

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL**



“Estudio de líneas de mejora de tomate Muchamiel y De la pera con resistencia a virus en distintas condiciones”

TRABAJO FIN DE GRADO

Enero 2024

Autor: Bruno Gil Azuar

Tutor: D. Santiago García Martínez

Co-Tutor: D. Pedro Carbonell Cerdá

Título: Estudio de líneas de mejora de tomate Muchamiel y De la pera con resistencia a virus en distintas condiciones.

Resumen: Este trabajo de fin de grado se centró en el estudio de líneas de mejora de tomate Muchamiel y De la pera, con resistencia genética a virus en condiciones convencionales y salinas. Se evaluaron los caracteres agronómicos (producción y peso medio) y de calidad (contenido de sólidos solubles y acidez). Para el tomate De la Pera se ha obtenido la mayor producción en condiciones salinas y para el tomate Muchamiel en condiciones convencionales. Se ha determinado que el gen TYLCV afecta negativamente tanto a la producción como al peso medio de los frutos. La acidez es el único carácter de calidad en el que se ha encontrado un efecto del genotipo, pues las líneas con resistencia a TYLCV alcanzaban menor valor de acidez.

Palabras clave: Muchamiel, De la Pera, resistencia genética a virus, condiciones salinas, condiciones convencionales.

Title: Study of Muchamiel and De la Pera tomato breeding lines with virus resistance under different conditions.

Abstract: This final degree project focused on the study of Muchamiel and De la Pera tomato breeding line, with genetic resistance to viruses under conventional and saline conditions. The agronomic characteristics (production and average weight) and quality (soluble solids content and acidity) were evaluated. For the De la Pera tomato, the highest production has been obtained in saline conditions and for the Muchamiel tomato in conventional conditions. It has been determined that the TYLCV gene negatively affects both the production and the average weight of the fruits. Acidity is the only quality trait in which a genotype effect has been found, since lines with resistance to TYLCV reached a lower acidity value.

Keywords: Muchamiel, De la Pera, genetic resistance to viruses, saline conditions, conventional conditions

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Origen del tomate	5
1.2. Situación taxonómica y morfología.	7
1.3. Importancia económica del tomate.....	12
1.3.1. A nivel mundial.....	12
1.3.2. A nivel Europa.....	15
1.3.2. A nivel naciona.....	16
1.4. Características de las variedades tradicionales.....	19
1.4.1. Tomate Muchamie.....	19
1.4.2. Tomate De la pera.....	21
1.5. Programa de mejora genetica de tomata del CIAGRO-UMH.....	22
1.6. Linea en la que se engloba este trabajo de fin de grado.....	24
2. OBJETIVOS.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Material vegetal empleado.....	26
3.2. Condiciones de cultivo.....	26
3.3. Practicas de cultivo.....	27
3.3.1. Semillero.....	27
3.3.2. Preparación del terreno.....	27
3.3.3. Trasplante.....	28
3.3.4. Marco de plantación.....	28
3.3.5. Entutorado y poda.....	28
3.3.6. Fertirrigación.....	29
3.3.7. Tratamientos fitosanitarios.....	31
3.3.8. Recolección.....	32
3.5. Planificación de los ensayos	32
3.6. Diseño experimental.....	33
3.7. Caracteres analizados en el ensayo.....	34
3.7.1. Características productivas.....	34

3.7.1.1. Producción total.....	34
3.7.1.2. Peso medio total del fruto.....	34
3.7.1.3. Número de frutos total por planta.....	34
3.7.2. Caracteres de calidad.....	34
3.7.2.1. Sólidos solubles.....	34
3.7.2.2. Acidez.....	35
3.8. Tratamiento estadístico.....	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Caracteres productivos.....	37
4.1.1. Producción total de tomate De la Pera.....	37
4.1.2. Producción total de tomate Muchamiel.....	38
4.1.3. Peso medio de frutos de tomate De la Pera.....	41
4.1.4. Peso medio de frutos de tomate Muchamiel.....	43
4.2. Características de calidad	48
4.2.1. Sólidos solubles tomate De la Pera.....	48
4.2.2. Sólidos solubles tomate Muchamiel.....	50
4.2.3. Acidez tomate De la Pera.....	51
4.2.3. Acidez tomate Muchamiel	52
5. CONCLUSIONES	57
6. BIBLIOGRAFÍA	58

1.INTRODUCCIÓN

1.1. ORIGEN DEL TOMATE

La especie de tomate es originaria de la región andina, donde se encuentran sus ancestros en forma silvestre en partes de Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, hasta la Región de Atacama en Chile, en ambas vertientes de la cordillera de Los Andes y en las islas Galápagos (Sims, 1980). Todas las especies silvestres de tomate son nativas de esta área (Rick, 1973; Taylor, 1986). A través del intercambio entre nativos de la región, semillas de especies de tomate silvestre fueron llevadas a Meso-América donde fueron domesticadas (Harvey y otros, 2002). En los sitios arqueológicos en la región de Los Andes no se ha encontrado evidencia de esta planta domesticada, a diferencia de otras solanáceas como pimienta, papa y pepino dulce (Rick, 1978; Sauer, 1993). El ancestro más probable del tomate moderno es la especie silvestre “tomate cherry” (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiformes*), el cual se encuentra en forma endémica a través de toda Sudamérica andina tropical y subtropical (Siemonsma y Piluek, 1993). Una de las consecuencias más importantes de la domesticación del tomate fue el cambio de estigma excerto a inserto, cambio de alogamia parcial a autogamia e incremento del tamaño de fruto (Diez y Nuez, 1995).

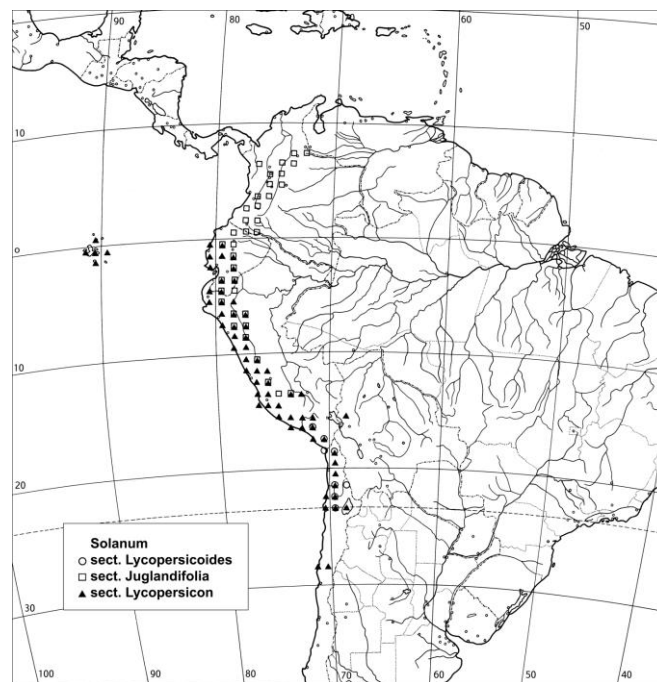


Figura 1. Distribución de *Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, and sect. *Lycopersicon*

La palabra tomate proviene del vocablo Nahuatl “tomatl”, que fue introducido al lenguaje español en 1532 (Corominas, 1990). Los españoles introdujeron el tomate en Europa a principios del siglo XVI (Harvey y otros, 2002), pero inicialmente fue cultivada solamente como una planta ornamental, por considerar que sus frutos eran venenosos por su relación cercana con la belladona (*Solanum dulcamara*). El primer registro en Europa fue hecho por el italiano Matthioli en 1544, de una forma con fruto amarillo bajo el nombre “pomo d’oro”, vocablo que aún se usa en lengua italiana como denominación del tomate. Solamente a fines del siglo XVII, esta hortaliza fue cultivada y consumida en abundancia en Italia y la península Ibérica, pero su adopción fue lenta en Europa del norte (Diez y Nuez, 2008). Incluso, a pesar de que el tomate tiene origen y fue domesticado en América, este fue reconocido y aceptado como alimento en Europa antes que en este continente. Posteriormente, el establecimiento de rutas comerciales y colonias a través del mundo contribuyó a su difusión en todas partes, y actualmente se encuentran cultivos de tomate alrededor del mundo entero (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

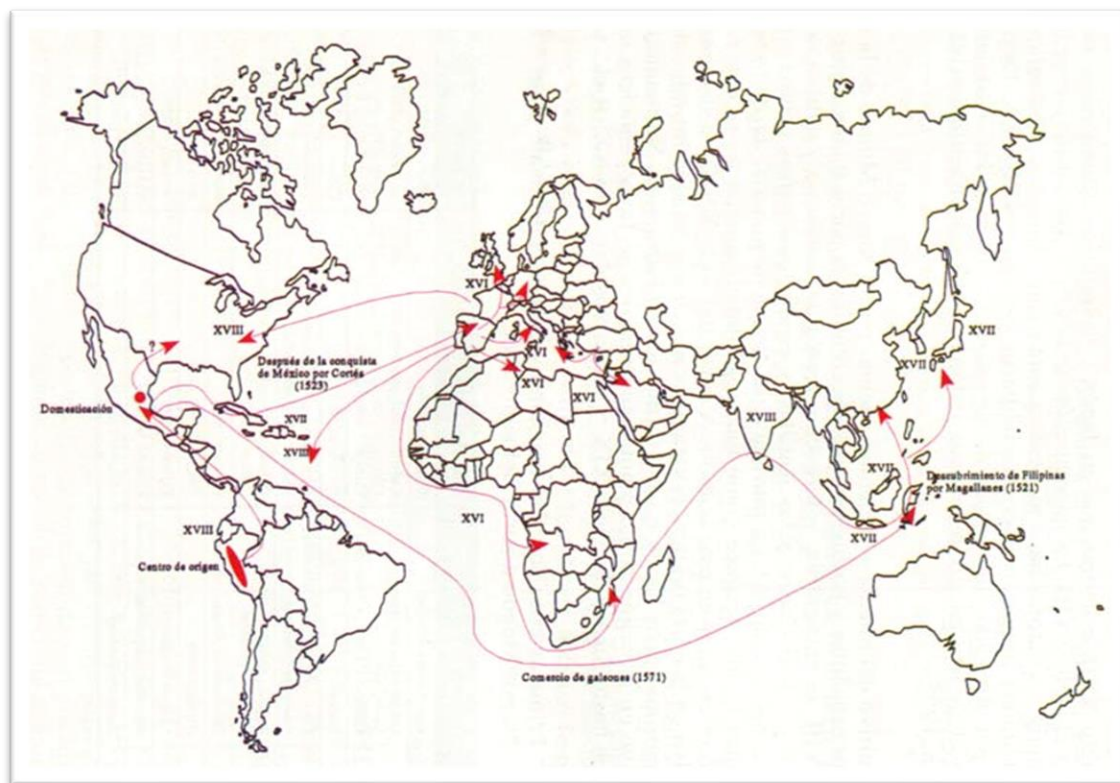


Figura 2. Posibles rutas de propagación del tomate a partir del siglo XVI (Basado en Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

1.2. SITUACIÓN TAXONÓMICA Y MORFOLOGÍA

El botánico sueco Carl Linneaus (1707-1778) fue el primero en clasificar al tomate en el género *Solanum*, como *Solanum lycopersicum*; posteriormente el botánico británico Philip Miller (1691-1771) lo movió a su propio género dando el nombre de *Lycopersicon esculentum*. Pero, después de una serie de análisis genéticos con técnicas modernas de biología molecular, fue renombrado a su clasificación original por Peralta (2008).

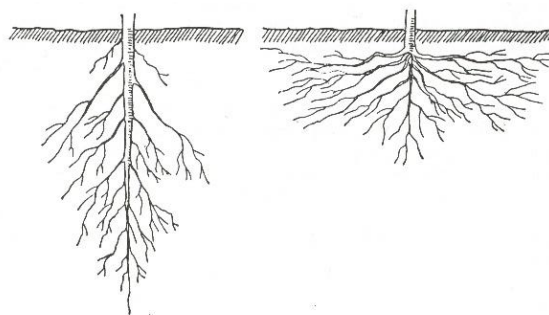
La taxonomía con la que se clasifica para el tomate es:

- Clase: Dicotyledoneas.
- Orden: Solanales.
- Familia: Solanaceae.
- Subfamilia: Solanoideae.
- Tribu: Solaneae.
- Género: *Solanum*.
- Especie: *Lycopersicon*.

SISTEMA RADICULAR

El sistema radicular ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta los nutrientes y agua a las partes necesarias de la planta. Está formado por una raíz pivotante, raíces secundarias y raíces adventicias. El desarrollo de las raíces se ve modificado por las condiciones de cultivo. El 70% de las raíces se encuentran en los primeros 20-30 centímetros del suelo. El interior de la raíz presenta tres partes principales: epidermis, córtex y cilindro vascular.

Figura 3. El aparato radicular procedente de semilla tiende a desarrollar una raíz principal, cuando pertenece a plantas trasplantadas se extiende lateralmente. (El cultivo del Tomate Roberto Anderlini).



TALLO PRINCIPAL

Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (Escobar y Lee 2009).

Los tallos son gruesos, ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Miden entre 2 y 4 centímetros. Sobre el tallo principal se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales

HOJAS

Las hojas son pinnadas y compuestas con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y por lo general de color verde, en número de 7 a 9. Las hojas se encuentran recubiertas de pelos glandulares por el haz y cenicientos por el envés, se encuentran de forma alternada sobre el tallo.



Figura 4. Hojas de tomatara (www.shutterstock.com).

