

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y AGROAMBIENTAL.**



**EVALUACION DE LINEAS DE MEJORA DE
TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)
MUCHAMIEL EN DISTINTAS CONDICIONES DE
CULTIVO**

TRABAJO FIN DE GRADO

Diciembre 2016

Autor: Enrique Vañó Bodí

Tutor: Santiago García Martínez

Tutora: Aranzazu Alonso Sanchís

Resumen

En este trabajo se ha evaluado el efecto de diferentes condiciones ambientales (convencional y bajos insumos) sobre los caracteres de calidad contenido de sólidos solubles y acidez en una colección de líneas de mejora de tomate Muchamiel con distintas resistencias genéticas a virus, derivadas del Programa de mejora de la EPSO-UMH.

La mayoría de líneas obtienen mayor contenido en sólidos solubles en condiciones convencionales que en bajos insumos. Solo en la línea 879 y la variedad tradicional BfT no se han encontrado diferencias entre las dos condiciones de cultivo. Las líneas 1000 y UMH1200 son las que tienen mayores diferencias entre los valores de sólidos solubles en las dos condiciones ambientales, siendo cercano a 1ºBrix a favor de las condiciones convencionales en ambos casos. En las líneas 879, 972, 993, BfT, UMH1200, UMH1200xBfT el valor de acidez en el ambiente convencional es mayor que en el de bajos insumos.

Palabras clave: Bajos insumos, Cultivo convencional, resistencia a virus.

Abstract

The objective of this work is to evaluate the effect of different environmental conditions (conventional and low inputs) on quality characteristics of soluble solids and acidity in a collection of lines of improvement of Muchamiel tomato with different genetic resistance to viruses, derived from the EPSO-UMH Breeding Program.

Most of the lines obtain higher soluble solids contents in conventional conditions than in low inputs. Only in line 879 and the traditional BfT variety no differences were found between the two growing conditions. The lines 1000 and UMH1200 are those that have greater differences between the values of soluble solids in the two environmental conditions, being close to 1ºBrix in favor of the conventional conditions in both cases. In lines 879, 972, 993, BfT, UMH1200, UMH1200xBfT the acid value in the conventional environment is higher than in the low-input.

Key words: low-inputs, conventional conditions, viruses resistance.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer especialmente a mi tutor D. Santiago García Martínez y Dña. Aránzazu Alonso Sanchís así como también a Juan José Ruiz Martínez por darme la oportunidad de realizar este trabajo en el departamento de Biología Aplicada y por la ayuda prestada tanto en la malla de cultivo como en el laboratorio. Ya que han sido una parte clave de mi paso por esta universidad desde el primer día.

También por su esfuerzo y sacrificio a mi familia, tanto a mis padres, como mi hermano quienes desde bien pequeño me pusieron en contacto con la agricultura y han luchado tanto como yo para que esto salga adelante así como a la parte de mis tíos Carlos, Susi, y primos Laura y Juan Carlos. Por ese apoyo incondicional y ese creer en mí que me hace ser el que hoy soy

A mis amigos Raúl, Adrián Santi, Iván y Cristian que desde la distancia han estado apoyándome en los momentos más complicados y sobretodo haciéndome pasar grandes ratos los fines de semana que podía disfrutar de ellos.

A la Universidad Miguel Hernández.

Por ultimo a mis compañeros y amigos de la universidad en especial a Manuel, Alfonso, Fernando, y Carmelo por la paciencia que tienen a diario conmigo, así como a los compañeros de la especialidad de industrias

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	ORIGEN DEL TOMATE.....	1
1.1.1.	Situación taxonómica.....	1
1.1.2.	Características botánicas y fisiológicas.....	4
1.1.3.	Composición del fruto.....	7
1.2.	IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE.....	7
1.2.1.	A nivel Mundial y Europeo.....	7
1.2.2.	A nivel nacional.....	10
1.3.	VARIETADES TRADICIONALES DE TOMATE.....	13
1.3.1.	El tomate de Muchamiel.....	14
1.3.2.	Programa mejora genética.....	16
1.4.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN A LA QUE PERTENECE ESTE TRABAJO FIN DE GRADO.....	17
2.	OBJETIVOS.....	20
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	22
3.1.	MATERIAL VEGETAL EMPLEADO.....	22
3.2.	CONDICIONES DEL CULTIVO.....	22
3.2.1.	Instalaciones.....	23
3.3.	PRÁCTICAS DE CULTIVO.....	23
3.3.1.	Semillero.....	23
3.3.2.	Preparación del terreno.....	23
3.3.3.	Transplante.....	24
3.3.4.	Marco de Plantación.....	24
3.3.5.	Entutorado y poda.....	25
3.3.6.	Fertirrigación.....	25
3.3.7.	Tratamientos Fitosanitarios.....	27
3.3.8.	Recolección.....	28
3.4.	PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.....	28
3.4.1.	Diseño Experimental.....	28
3.5.	CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.....	30
3.5.1.	Sólidos solubles.....	30
3.5.2.	Acidez.....	31
3.6.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	32
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34

