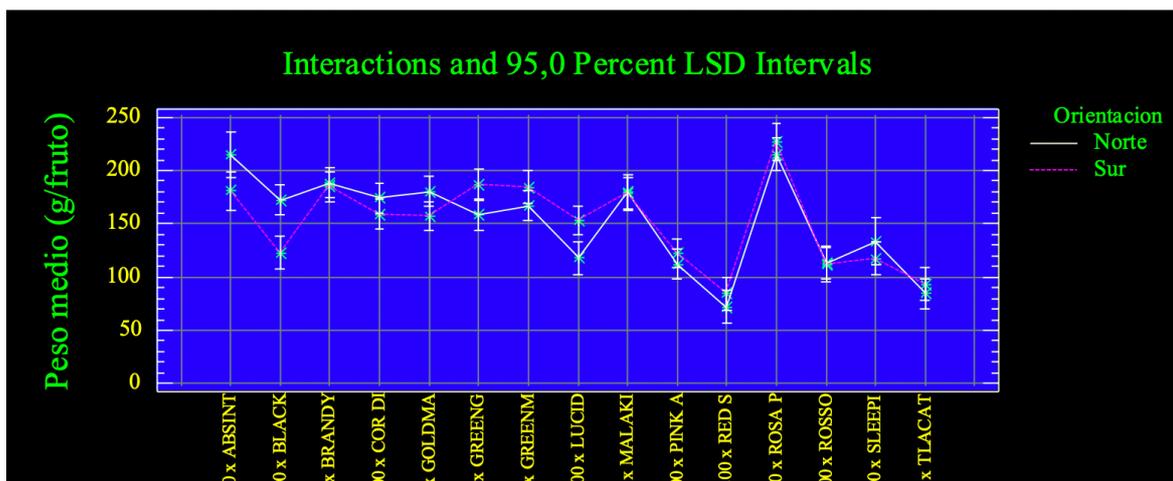


Figura 47: Gráfica de interacción del peso medio de los distintos híbridos y orientaciones estudiados.

#### 4.1.1.3 Número de frutos

El análisis de la varianza para el número de frutos total (Tabla 13), muestra que solo existen diferencias significativas entre los híbridos estudiados. La interacción entre los factores (híbrido y orientación) no es significativa.

Tabla 13: Análisis de la varianza para el número total de frutos de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	19498,8	14	1392,7	26,2	<0,0001
Orientación	0,9	1	0,9	0,02	0,8965
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	1261,7	14	90,1	1,7	0,069
<b>Residual</b>	5215,0	98	53,2		
<b>Total (corregido)</b>	25936,9	127			

En el análisis de rango múltiple para el número de frutos por híbrido (Tabla 14), no se encuentran diferencias respecto a la orientación. Los mejores resultados se obtienen con los híbridos UMH1200xPink Accordion, UMH1200xRed Star, UMH1200xRosso Sicilian y UMH1200xTlacolula.

El valor mínimo es de 17 frutos para el híbrido UMH1200xPriego de Córdoba y el máximo de 57 frutos para el híbrido UMH1200xTlacolula. Se observa que las variedades con mayor número de frutos, es la de menor peso por fruto, y viceversa para del menor número de frutos.

Como ocurría con la producción, los valores obtenidos con los híbridos son interesantes, por lo que podrían pasar una siguiente etapa, si cumplen con las características de calidad exigidas.

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones. En los trabajos realizados por Arellano (2018), Vañó (2018) y González (2018), tampoco se encontraron diferencias entre las orientaciones.

**Tabla 14:** Análisis de rango múltiple para el número de frutos por Híbrido y orientación.

<b>Factor</b>		<b>Nº de medidas</b>	<b>Media (frutos/planta)</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1200xRosa Priego</b>	7	17,1	A
	<b>UMH1200xAbsinthe</b>	5	18,6	AB
	<b>UMH1200xBrandy Wine</b>	10	23,7	AB
	<b>UMH1200xCuor Di Bue</b>	10	25,3	AB
	<b>UMH1200xMalakitovaya</b>	8	26,0	AB
	<b>UMH1200xGreen Giant</b>	10	27,1	AB
	<b>UMH1200xGoldman´s I.</b>	10	28,2	B
	<b>UMH1200xGreen Moldovan</b>	9	29,3	B
	<b>UMH1200xLucid Gem</b>	9	37,5	C
	<b>UMH1200xBlack Beauty</b>	9	39,1	C
	<b>UMH1200xSleeping Lady</b>	6	40,1	C
	<b>UMH1200xPink Accordion</b>	10	46,9	CD
	<b>UMH1200xRed Star</b>	8	53,6	DE
	<b>UMH1200xRosso Sicilian</b>	8	53,8	DE
	<b>UMH1200xTlacadula</b>	9	57,2	E
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	64	34,8	A
	<b>Sur</b>	64	35,0	A

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

## 4.1.2 Híbridos De la Pera.

### 4.1.2.1 Producción

En el análisis de la varianza realizado para la producción total muestra diferencias significativas entre los híbridos. No existe diferencias significativas entre la orientación. La interacción híbrido-orientación no es significativa. (Tabla 15).

**Tabla 15:** Análisis de la varianza para la producción total de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	4,00x10 <sup>7</sup>	4	1,00x10 <sup>7</sup>	10,5	<0,0001
Orientación	3,75x10 <sup>4</sup>	1	3,75x10 <sup>4</sup>	0,04	0,8439
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	3,7184x10 <sup>6</sup>	4	9,29x10 <sup>5</sup>	0,9	0,4343
<b>Residual</b>	2,9496x10 <sup>7</sup>	31	9,51x10 <sup>5</sup>		
<b>Total (corregido)</b>	7,29x10 <sup>7</sup>	40			

La tabla 16 muestra el test de rango múltiple de Newman-Keuls para los híbridos y orientaciones. El híbrido menos productivo con un total de 2803g/planta es UMH1209xCafé Bule y el de mayor producción, con un valor de 5441g/planta es el híbrido UMH1354xTlacolula.

Comparando estos datos con trabajos anteriores (Frutos, 2014), podemos observar como se han podido obtener mejores resultados pero que no resultan ser en general ampliamente diferenciadores. En frutos (2014), los híbridos AU1422x68 y AU1209x68 se situaban en un rango de producción de 2527g/planta y 4112g/planta respectivamente siendo ser ligeramente inferior a los datos obtenidos en este trabajo.

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones al igual que ocurría con los híbridos “Muchamiel”.

**Tabla 16:** Análisis de rango múltiple para la producción y orientación.

Factor		Nº de medidas	Media (g/planta)	Grupos homogéneos
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1209xCafé Bule</b>	7	2803	A
	<b>UMH1354xCafé Bule</b>	8	2908	A
	<b>UMH1354xPera Intense</b>	8	4411	B
	<b>UMH1354xBedouin</b>	10	4548	B
	<b>UMH1354xTlacolula</b>	8	5441	B
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	20	3992	A
	<b>Sur</b>	64	4053	A

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

#### 4.1.2.2 Peso medio de frutos

El análisis de la varianza para el peso medio de los frutos (Tabla 17), muestra que solo existen diferencias significativas entre los híbridos estudiados. La interacción entre los factores híbrido y orientación no es significativa.

**Tabla 17:** Análisis de la varianza para el peso medio de los frutos de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	13026,6	4	3256,6	27,4	<0,0001
Orientación	27,7	1	27,7	0,2	0,632
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	164,0	4	41,0	0,3	0,845
<b>Residual</b>	3680,1	31	118,7		
<b>Total (corregido)</b>	16860,9	40			

En el análisis de rango múltiple para el peso medio de los frutos de los diferentes híbridos (Tabla 18), no se encuentran diferencias respecto a la orientación. Los mejores resultados se obtienen con los híbridos UMH1354xPera Intense, UMH1354xBedouin y UMH1354xTlacolula. El valor mínimo es de 31g/fruto para el híbrido UMH1209xCafé Bule y el máximo de 77g/fruto para el híbrido UMH1354xTlacolula.

Los valores obtenidos son ligeramente superiores en el híbrido UMH1354xTlacolula respecto al resto y en comparación a trabajos anteriores (Frutos, 2014) donde en ningún caso se superaba los 70gr/frutos con híbridos Del tipo Pera.