FLOR

La flor del tomate es perfecta, consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario tiene uno o más segmentos. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

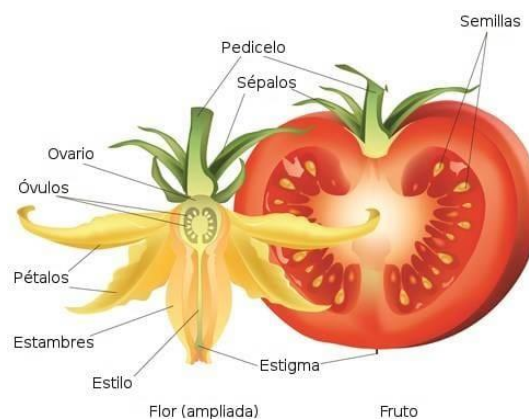


Figura 5. Partes de la flor del tomate (www.facebook.com/somoagronomos).

FRUTO

El fruto es una baya bilocular o plurilocular, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. Existen tomates con frutos de color, rosado, morado, naranja, amarillo y verde, entre otros.

El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 milímetros. Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Díaz y Hernández 2003).

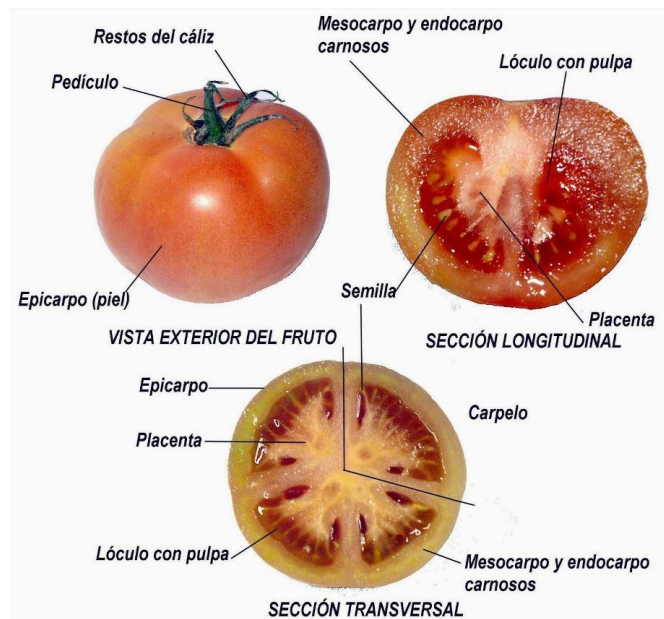


Figura 6. Corte transversal de un tomate. (<https://infoagronomo.net/morfologia-y-partes-de-los- frutos-pdf/>)

LA SEMILLA

La semilla del tomate tiene forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, es constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para él escarolo inicial del embrión. La testa está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Maroto, 1994).

COMPOSICIÓN DEL FRUTO

Los tomates y sus derivados son especialmente ricos en licopenos, responsables del color rojo del fruto. El licopeno es un carotenoide sin actividad provitamínica A, que presenta un alto poder antioxidante relacionado con un menor riesgo de padecer enfermedades crónicas, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. La cantidad de licopenos presente en los tomates depende de la variedad cultivada (mucho mayor en los de «tipo pera»), del grado de madurez (mayor en los maduros), y del modo de cultivo y forma de maduración (superior en los cultivados al aire libre y madurados en la planta).

El tomate triturado o cocinado y su combinación con aceite, mejora la absorción del licopeno en nuestro organismo. Así mismo, cabe destacar su contenido en otros carotenoides, que presentan igualmente carácter antioxidante, como la luteína y la zeaxantina; ambos presentes en el área central de la retina, la mácula y el cristalino del ojo, y que se asocian con la prevención de padecer cataratas y degeneración macular relacionada con el envejecimiento. También presenta un aporte importante de fitosteroles, que reducen los niveles de colesterol en la sangre al inhibir parcialmente la absorción del colesterol en el intestino. Por último, posee un antibiótico, la tomatina, con propiedades antibacterianas, antimicóticas y antiinflamatorias.

Tabla 1: Composición nutritiva del tomate por cada 100 gramos de producto comestible, según Folquer (1976) y Watt et al. (1975).

Agua	94%
Hidratos de carbono	4 g
Grasas	0.2g
Proteínas	1 g
Cenizas	0.3g
Otros (ácidos,	0.7g
Vitamina A	1.700 UI*
Vitamina B1	0.10mg
Vitamina B2	0.02mg
Niacina	0.60mg
Vitamina C	21mg
PH	4.5mg
Calcio	13mg
Fósforo	27mg
Hierro	0.5mg
Sodio	3mg
Potasio	244mg
Valor energético	22-24cal.

*(U.I.) Unidad Internacional de Vitamina A es equivalente a 0.3 mg de vitamina en alcohol.

1.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE

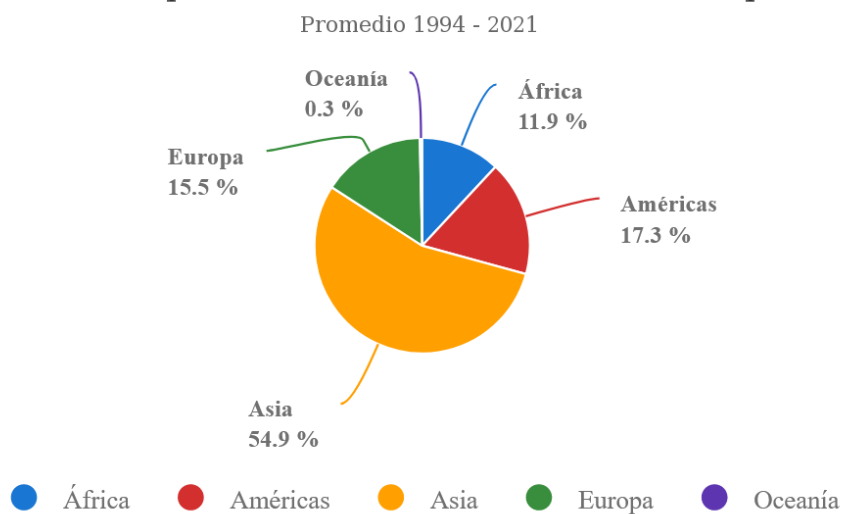
Es la hortaliza más importante en muchos países del mundo. Su cultivo está difundido a todos los continentes y en muchos casos representa una de las principales fuentes de vitaminas y minerales para las personas (Esquinas-Alcázary Nuez, 1995).

1.3.1 A NIVEL MUNDIAL

Como se puede observar en el gráfico a nivel mundial (Gráfico 1), el continente con la mayor producción es el continente asiático. Que supera más del 50% de la producción mundial con un 54,9%. Seguido de América con 17,3%, Europa 15,5%, África 11,9% y Oceanía 0,3%.

Figura 7. Gráfico de la producción mundial de tomate por continente (www.Fao.org).

Proporción de producción de Tomates, frescos por región



Según datos recopilados de FAOSTAT, tanto las superficies cultivadas como la producción obtenida han ido en aumento a lo largo de los años. Solo en 1996 se puede observar un decrecimiento de la superficie cultivada con respecto al año anterior. El resto de los años puede observarse un crecimiento explotación.

Tabla 1. Producción mundial de tomate fresco. Fuente: FAOSTATT (2024). Tabla elaboración propia.

Estadísticas mundiales tomate fresco			
	Toneladas	Hectáreas	Kg/m2
2021	189.133.955,04	5.167.388	3,66
2020	184.786.054,54	5.009.027	3,69
2019	181.889.560	4.994.977	3,64
2018	181.317.427,05	5.009.804	3,62
2017	178.862.542,11	4.872.592	3,67
2016	178.027.438,28	4.871.793	3,65
2015	177.105.266,01	4.840.182	3,66
2014	175.128.856,79	4.929.035	3,55
2013	165.670.455,01	4.858.208	3,41
2012	163.567.898,59	4.812.140	3,40
2011	159.820.652,63	4.589.578	3,48
2010	153.538.693,38	4.435.375	3,46
2009	155.492.246,42	4.424.175	3,51
2008	141.832.126,86	4.227.374	3,36
2007	137.313.075,39	4.226.389	3,25
2006	130.619.101,11	4.158.999	3,14
2005	128.518.387,28	4.175.903	3,08
2004	127.146.362,39	4.155.583	3,06
2003	118.284.637,25	3.994.200	2,96
2002	115.811.654,52	3.929.145	2,95
2001	106.757.016,39	3.805.311	2,81
2000	109.294.180,37	3.839.240	2,85
1999	108.969.299,54	3.967.072	2,75
1998	95.105.185,43	3.651.928	2,60
1997	89.251.407,21	3.399.433	2,63
1996	92.680.485,03	3.396.410	2,73
1995	86.485.661,26	3.240.535	2,67
1994	82.447.539,60	3.113.770	2,65

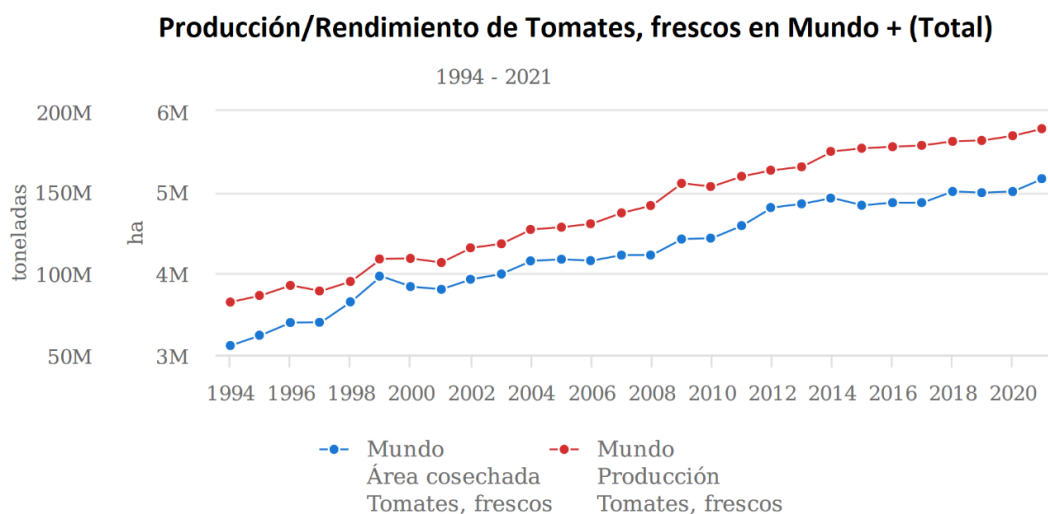


Gráfico 1 Producción mundial de tomate en fresco, gráfico lineal. Fuente: FAOESTAT (2024).

Se puede observar (Tabla 3), un listado de los países con mayor producción de tomate en fresco. Ordenados por las toneladas producidas de mayor a menor. El primer país productor es China con 67.538.340 toneladas, con una superficie cultivada de 1.140.716 has, seguido de la India con una producción de 21.181.000 toneladas y una superficie cultivada de 845.000 has. España se encuentra en 6º lugar con 4.754.380 toneladas en una superficie cultivada de 56.110 has. Quiero destacar que los Países Bajos se encuentra en el puesto número 23º, con una producción de 880.000 toneladas producidas en una superficie de 1.850 has. Es el país con mayor producción de tomate fresco en kg/m2 con un valor total de 47,57 kg/m2.

Tabla 2. Orden de productores mundiales de tomate en fresco. Fuente: FAOSTAT (2024). Elaboración propia.

Producción mundial de tomate fresco en 2021			
	Toneladas	Hectáreas	Kg/m2
China	67.538.340	1.140.716	5,92
India	21.181.000	845.000	2,51
Turquía	13.095.258	165.204	7,93
EE. UU.	10.475.265	109.226	9,59
Egipto	6.245.787	150.109	4,16
España	4.754.380	56.110	8,47
México	4.149.241	90.306	4,59
Brasil	3.679.160	51.907	7,09
Nigeria	3.575.968	844.633	0,42
Irán	3.392.153	77.492	4,38
Rusia	3.059.885	78.217	3,91
Ucrania	2.444.880	75.800	3,23
Uzbekistán	2.206.641	60.545	3,64
Portugal	1.741.320	17.780	9,79
Argelia	1.641.636	25.755	6,37
Túnez	1.416.000	24.540	5,77
Marruecos	1.311.101	13.875	9,45
Siria	1.259.341	18.368	6,86
Argentina	1.146.373	17.016	6,74
Indonesia	1.114.399	59.401	1,88
Camerún	1.090.212	86.553	1,26
Chile	912.076	12.901	7,07
Grecia	909.470	13.140	6,92
Países Bajos	880.000	1.850	47,57
Colombia	851.177	18.245	4,67
Kazajstán	818.052	31.144	2,63
Azerbaiyán	807.347	20.211	3,99
Otros	27.438.511	1.061.046	2,95

1.3.2 A NIVEL EUROPEO

A nivel europeo, se puede observar (Tabla 4) que, a lo largo del periodo, existe un aumento de la producción de tomate fresco entre los años 1994-2015, y desde 2015-2021 la producción es estable. La superficie cultivada ha ido disminuyendo a lo largo de los años. El rendimiento kg/m² ha ido aumentando prácticamente todos los años, pasando de los 2,86 kg/m² en 1994 a los actuales 5,82 kg en 2021. El aumento del rendimiento puede ser a causa de la mejor gestión y la optimización de recursos, la intensificación del cultivo bajo plástico y de la producción de variedades con mayor rendimiento.

Tabla 3. Producción europea de tomate en fresco. Fuente: FAOSTAT (2024). Elaboración propia.