4.1. SOLIDOS SOLUBLES	34
4.2. ACIDEZ	35
4.3. CORRELACIONES.....	37
5. CONCLUSIONES.....	40
6. BIBLIOGRAFÍA.....	42



Índice de Figuras:

Figura 1. Ilustración de la planta de tomate en el herbario de Konrad Gessener, realizada en 1553 (izquierda). Representación de la planta de tomate en “Icones Plantarum Medicinalium” (Joseph Jacobi Plenck, 1788) (derecha).....	2
Figura 2. Posibles rutas de propagación del tomate a partir del siglo XVI (Basado en Esquinas–Alcázar y Nuez, 1995).	3
Figura 3. Vista exterior, Sección longitudinal, Sección Transversal del fruto del tomate. Fuente: Universidad Politécnica de Valencia.	6
Figura 4. Frutos del tipo varietal Muchamiel en el estado de maduración óptimo de consumo, con distintas formas y colores: muy fasciada (A), arriñonados (B), redondeados (C), aperados (D) y de color rosa (E).	15
Figura 5. Esquema del programa de mejora de la EPSO.	17
Figura 6. Invernadero utilizado en el ensayo de Orihuela.	23
Figura 7. Imagen del ensayo en condiciones convencionales en la EPSO.....	24
Figura 8. Entutorado de las plantas utilizado en la EPSO.....	25
Figura 9. Frutos de tomate. Variedad 972 en condiciones convencionales (Izquierda). Frutos de tomate. Variedad AU1200xB.f.T. en condiciones de bajos insumos (Derecha).	28
Figura 10. Esquema de la disposición de las plantas en el invernadero de Orihuela.....	29
Figura 11. Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la variedad 18 Tradicional cultivada en Bajos Insumos.....	30
Figura 12. Refractómetro.....	31
Figura 13 pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.	32
Figura 14. Contenido de sólidos solubles (°Brix) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD) al 95% de nivel de confianza.	35
Figura 15. Acidez (%) para las diferentes líneas y ambientes de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.....	37

Índice de tablas:

Tabla 1: Composición nutritiva del tomate por cada 100 gramos de producto comestible, según Folquer (1976) y Watt et al. (1975).....	7
Tabla 2. Tabla 2. Superficie y producción de tomate de los 10 principales países del mundo en el año 2014(F.A.O. 2016).....	8
Tabla 3. Producción, Superficie y Rendimiento a nivel Mundial en el periodo 2000 al 2013 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2013, consultado en 2016).....	9
Tabla 4. Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor. Fuente: (Anuario de Estadística MAGRAMA 2014) consultado 2016.	100
Tabla 5. Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción, 2013 Fuente:(Anuario de Estadística MAGRAMA 2014) consultado 2015.	122
Tabla 6. Genotipo de las variedades tradicionales y líneas estudiadas, para los 3 genes de resistencia introducidos (Tobaco mosaic virus (TMV), Tm-2 ^a ; Tomato spotted wilt virus (TSWV), Sw-5; Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV), Ty-1):.....	22
Tabla 7. Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo.	26
Tabla 8. Productos utilizados durante la fase del cultivo.....	27
Tabla 9. Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo.	28
Tabla 10. Análisis de la varianza para la producción total de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.	34
Tabla 11. Análisis de la varianza para la producción comercial de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.	36
Tabla 12 Correlaciones del contenido en sólidos solubles y acidez con otros parámetros agronómicos Análisis de rango múltiple para la producción comercial de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.....	38.

1.-INTRODUCCIÓN.



1. INTRODUCCIÓN

1.1. ORIGEN DEL TOMATE

1.1.1. Situación taxonómica

El tomate cultivado pertenece a la familia de las solanáceas, la cual comprende 98 géneros y cerca de 2800 especies que crecen en una gran diversidad de hábitats, desde zonas áridas hasta la alta montaña. Esto ha contribuido, en buena medida, a la importante variabilidad genética presente entre las especies de este grupo (Olmstead y Bohs, 2007).

La taxonomía del tomate ha sufrido cambios a través del tiempo, originalmente el tomate fue clasificado como *Solanum lycopersicum* por Linneo, después fue reclasificado por Miller (1754) como *Lycopersicon esculentum*. En la actualidad el tomate se clasifica como *Solanum lycopersicum* L. (Child, 1990; Peralta et al., 2008).

El centro de origen del antiguo género *Lycopersicon* es la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta área crecen espontáneamente las diversas especies del género y también es donde *S. lycopersicum*. El lugar donde se produjo la domesticación ha sido controvertido, sin embargo es comúnmente aceptada la hipótesis según la cual, *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, originaria de la región Andina, fue exportada a México como mala hierba, donde se domesticó y posteriormente se difundió hacia el Viejo Mundo (Jenkins, 1948; Rick, 1958). Hay evidencias históricas, arqueológicas y moleculares que apoyan esta hipótesis.