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones al igual que ocurría con los híbridos “Muchamiel”.

**Tabla 18:** Análisis de rango múltiple para el peso medio de frutos por híbrido.

Factor		Nº de medidas	Media (g/fruto)	Grupos homogéneos
<b>Híbrido</b>	UMH1209xCafé Bule	7	31,0	A
	UMH1354xCafé Bule	8	32,9	A
	UMH1354xPera Intense	8	60,7	B
	UMH1354xBedouin	10	63,7	B
	UMH1354xTlacolula	8	77,9	C
<b>Orientación</b>	Norte	21	52,4	A
	Sur	20	54,0	A

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

#### 4.1.2.3 Número de frutos

El análisis de la varianza para el número de frutos total (Tabla 19), muestra que no existen diferencias significativas entre los híbridos estudiados ni la orientación. La interacción entre los factores (híbrido y orientación) no es significativa.

**Tabla 19:** Análisis de la varianza para el número total de frutos de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	1799,9	4	449,9	1,2	0,3198
Orientación	10,5	1	10,5	0,03	0,8665
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	673,7	4	168,4	0,4	0,7651
<b>Residual</b>	11374,3	31	366,9		
<b>Total (corregido)</b>	13881,6	40			

En el análisis de rango múltiple para el número de frutos por híbrido (Tabla 20), no se encuentran diferencias respecto a la orientación. El valor oscila entre los 75 frutos para el híbrido UMH1354xPera Intense y los 90 frutos para el híbrido UMH1354xCafé Bule.

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones al igual que ocurría con los híbridos “Muchamiel”.

Como ocurría con la producción, los valores obtenidos con los híbridos son interesantes, por lo que podrían pasar una siguiente etapa, si cumplen con las características de calidad exigidas.

**Tabla 20:** Análisis de rango múltiple para el número de frutos por híbrido y orientación.

Factor		Nº de medidas	Media (frutos/Planta)	Grupos homogéneos
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1354xPera Intense</b>	8	75,3	A
	<b>UMH1354xTlacolula</b>	8	75,6	A
	<b>UMH1354xBedouin</b>	10	77,0	A
	<b>UMH1209xCafé Bule</b>	7	89,3	A
	<b>UMH1354xCafé Bule</b>	8	90,2	A
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	20	80,9	A
	<b>Sur</b>	21	82,0	A

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

### 4.1.3 Híbridos Cherry

#### 4.1.3.1 Producción

El análisis de la varianza realizado para la producción total muestra únicamente diferencias significativas entre los híbridos (Tabla 21). La interacción híbrido-Orientación no es significativa.

Es analizado en este caso (producción) con 6 híbridos en vez de 7 a falta de el híbrido UMH1436xBlue Pitts por que se generó problemas agronómicos con las plantas de una de las orientaciones, siendo no posible su análisis productivo.

**Tabla 21:** Análisis de la varianza para la producción total de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	2,882x10 <sup>7</sup>	5	5,765x10 <sup>6</sup>	35,9	<0,0001
Orientación	1,871x10 <sup>5</sup>	1	1,871x10 <sup>5</sup>	1,2	0,2891
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	6,975x10 <sup>5</sup>	5	1,395x10 <sup>5</sup>	0,9	0,5136
<b>Residual</b>	4,653x10 <sup>6</sup>	29	1,604x10 <sup>5</sup>		
<b>Total (corregido)</b>	3,431x10 <sup>7</sup>	40			

La tabla 22 muestra el test de rango múltiple de Newman-Keuls para los híbridos y orientaciones. El híbrido menos productivo con un total de 788,5g/planta es UMH1400xBlue Pitts y el de mayor producción, con un valor de 3328,5g/planta es el híbrido UMH1436xBrad's Atomic.

Comparando estos datos con trabajos anteriores (Frutos, 2014), podemos observar como se han podido obtener mejores resultados. En Frutos (2014), El híbrido AU1400x68 produjo 1402g/planta siendo ser ligeramente superior al híbrido UMH1400xBlue Pitts e inferior al resto de los híbridos de este estudio.

En el caso de el híbrido UMH1400xBlue Pitts se ha obtenido una producción muy inferior al resto debido a causas agronómicas del estado de las plantas en el ensayo. Este valor se podría descartar este híbrido.

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones al igual que ocurría con los anteriores híbridos.

**Tabla 22:** Análisis de rango múltiple para la producción y orientación

<b>Factor</b>		<b>Nº de medidas</b>	<b>Media (g/planta)</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1400xBlue Pitts</b>	9	788	A
	<b>UMH1400xRancho Solito</b>	9	1538	B
	<b>UMH1400xCafé Bule</b>	5	1721	B
	<b>UMH1400xBrad's Atomic</b>	7	2375	C
	<b>UMH1436xRancho Solito</b>	4	2405	C
	<b>UMH1436xBrad's Atomic</b>	7	3329	D
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	21	1955	A
	<b>Sur</b>	20	2091	A

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

#### 4.1.3.2 Peso medio de frutos

El análisis de la varianza para el peso medio de los frutos (Tabla 23), muestra que solo existen diferencias significativas entre los híbridos estudiados. La interacción entre los factores híbrido y orientación no es significativa.

**Tabla 23:** Análisis de la varianza para el peso medio de los frutos de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	995,4	5	199,1	63,4	<0,0001
Orientación	1,1	1	1,1	0,4	0,549
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	23,1	5	4,6	1,5	0,2296
<b>Residual</b>	91,1	29	3,1		
<b>Total (corregido)</b>	1135,3	40			

En el análisis de rango múltiple para el peso medio de los frutos de los diferentes híbridos (Tabla 24), no se encuentran diferencias respecto a la orientación. Los mejores resultados se obtienen con los híbridos UMH1400xBrad's Atomic y UMH1436xBrad's Atomic. El valor mínimo es de 9,8 g/fruto para el híbrido UMH1436xCafé Bule y el máximo de 23g/fruto para el híbrido UMH1400xBrad's Atomic.

Los valores obtenidos son ligeramente superiores en el híbrido UMH1400xBrad's Atomic respecto al resto y en comparación a trabajos anteriores (Frutos, 2014) donde en ningún caso se superaba los 21gr/frutos (el cual fue causado por el efecto del parental del cruce, la variedad tradicional 68, que es un tomate de colgar en el AU1400x68).

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones al igual que ocurría con los híbridos anteriores.

**Tabla 24:** Análisis de rango múltiple para el peso medio de frutos por híbrido.

Factor		Nº de medidas	Media (g/fruto)	Grupos homogéneos
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1436xRancho Solito</b>	4	9,8	A
	<b>UMH1400xBlue Pitts</b>	9	9,9	A
	<b>UMH1400xRancho Solito</b>	9	13,2	B
	<b>UMH1400xCafé Bule</b>	5	16,2	C
	<b>UMH1436xBrad's Atomic</b>	7	20,0	D
	<b>UMH1400xBrad's Atomic</b>	7	23,1	E
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	21	15,2	A
	<b>Sur</b>	20	15,6	A

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

#### 4.1.3.3 Número de frutos

El análisis de la varianza para el número de frutos total (Tabla 25), muestra que solamente existen diferencias significativas entre los híbridos estudiados. La interacción entre los factores (híbrido y orientación) no es significativa.

**Tabla 25:** Análisis de la varianza para el número total de frutos de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	1,22x10 <sup>5</sup>	5	2,45x10 <sup>4</sup>	11,6	<0,0001
Orientación	245,6	1	245,6	0,1	0,735
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	1,03x10 <sup>4</sup>	5	2066,1	0,9	0,4490
<b>Residual</b>	61397,6	29	2117,1		
<b>Total (corregido)</b>	1,93x10 <sup>5</sup>	40			

En el análisis de rango múltiple para el número de frutos por híbrido (Tabla 26), no se encuentran diferencias respecto a la orientación. Los mejores resultados se obtienen con los híbridos UMH1436xBrad's Atomic y UMH1436xRancho Solito.

El valor mínimo es de 83 frutos para el híbrido UMH1400xBlue Pitts y el máximo de 274 frutos para el híbrido UMH1436xRancho Solito.