Estadísticas tomate fresco en Europa			
	Producción toneladas	Hectáreas	Kg/m ²
2021	24.482.180,77	420.394	5,82
2020	22.902.973,67	419.041	5,47
2019	23.323.010,94	431.296	5,41
2018	23.009.168,90	431.350	5,33
2017	24.024.514,85	464.100	5,18
2016	24.089.080,07	471.022	5,11
2015	24.189.401,27	504.646	4,79
2014	22.629.550,57	498.659	4,54
2013	20.935.814,70	499.123	4,19
2012	21.673.769,92	507.760	4,27
2011	21.660.000,72	535.658	4,04
2010	21.767.985,88	555.127	3,92
2009	23.574.807,31	571.632	4,12
2008	20.742.614,10	544.026	3,81
2007	20.920.871,22	549.059	3,81
2006	21.181.213	583.805	3,63
2005	22.579.482,18	615.787	3,67
2004	23.473.804,54	648.218	3,62
2003	21.291.494,94	632.994	3,36
2002	19.873.821,14	623.081	3,19
2001	20.266.352,92	643.084	3,15
2000	21.250.087,39	685.648	3,10
1999	21.938.800,78	699.141	3,14
1998	20.428.433,83	681.979	3,00
1997	17.730.823,74	648.664	2,73
1996	19.706.141,57	669.749	2,94
1995	19.154.390,17	709.679	2,70
1994	19.096.210,63	668.839	2,86

1.3.3 A NIVEL NACIONAL

A nivel nacional se producen 4.754.380 toneladas de tomate fresco, con una superficie cultivada de 56.110 has. España produce el 19,42% de la producción europea. El rendimiento es de 8,57 kg/m², el rendimiento es un 47,25% superior al rendimiento europeo. Es posible que este aumento del rendimiento se deba a nuestras condiciones climatológicas favorables.

Tabla 4. Producción nacional de tomate en fresco. Fuente: FAOSTAT (2024). Elaboración propia

Estadísticas tomate fresco en España			
	Toneladas	Hectáreas	Kg/m ²
2021	4.754.380	56.110	8,47
2020	4.312.900	55.470	7,78
2019	5.000.560	56.940	8,78
2018	4.768.600	56.130	8,50
2017	5.163.466	60.852	8,49
2016	5.233.542	62.715	8,34
2015	4.832.700	58.134	8,31
2014	4.888.880	54.750	8,93
2013	3.776.800	46.620	8,10
2012	4.046.400	48.600	8,33
2011	3.864.120	51.204	7,55
2010	4.312.709	59.267	7,28
2009	4.798.053	63.838	7,52
2008	4.049.753	54.868	7,38
2007	4.081.477	53.297	7,66
2006	3.800.552	56.690	6,70
2005	4.810.301	72.285	6,65
2004	4.383.202	69.902	6,27
2003	3.947.327	62.973	6,27
2002	3.979.718	59.266	6,72
2001	3.971.691	63.030	6,30
2000	3.766.328	62.285	6,05
1999	3.874.720	63.382	6,11
1998	3.560.400	60.200	5,91
1997	3.360.207	57.746	5,82
1996	3.326.400	56.800	5,86
1995	2.841.100	55.200	5,15
1994	3.108.820	60.155	5,17

Tabla 5. Producción de tomate en fresco a nivel nacional y por provincias. Fuente. MAPA

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
A Coruña	-	55	226	281	-	67.960	80.100	21.840
Lugo	-	44	137	181	-	65.315	76.805	13.396
Ourense	-	50	180	230	-	68.750	80.110	17.857
Pontevedra	-	335	-	335	-	74.050	-	24.807
GALICIA	-	484	543	1.027	-	72.016	79.272	77.900
P. DE ASTURIAS	45	50	60	155	15.000	25.000	46.000	4.685
CANTABRIA	-	-	20	20	-	-	70.000	1.400
Alava	-	43	11	54	-	16.000	51.000	1.249
Guipúzcoa	31	30	15	76	7.300	24.000	48.000	1.666
Vizcaya	46	62	49	157	7.550	12.250	37.000	2.920
PAÍS VASCO	77	135	75	287	7.449	16.056	41.253	5.835
NAVARRA	-	2.249	42	2.291	-	78.150	107.000	180.253
LA RIOJA	-	84	21	105	-	79.000	93.000	8.589
Huesca	1	44	8	53	25.000	80.000	125.000	4.545
Teruel	-	2	5	7	20.000	40.000	124.000	700
Zaragoza	17	459	1	477	16.250	74.999	92.000	34.793
ARAGÓN	18	505	14	537	16.736	75.296	122.286	40.038
Barcelona	47	182	89	318	5.568	33.014	106.524	15.751
Girona	-	221	9	230	-	36.452	73.111	8.714
Lleida	-	179	8	187	-	29.143	79.500	5.853
Tarragona	-	283	19	302	-	29.494	75.158	9.775
CATALUÑA	47	865	125	1.037	5.568	31.940	97.621	40.093
BALEARES	-	360	30	390	-	23.000	37.600	9.408
Avila	-	1	2	3	-	32.600	85.800	204
Burgos	-	2	-	2	-	70.000	-	140
León	-	4	6	10	-	25.500	158.000	1.050
Palencia	-	1	2	3	-	35.560	36.800	109
Salamanca	-	3	3	6	-	35.000	35.000	210
Segovia	-	8	-	8	-	38.000	-	304
Soria	-	1	-	1	-	45.000	-	45
Valladolid	-	9	-	9	-	38.000	-	342
Zamora	-	17	-	17	-	25.000	-	425
CASTILLA Y LEÓN	-	46	13	59	-	33.286	99.862	2.829
MADRID	13	59	5	77	19.310	100.000	119.267	6.747
Albacete	-	167	133	300	-	66.000	165.000	32.967
Ciudad Real	-	113	-	113	-	70.840	-	8.005
Cuenca	27	13	2	42	4.800	54.500	86.000	1.010
Guadalajara	4	5	-	9	5.000	12.000	-	80
Toledo	-	646	-	646	-	79.799	-	51.550
CASTILLA-LA MANCHA	31	944	135	1.110	4.826	75.578	163.830	93.612
Alicante	-	137	285	422	-	60.000	125.000	43.845
Castellón	15	457	19	491	7.759	34.076	52.250	16.682
Valencia	-	24	164	188	-	32.900	47.780	8.626
C. VALENCIANA	15	618	468	1.101	7.759	39.777	94.986	69.153
R. DE MURCIA	-	498	2.029	2.527	-	36.287	100.194	221.364
Badajoz	-	20.984	7	20.991	-	95.182	235.714	1.998.949
Cáceres	-	2.424	6	2.430	-	93.372	225.000	227.684
EXTREMADURA	-	23.408	13	23.421	-	94.995	230.769	2.226.633
Almería	-	23	8.407	8.430	-	51.957	86.258	726.367
Cádiz	60	1.515	14	1.589	1.000	33.370	90.000	51.875
Córdoba	-	152	-	152	5.000	33.000	98.000	5.016
Granada	-	449	3.129	3.578	-	43.759	104.383	346.262
Huelva	-	40	-	40	-	29.375	-	1.175
Jaén	1	143	-	144	10.000	40.000	-	5.730
Málaga	11	380	472	863	8.000	30.000	80.000	49.248
Sevilla	-	6.400	160	6.560	-	80.000	90.000	526.400
ANDALUCÍA	72	9.102	12.182	21.356	2.194	66.657	90.724	1.712.073
Las Palmas	-	32	393	425	-	43.270	104.525	42.462
S.C. de Tenerife	-	23	158	181	-	40.000	65.733	11.306
CANARIAS	-	55	551	606	-	41.903	93.401	53.768
ESPAÑA	318	39.462	16.326	56.106	7.819	82.324	92.075	4.754.380

Como se puede observar (Tabla 6), en España se cultivan 56.106 has de tomate. Esta superficie se reparte de la siguiente forma: 318 has de secano al aire libre, 39.462 has de regadío al aire libre y 16.326 has de regadío en invernadero. La superficie de secano se concentra en provincias del norte de España como Asturias, País Vasco, Aragón, Cataluña, etc. La superficie de regadío al aire libre se encuentra principalmente en Navarra, Extremadura y Andalucía. La superficie de regadío en invernadero se encuentra en Murcia y Andalucía. Las comunidades autónomas con mayor producción son Extremadura con 2.226.633 toneladas, y Andalucía con 1.712.073 toneladas. Estas provincias producen el 82,84% de la producción española.

1.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES TRADICIONES

En el contexto de la creciente globalización de la alimentación, donde los productos alimenticios se producen y distribuyen a escala mundial, una alternativa emergente es el cultivo y venta de variedades agrícolas locales. Que fomentan la biodiversidad y recuperan sabores y tradiciones perdidas.

Sin embargo, muchas de estas variedades tradicionales autóctonas presentan desafíos. Por ejemplo, pueden ser vulnerables a enfermedades y plagas, y su productividad puede ser menor en comparación con las variedades agrícolas modernas. Esto puede hacer que estas variedades sean menos atractivas para los agricultores, que necesitan obtener rendimientos suficientes para mantener una rentabilidad económica.

Para superar estos desafíos, se están utilizando técnicas de mejora genética, como el retrocruzamiento y la selección natural. El retrocruzamiento implica cruzar una variedad local con una variedad moderna para introducir características deseables, como la resistencia a enfermedades, en la variedad local. La selección natural, por otro lado, implica seleccionar y cultivar aquellas plantas que muestran naturalmente características deseables.

Estas técnicas pueden resultar en variedades mejoradas que abordan los problemas de rendimiento y resistencia a enfermedades. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, al final del día, estas variedades deben ser aceptadas por los consumidores. Los consumidores juegan un papel crucial en la determinación de qué variedades se cultivan y venden, ya que su demanda impulsa las decisiones de los agricultores.

1.4.1 TOMATE MUCHAMIEL

El “Tomate Muchamelerero”, también conocido como el Tomate de Muchamiel, es una variedad tradicional que se origina en la localidad de Muchamiel, en la provincia de Alicante. A pesar de ser una de las variedades más apreciadas y reconocidas, su cultivo ha disminuido debido a su vulnerabilidad a varios virus. Los consumidores han expresado su descontento

con la pérdida de sabor en los híbridos actuales, solicitando el regreso de la variedad original.

Este tomate, cuyo nombre es familiar en toda España, es probablemente la variedad de tomate tradicional más conocida y valorada por su excelente calidad organoléptica. Generalmente, es un tomate de gran tamaño, muy acanalado y con “hombros” verdes (la zona cercana al pedúnculo) bien definidos.

Su sabor es delicado y su textura es extremadamente agradable. Algunos expertos en cata describen la textura del tomate Muchamiel como “melosa”. A diferencia de las variedades híbridas actuales de tomate, suele tener una zona blanca en el centro, o “corazón”, lo cual puede ser un inconveniente para algunos consumidores.

El Tomate Muchamiel no es una variedad única, sino que existen ligeras variantes que conservan cierta diversidad, resultado lógico de haber sido seleccionada por los agricultores durante muchos años.

El “Muchamiel” es un tipo varietal compuesto por un conjunto de variedades tradicionales de tomate con frutos grandes, aplastados y más o menos rizados, que se cultivan principalmente en Alicante, Valencia y Murcia.

A pesar de sus excepcionales características organolépticas y su uso principal como tomate de mesa, son sensibles a todas las enfermedades virales que afectan al tomate, lo que hace que su cultivo sea prácticamente imposible.



Figura 8. Fotografía de tomates de la variedad Muchamiel.

1.4.2 TOMATE DE LA PERA

El “Tomate de la Pera”, se distingue fácilmente por su forma aplanada, que le da su nombre. Estos tomates se utilizan principalmente para la elaboración de conservas, aunque los primeros frutos de la temporada también se consumen frescos. Al igual que el Tomate Muchamiel, el Tomate de la Pera se cultiva principalmente en las regiones del Este y Sureste de la península.

A lo largo del tiempo, las variedades híbridas han ido desplazando a la mayoría de las variedades tradicionales. Esto se debe a varios factores, entre ellos, un rendimiento menor, la susceptibilidad a virus que afectan al cultivo del tomate y una menor homogeneidad en los frutos. Estos problemas han sido especialmente notables desde mediados del siglo XX.

Es importante destacar que, a pesar de estos desafíos, las variedades tradicionales como el Tomate Muchamiel y el Tomate de la Pera siguen siendo muy apreciadas por su sabor y calidad organoléptica. Sin embargo, la tendencia hacia las variedades híbridas ha llevado a una disminución en la diversidad de tomates disponibles en el mercado, lo que ha llevado a un llamado a la conservación y recuperación de las variedades tradicionales. Estas variedades no solo aportan diversidad al paisaje agrícola, sino que también son una parte importante de la herencia cultural y gastronómica de las regiones donde se cultivan.



Figura 9. Fotografía de tomates de la variedad Muchamiel.

1.5 PROGRAMA DE MEJORA GENETICA DE TOMATE DEL CIAGRO-UMH

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, TSWV y TYLCV. 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.