Sobre cómo se realizó la domesticación en México, existen hipótesis que sugieren que fue una domesticación tardía. En el sur de México el tomate se presenta como una mala hierba, siendo frecuente en los campos de maíz en barbecho y otros espacios modificados por el hombre. Es verosímil que esta mala hierba fuese la materia prima para la domesticación del tomate (Jenkins, 1948), posiblemente cuando ya otros cultivos como calabazas, chiles y maíz habían sido domesticados (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

Se mantiene además, que el tomate alcanzó un grado elevado de domesticación antes de su llegada a Europa. Esto se infiere de la gran diversidad de tipos, tamaños, formas y colores representados en los herbarios de la época. En ellos aparecen tanto tomates de fruto pequeño y liso de color

amarillo o rojo, como tomates de tamaño grande, generalmente acostillados (Figura 1).



Figura 1. Ilustración de la planta de tomate en el herbario de Konrad Gessener, realizada en 1553 (izquierda). Representación de la planta de tomate en "Icones Plantarum Medicinalium" (Joseph Jacobi Plenck, 1788) (derecha).

Cuando el tomate ya había alcanzado un alto grado de domesticación en México (Rick, 1976, 1978), los colonos españoles lo transportaron a Europa, alrededor del año 1500 como muestra la Figura 2. El tomate se extendió en Europa progresivamente, debido a lo vistoso del fruto y la existencia de formas de consumo independientes del chile (Montes y Aguirre, 1992).

La aceptación del tomate fue muy desigual. En España e Italia se utilizó en la alimentación humana prácticamente desde su introducción (Rick, 1978), en la mayoría de los otros países fue utilizada sólo como planta ornamental debido a creencias infundadas sobre sus efectos, al relacionarla con otras solanáceas de reconocida toxicidad, ricas en alcaloides. Estas supersticiones perduraron en algunas zonas hasta el siglo XIX, de forma que en los países del centro y norte de Europa el cultivo del tomate no alcanzó importancia hasta principios del siglo XX.

En las primeras introducciones en África tuvieron un papel destacado los turcos y portugueses, además de los españoles. Los turcos controlaban una extensa red comercial y difundieron este cultivo desde el mar Mediterráneo hacia los Balcanes y Europa Oriental por un lado y hacia el golfo Pérsico por otro. Los comerciantes portugueses, con enclaves comerciales en Mozambique y Angola, llevaron el tomate al África tropical. Probablemente también tuvieron importancia los mercantes y colonos europeos posteriores (Tindall, 1977; Vilarreal, 1980).

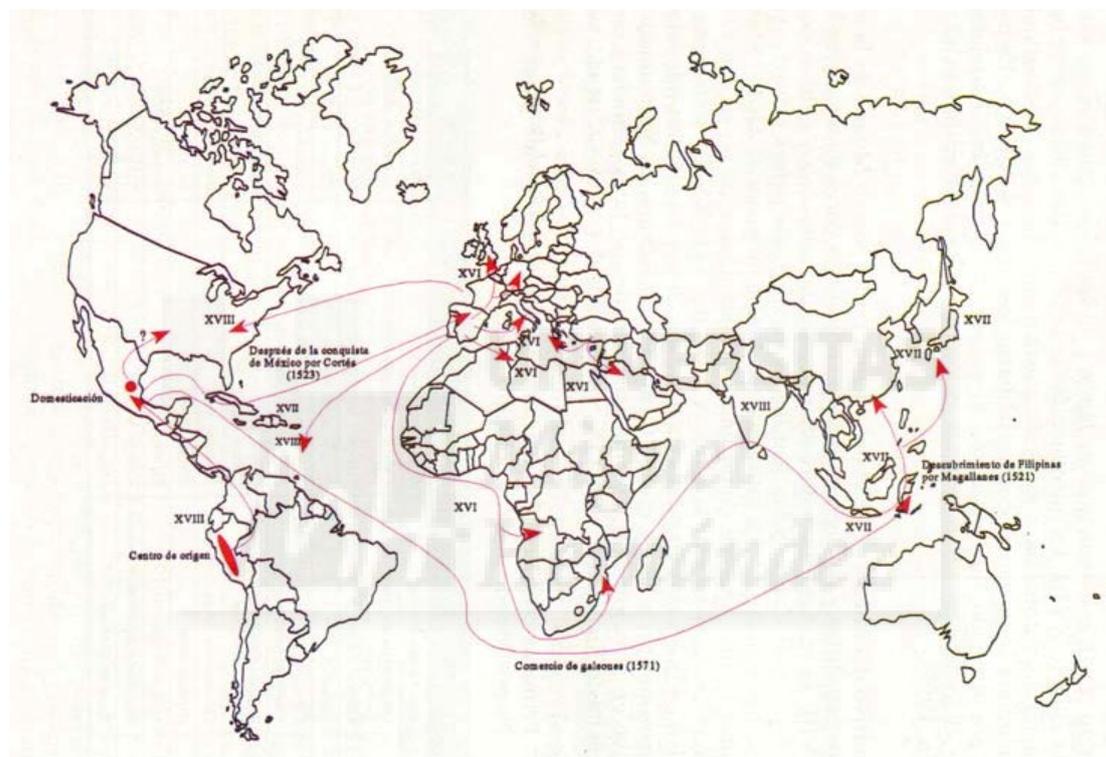


Figura 2. Posibles rutas de propagación del tomate a partir del siglo XVI (Basado en Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