Se observa que el híbrido con mayor número de frutos, es el de menor peso por fruto pero a diferencia, en otros híbridos esto no se corresponde por igual. Es el caso del híbrido UMH1400xBlue Pitts que es el que menor número de frutos obtiene y es también uno de los dos de menor peso (g/fruto). Esto puede ser debido a los problemas agronómicos que se han comentado anteriormente.

Como ocurría con la producción, los valores obtenidos con los híbridos son interesantes, por lo que podrían pasar una siguiente etapa, si cumplen con las características de calidad exigidas.

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones al igual que ocurría con los anteriores híbridos.

**Tabla 26:** Análisis de rango múltiple para el número de frutos por híbrido y orientación.

<b>Factor</b>		<b>Nº de medidas</b>	<b>Media (frutos/planta)</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1400xBlue Pitts</b>	9	83,6	A
	<b>UMH1400xBrad's Atomic</b>	7	104,0	AB
	<b>UMH1400xCafé Bule</b>	5	108,7	AB
	<b>UMH1400xRancho Solito</b>	9	114,3	AB
	<b>UMH1436xBrad's Atomic</b>	7	170,5	B
	<b>UMH1436xRancho Solito</b>	4	274,5	C
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	20	140,0	A
	<b>Sur</b>	21	145,2	A

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

#### 4.1.4 Resultado global productivo.

Para poder evaluar y analizar el resultado global productivo en su conjunto de las tres líneas de híbridos se ha utilizado una gráfica (Figura 48), que nos da la posición global de cada una de las líneas de híbridos y cada tipo de híbrido. En color rojo se puede observar los híbridos tipo “Muchamiel”, en azul los híbridos tipo “Cherry” y en verde los híbridos tipo “De la Pera”.

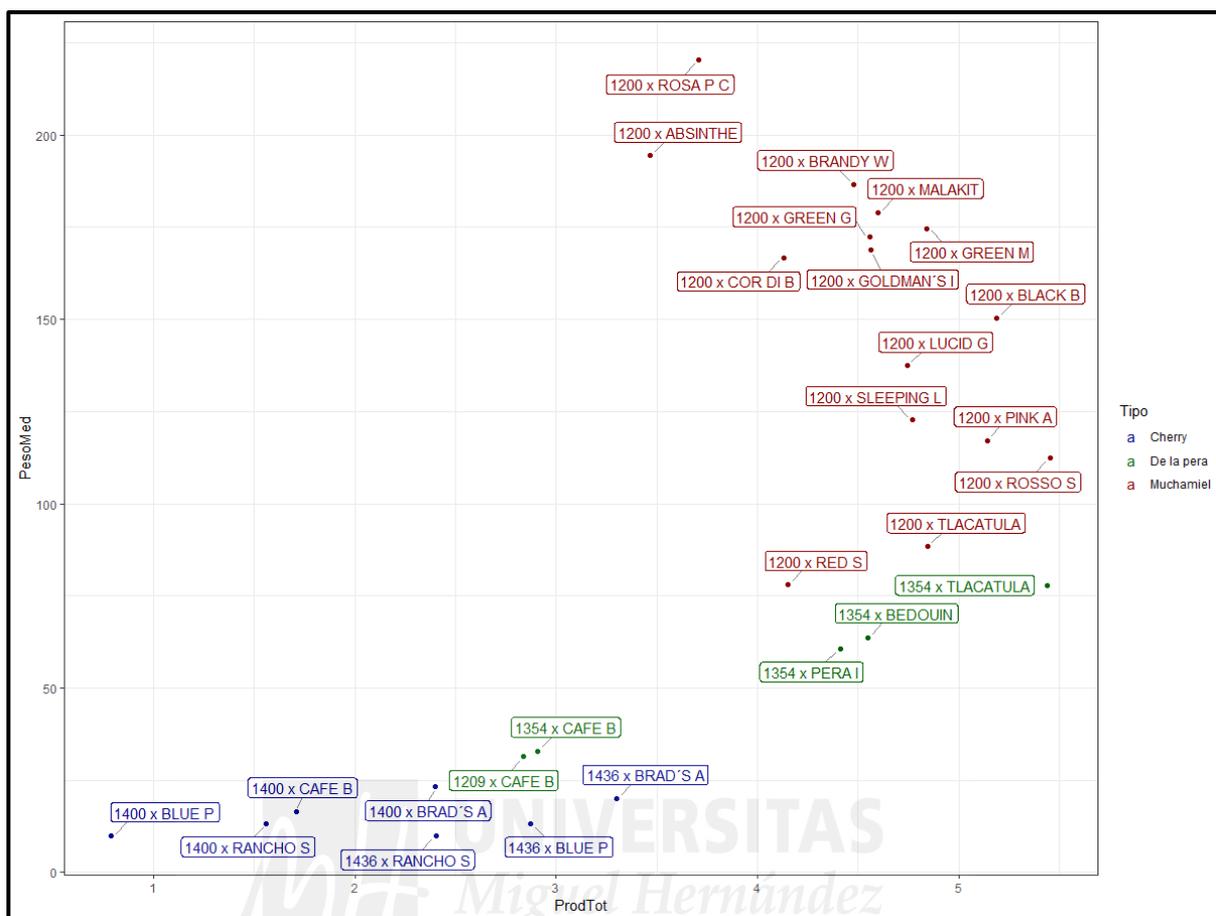
Se observa una agrupación muy buena de los híbridos de cada tipo (“Muchamiel”, “De la pera” y “Cherry”), que es debido a las grandes diferencias productivas de los tres tipos.

En cuanto a producción total hay que destacar que en el tipo “Muchamiel” la mayoría supera los 4kg/planta, el híbrido de mayor producción es el 1200xRosso Sicilian, seguido del 1200xBlack Beauty. En este último se observa que esta dentro del peso medio de 150-200gr/fruto donde se encuentra la mayoría de los híbridos del tipo “Muchamiel” y es el que además tiene mayor producción dentro de este rango.

En cuanto a el tipo “De la pera”, destaca el Híbrido 1354xTlacolula con mayor producción y mayor peso medio de los frutos y los de menor producción y peso medio los híbridos UMH1209xCafé Bule y UMH1354xCafé Bule.

En el tipo “Cherry” destaca el híbrido UMH1436xBrad’s Atomic y seguido del UMH1436xBlue Pitts, ambos superando los 3 kg/planta. El resto se encuentra en el rango de 1,5-3kg/planta.

**Figura 48:** Gráfico que muestra el resultado de producción total en el eje de las X y el peso medio del fruto en el eje de las Y para los tres tipos de híbridos: Muchamiel, De la pera y Cherry.



## 4.2 Caracteres calidad.

### 4.2.1 Híbridos Muchamiel.

#### 3.2.1.1 Sólidos solubles

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 27) muestra que existen diferencias significativas para los híbridos estudiados y las orientaciones. La interacción entre los factores (híbrido-orientación) también es significativa.

**Tabla 27:** Análisis de la varianza para los sólidos solubles de los híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	4,5	14	0,3	7,0	<0,0001
Orientación	0,2	1	0,2	5,6	0,0207
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	1,7	14	0,1	2,7	0,0043
<b>Residual</b>	2,8	60	0,04		
<b>Total (corregido)</b>	9,3	89			

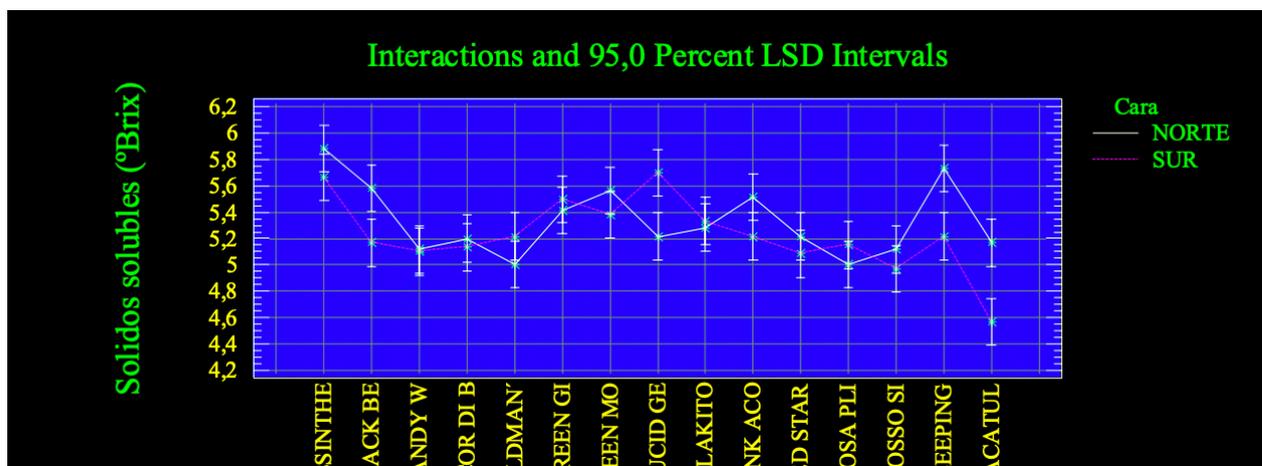
Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción (figura 49). El rango oscila entre los 4,6 para el híbrido UMH1200xTlacolula con orientación sur y 5,9 para el híbrido UMH1200xAbsinthe con orientación norte, aproximadamente.