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

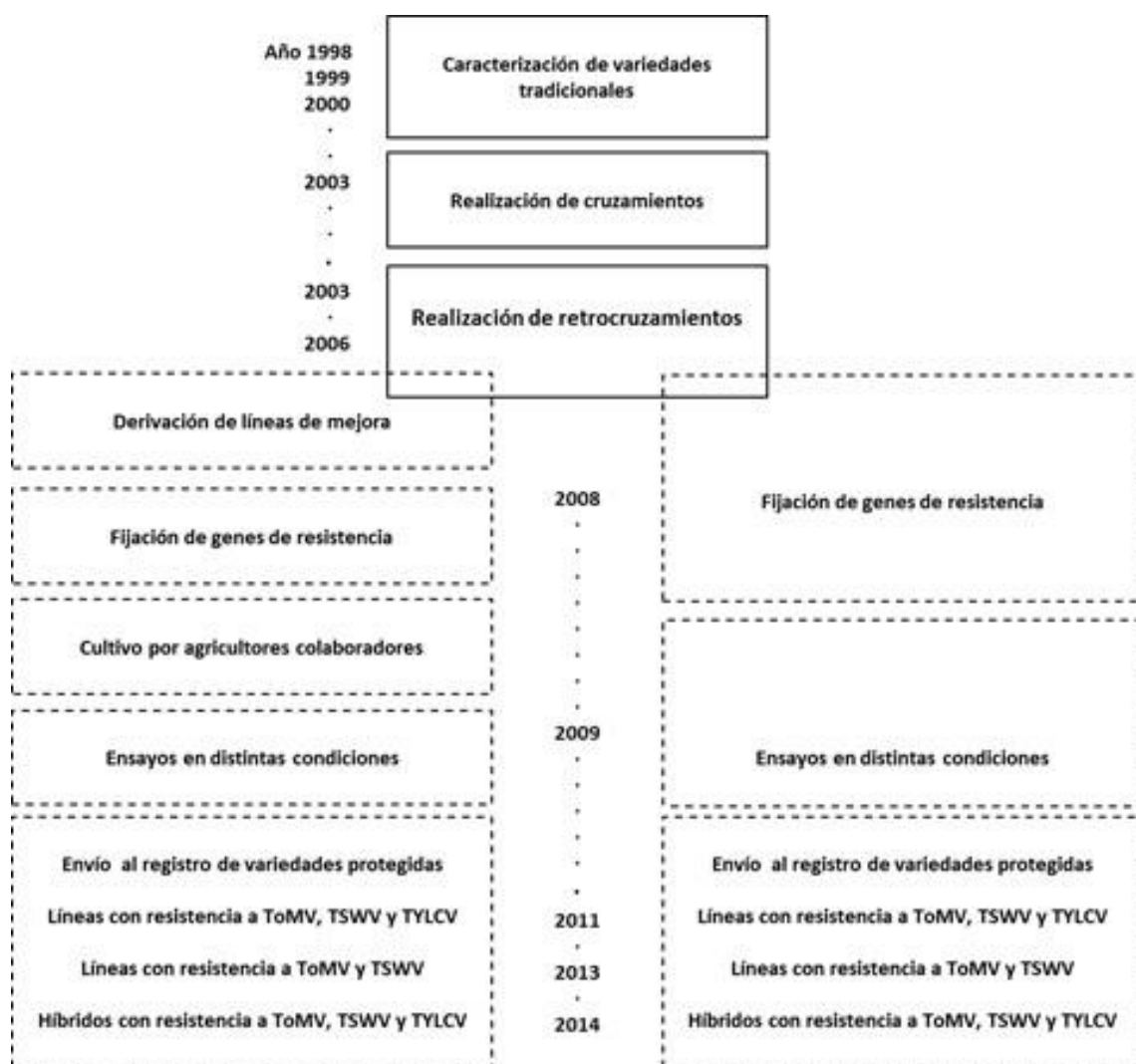


Figura 8. Esquema con las etapas del programa de mejora. Fuente: Cabrera 2019.

1.6 LINEA EN LA QUE SE ENGLORA ESTE TRABAJO DE FIN DE GRADO.

Este trabajo fin de grado forma parte del 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 Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas (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 Mejora Genética de la EPSO-UMH. En este proyecto participan grupos de investigación de Inglaterra, Francia, Holanda, Italia, Grecia, Israel y España, además de varias empresas españolas. Su periodo de realización es de 3 años (2015 a 2017).

Uno de los objetivos del proyecto es el estudio de la influencia de distintas condiciones de cultivo (convencional y salinas) sobre distintos caracteres (de calidad, nutricionales, agronómicos, etc.) en una colección de líneas como en de mejora con resistencia a virus obtenidas a partir de variedades tradicionales Muchamiel y De la pera.

2. OBJETIVOS

En este trabajo se van a estudiar una colección de líneas de mejora de tomate Muchamiel y De la pera con resistencia genética a virus, obtenidas en el programa de mejora del CIAGRO-UMH, cultivadas en un invernadero de malla del CIAGRO-UMH durante la campaña primavera-verano 2016, en condiciones convencionales y salinas.

Se han estudiado los principales caracteres agronómicos (producción, y peso medio de los frutos) y de calidad (contenido de sólidos solubles y acidez).

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. MATERIAL VEGETAL EMPLEADO

En el ensayo se han estudiado ocho líneas de mejora Muchamiel y De la pera procedentes del programa de mejora de la EPSO. UMH 1000 y UMH 1339 (con resistencia en homocigosis a 3 virus), UMH 776, UMH 565, UMH 942 y UMH 1414 (con resistencia en homocigosis a 2 virus), UMH 972 y UMH 1422 (con resistencia en homocigosis a 1 virus). El genotipo para los distintos genes de resistencia de cada línea aparece en la siguiente tabla.

Tabla 6. Genotipo de las líneas estudiadas, para los 3 genes de resistencia introducidos (Tm-2^a, confiere resistencia a Tomato mosaic virus (TMV); Ty-1, confiere tolerancia a Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV); Sw-5, confiere resistencia a Tomato spotted wilt virus (TSWV)):

Línea		Gen de resistencia		
Muchamiel	De la Pera	ToMV	TYLCV	TSWV
UMH 1000	UMH 1339	RR	RR	RR
UMH 776	UMH 565	RR	RR	ss
UMH 972	UMH 1422	RR	ss	ss
UMH 942	UMH 1414	RR	ss	RR
UMH 929	UMH 1458	ss	RR	ss
UMH 800	UMH 1413	ss	RR	RR
UMH 879	UMH 1487	ss	ss	RR
UMH 993	UMH 1449	ss	ss	ss

3.2. CONDICIONES DEL CULTIVO.

En este trabajo se cultivaron las plantas en dos ambientes distintos y en el mismo invernadero de malla situado en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, en el término municipal de Orihuela (Alicante):

- Condiciones convencionales.
- Condiciones salinas.

3.2.1. INSTALACIONES

Los semilleros del estudio se cultivaron en un invernadero de malla en las instalaciones EPSO, 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 7). 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 cumbre.



Figura 9. Malla donde se va a llevar a cabo el estudio.

3.3. PRÁCTICAS DE CULTIVO

3.3.1. SEMILLERO

El semillero para los cultivos se realizó en los Semilleros José y Belén S.L., empresa situada en Albaterra (Alicante). Se utilizaron bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos. El sustrato empleado fue turba rubia (80%) y turba negra (20%) enriquecida con fertilizantes.

3.3.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Los terrenos donde se llevó a cabo el estudio fueron desinfectados utilizando Metam-sodio.

En el suelo donde se realizó el cultivo en condiciones convencionales y salinas se aplicó 2,5 kg/m² de estiércol de oveja, de fondo.

En todos los ensayos, antes de realizar el trasplante, se llevaron labores un subsolado y se aireo

En los cultivos se instaló un acolchado negro, para reducir el desarrollo de malas hierbas y mantener la humedad del suelo.

3.3.3. TRANSPLANTE.

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

3.3.4. MARCO DE PLANTACIÓN.

En las tres condiciones, las plantas se disponían en 2 filas pareadas, separadas 50 cm. Dichas filas tenían 2 metros de separación entre ejes, y la separación entre plantas era de 40 centímetros, con lo que se obtiene una densidad de 2,5 pl/m² (figura 7).



Figura 10. Fotografía para que se aprecie el marco de plantación.

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 9) en todas las condiciones.

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, tanto los cuchillos como los guantes se limpiaban con lejía frecuentemente durante las labores.



Figura 11: Entutorado vertical mediante hilo de rafia sujeto por clip de plástico.

3.3.6. FERTIRRIGACIÓN

El agua de riego utilizada en condiciones convencionales y salinas procede del río Segura, y es almacenada en la balsa de la finca.

En los dos casos, se ha utilizado riego localizado por goteo. Los emisores son autocompensantes, y tienen un caudal de 1,6 l/h.

En todos los casos, 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 en el cultivo convencional y salino fue la siguiente:
 $375 \text{ N} - 225 \text{ P}_2\text{O}_5 - 550 \text{ K}_2\text{O} - 190 \text{ CaO}$.

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

Fase 1: $1 \text{ N} - 2 \text{ P}_2\text{O}_5 - 1 \text{ K}_2\text{O} - 1 \text{ CaO}$.

Fase 2: $1 \text{ N} - 1 \text{ P}_2\text{O}_5 - 1 \text{ K}_2\text{O} - 1 \text{ CaO}$.

Fase 3: $1 \text{ N} - 0.3 \text{ P}_2\text{O}_5 - 2 \text{ K}_2\text{O} - 1 \text{ CaO}$.

En el caso del cultivo salino, se incorporó al riego cloruro de sodio, hasta conseguir la conductividad eléctrica (CE) deseada en cada fase. Este fue adquirido en una fábrica de salazones.

La CE de la solución de riego en cada una de las condiciones ambientales, se midió de forma diaria, y se recogen los valores promedios semanales en la tabla 8.

Tabla 7. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de la solución de riego de cada condición de cultivo.

Fecha	Condiciones ambientales	
	Salino	Convencional
14/05/2016	2.44	2.55
22/05/2016	2.04	2.12
29/05/2016	3.26	2.64
05/06/2016	3.58	2.23
12/06/2016	4.97	2.71
19/06/2016	5.21	2.47
26/06/2016	5.77	1.99
03/07/2016	6.19	2.07
10/07/2016	6.09	2.23
17/07/2016	6.33	2.11
24/07/2016	6.38	2.26
28/07/2016	6.31	2.19

Para cubrir las necesidades de micronutrientes en el cultivo convencional y salino se aportaron distintos productos, que aparecen en la tabla 9.

Tabla 8. Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo

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

3.3.7. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.

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*). Otras plagas y enfermedades con menor incidencia durante el ensayo fueron plusia (*Chrysodeixis chalcites*), araña roja (*Tetranychus urticae*) y oidio o mancha amarilla (*Leveillula taurica*).

Cabe hacer especial mención al control de la plaga Tuta absoluta, la cual supuso un problema a lo largo de toda la duración del cultivo, pues afectó en cierta medida a las plantas de tomate y condicionó en todo momento la forma de aplicar los demás tratamientos. En los ensayos realizados también apareció vasates (*Aculops lycopersici*).

Tabla 9. Productos utilizados durante la fase del cultivo

NOMBRE COMERCIAL	MATERIA ACTIVA
ALVERDE	Metaflumizona 24% p/v
Antimildiu triple	Cimoxalino 4% + Folpet 25% + Fosetil Al 50%
ATOMINAL	Piriproxifen 10%
Bacillus B-Tec 32	<i>Bacillusthuringiensis</i>
BRAVO 50 SC	Clortalonil 50% p/v
CADDY 10 pépite	Ciproconazol 10%
CAL EX Avance	Abamectina
CAPTAN	Captan
CIROX	Ciromazina
DICARZOL	Formetanato 50%
DOAM Mojante	Alcohol Isotrideciloetoxilado 20%
FENOS	Flubendiamida 24% p/v
Feromona <i>Tuta absoluta</i>	Feromona
PIRIMICARB	Carbamato
KUMULUS DF	Azufre 80%
OBERON	Spiromesifen 24% p/v
RUFAST Avance	Acrinatrín 7,5% p/v
STEWARD	Indoxacarb 30%
RELDAN	Metil-Clorpirifos 22,4% [EC] P/V
DORYOKU	Etoxazol 11% [SC] P/V
THIOVIT	AZUFRE 80% [WG] P/P
COSTAR	<i>BacillusThuringiensisKurstaki</i> 18% [WG] P/P
FENOS	Flubendiamida 24% [WG] P/P

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.

3.5. PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

En la tabla 11 aparecen las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes del cultivo, así como las 4 recolecciones que se llevaron a cabo en las distintas instalaciones.

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

Tarea	Fecha
Siembra	24/02/2016
Trasplante	15/04/2016
1ª recolección	05/07/2016
2ª recolección	14/07/2016
3ª recolección	22/07/2016
4ª recolección	27/07/2016
Medida sólidos solubles y acidez	21 al 26/10/2016

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

En los ensayos se dispusieron 2 repeticiones de 5 a 7 plantas de cada línea, variedad o cruce. Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.

Figura 12: Diseño experimental de las variedades estudiadas en condiciones salinas.

	BA 39	BA 32	BA 21	VA 76	VA 73	VA 71	VA 69	VA 68	
	BA 39	BA 32	BA 21	VA 76	VA 73	VA 71	VA 69	VA 68	
	VA 57	VA 3	1449-N		1487-N		1339-N		
	VA 57	VA 3	1449-S		1487-S		1339-S		
	1415-N		1422-N		1458-N		565-N	3Rs	
	1415-S		1422-S		1458-S		565-S	3Rs	
	1413-N		993-N		929-N		776-N		
	1413-S		993-S		929-S		776-S		
	879-N		972-N		800-N		1000-N		
	879-S		972-S		800-S		1000-S		
	942-N		3Rs	CA 380	CA 1400		PO 310		
	942-S		CA 690	Muchamiel 18					
	Muchamiel 18								
	Muchamiel para semillas AU 1127								

Figura 12: Diseño experimental de las variedades estudiadas en condiciones convencionales.

	S5	VA03	VA57	VA68	VA69	VA71	VA73	VA76	BA21	
	Boludo S5	VA03	VA57	VA68	VA69	VA71	VA73	VA76	BA21	
	s5	s55	942-N	879-N	972-N	1000-N				
	Anastasia s5	Trinity	942-S	879-S	972-S	1000-S				
	1415-N		3Rs	942-N	993-N	800-N	776-N			
	1415-S		3Rs	942-S	993-S	800-S	776-S			
	3Rs	365	366	1422-N	1413-N	565-N	1458-N	1339-N		
	3Rs	365	366	1422-S	1413-S	565-S	1458-S	1339-S		
	Melero	Paimé	1449-N	1487-N	Bronco	Irati	Pasa.	Masai		
	Melero	Paimé	1449-N	1487-N	Bronco	Irati	Pasa.	Masai		
	Pirata	Vimeiro	Egara	Ateneo	Bigr	Bvel	Oria	Laza.	Pala.	
	Pirata	Vimeiro	Egara	Ateneo	Bigr	Bvel	Oria	Laza.	Pala.	