Posiblemente, las primeras introducciones de tomate en el continente asiático tuvieron lugar en Filipinas, a través del comercio de galeones que mantenía la ciudad de Manila con España y las colonias americanas, en el siglo XVI. El comercio marítimo entre estas islas y los países vecinos como China, Japón y la India podría haber contribuido a su posterior difusión por el continente. La existencia de enclaves comerciales portugueses en el sudeste asiático señala otra ruta posible de entrada y difusión. Aunque estos enclaves

eran ya importantes en el siglo XVI, las primeras referencias sobre el cultivo son más tardías. En Corea fue introducido en el siglo XVII, mientras que en Japón y la India su cultivo no se conoce hasta el siglo XVIII. La introducción en la China fue tardía y ninguno de los antiguos autores hace mención a esta planta. En estas zonas el cultivo no adquiere importancia comercial hasta los siglos XIX y XX. Es probable por otro lado que británicos, alemanes y franceses, hubieran introducido el tomate en sus respectivas colonias asiáticas (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995).

El cultivo del tomate se extendió además por el Nuevo Mundo de la mano de los españoles y portugueses en sus colonias. A partir de los siglos XVII y XVIII se encuentran referencias acerca del cultivo y consumo de esta hortaliza en el Caribe y las Antillas y en distintos países centro y sudamericanos. La introducción directa de material desde México a Estados Unidos aparece como una posibilidad, aunque no se han encontrado referencias en este sentido. A partir del siglo XVIII ya se conoce su cultivo en la costa oriental norteamericana, donde ha sido introducido por colonos europeos. De la misma forma que en Europa, en Norteamérica se cultivó en principio como planta ornamental y no tuvo verdadera importancia hasta finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Rick, 1978).

1.1.2. Características botánicas y fisiológicas.

La planta de tomate es anual en su cultivo y puede ser semiperenne en regiones tropicales. (Valadez, 1997).

La semilla del tomate tiene forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 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 hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el 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).

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. 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. La epidermis está especializada en la absorción del agua y nutrientes generalmente tiene pelos absorbentes. Debajo de la epidermis se encuentra el córtex, que es un anillo de tres o cuatro células de espesor. La capa más interna constituye a la endodermis que establece el límite entre el córtex y el cilindro central. El cilindro central es un tejido uniestratificado a partir del cual se forman las raíces secundarias (Picken et al., 1986). En las variedades cultivadas, la raíz puede extenderse superficialmente sobre un diámetro de 1.5 m y alcanzar más de 0.5 m de profundidad. Generalmente, el 70 % de las raíces se localizan a menos de 20 cm de la superficie (Varga y Bruinsma, 1986).

El tallo del tomate es anguloso, recubierto en toda su longitud de pelos perfectamente visibles, muchos de los cuales, al ser de naturaleza glandular, le confieren a la planta un olor característico. En un principio el porte del tallo es erguido, hasta que llega un momento en que por simples razones de peso rastrea por el suelo. 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).

- Cultivares con tallos de crecimiento determinado: aquellos en los que una vez que se han producido lateralmente varios pisos de inflorescencias (cada 1 ó 2 hojas) se detiene el crecimiento del tallo principal por la aparición de una inflorescencia terminal.

- Cultivares con tallos de desarrollo indeterminado: son los que poseen en el ápice del tallo un meristemo de crecimiento que produce un alargamiento continuado del tallo principal, formándose inflorescencias solamente en posición lateral (generalmente cada 3 hojas).

Las hojas del tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 0.5 m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas están recubiertas de pelos del mismo tipo que los del tallo (Coleman y Greyson, 1976; Picken et al., 1986).

El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada uno de los cuales 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 encuentran las

flores en plantas de hábito determinado, y en las de hábito indeterminado se forman a partir del séptimo o décimo nudo y cada cuatro hojas (Valadez, 1997).

La flor del tomate es perfecta, regular e hipóginea y consta de 5 ó más sépalos, de 5 ó más pétalos dispuestos en forma helicoidal a intervalos de 135° , 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 fruto del tomate 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 500 g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo (Figura 3). El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión.