Como puede observarse, solo existen diferencias significativas entre las orientaciones para los híbridos UMH1200xBlack Beauty y UMH1200xSleeping Lady (a favor de la orientación norte) y el híbrido UMH1200xLucid Gem (a favor de la orientación sur). Para el resto de híbridos no se han encontrado diferencias significativas.

Comparando con otros trabajos (González, 2018) se han obtenido valores algo inferiores de sólidos solubles y esto es debido a las condiciones salinas del ensayo de González (2018). En el caso de Frutos (2014) los valores obtenidos son muy semejantes a este ensayo, ya que en el programa de mejora de la EPSO-UMH se intenta que las condiciones de cultivo sean muy similares cada año, para poder comparar los resultados.

El contenido de sólidos solubles obtenido podría ser suficiente para mercados o consumidores con menor exigencia, por lo que podrían pasar a la siguiente etapa, siempre que se tenga en cuenta este hecho.

**Figura 49:** Gráfica de interacción entre el contenido de sólidos solubles y la orientación de los distintos híbridos.



### 3.2.1.2 Acidez

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 28) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y las orientaciones. La interacción entre los factores (híbrido-orientación) también es significativa.

**Tabla 28:** Análisis de la varianza para la acidez de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	0,2	14	0,01	9,9	<0,0001
Orientación	0,01	1	0,01	8,1	0,0058
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	0,04	14	0,003	2,1	0,0211
<b>Residual</b>	0,08	60	0,0014		
<b>Total (corregido)</b>	0,3	89			

Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción (Figura 50).

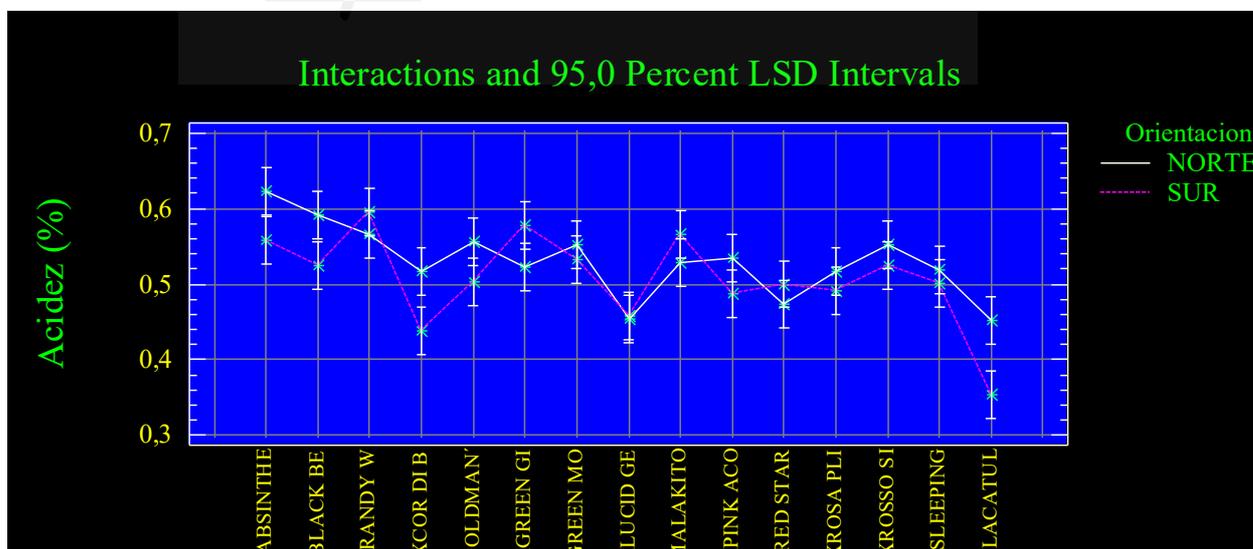
El rango oscila entre los 0,34 para el híbrido UMH1200xTlacolula con orientación sur y 0,62 para el híbrido UMH1200xAbsinthe con orientación norte, aproximadamente.

Como puede observarse, solo existen diferencias significativas entre las orientaciones para los híbridos UMH1200xBlack Beauty, UMH1200xCuor Di Bue y UMH1200xTlacolula (a favor de la orientación norte). Para el resto de híbridos no se han encontrado diferencias significativas.

Comparando con otros trabajos (Frutos, 2014) los resultados de los híbridos obtenidos son algo mayores a los de este ensayo que se situaban entre 0,37 y 0,4 gramos por cada 100 gramos de zumo. El híbrido más ácido es el híbrido UMH1200xAbsinthe el cual la variedad tradicional Absinthe se caracteriza por altos valores de acidez y que también sigue reflejando en el híbrido.

Como en el caso de los sólidos solubles puede ser resultar suficiente para determinados mercados y consumidores, por lo que podrían pasar a la siguiente etapa siempre que se tenga en cuenta este hecho.

Figura 50: Gráfica de interacción entre la acidez y la orientación de los distintos híbridos.



## 4.2.2 Híbridos De la Pera.

### 4.2.2.1 Sólidos solubles

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 29) muestra que existen diferencias significativas solamente para los híbridos estudiados. La interacción entre los factores (híbrido-orientación) no es significativa.

**Tabla 29:** Análisis de la varianza para los sólidos solubles de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	1,7	4	0,4	3,2	0,0339
Orientación	0,3	1	0,2	1,9	0,1739
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	0,5	4	0,1	1,0	0,420
<b>Residual</b>	2,7	20	0,1		
<b>Total (corregido)</b>	5,3	29			

En el análisis de rango múltiple para el número de frutos por híbrido (Tabla 30), no se encuentran diferencias respecto a la orientación. Los mejores resultados se obtienen con los híbridos UMH1354xPera Intense y UMH1209xCafé Bule.

El rango es de 5,4 para el híbrido UMH1354xTlacolula y de 6,1 para el híbrido UMH1354xPera Intense.

Comparando con otros trabajos (Frutos, 2014), los resultados son muy similares a los de este estudio, con rangos de 5,5 a 6 °Brix para los híbridos de ese ensayo y los de este estudio.

Como se ha comentado anteriormente no existen diferencias significativas entre las orientaciones al igual que ocurría con los híbridos anteriores.

**Tabla 30:** Análisis de rango múltiple para la cantidad de sólidos solubles por híbrido y orientación.

Factor		Nº de medidas	Media (º Brix)	Grupos homogéneos
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1354xTlacolula</b>	6	5,4	A
	<b>UMH1354xBedouin</b>	6	5,6	AB
	<b>UMH1354xCafé Bule</b>	6	5,7	AB
	<b>UMH1209xCafé Bule</b>	6	5,9	AB
	<b>UMH1354xPera Intense</b>	6	6,1	B
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	15	5,8	A
	<b>Sur</b>	15	5,7	A

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

#### 4.2.2.2 Acidez

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 31) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y las orientaciones. La interacción entre los factores (híbrido-orientación) no es significativa.