3.7. CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO

3.7.1. CARACTERES PRODUCTIVOS

3.7.1.1. PRODUCCIÓN TOTAL

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

3.7.1.2. PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO

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

3.7.1.3. 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.

3.7.2. CARACTERES DE CALIDAD

3.7.2.1. 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 esta razón, tras la recolección se seleccionaban frutos maduros (Figura 11), lo más homogéneos posibles en cuanto a maduración de cada línea para medir los sólidos solubles y la acidez en el laboratorio. Para cada una de las repeticiones de cada línea, se seleccionaban entre 3 y 4 frutos, que 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 septiembre de 2016.

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 5 minutos. El sobrenadante de cada tubo, sin pulpa, se utilizaba para realizar la medida, por duplicado.

Los sólidos solubles están constituidos en su mayor parte por azúcares, los más abundantes son la glucosa y la fructosa que se encuentran en proporciones similares. Los sólidos solubles se midieron con un (Figura 12), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), por duplicado.



Figura 13. Refractómetro digital ATAGO utilizado en este estudio (www.atago.net).

3.7.2.2. 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 pH matic 23 CRISON (Figura 13), expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco.



Figura 14: pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado en este ensayo (www.crisoninstruments.com).

3.8 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de la varianza multifactorial con cuatro factores: el genotipo para los tres genes de resistencia introducidos (homocigoto resistente y homocigoto sensible) y las condiciones ambientales (convencional y salinas).

Se ha realizado el análisis de líneas Muchamiel y De la pera por separado.

Si se encuentran diferencias significativas se aplica un contraste post-hoc de Duncan 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.

En los caracteres productivos los análisis se realizaron con los valores de cada planta, mientras que en los caracteres de calidad se realizaron con los valores de cada repetición.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERES PRODUCTIVOS

4.1.1. PRODUCCIÓN TOTAL DE TOMATE DE LA PERA

El análisis de la varianza para la producción total de tomate De la Pera (Tabla 9) muestra que existe diferencias significativas para las condiciones estudiadas y para los genes Tm2a y Ty1. No se han encontrado diferencias significativas para el gen Sw5. Ninguna de las interacciones es significativa.

Tabla 6. Análisis de la varianza para la producción total de tomate De la pera, de las diferentes líneas en condiciones convencionales y salinas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
A: Condiciones	2,16x10 ⁶	1	2,16x10 ⁶	7,72	0,0061
B: Tm2a	3,07x10 ⁶	1	3,07x10 ⁶	10,93	0,0012
C: Ty1	2,54x10 ⁶	1	3,07x10 ⁶	90,55	<0,0001
D: Sw5	161142,0	1	161152,0	0,57	0,4501
Interacciones					
AB	240329,0	1	240329,0	0,86	0,3565
AC	931443,0	1	931443,0	3,31	0,0706
AD	173525,0	1	173525,0	0,62	0,4332
BC	152991,0	1	152991,0	0,54	0,4617
BD	43,9558,0	1	439558,0	1,56	0,2130
CD	10908,6	1	10908,6	0,04	0,8441
Residual	4,27x10 ⁷	152	281003,0		
Total (corregido)	7,86x10 ⁷	162			

Como las interacciones no son significativas, se realiza un test de rango múltiple de Duncan (Tabla 10).

Se observan diferencias significativas entre en las condiciones de cultivo. Se puede apreciar que las condiciones salinas han obtenidos unos resultados de producción más elevados respecto a las convencionales. Si alcanzásemos unos niveles superiores de salinidad en el suelo veríamos que la producción en condiciones salinas sería inferior a las convencionales.

Este resultado difiere de lo obtenido por Salinas (2017) que estudió una colección distinta de líneas de mejora, cultivadas en condiciones convencionales, salinas y bajos insumos. En tres de las líneas de tomate De la Pera de las cuatro estudiadas, la producción del cultivo convencional fue estadísticamente superior al de las condiciones salinas.

No se observa diferencias significativas para el gen Sw5, lo que sugiere que este gen puede no tener un impacto significativo en la producción total bajo las condiciones evaluadas. Existen diferencias significativas para el gen Tm2a, se puede observar que el genotipo RR a Tm2a presenta una producción superior que el genotipo ss. La presencia o ausencia del gen Ty1 muestra diferencias significativas en la producción. Es notable que las plantas que carecen de resistencia al gen Ty1 doblan en producción aquellas que son resistentes. Este hallazgo sugiere que la incorporación del gen Ty1 tiene un impacto considerablemente negativo en la producción.

Tabla 10: Análisis de rango múltiple para el número de ramilletes por planta para el tomate De la Pera para los tres genes de resistencia introducidos.

Factor	Niveles	Nº de valores	Media (g/planta)	Grupos homogéneos
Condiciones	Convencional	77	1283	A
	Salino	86	1516	B
Tm2a	ss	87	1259	A
	RR	77	1540	B
Ty1	RR	74	994	A
	ss	89	1804	B
Sw5	ss	78	1367	A
	RR	85	1431	A

Valores seguidos por la misma letra, dentro del mismo factor, no difieren entre sí (Test de Duncan, $p < 0,05$)

4.1.2. PRODUCCIÓN TOTAL DE TOMATE MUCHAMIEL

El análisis de la varianza para la producción total de tomate Muchamiel (Tabla 11) muestra que existe diferencias significativas para los genes Tm2a, Ty1 y Sw5, pero no para las condiciones. Las interacciones entre los factores son significativas.

Tabla 11. Análisis de la varianza para la producción total de tomate Muchamiel, de las diferentes líneas en condiciones convencionales y salinas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
A: Condiciones	1,48x10 ⁶	1	1,48x10 ⁶	1,92	0,1678
B: Tm2a	8,73x10 ⁶	1	8,73x10 ⁶	11,29	0,0010
C: Ty1	4,75x10 ⁶	1	4,75x10 ⁷	61,47	<0,0001
D: Sw5	5,88x10 ⁶	1	5,88x10 ⁶	7,61	0,0066
Interacciones					
AB	80776,2	1	80776,2	0,10	0,7471
AC	294387,0	1	294387,0	0,38	0,5384
AD	531807,0	1	531807,0	0,69	0,4086
BC	3,89x10 ⁶	1	3,89x10 ⁶	5,04	0,0265
BD	1,61x10 ⁶	1	1,61x10 ⁶	2,08	0,1515
CD	1,22x10 ⁷	1	1,22x10 ⁶	15,87	0,0001
Residual	1,02x10 ⁸	133	773906,0		
Total (corregido)	1,94x10 ⁸	143			

Como las interacciones de las condiciones no son significativas, se realiza un test de rango múltiple de Duncan (Tabla 12) para las condiciones.

La tabla sugiere que no hay diferencias significativas entre las condiciones salino y convencional, si bien es cierto que la producción de tomate convencional son algo más elevada. Ambos niveles pertenecen al mismo grupo homogéneo, lo que significa que sus medias no son diferentes según el test de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

El resultado difiere con lo obtenido por Amorós (2017) que estudió una colección de distintas líneas de mejora Muchamiel, cultivadas en condiciones convencionales, salinas y bajos insumos. En tres de las líneas de Muchamiel de las cuatro estudiadas, la producción en condiciones convencionales fue superior.

Tabla 12: Análisis de rango múltiple para el número de ramilletes por planta para las condiciones del tomate Muchamiel.

Factor	Niveles	Nº de valores	Media (g/planta)	Grupos homogéneos
Condiciones	Salino	74	1766	A
	Convencional	70	1978	A

Valores seguidos por la misma letra, dentro del mismo factor, no difieren entre sí (Test de Duncan, $p < 0,05$)

Dado que las interacciones resultan ser significativas, no se pueden utilizar los test de rango múltiple. En este caso debemos utilizar las gráficas de interacción.

Observando la gráfica de interacciones para la producción de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y Ty1 (figura 5) podemos determinar:

Sin considerar la presencia del genotipo Tm2a, comparando la producción entre los genotipos ss a Ty1 y Ty1. Se confirma que ss a Ty1 tiene una mayor producción que Ty1.

Ahora independientemente de cuál sea el genotipo Ty1 presente, se compara la producción entre los genotipos. El genotipo con gen Tm2a tiene una mayor producción que el genotipo ss a Tm2a.

Se puede sugerir que el genotipo ss a Ty1 es superior al genotipo RR a Ty1 cuando no se considera el genotipo Tm2a. Sin embargo, al examinar los genotipos RR y ss a Tm2a, el primero de ellos tiene una producción superior sólo cuando el genotipo a Ty1 es ss.

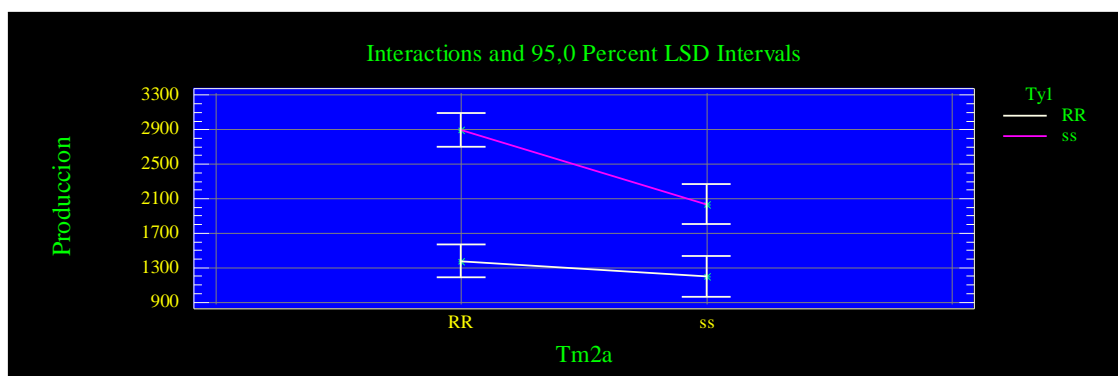


Figura 5. Gráfica de interacciones para la producción de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y Ty1. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Observando la gráfica de interacciones para la producción de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y Sw5 (figura 6) podemos determinar:

No existen diferencias significativas para el genotipo RR a Tm2a, pero si hay diferencias significativas para el genotipo ss a Tma2a. Se puede observar

una mayor producción cuando el genotipo es RR a Sw5 en comparación con ss. a Sw5.

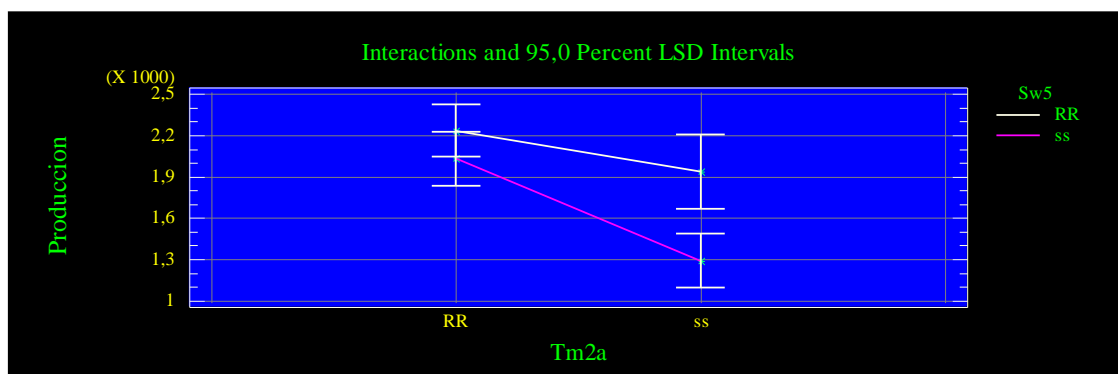


Figura 6. Gráfica de interacciones para la producción de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y Sw5. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Observando la gráfica de interacciones para la producción de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y Sw5 (figura 7) podemos determinar:

No existen diferencias significativas para el genotipo RR a Ty1, pero si para el genotipo ss a Ty1. Se puede observar que la introducción del gen Ty1 hace disminuir la producción. El genotipo RR a Sw5 presenta una mayor producción que el genotipo Sw5 a ss.

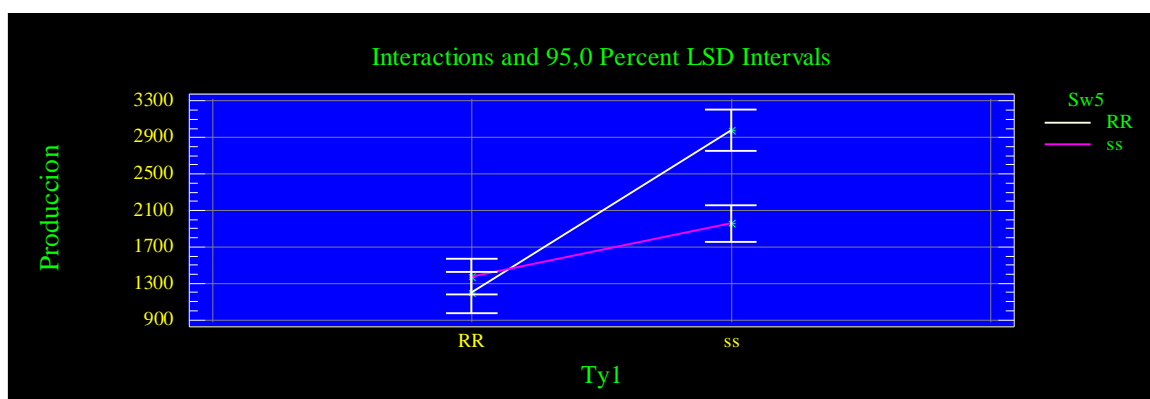


Figura 7. Gráfica de interacciones para la producción de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

4.1.3. PESO MEDIO DE FRUTOS DE TOMATE DE LA PERA

El análisis de la varianza para el peso medio de frutos (Tabla 11) muestra que existen diferencias significativas para las condiciones estudiadas y para los genes Tm2a y Ty1. No se han encontrado diferencias significativas para el gen Sw5. Las interacciones entre los factores son significativas.