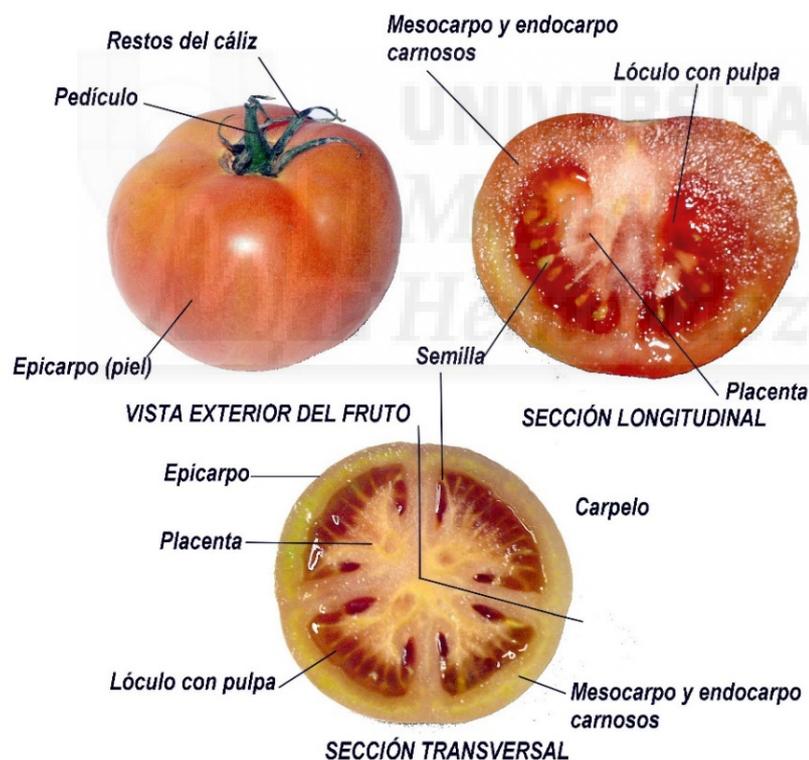


Figura 3. Vista exterior, Sección longitudinal, Sección Transversal del fruto del tomate. Fuente: Universidad Politécnica de Valencia.

El color del fruto del tomate generalmente rojo en la maduración, aunque algunas variedades pueden presentar otras coloraciones como, amarillo,

violeta, etc. La superficie de la baya puede ser lisa o acostillada y en su interior se delimitan claramente los lóbulos carpelares, que pueden variar entre 2 y 30, el diámetro de los frutos varía entre 3 y 16 cm (Nuez et al., 1997).

1.1.3. Composición del fruto.

Según un estudio adelantado 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 vitaminas y minerales en esta región, destacándose las vitaminas C y A.

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

Composición nutritiva del tomate/100g de producto	
Agua	94%
Hidratos de carbono	4 g
Grasas	0.2g
Proteínas	1 g
Cenizas	0.3g
Otros (ácidos, licopeno, etc,)	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.

1.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE

1.2.1. A nivel Mundial y Europeo

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).

En los últimos 10 años la superficie cultivada alrededor del mundo aumentó un 14,6%, mientras la producción lo hizo un 26,2%. 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, donde se puede observar que en los principales países productores de tomate el rendimiento incrementó entre un 2 y un 31% en el período 2002-2012 (FAOstat, 2014).

Tabla 1. Superficie y producción de tomate de los 10 principales países del mundo en el año 2014 (F.A.O. 2016)

Posición	Región	Producción (t)	Área cosechada (ha)
1	China	50.552.200	980.100
2	India	18.227.000	880.000
3	EEUU	12.574.550	149.977
4	Turquía	11.820.000	311.000
5	Egipto	8.533.803	212.946
6	Irán	6.174.182	163.595
7	Italia	4.932.463	95.304
8	Brasil	4.187.646	62.687
9	España	3.683.600	45.299
10	México	3.282.583	87.165
	TOTAL MUNDIAL	164.492.970	2.493.810

Este incremento de rendimiento ha dado un aumento creciente de la producción mundial, para poder absorber estos volúmenes se han producido una serie de cambios en la demanda final del producto: aumento de la diversidad (aspecto exterior e interior), desarrollo de nuevas variedades (tipo ramillete y tipo cereza), mejora y variedad de en el producto procesado (salsas, jugos, purés, pastas, concentrado, tomate al natural, triturado, en polvo, ...)

apertura de nuevos mercados de exportación, (este de Europa, Rusia, Estados Unidos, Canadá, etc.)

Tabla 2. Producción, Superficie y Rendimiento a nivel Mundial en el periodo 2000 al 2013 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2013, consultado en 2016).

Año	Producción millones de Kg.	Superficie Cosecha Ha	Rendimiento Kg/m²
2000	110.398	3.906.237	39,06
2001	108.262	3.886.762	38,87
2002	116.532	4.012.544	40,13
2003	119.479	4.095.337	40,95
2004	128.414	4.239.262	42,39
2005	129.374	4.290.411	42,90
2006	131.285	4.226.522	42,27
2007	137.496	4.266.467	42,66
2008	141.101	4.250.162	42,50
2009	154.406	4.549.486	45,49
2010	152.082	4.543.167	45,43
2011	158.207	4.722.430	47,22
2012	161.856	4.933.077	49,33
2013	164.492	4.725.416	47,25

La producción de tomate en el mundo durante los últimos cinco años ha experimentado un crecimiento continuo, ya que en el año 2008 la producción fue de 141.101 millones de kilos, en 2009 fue de 154.406 millones de kilos, en 2010 se produjeron 152.082 millones de kilos, en 2011 la producción mundial fue de 158.207 millones, en 2012 la producción mundial fue de 161.326 millones de kilos de tomate, siendo la producción de 2013 163.963 millones de kilos de tomate como indica el Grafico 1.

Aunque la producción en los años 2012-2013 ha ido en aumento, la superficie empleada para el cultivo ha disminuido, debido a una mejora en las técnicas de cultivo que da como resultado un aumento de rendimiento como podemos apreciar en la tabla 3.

Si bien se cultiva tomate en más de cien países, tanto para consumo

fresco como para industria, los diez principales productores concentran más del 70 % del total mundial como muestra la tabla 4.

1.2.2. A nivel nacional

La cuenca mediterránea es una región relevante en la producción de tomate al aire libre.