**Tabla 31:** Análisis de la varianza para la acidez de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	0,05	4	0,01	9,0	0,0002
Orientación	0,01	1	0,01	8,1	0,0100
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	0,010	4	0,002	1,9	0,1542
<b>Residual</b>	0,028	20	0,001		
<b>Total (corregido)</b>	0,1	29			

En el análisis de rango múltiple para la acidez por híbrido (Tabla 32) si se encuentran diferencias respecto a la orientación, en este caso la norte la acidez es mayor. Los resultados más altos se obtienen con los híbridos UMH1354xBedouin y UMH1354xPera Intense.

El rango es de 0,42g por 100g de zumo para el híbrido UMH1209xCafé Bule y de 0,55g por cada 100g de zumo para el híbrido UMH1354xPera Intense. Este último híbrido tiene la mayor cantidad de sólidos solubles y la mayor cantidad de acidez superando los 0,50g/100g de zumo.

Comparando con otros trabajos (Frutos, 2014) no se encuentran muchas diferencias respecto a este ensayo en los híbridos del tipo “De la Pera”.

Todos los híbridos tienen unos contenidos de acidez aceptables, por lo que este parámetro no descartaría a ninguno para pasar a la siguiente etapa.

**Tabla 32:** Análisis de rango múltiple para la acidez por híbrido y orientación.

Factor		Nº de medidas	Media (g/100g)	Grupos homogéneos
<b>Híbrido</b>	<b>UMH1209xCafé Bule</b>	6	0,42	A
	<b>UMH1354xCafé Bule</b>	6	0,46	A
	<b>UMH1354xTlacolula</b>	6	0,46	A
	<b>UMH1354xBedouin</b>	6	0,47	A
	<b>UMH1354xPera Intense</b>	6	0,55	B
<b>Orientación</b>	<b>Norte</b>	15	0,49	B
	<b>Sur</b>	15	0,45	A

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

### 4.2.3 Híbridos Cherry.

#### 4.2.3.1 Sólidos solubles

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 33) muestra que existen diferencias significativas para los híbridos estudiados y no para la orientación. La interacción entre los factores (híbrido-orientación) es también significativa.

**Tabla 33:** Análisis de la varianza para los sólidos solubles de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	31,0	6	5,1	44,9	<0,0001
Orientación	0,01	1	0,01	0,1	0,735
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	3,1	6	0,5	4,5	0,0024
<b>Residual</b>	3,2	28	0,1		
<b>Total (corregido)</b>	37,4	41			

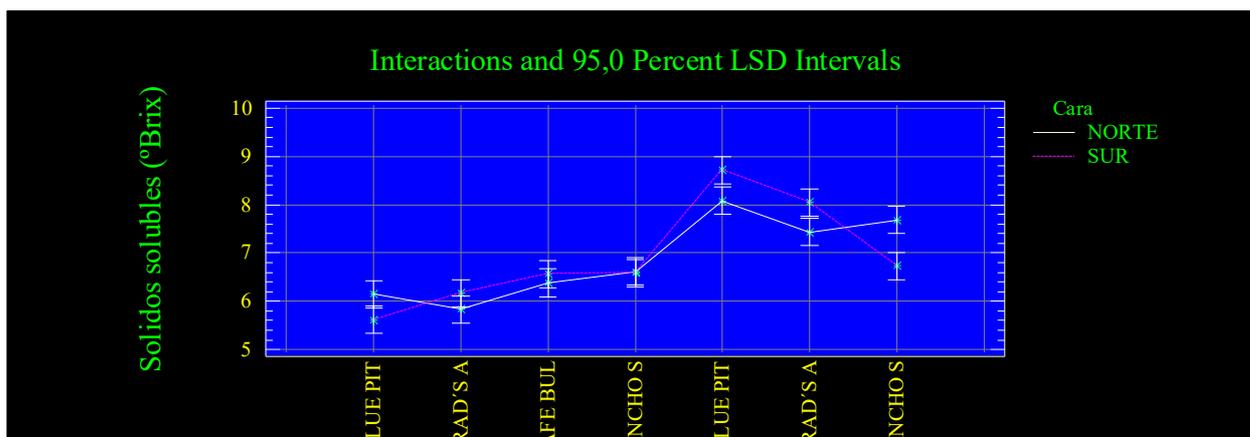
Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción (figura 51). El rango oscila entre los 5,6 para el híbrido UMH1400xBlue Pitts con orientación sur y 8,6 para el híbrido UMH1436xBlue Pitts con orientación sur, aproximadamente.

Como puede observarse, solo existen diferencias significativas entre las orientaciones para los híbridos UMH1400xBlue Pitts y UMH1436xRancho Solito (a favor de la orientación norte) y el híbrido UMH1436xBlue Pitts (a favor de la orientación sur). Para el resto de híbridos no se han encontrado diferencias significativas

Comparando con otros trabajos, en el caso de (Frutos, 2014) los valores obtenidos son muy semejantes a este ensayo. A destacar el híbrido UMH1436xBlue Pitts que supera los 8 °Brix.

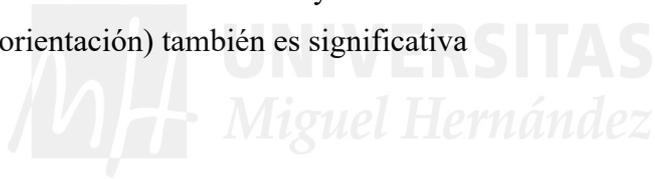
El contenido de sólidos solubles obtenido podría ser suficiente, por lo que podrían pasar a la siguiente etapa.

**Figura 51:** Gráfica de interacción entre el contenido de sólidos solubles y la orientación de los distintos híbridos.



#### 4.2.3.2 Acidez

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 34) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y las orientaciones. La interacción entre los factores (híbrido-orientación) también es significativa



**Tabla 34:** Análisis de la varianza para la acidez de los diferentes híbridos en las distintas orientaciones.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
<b>Efectos principales</b>					
Híbrido	0,1	6	0,02	49,6	<0,0001
Orientación	0,02	1	0,02	42,5	<0,0001
<b>Interacciones</b>					
Híbrido-Orientación	0,09	6	0,01	34,8	<0,0001
<b>Residual</b>	0,01	28	0,0004		
<b>Total (corregido)</b>	0,2	41			

Cuando la interacción es significativa no se debe usar el test de rango múltiple, sino el gráfico de interacción (Figura 52).

El rango oscila entre los 0,42 para el híbrido UMH1436xBlue Pitts con orientación sur y 0,70 para el híbrido UMH1400xBlue Pitts con orientación norte, aproximadamente.

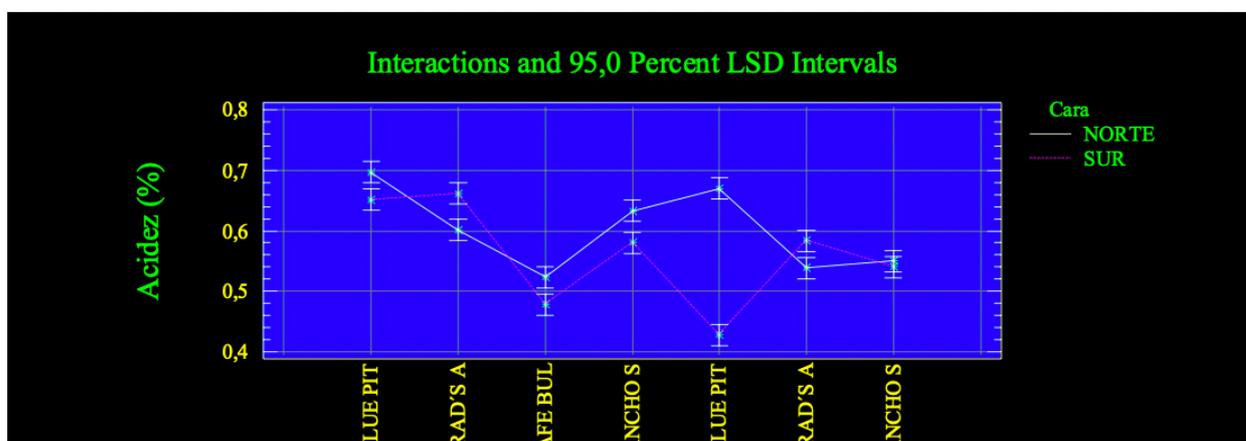
Como puede observarse, solo existen diferencias significativas entre las orientaciones para los híbridos UMH1400xBlue Pitts, UMH1400xCafé Bule, UMH1400xRancho Solito y UMH1436xBlue Pitts (a favor de la orientación norte) y para los híbridos UMH1400xBrad's Atomic y UMH1436xBrad's Atomic. Para el resto de híbridos, no se han encontrado diferencias significativas. Se ha verificado la diferencia amplia existente en las orientaciones norte-sur en el caso del híbrido UMH1436xBlue Pitts y no se ha detectado error.