Tabla 11. Análisis de la varianza por peso medio de tomate De la Pera.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
A: Condiciones	4658,24	1	4658,24	41,99	<0,0001
B: Tm2a	2957,35	1	2957,35	26,66	<0,0001
C: Ty1	9793,41	1	9793,41	88,29	<0,0001
D: Sw5	68,6966	1	68,6966	0,62	0,4325
Interacciones					
AB	0,0342158	1	0,0342158	0,86	0,9860
AC	267,816	1	267,816	3,31	0,1223
AD	572,13	1	572,13	0,62	0,0245
BC	35,2815	1	35,2815	0,54	0,5736
BD	287,392	1	287,392	1,56	0,1096
CD	14,8984	1	14,8984	0,04	0,7145
Residual	16861,2	152	110,929		
Total (corregido)	37259,3	162			

Como las interacciones no son significativas, se realiza un test de rango múltiple de Duncan (Tabla 10).

El peso medio obtenido en condiciones convencionales es significativamente mayor que la obtenida en condiciones salinas. Es posible que existan diferencias significativas en la producción debido al nivel de salinidad alcanzado. Estos resultados difieren de lo obtenido por Salinas (2017) en el estudio con líneas De la Pera, donde determino que no existen diferencias significativas en cuanto a las condiciones de cultivo.

No se observa diferencias significativas para el gen Sw5. En cambio, existe una diferencia significativa entre el peso medio de las plantas resistentes a Ty1 y Tm2a. Se puede observar que el genotipo RR a Tm2a presenta un peso medio superior al genotipo ss a Tm2a. La introducción del gen Ty1 afecta negativamente a el peso medio de los frutos.

Tabla 10: Análisis de rango múltiple para el peso medio por fruto para el tomate De la Pera para los tres genes de resistencia introducidos.

Factor	Niveles	Nº de valores	Media (g/planta)	Grupos homogéneos
Condiciones	Salino	86	53	A
	Convencional	77	64	B
Tm2a	ss	86	54	A
	RR	77	63	B
Ty1	RR	74	51	A
	ss	89	67	B
Sw5	RR	85	58	A
	ss	78	59	A

Valores seguidos por la misma letra, dentro del mismo factor, no difieren entre sí (Test de Duncan, $p < 0,05$)

4.1.4. PESO MEDIO DE FRUTOS DE TOMATE MUCHAMIEL

El análisis de la varianza para el peso medio de frutos (Tabla 12) muestra que existen diferencias significativas para las condiciones estudiadas y para los genes Tm2a y Ty1. No se han encontrado diferencias significativas para el gen Sw5. Las interacciones entre los factores son significativas.

Tabla 12. Análisis de la varianza por peso medio de tomata Muchamiel.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
A: Condiciones	52464,4	1	52464,5	29,03	<0,0001
B: Tm2a	31467,6	1	31467,6	17,41	0,0001
C: Ty1	196532	1	196532,0	108,7	<0,0001
D: Sw5	2062,48	1	2062,48	1,14	0,2873
Interacciones					
AB	3709,16	1	3709,16	2,05	0,1543
AC	1673,24	1	1673,24	0,93	0,3377
AD	7628,59	1	7628,69	4,22	0,0419
BC	83,2837	1	83,2837	0,05	0,8304
BD	42193,8	1	42193,8	23,35	<0,0001
CD	44334,2	1	42193,8	24,53	<0,0001
Residual	240365,0	133	1807,26		
Total (corregido)	672907,0	143			

Dado que las interacciones resultan ser significativas, no se pueden utilizar los test de rango múltiple. En este caso debemos utilizar las gráficas de interacción.

Observando la gráfica de interacciones para el peso medio de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y las condiciones de cultivo (figura 8) podemos determinar:

En condiciones convencionales si existe diferencias significativas entre los genotipos RR y ss para el gen Tm2a, siendo el genotipo ss el que alcanza mayor peso medio. Sin embargo, en condiciones salinas no hay diferencias significativas en los genotipos. Se puede observar que el genotipo ss presenta mayor peso medio para las condiciones estudiadas.

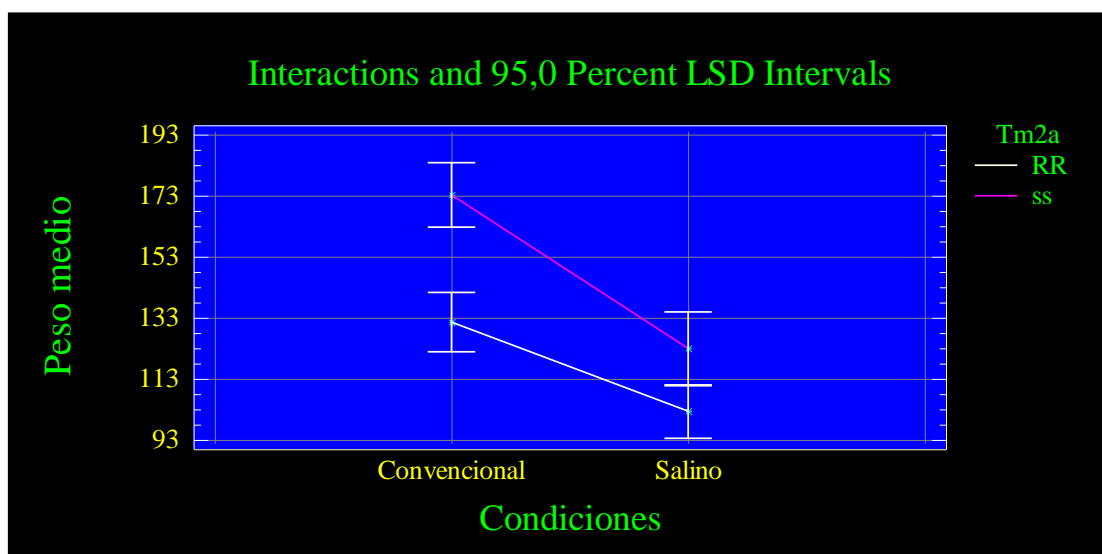


Figura 8. Gráfica de interacciones para el peso medio de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para el peso medio de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y las condiciones de cultivo (figura 9) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Se observa que, sin importar las condiciones de cultivo, el gen Ty1 presenta un peso medio significativamente menor. Tanto en condiciones convencionales como salinas, se evidencia diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos RR y ss para el gen Ty1. El genotipo ss muestra de manera consistente un peso medio superior en comparación con el genotipo RR. Destacándose como la variante que logra el mayor peso medio en ambas condiciones de cultivo evaluadas.

En el estudio realizado por Amorós (2017) con varias líneas de tomate Muchamiel, determino que los resultados obtenidos no presentaban diferencias

significativas. A excepción de la línea UMH972 con un peso medio más alto y la UMH1200 que presentaba un peso medio más bajo.

Estos resultados sugieren el gen Ty1 tienen un impacto negativo en el peso medio de los tomates Muchamiel.

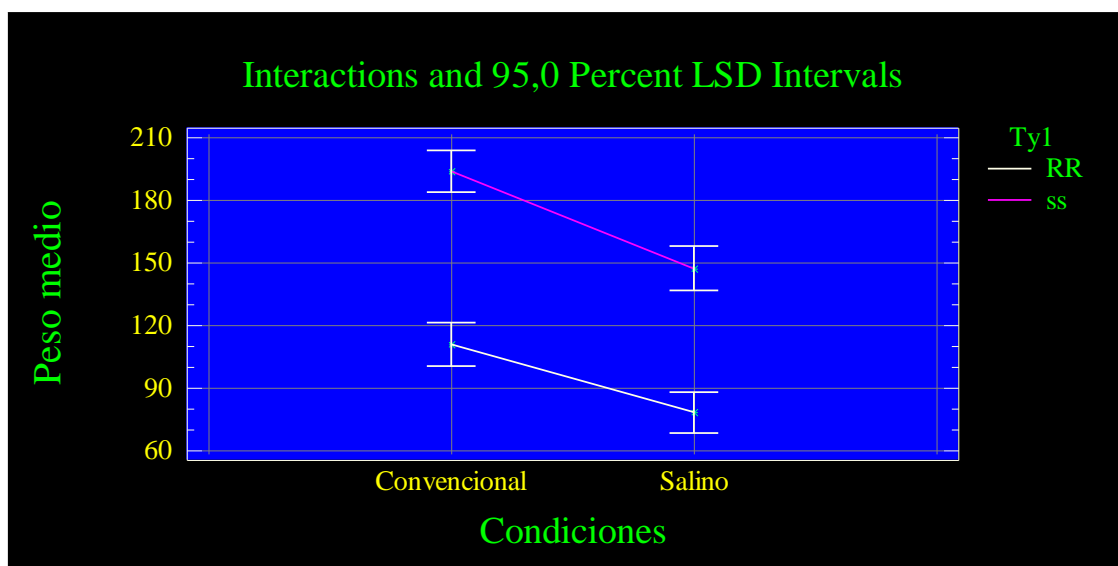


Figura 9. Gráfica de interacciones para el peso medio de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para el peso medio de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y las condiciones de cultivo (Figura 10) podemos destacar las siguientes conclusiones:

En condiciones convencionales si existe diferencias significativas entre los genotipos RR y ss para el gen Sw5, siendo el genotipo ss el que alcanza mayor peso medio. Sin embargo, en condiciones salinas no hay diferencias significativas.

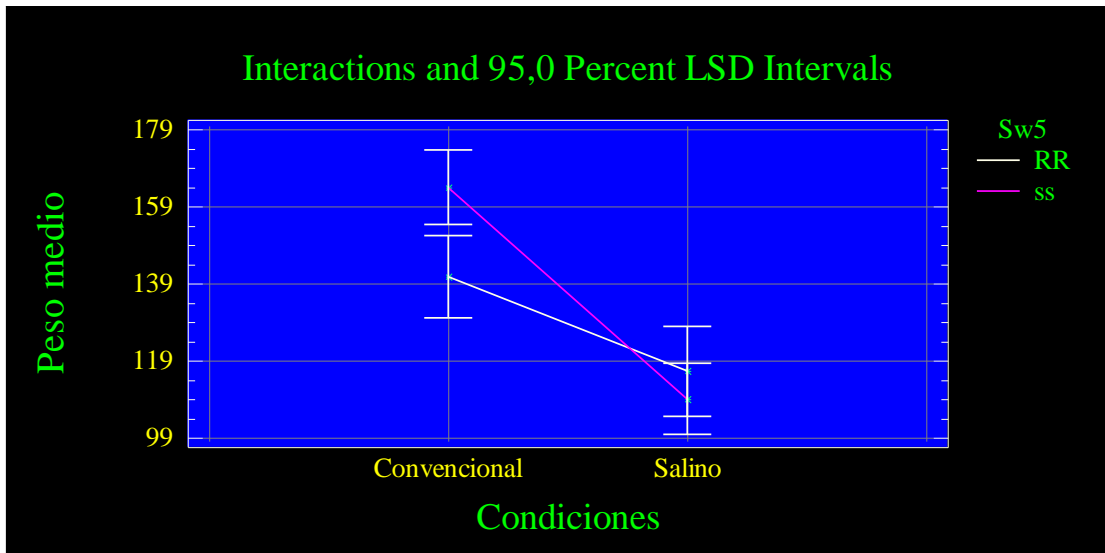


Figura 10. Gráfica de interacciones para el peso medio de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para el peso medio de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y Tm2a (Figura 11) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Se puede observar que existen diferencias significativas tanto para el genotipo RR a Tm2a como para el genotipo ss a Tm2a, siendo el ultimo el que presenta un peso medio mayor. El genotipo RR a Ty1 presenta un peso medio menor el genotipo ss a Ty1. Estos resultados sugieren el gen Ty1 tienen un impacto negativo en el peso medio de los tomates Muchamiel.

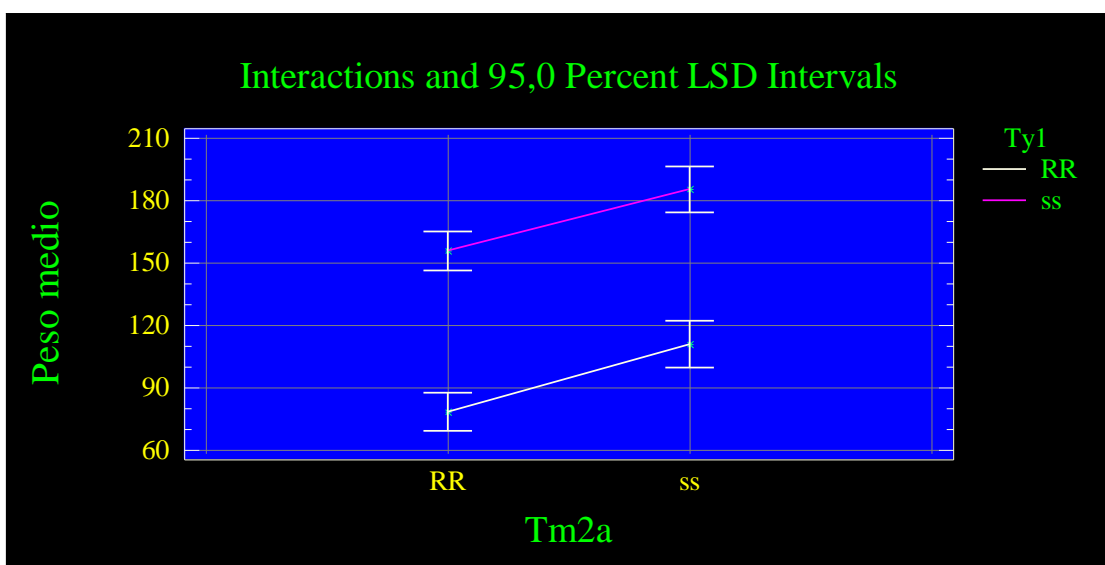


Figura 11. Gráfica de interacciones para el peso medio de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y Tm2a. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para el peso medio de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y Tm2a (Figura 12) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Existen diferencias significativas tanto para el genotipo RR a Tm2a como para el genotipo ss a Tm2a. No se aprecia una diferencia del peso medio cuando el genotipo es RR a Tm2a que cuando es ss a Tm2a. Cuando tenemos los genotipos RR a Tm2a y RR a Sw5 se aprecia un peso medio menor.