Por sus condiciones ambientales no es de extrañar que dentro de la Unión Europea los dos principales productores sean Italia y España, con el 34% y el 26% de la producción comunitaria (FAOstat, 2014).

En España el cultivo tiene una gran relevancia, representando el 15% de la superficie y el 30% 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.

Tabla 4. Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor. Fuente: (Anuario de Estadística MAGRAMA 2014) consultado 2016.

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (miles de euros)
2003	63,0	627	3.947,3	49,09	1.937.743
2004	69,9	627	4.383,2	41,21	1.806.318
2005	72,3	665	4.810,3	52,19	2.510.496
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

A pesar de la evolución alcista de la producción mundial, en los últimos años la producción en España se encuentra estancada. El aumento de rendimiento del cultivo es contrarrestado con la reducción de la superficie cultivada. Podemos resaltar estos dos factores:

- la dificultad para abrir nuevos mercados de exportación
- el aumento de las importaciones.

Análisis de la situación actual por regiones productoras.

- Andalucía: destaca Almería como primera provincia productora de España con 962.666 toneladas aproximadamente de tomate para consumo en fresco mayoritariamente. La mayor parte se cultivaron en invernadero, siendo exportada una gran parte de la producción. Otras provincias destacadas en producción de tomate en fresco son Granada y Málaga. En esta región se está cultivando cada vez más tomate para industria en las provincias de Sevilla y Cádiz, en las cuales se emplean ciclos de cultivo y técnicas muy diferentes a las de tomate para el mercado en fresco.

- Extremadura: La mayor parte del tomate producido en Extremadura (principalmente en Badajoz) se destina a la industria. Prácticamente el 100% del tomate producido es al aire libre. Sobre el 85% del tomate producido se exporta.

- Región de Murcia: La Región de Murcia, con alrededor de 298.939 toneladas producidas en 2013 es la tercera comunidad autónoma productora de España. Su producción se destina al mercado en fresco exportándose una gran parte. En esta comunidad, a diferencia de la provincia de Almería, donde predominan los pequeños y medianos productores, la mayor parte de la producción de tomate para fresco es realizada por grandes empresas con gran capacidad de explotación, sin olvidar la importancia de las cooperativas en este sector. Es de destacar que el mayor destino de las exportaciones son los Países Bajos donde se redistribuye a otros países como complemento de sus exportaciones en los meses improductivos.

- Canarias: con 125.741 toneladas producidas en 2013 es la cuarta región española en producción de tomate. La mayor parte de dicha producción se dedica a la exportación (15-20% del tomate exportado por España)

- Navarra: con cerca de las 122.086 toneladas producidas en 2013, es la quinta productora de tomate en España. Sus producciones se destinan principalmente a la industria dado que el cultivo es mayormente al aire libre

Las mayores superficies de cultivo en invernadero se dan en las provincias de Almería, Granada, Murcia, Málaga, Las Palmas, y Alicante.

Tabla 5. Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción, 2014 Fuente:(Anuario de Estadística MAGRAMA 2014) consultado 2016.

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie (hectáreas)				Rendimiento (kg/ha)			Producción (toneladas)
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		
		Aire libre	Protegido			Aire libre	Protegido	
A Coruña	–	57	228	285	–	54.090	85.900	22.668
Lugo	–	38	134	172	–	68.250	91.130	14.805
Ourense	–	47	179	226	–	68.250	110.000	22.898
Pontevedra	–	72	307	379	–	57.820	84.120	29.988
GALICIA	–	214	848	1.062	–	60.969	91.169	90.359
P. DE ASTURIAS	40	28	28	96	10.000	25.000	45.000	2.360
CANTABRIA	16	–	–	16	20.250	–	–	324
Alava	–	44	11	55	–	18.500	58.200	1.454
Guipúzcoa	26	29	15	70	9.800	21.500	54.400	1.694
Vizcaya	50	65	45	160	8.900	18.500	48.100	3.812
PAÍS VASCO	76	138	71	285	9.208	19.130	50.996	6.960
NAVARRA	–	1.731	84	1.815	–	75.971	64.796	136.949
LA RIOJA	–	160	15	175	–	60.500	80.000	10.880
Huesca	–	34	4	38	16.250	70.000	170.000	3.060
Teruel	–	1	3	4	–	60.000	200.000	660
Zaragoza	–	728	4	732	–	75.000	100.000	55.000
ARAGÓN	–	763	11	774	–	74.758	152.727	58.720
Barcelona	26	241	99	366	5.626	37.137	140.580	23.014
Girona	–	245	10	255	–	35.993	70.350	9.522
Lleida	–	173	9	182	–	32.746	76.500	6.354
Tarragona	–	326	36	362	–	35.000	70.000	13.930
CATALUÑA	26	985	154	1.165	5.626	35.374	115.775	52.820
BALEARES	29	435	116	580	5.000	13.538	20.000	8.354
Avila	–	7	11	18	–	30.520	88.750	1.190
Burgos	–	2	1	3	–	44.000	62.000	150
León	–	15	10	25	–	30.000	80.000	1.250
Palencia	–	7	3	10	–	40.714	55.000	450
Salamanca	–	30	5	35	–	31.000	38.000	1.120
Segovia	–	40	–	40	–	40.000	–	1.600
Soria	–	–	–	–	–	–	–	–
Valladolid	–	7	2	9	–	33.000	64.500	360
Zamora	–	25	10	35	–	29.200	130.000	2.030
CASTILLA Y LEÓN	–	133	42	175	–	34.042	86.244	8.150