Comparando con otros trabajos (Frutos, 2014) los resultados de los híbridos obtenidos son algo mayores a los de este ensayo que se sitúan entre 0,47 y 0,48 gramos por cada 100 gramos de zumo.



Todos los híbridos tienen unos contenidos de acidez aceptables, por lo que no se descartaría ninguno y podrían pasara la siguiente etapa. Se deberá comprobar como afectaría la acidez de el híbrido UMH1400xBlue Pitts a el sabor ya que es a la vez el que menor solidos solubles dispone también.

Figura 52: Gráfica de interacción entre la acidez y la orientación de los distintos híbridos.



#### 4.2.4 Resultado global calidad.

Para poder evaluar y analizar el resultado global de calidad en su conjunto de las tres líneas de híbridos se ha utilizado una gráfica (Figura 53), que nos da la posición global de cada una de las líneas de híbridos y cada tipo de híbrido. En color rojo se puede observar los híbridos tipo “Muchamiel”, en azul los híbridos tipo “Cherry” y en verde los híbridos tipo “De la Pera”.

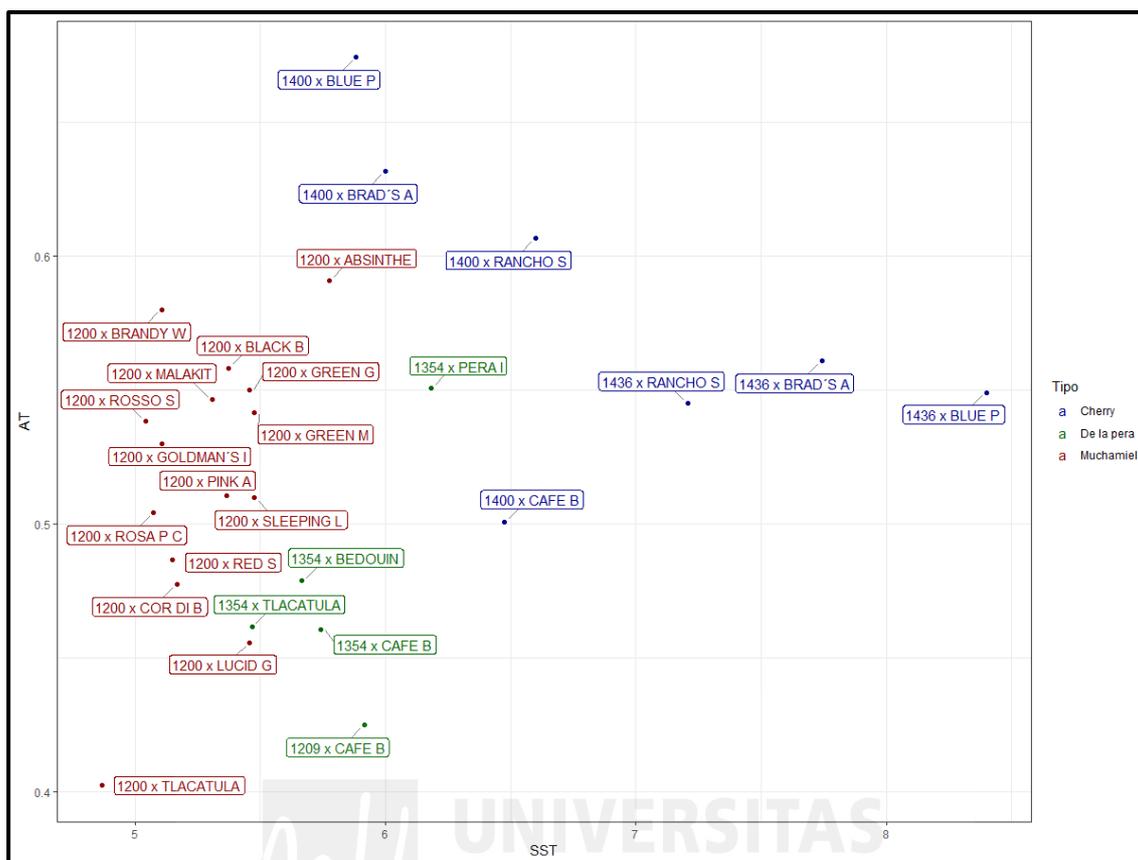
En este caso la grafica de los datos es algo mas dispersa sobre todo en el caso de los híbridos tipo “Cherry” debido a las diferencias de las líneas de mejora UMH1400 y UMH1436 utilizadas como parentales.

En cuanto a la cantidad de solidos solubles total hay que destacar que en el tipo “Muchamiel” la mayoría se sitúa en un rango de 5-5,5 °Brix, el hibrido de mayor cantidad de solidos solubles es el UMH1200xAbsinthe el cual supera los 6° Brix, pero también es el que mayor cantidad de acidez tiene.

En cuanto a el tipo “De la pera”, destaca el Hibrido UMH1354xPera Intense con mayor cantidad de solidos solubles y un nivel de acidez aceptable. El resto de híbridos están dentro de valores que no superan el 0,5% de acidez y 6 °Brix.

En el tipo “Cherry” destaca el híbrido UMH1436xBlue Pitts y seguido del UMH1436xBrad’s Atomic, ambos superando los 7,5 °Brix y con valores de acidez entorno a 0,55%. El resto de híbridos superan los 6 °Brix, menos el híbrido UMH1400xBlue Pitts, con una menor cantidad de solidos solubles y el valor de acidez más alto de todos los híbridos (0,67%).

**Figura 53:** Gráfica que muestra el resultado de la cantidad de solidos solubles en el eje de las X y el de acidez en el fruto en el eje de las Y para los tres tipos de híbridos: Muchamiel, De la pera y Cherry.



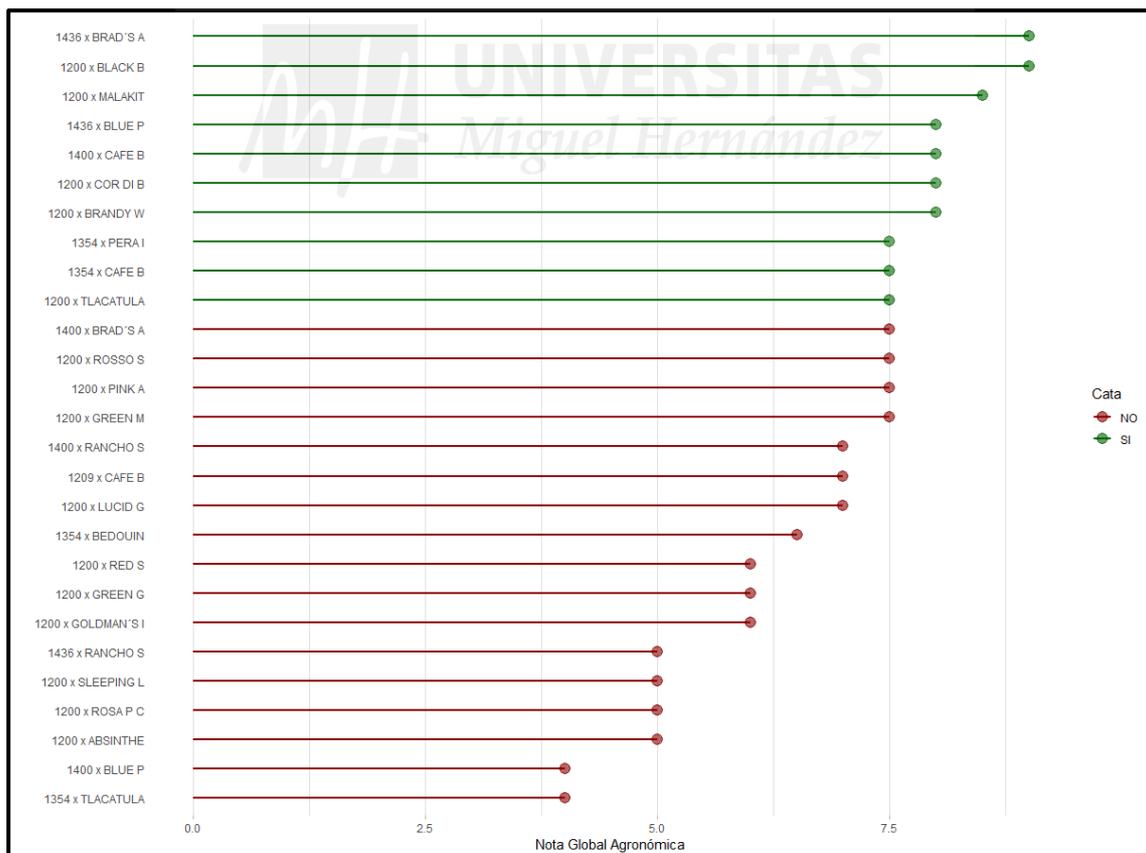
### 4.3 Evaluación global agronómica.