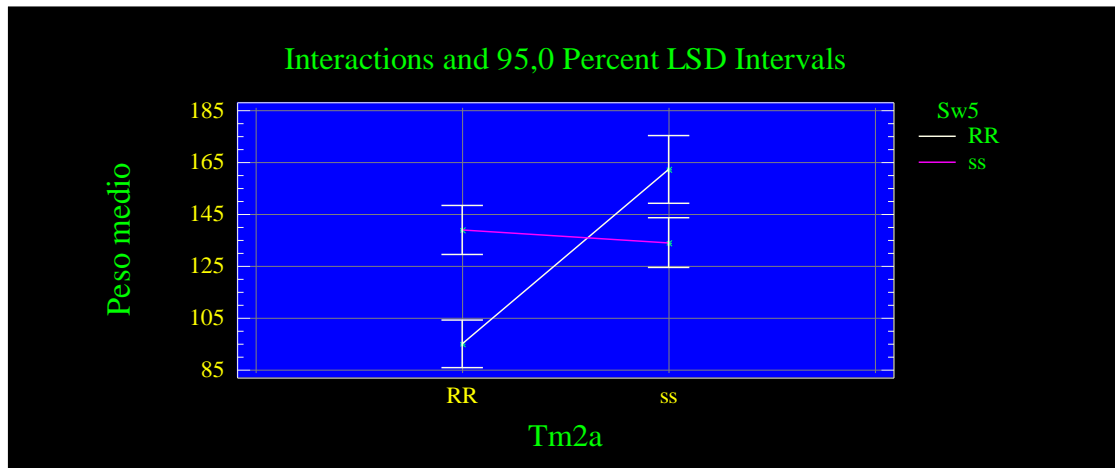


Figura 12. Gráfica de interacciones para el peso medio de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y Tm2a. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para el peso medio de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y Ty1 (Figura 13) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Se puede observar diferencias significativas para el genotipo RR a Ty1 y el genotipo ss a Ty1. La introducción del gen Ty1 afecta negativamente al peso medio.

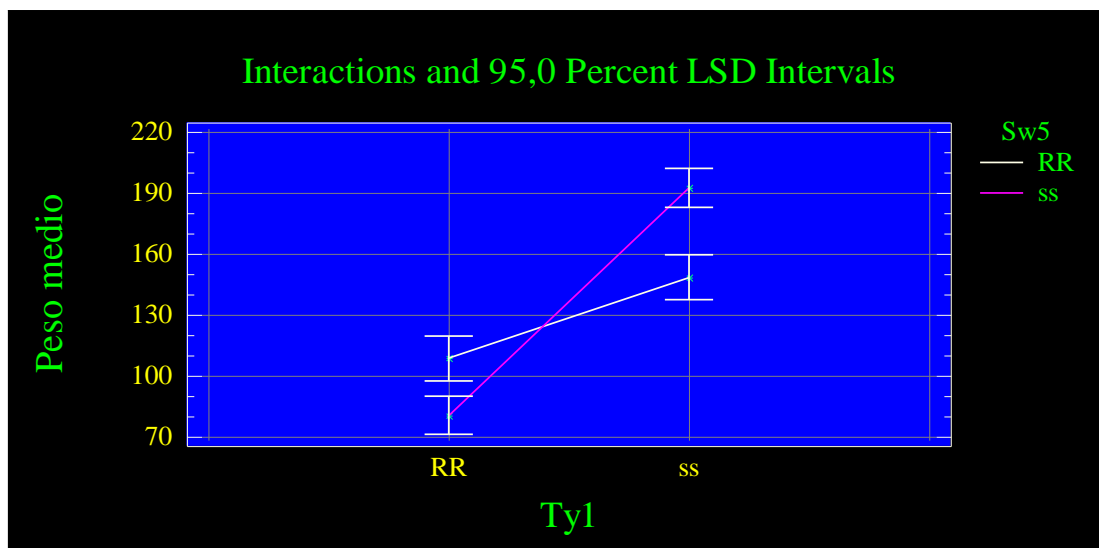


Figura 13. Gráfica de interacciones para el peso medio de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y Ty1. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

4.2. CARACTERES DE CALIDAD

4.2.1 SÓLIDOS SOLUBLES TOMATE DE LA PERA

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 13) muestra que existen diferencias significativas para las condiciones estudiadas y para el gen Ty1. No se han encontrado diferencias significativas para los genes Tm2a y Sw5. Las interacciones entre los factores son significativas.

Tabla 13. Análisis de la varianza para sólidos solubles total de tomate De la pera, de las diferentes líneas en condiciones convencionales y salinas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
A: Condiciones	25,2702	1	25,2702	181,4	<0,0001
B: Tm2a	0,115975	1	0,115975	0,83	0,3642
C: Ty1	2,48478	1	2,48478	17,84	0,0001
D: Sw5	0,23675	1	0,23675	1,70	0,1959
Interacciones					
AB	0,272603	1	0,272603	1,96	0,1656
AC	0,942733	1	0,942733	6,77	0,0110
AD	0,00143988	1	0,00143988	0,01	0,9193
BC	0,0675251	1	0,0675251	0,48	0,4882
BD	0,0397782	1	0,0397782	0,29	0,5945
CD	0,0320988	1	0,0320988	0,23	0,6325
Residual	11,5612	88	11,5612		
Total (corregido)	40,5111	93			

Como las interacciones no son significativas, se realiza un test de rango múltiple de Duncan (Tabla 11).

Existen diferencias significativas entre las condiciones de cultivo, siendo las salinas las que presenta mayor número de sólidos solubles.

Como se esperaba, comparando los resultados obtenidos en el estudio de tomate De la Pera de Salinas (2017). Coinciden los resultados, la mayor concentración de sólidos solubles se han obtenido en condiciones salinas.

Para los genes Tm2a y Sw5 no se observan diferencias significativas entre los genes RR y ss. Para el gen Ty1 si existen diferencias significativas, se puede observar un mayor número de sólidos solubles cuando el gen Ty1 es RR.

En resumen, los sólidos solubles en el tomate De la Pera no se ven tanto influenciados por los genes de resistencia si no por las condiciones de cultivo.

Tabla 11: Análisis de rango múltiple para los sólidos solubles para el tomate De la Pera para los tres genes de resistencia introducidos.

Factor	Niveles	Nº de valores	Brix (Medias)	Grupos homogéneos
Condiciones	Convencional	48	4,91	A
	Salino	46	5,96	B
Tm2a	RR	47	5,41	A
	ss	47	5,48	A
Ty1	ss	48	5,28	A
	RR	46	5,61	B
Sw5	RR	47	5,39	A
	ss	47	5,50	A

Valores seguidos por la misma letra, dentro del mismo factor, no difieren entre sí (Test de Duncan, $p < 0,05$)

4.2.2. SÓLIDOS SOLUBLES TOMATE MUCHAMIEL

Tabla 12. Análisis de la varianza para sólidos solubles total de tomate Muchamiel, de las diferentes líneas en condiciones convencionales y salinas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Condiciones	42,3352	1	42,3352	193,4	<0,0001
Tm2a	0,413893	1	0,413893	1,89	0,1729
Ty1	0,157776	1	0,157776	0,72	0,3983
Sw5	0,312541	1	0,312541	1,43	0,2356
Interacciones					
AB	0,237905	1	0,237905	1,09	0,3002
AC	0,393382	1	0,393382	1,80	0,1838
AD	0,163275	1	0,163275	0,75	0,3903
BC	0,376762	1	0,376762	1,72	0,1932
BD	3,02854	1	3,02854	13,84	0,0004
CD	0,586399	1	0,586399	2,68	0,1055
Residual	17,5043	80	0,218804		
Total (corregido)	67,0364	90			

Como las interacciones no son significativas, se realiza un test de rango múltiple de Duncan (Tabla 13).

Se puede observar que en condiciones salinas la media de sólidos solubles es significativamente mayor. En el trabajo realizado por Amorós (2017) con líneas de mejora Muchamiel, los resultados obtenidos fueron similares, el mayor valor de sólidos solubles se obtiene en condiciones salinas. Para los genes Tm2a, Sw5 y Ty1 no se observan diferencias significativas entre los genes RR y ss. Los sólidos solubles en el tomate Muchamiel no se ven tanto influenciados por los genes de resistencia si no por las condiciones de cultivo.

Tabla 13: Análisis de rango múltiple para los sólidos solubles para el tomate Muchamiel para los tres genes de resistencia introducidos.

Factor	Niveles	Nº de valores	Brix (Medias)	Grupos homogéneos
Condiciones	Convencional	45	4,46	A
	Salino	46	5,83	B
Tm2a	RR	48	5,07	A
	ss	43	5,21	A
Ty1	ss	48	5,10	A
	RR	43	5,18	A
Sw5	ss	47	5,08	A
	RR	44	5,20	A

Valores seguidos por la misma letra, dentro del mismo factor, no difieren entre sí (Test de Duncan, $p < 0,05$)

4.2.3. ACIDEZ TOMATE DE LA PERA

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 16) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. La interacción entre los factores (Condiciones y línea) también es significativa.

Tabla 14. Análisis de la varianza para la acidez en tomate De la Pera, de las diferentes líneas en condiciones convencionales y salinas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Condiciones	0,16888	1	0,16888	74,97	<0,0001
Tm2a	0,0259381	1	0,0259381	11,51	0,0011
Ty1	0,114721	1	0,114721	50,93	<0,0001
Sw5	0,0004081	1	0,0004081	0,02	0,8933
Interacciones					
AB	0,0140869	1	0,0140869	6,25	0,0144
AC	0,00362793	1	0,00362793	1,61	0,2080
AD	0,00020902	1	0,00020902	0,09	0,7614
BC	0,00065297	1	0,00065297	0,29	0,5917
BD	0,00407928	1	0,00407928	1,81	0,1821
CD	0,00311518	1	0,00311518	1,38	0,2430
Residual	0,186965	83	0,186965		
Total (corregido)	0,529341	93			

Como las interacciones no son significativas, se realiza un test de rango múltiple de Duncan (Tabla 15).

Se observa que hay diferencias significativas para la acidez en las condiciones de cultivo, siendo las condiciones salinas donde se observa un mayor porcentaje de acidez. En el trabajo realizado por Salinas (2017) con líneas de mejora de tomate De la pera, se han obtenido resultados similares.

No se observan diferencias significativas para el gen Sw5. Para los genes Tm2a y Ty1 existen diferencias significativas. Se observa que para el genotipo RR a Tm2a se obtiene un grado mayor de acidez que el genotipo ss a Tm2a. El genotipo RR a Ty1 presenta un grado de acidez menor que para el genotipo ss a Ty1.

Tabla 15: Análisis de rango múltiple para la acidez para el tomate De la Pera para los tres genes de resistencia introducidos.

Factor	Niveles	Nº de valores	% (Medias)	Grupos homogéneos
Condiciones	Convencional	48	0,33	A
	Salino	46	0,42	B
Tm2a	ss	47	0,36	A
	RR	47	0,39	B
Ty1	RR	46	0,34	A
	ss	48	0,41	B
Sw5	ss	47	0,37	A
	RR	47	0,37	A

Valores seguidos por la misma letra, dentro del mismo factor, no difieren entre sí (Test de Duncan, $p < 0,05$)

4.2.4. ACIDEZ TOMATE MUCHAMIEL

Tabla 16. Análisis de la varianza para la acidez en tomate Muchamiel, de las diferentes líneas en condiciones convencionales y salinas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Condiciones	0,0982234	1	0,0982234	29,49	<0,0001
Tm2a	0,00043274	1	0,00043274	0,13	0,7195
Ty1	0,0905188	1	0,0905188	27,18	<0,0001
Sw5	0,0292273	1	0,0292273	8,78	0,0040
Interacciones					
AB	0,0114328	1	0,0114328	3,43	0,0676
AC	0,0238264	1	0,0238264	7,15	0,0091
AD	0,0131928	1	0,0131928	3,96	0,05
BC	0,0520189	1	0,0520189	15,62	0,0002
BD	0,0531641	1	0,0531641	15,96	0,0001
CD	0,0935279	1	0,0935279	28,08	<0,0001
Residual	0,263109	79	0,00333049		
Total (corregido)	0,746999	89			

Dado que las interacciones resultan ser significativas, no se pueden utilizar los test de rango múltiple. En este caso debemos utilizar las gráficas de interacción.

Al examinar la gráfica de interacciones para la acidez de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y las condiciones de cultivo (Figura 14) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Se puede apreciar que los niveles de acidez para el gen Tm2a en condiciones convencional presenta una acidez superior, que para el gen ss, sin

ser significativa. Para las condiciones salinas si que se observa diferencia significativa, para el gen Tm2a presenta una acidez inferior a ss. Solo se han encontrado diferencias significativas para las condiciones salinas.