Continuación Tabla 5

MADRID	–	29	20	49	–	50.000	170.000	4.850
Albacete	–	60	45	105	–	67.000	157.350	11.101
Ciudad Real	–	310	–	310	–	70.322	–	21.800
Cuenca	–	7	–	7	–	50.000	–	350
Guadalajara	–	3	–	3	–	20.000	–	60
Toledo	–	607	–	607	–	92.900	–	56.390
CASTILLA-LA MANCHA	–	987	45	1.032	–	83.708	157.350	89.701
Alicante	–	135	459	594	–	35.000	113.660	56.895
Castellón	39	483	22	544	8.205	20.783	32.909	11.082
Valencia	–	16	136	152	–	19.438	43.295	6.200
C. VALENCIANA	39	634	617	1.290	8.205	23.776	95.271	74.177
R. DE MURCIA	–	195	2.508	2.703	–	59.509	124.377	323.542
Badajoz	–	17.830	–	17.830	–	92.427	–	1.647.974
Cáceres	–	2.308	–	2.308	–	90.837	–	209.651
EXTREMADURA	–	20.138	–	20.138	–	92.245	–	1.857.625
Almería	–	125	11.081	11.206	–	32.840	98.438	1.094.897
Cádiz	–	1.074	–	1.074	–	33.227	–	35.691
Córdoba	7	210	3	220	12.500	35.000	98.000	7.732
Granada	–	678	3.661	4.339	–	42.591	98.007	387.680
Huelva	–	163	–	163	–	43.245	–	7.049
Jaén	–	187	–	187	–	34.000	–	6.358
Málaga	16	306	672	994	3.000	48.000	78.000	67.152
Sevilla	10	3.980	100	4.090	30.000	107.804	85.000	437.860
ANDALUCÍA	33	6.723	15.517	22.273	13.197	79.306	97.365	2.044.419
Las Palmas	–	31	655	686	–	48.387	93.511	62.722
S.C. de Tenerife	–	50	311	361	–	40.000	98.296	32.548
CANARIAS	–	81	966	1.047	–	43.210	95.052	95.270
ESPAÑA	259	33.374	21.042	54.675	9.539	82.847	99.711	4.865.460

1.3. VARIEDADES TRADICIONALES DE TOMATE.

Las variedades tradicionales proporcionan un valor añadido adicional, ya que no sólo son producidas localmente, sino que fomentan la biodiversidad y recuperan sabores y tradiciones perdidos ante el auge de los cultivos comerciales. Precisamente la proliferación de cultivos procedentes de semillas híbridas y la pérdida de biodiversidad, es otra de las críticas recurrentes a la globalización alimentaria. Estos cultivos son preferidos por los agricultores al suponer un menor riesgo y ser más productivos que las variedades locales tradicionales. Sin embargo, los cultivos locales constituyen un recurso natural que ha ganado importancia en los últimos años por ser los cimientos para la

producción de alimentos, y la base biológica para la seguridad alimentaria, los medios de vida y el desarrollo económico (FAO, 2010). En este Segundo Informe de la FAO sobre el Estado de los recursos filogenéticos en el mundo para la alimentación y la agricultura se insiste en la necesidad acuciante de conservar y utilizar la diversidad genética de los cultivos locales.

En las últimas décadas 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). Estas variedades han desplazado el cultivo de variedades tradicionales locales al ser menos rentables para los agricultores, poniendo en peligro su conservación y por ende, la biodiversidad de los ecosistemas agrarios.

En el caso concreto del producto que compete a este trabajo, el tomate tradicional, su baja resistencia a determinadas virosis ha hecho que su cultivo prácticamente haya desaparecido de determinadas zonas.

1.3.1. El tomate de Muchamiel

El Tomate de Muchamiel ("*Tomate Muchameler*") es una de las variedades más emblemáticas y reconocidas en la provincia de Alicante de donde es originaria, concretamente de la localidad de Muchamiel, aunque su cultivo se ha ido abandonando por la susceptibilidad a distintos tipos de virus. Además los consumidores denuncian la pérdida de sabor en los híbridos que se comercializan actualmente, demandando la recuperación de la variedad tradicional.

Se trata de una variedad tradicional, local por tanto, cuyo nombre es conocido en prácticamente toda España. Es muy posiblemente la variedad tradicional de tomate más conocida, muy apreciada por su calidad organoléptica.

Es un tomate en general de tamaño grande o muy grande, muy acostillado y con "hombros" verdes (la zona junto al pedúnculo) marcados.



Figura 4. Frutos del tipo varietal Muchamiel en el estado de maduración óptimo de consumo, con distintas formas y colores: muy fasciada (A), arriñonados (B), redondeados (C), aperados (D) y de color rosa (E).