El ranking de los híbridos en función de la nota global agronómica aparece en la figura 54. Esta evaluación se realizó antes del inicio de la recolección por cuatro miembros del equipo de mejora que evaluaron el vigor, cuajado, uniformidad de los frutos, presencia de “hombro” y sabor, llegando a un consenso para el valor de cada híbrido. Los 10 mejores fueron los que posteriormente pasaron a la fase de análisis sensorial (en color verde).

Los dos híbridos que destacaron fueron el UMH1436xBrad's Atomic y UMH1200xBlack Beauty, con una nota de 9 en ambos casos. Seguidamente fueron el UMH1200xMalakitovaya, UMH1436xBlue Pitts (8 puntos), UMH1400xCafé Bule (8 puntos), UMH1200xCour Di Bue (8 puntos), UMH1200xBrandy Wine (8 puntos), UMH1354xPera Intense (7,5 puntos), UMH1354xCafé Bule (7,5 puntos) y UMH1200xTlacolula (7,5 puntos).

Por tipo de híbrido en el caso de “Muchamiel” son cinco los de mayor puntuación: UMH1200xBlack Beauty, UMH1200xMalakitovaya, UMH1200xCour Di Bue, UMH1200xBrandy Wine y UMH1200xTlacolula. En el tipo “De la Pera” son dos los de mayor puntuación: UMH1354xPera Intense y UMH1354xCafé Bule. En el tipo “Cherry” son tres los que obtienen mayor puntuación: UMH1436xBrad's Atomic, UMH1436xBlue Pitts y UMH1400xCafé Bule.

**Figura 54:** Gráfica que muestra el ranking según la nota global agronómica. Muestra tanto Los híbridos que fueron seleccionados para análisis sensorial (color verde) como los que no (color rojo).



#### 4.4 Análisis sensorial.

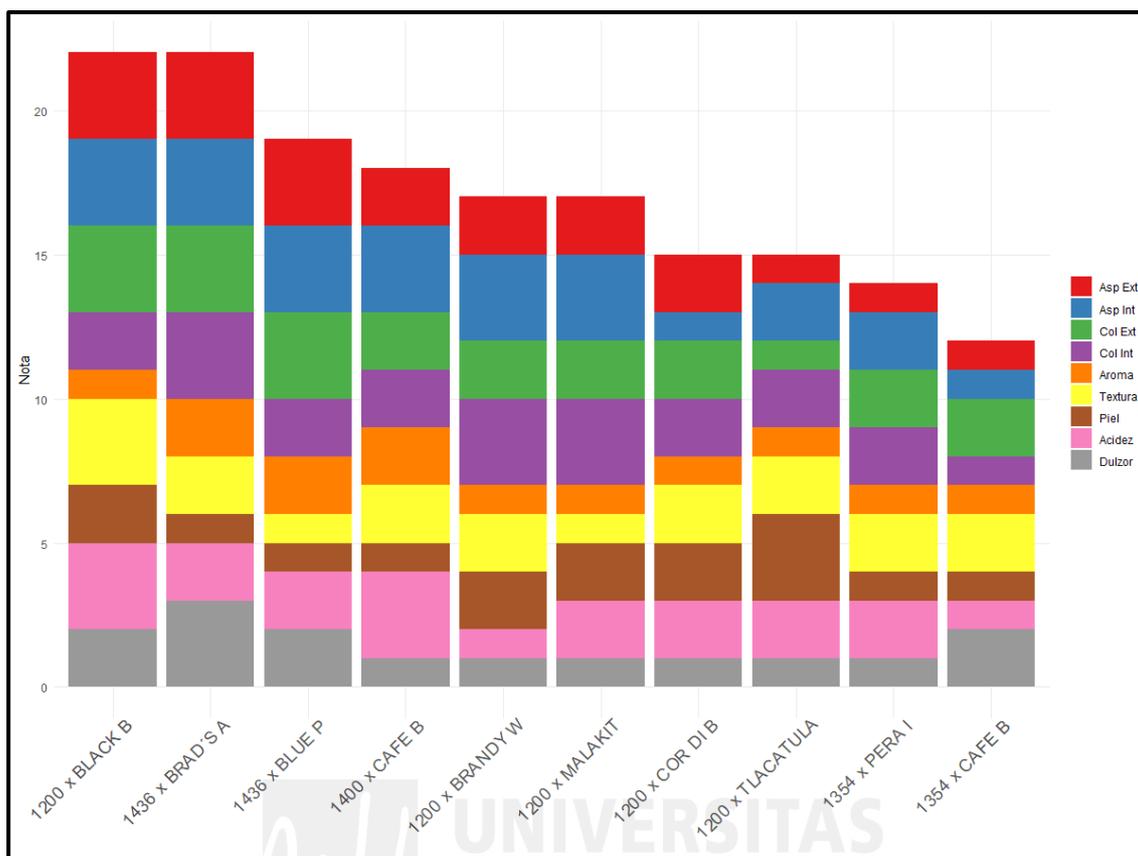
El ranking de los híbridos seleccionados para el análisis sensorial aparece en la figura 55. El análisis se realizó tras la segunda recolección, con un panel semi-entrenado de 6 catadores relacionados con el programa de mejora, que evaluó 9 características (aspecto externo e interno, color externo e interno, aroma, textura, dureza de la piel, acidez y dulzor), dando una valoración del 1 al 3 en cada una de las características y además dando una valoración global total del 1 al 3 para cada uno de los híbridos. Se elaboró un ranking con los híbridos analizados a partir de la suma de los resultados obtenidos para cada carácter evaluado. Destacan los híbridos UMH1200xBlack Beauty y UMH1436xBlue Pitts.

Por tipo de híbrido en el caso de “Muchamiel” el primero en el ranking es el UMH1200xBlack Beauty, seguido de UMH1200xBrandy Wine, UMH1200xMalakitovaya, UMH1200xCuor Di Bue y UMH1200xTlacolula.

En el tipo “De la Pera” el primero en el Ranking es el UMH1354xPera Intense, seguido de UMH1354xCafé Bule.

Finalmente, en el tipo “Cherry” el primero en el ranking es el UMH1436xBlue Pitts, seguido de UMH1436xBrad’s Atomic y UMH1400xCafé Bule. En general los mejores valorados fueron el tipo “Cherry”, seguidos de el tipo “Muchamiel” y finalmente el “De la pera”.

**Figura 55:** Gráfica con el ranking de híbridos seleccionados para el análisis sensorial. La nota global es la suma de las puntuaciones obtenidas para cada carácter evaluado.



#### 4.5 Híbridos seleccionados.

Los híbridos del tipo “Muchamiel” estudiados (15 híbridos), en general en cuanto a caracteres de producción, se encuentran en producciones comprendidas entre 4 y 5kg/planta y rango de peso medio de 150-200g/fruto. En cuanto a caracteres de calidad no destaca ningún híbrido en particular, aunque el de mayor cantidad de sólidos solubles es a la vez el que mayor valor de acidez obtiene (UMH1200xAbsinthe), por lo que se descartó en su valoración sensorial.