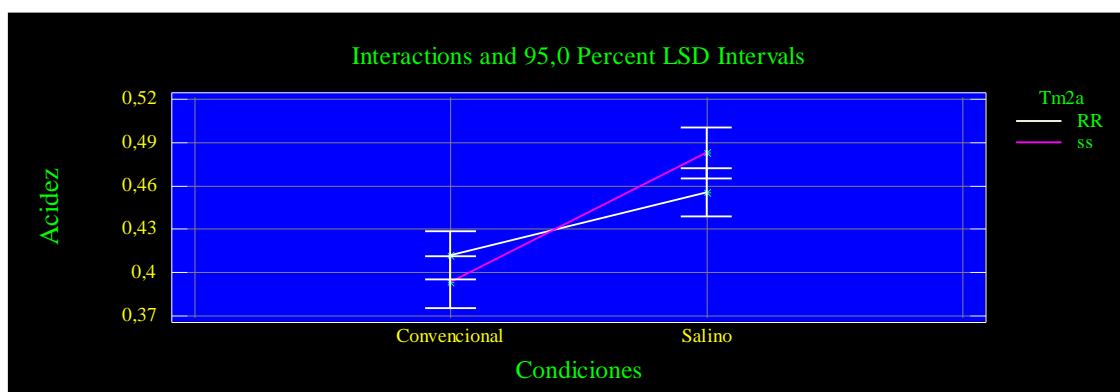


Figura 14. Gráfica de interacciones para la acidez de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y las condiciones. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para la acidez de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y las condiciones de cultivo (Figura 15) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Independientemente de las condiciones, el genotipo gen Ty1 presenta una acidez menor. Estos resultados sugieren el genotipo Ty1 tienen un impacto significativo en la acidez de los tomates Muchamiel. En cuanto al gen ss a Ty1, tanto en condiciones convencionales y salinas presenta un grado de acidez mayor. Se puede apreciar una diferencia significativa respecto a las condiciones salinas, el gen Ty1 en condición salina presenta unos valores de acidez muy inferiores a los del gen ss a Ty1 en condiciones salinas.

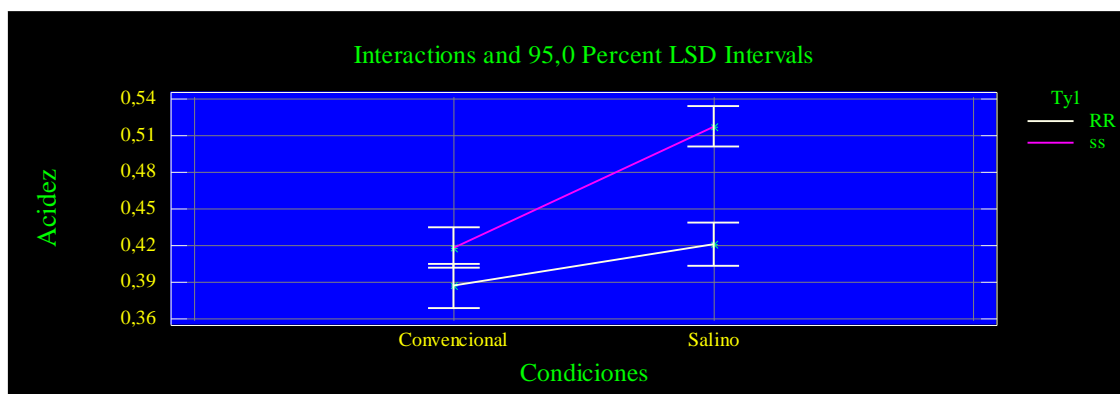


Figura 15. Gráfica de interacciones para la acidez de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y las condiciones. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para la acidez de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y las condiciones de cultivo (Figura 16) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Independientemente de las condiciones, el gen Sw5 presenta una acidez mayor para el genotipo RR a Sw5 que para el genotipo ss a Sw5. No se observan diferencias significativas para las condiciones convencionales, pero si para las condiciones salinas, donde las condiciones salinas presentan un grado de acidez mayor.

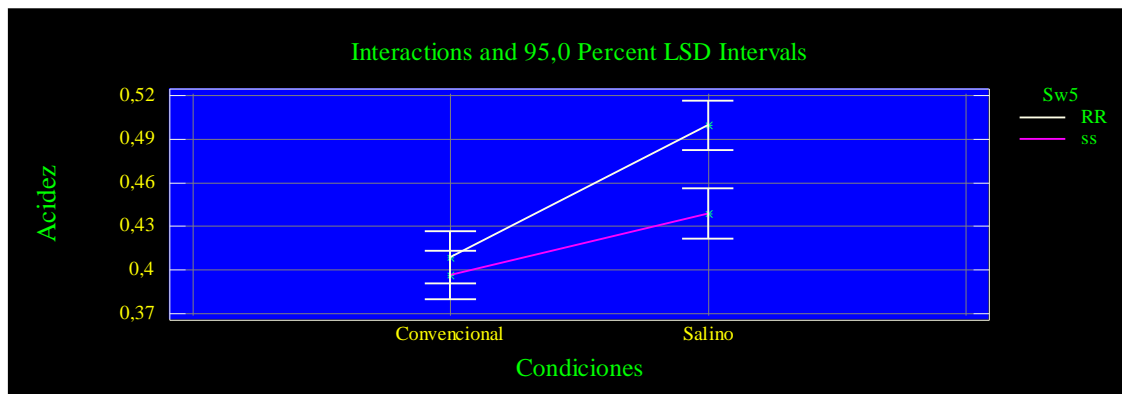


Figura 16. Gráfica de interacciones para la acidez de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y las condiciones. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para la acidez de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y Tm2a (Figura 17) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Independientemente de gen Tm2a, el gen Ty1 presenta una acidez menor que ss. Existe una diferencia muy significativa del gen Ty1 y Tm2a, donde la acidez es muy baja en comparación con Tm2a y ss a Ty1. Estos valores hacen pensar que el gen Ty1, reduce los valores de acidez.

Comparando los resultados de acidez con los obtenidos por Amorós (2017), coincido que los valores de mayor acidez se han obtenido en condiciones salinas.

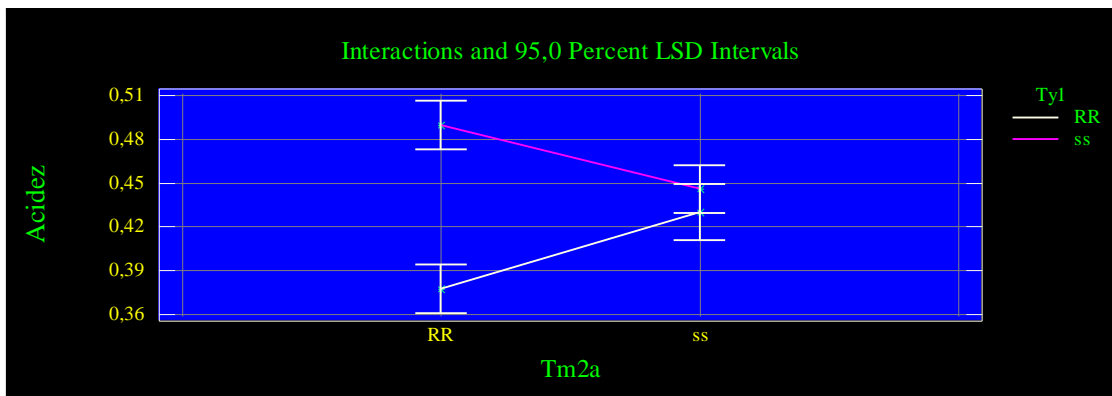


Figura 17. Gráfica de interacciones para la acidez de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Ty1 y Tm2a. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para la acidez de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y Sw5 (Figura 18) podemos destacar las siguientes conclusiones:

No se observan diferencias significativas para el genotipo RR a Tm2a, pero si se observan diferencias significativas para el genotipo ss a Tm2a. El genotipo ss a Tm2a presenta una acidez menor que para genotipo RR a Tm2a. Se observa que mayor grado de acidez para el genotipo RR a Sw5 que para el genotipo ss a Sw5.

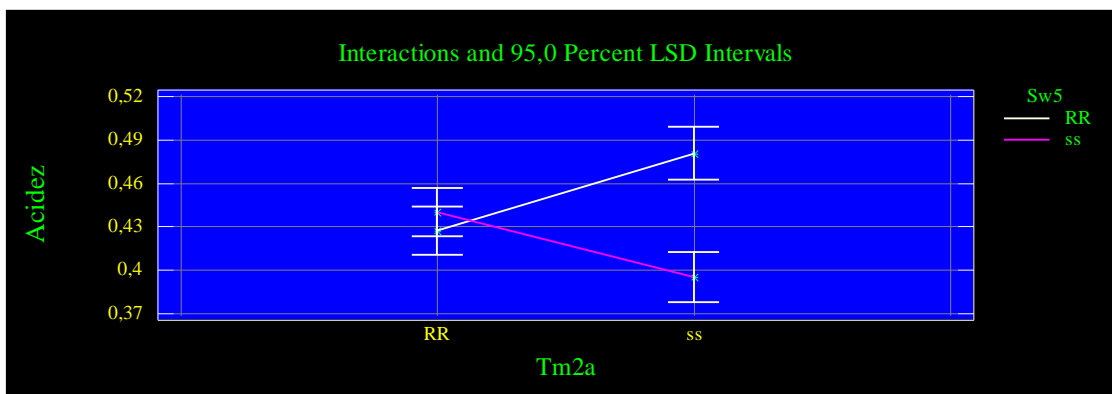


Figura 18. Gráfica de interacciones para la acidez de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Tm2a y Sw5. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al examinar la gráfica de interacciones para la acidez de tomate Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y Ty1 (Figura 19) podemos destacar las siguientes conclusiones:

Existen diferencias significativas para el genotipo RR a Ty1, pero no se observan para el genotipo ss a Ty1. La acidez del genotipo RR a Sw5 no

presenta diferencias significativas. Se puede observar que la introducción del gen Ty1 afecta considerablemente a la reducción de la acidez.

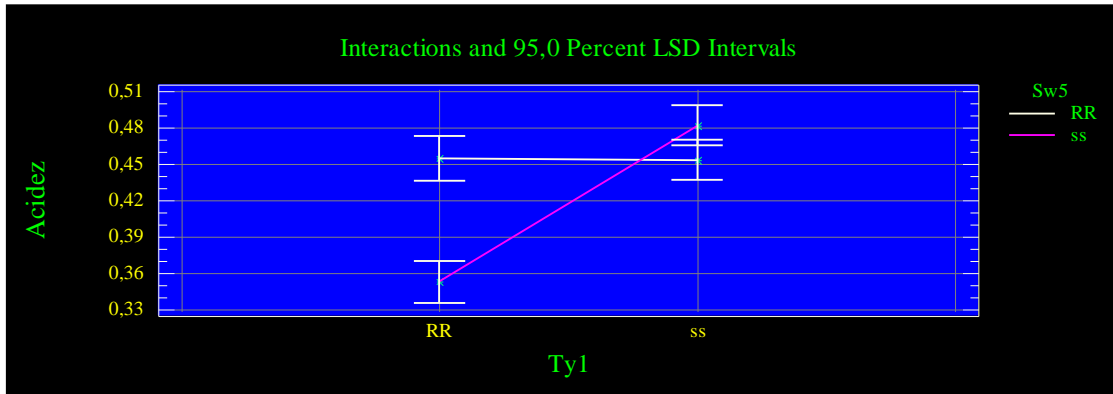


Figura 19. Gráfica de interacciones para la acidez de tomates Muchamiel en condiciones convencionales y salinas para el gen Sw5 y Ty1. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

5. CONCLUSIONES.

Para los caracteres productivos, la mayor producción para el tomate De la Pera se ha obtenido en condiciones salinas, y para el tomate Muchamiel no existen diferencias significativas, pero en condiciones convencionales se ha obtenido una producción superior a la de las condiciones salinas. Se ha observado que para el gen Sw5 no existen diferencias significativas que afecten a la producción. Para el gen Tm2a para alguno de los casos existe diferencias sin llegar a ser significativas. Respecto al gen Ty1, se observa que la introducción de este gen reduce la producción del cultivo.

Para el peso medio de los frutos para la variedad de tomate De la Pera, se ha obtenido una diferencia significativa en cuanto al peso medio. Siendo superior para las condiciones convencionales. Se ha observado que para el gen Sw5, no existen diferencias significativas que afecten al peso medio de los frutos. Para el gen Tm2a existen algunas diferencias respecto al genotipo ss a Tm2a, teniendo el primero un peso medio superior. Respecto al gen Ty1, se observa que la introducción de este gen reduce la producción media. Para el tomate Muchamiel también se ha obtenido el mayor peso medio en condiciones convencionales. Para el gen Tm2a existen diferencias respecto a al genotipo ss a Tm2a, teniendo el segundo un peso medio superior. Se ha observado que para el gen Sw5, no existen diferencias significativas que afecten al peso medio de los frutos. Respecto al gen Ty1, se observa que la introducción de este gen reduce la producción media.

En cuanto a los caracteres de calidad tanto para el tomate De la pera como para el tomate Muchamiel, se observa el efecto más claro de las condiciones ambientales. Las condiciones salinas han mostrado valores más elevados en cuanto a sólidos solubles y acidez. Si cabe destacar que la introducción del gen Ty1 repercute sobre la acidez, haciendo que esta disminuya.

6. BIBLIOGRAFÍA

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

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

Escobar, H; Lee, R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero (en línea). v.2. 2 ed. Bogotá, Colombia. 180 p. Consultado 22 de jul. 2016. Disponible en pdf-manual_produccion_de_tomate_-_pag.-_web-11-15.pdf

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

FAO. <http://www.fao.org/statistics/es/>

Folquer, F. (1976). El tomate estudio de la planta y su producción comercial. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.

MAPA. <https://mapa.gob.es/>

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

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

Rick, C.M. (1978) El tomate. *Investigación y Ciencia* nº25

Salinas, J.F. Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L) De la Pera en distintas condiciones de cultivo. Trabajo Fin de Máster. Universidad Miguel Hernández. (2017).