Por tanto, para obtener un resultado más completo que defina el híbrido o los híbridos que podrían destacar, se acompañó de una valoración agronómica y un análisis sensorial. Con todos estos datos el híbrido que destaca es el **UMH1200xBlack Beauty**. Podría ser interesante su estudio de nuevo, aumentando su número de repeticiones para tomar una decisión final.

Los híbridos del tipo “De la pera” estudiados (5 híbridos), tienen una distribución en cuanto a la producción muy dispersa, destacando un híbrido sobre el resto pero que a su vez es el que obtuvo la menor cantidad de sólidos solubles y por tanto se descartó (UMH1354xTlacolula).

Como en el caso de el tipo “Muchamiel” para obtener un resultado más completo que defina el híbrido o los híbridos que podrían destacar, se acompañó de una valoración agronómica y un análisis sensorial. Con todos estos datos el híbrido que destaca es el **UMH1354xPera Intense** debido sobre todo a la cantidad de sólidos solubles, su valoración agronómica (respecto al resto de el tipo “De la Pera”) y la nota en el análisis sensorial (respecto al resto de el tipo “De la Pera”). Con estos datos ningún del resto de híbridos de el tipo “De la Pera” serían seleccionados para pasar a una siguiente etapa.

Los híbridos del tipo “Cherry” estudiados (7 híbridos) en cuanto a caracteres de producción los resultados fueron mejores a anteriores estudios en general, aunque destacan los híbridos UMH1436 respecto a los UMH1400. En lo que respecta a caracteres de calidad también destacan los híbridos UMH1436 respecto a los UMH1400. Los sólidos solubles son muy semejantes a los datos obtenidos en otros estudios anteriores, aunque destaca un híbrido que supera los 8 °Brix (UMH1436xBlue Pitts).

Para obtener un resultado más completo que defina el híbrido o los híbridos que podrían destacar, se acompañó de una valoración agronómica y un análisis sensorial. Con todos estos datos los híbridos que destacan son el **UMH1436xBlue Pitts**, como consecuencia de un valor muy alto de sólidos solubles (el más alto de todo el estudio), su valoración agronómica (siendo el segundo mejor valorado dentro del tipo “Cherry”) y su valoración en el análisis sensorial (siendo el segundo mejor valorado dentro del tipo “Cherry”). Hay otro híbrido que destaca **UMH1436xBrad’s Atomic**, debido a ser el de mayor producción de todo el resto de híbridos del tipo “Cherry”, el segundo mejor en cantidad de sólidos solubles (respecto al resto de híbridos del tipo “Cherry”), ser el primero en la valoración agronómica de todo el estudio y el primero en la valoración en el análisis sensorial (respecto al resto de híbridos del tipo “Cherry”). Por tanto, cualquiera de los dos híbridos, serian validos para futuros estudios con un mayor numero de repeticiones.

Existe un híbrido **UMH1400xCafé Bule** que no destaca en caracteres de producción y de calidad, aunque si resultó estar entre los primeros en la valoración

agronómica y en el análisis sensorial, y que además posee unas características con interés comercial como: tener una forma en tipo “Bombilla”, con los frutos muy homogéneos entre si, tamaño cercano a los 20mm de diámetro, coloración roja con un buen cierre en los hombros y en general una apariencia realmente muy interesante.

Por otro lado, debido a la baja producción (como origen posible del estado de las plantas) y elevado nivel de acidez existente en el híbrido UMH1400xBlue Pitts, este quedaría descartado para pasar a siguientes etapas.



## 5. CONCLUSIONES

Los híbridos que destacan tanto en los resultados extraídos de sus caracteres productivos y caracteres de calidad, como a nivel agronómico y en su análisis sensorial son:

- Tipo “Muchamiel”: **UMH1200xBlack Beauty**.
- Tipo “De la Pera”: **UMH1354xPera Intense**.
- Tipo “Cherry”: **UMH1436xBlue Pitts** y **UMH1436xBrad’s Atomic**.

En el caso del tipo “Cherry” existe un híbrido que no es el más destacado en los datos obtenidos por sus caracteres productivos y de calidad, ni ocupa las primeras posiciones en las valoraciones agronómicas y en el análisis sensorial, pero en cambio comercialmente podría ser interesante y por tanto sería recomendable hacer más ensayos con él, es el híbrido **UMH1400xCafé Bule**.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

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

Alonso, J.D. (2010). Evaluación de líneas de mejora Muchamiel. Trabajo Fin de Carrera, Ingeniero Agrónomo. UMH.

Amorós, J. 2017. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel en distintas condiciones de cultivo. Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.

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



Arellano, P. 2018. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel con resistencia a virus cultivadas bajo malla. Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.

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

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

Child, A. (1990). A Synopsis of *Solanum* Subgenus Potatoe (G. Don) D'Arcy (*Tuberarium* (Dum.) Bitter (s.l.). *Feddes Report* 101:209-235.

Constán, C. 2014. Biofortificación con potasio en plantas de tomate cherry: Estudio de la producción y la calidad de frutos en cosecha y postcosecha. Tesis doctoral. Universidad de Granada.

Cubero, J.I. (2003). Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Mundi Prensa, Madrid: 473-515.

Del Espino, C. (2012). Selección de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para agricultura ecológica. Trabajo Fin de Máster, Máster en Agroecología, desarrollo Rural y Agroturismo. UMH.

Esquinas-Alcázar, J. y Nuez, F. (1995). El Cultivo del Tomate. **Ediciones Mundi-Prensa.**

FAO/FAOSTAT. Bases de datos estadísticos de la FAO. (2018). Disponible en la web: <http://faostat.fao.org/>



Frutos, A. 2014. Evaluación de varios cruces entre líneas de mejora con resistencia genética a virosis y variedades tradicionales de tomate (*Solanum lycopersicum*) de origen diverso. Trabajo fin de carrera. Universidad Miguel Hernández.

García, FS. 1999. El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. **Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.**

García-García, P. 2004. Herramientas biotecnológicas y uso de recursos fitogenéticos. En: Resistencia genética a patógenos vegetales. Nuez, F.; Carrillo, J.M. y Pérez de la Vega, M. (Eds). Editorial de la UPV.

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

González-Moreno, C. 2018. Estudio de líneas derivadas del programa de mejora genética de variedades tradicionales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la EPSO-UMH. Trabajo fin de Grado. Universidad Miguel Hernández.

Guzman, G.; González De Molina, M.; Sevilla, E. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. *Ed. Mundi-prensa*, Madrid.

Hoyos, P.; Martín, M. 2005. El cultivo de tomate para fresco: situación actual y perspectivas desde el punto de vista técnico y comercial. San Fernando de Henares (Madrid).

Hutton, S.F., and Scott, J.W. (2017). Fla. 7907C: A Fla. 7907 Near-isogenic tomato inbred line containing the begomovirus resistance gene, *Ty-1*. *HortScience* 52(4):658–660.

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

Maroto, J.V. (1994). Horticultura herbácea especial. Cuarta edición. Madrid, Mundi-Prensa. 611 p.

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

Nuez, F.; Rodríguez del rincón A.; Tello J.; Cuartero, J.; Segura, B. 1995. El cultivo del tomate. *Ediciones Mundi-Prensa*. 793 pp.

Nuez, F.; Ruiz, J.J. 1999. La Biodiversidad Agrícola Valenciana: Estrategias para su conservación y Utilización. UPV. Valencia.

Olmo, A. (2011). Evaluación de líneas de mejora de tomate De la pera cultivadas en la EPSO al aire libre en el ciclo de primavera del año 2010. Trabajo Fin de Carrera, Ingeniero Técnico Agrícola. UMH.

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

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

Ruiz, M. (2013). Caracterización de líneas de tomate Muchamiel, De la Pera, Cherry y Pera morunos cultivadas en un invernadero de malla en el ciclo de primavera-verano 2012. Trabajo Fin de Carrera, Ingeniero Agrónomo. UMH.;

Salinas, J. 2017. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) De la pera en distintas condiciones de cultivo. Trabajo fin de grado. Universidad Miguel Hernández.