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

No existe un único tipo de Tomate Muchamiel, sino que hay ligeras variantes que mantienen cierta diversidad, como consecuencia lógica de haber sido seleccionada por los agricultores durante muchos años.

El tipo varietal “Muchamiel” está formado por un conjunto de variedades tradicionales de tomate que tienen el fruto grande, aplastado, más o menos rizado (Figura 5), que se cultivan fundamentalmente en Alicante, Valencia y Murcia.

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

características organolépticas. Sin embargo, son sensibles a todas las virosis que afectan al tomate, lo que hace prácticamente imposible su cultivo.

1.3.2. Programa mejora genética.

La mejora genética vegetal se entiende como el proceso de creación de nuevas variedades de plantas cultivadas con el fin de mejorar su rendimiento, tanto sea por un aumento de su producción o de su calidad, como por una mayor facilidad para su cultivo (Socias, 2005).

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).

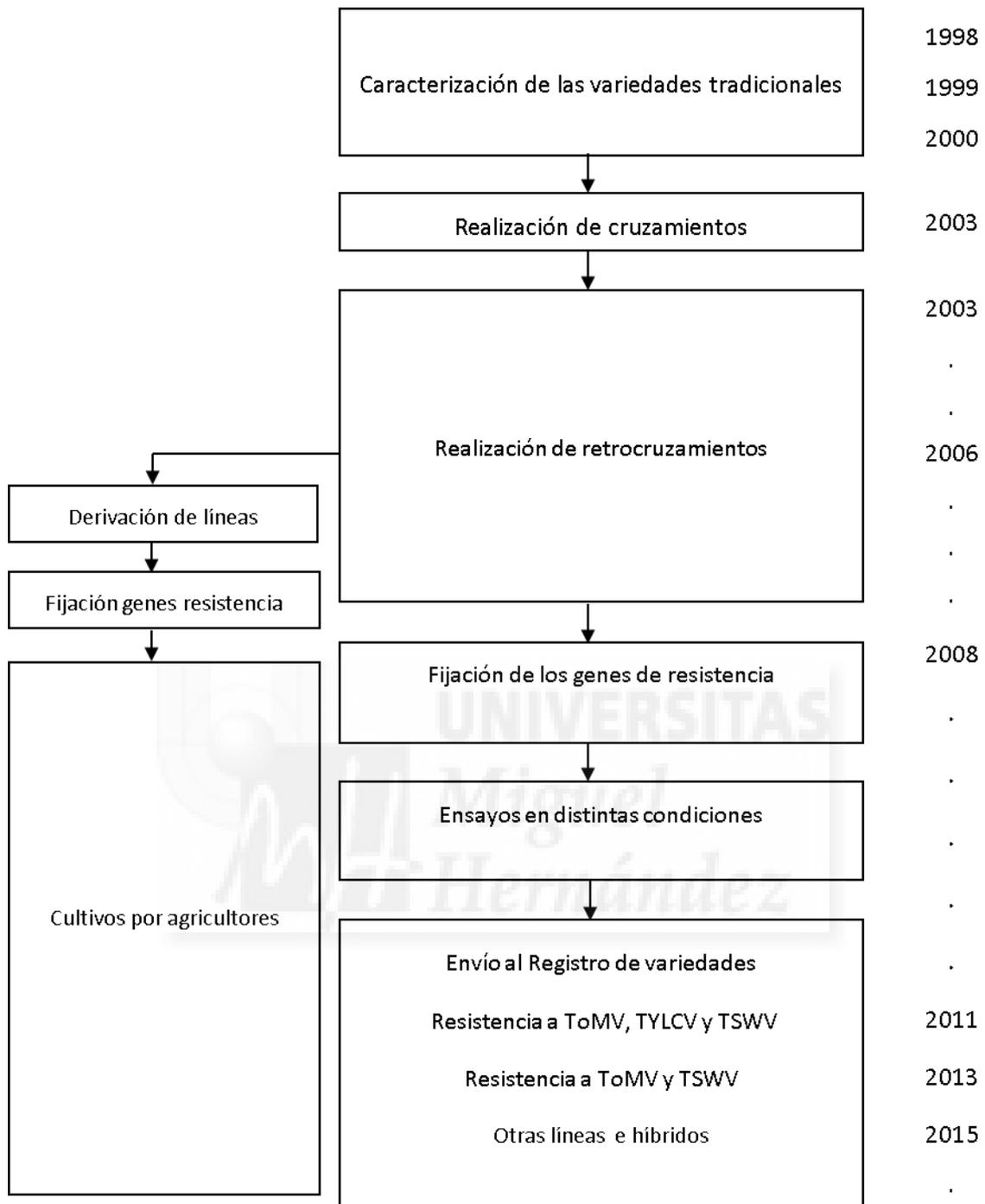


Figura 5: Esquema del programa de mejora.

1.4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN A LA QUE PERTENECE ESTE TRABAJO FIN DE GRADO

Este trabajo fin de carrera 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, bajos insumos y condiciones salinas) sobre distintos caracteres (de calidad, nutricionales, agronómicos, etc.) en una gran colección de variedades tradicionales de tomate europeas, así como variedades tradicionales mejoradas.



2.-OBJETIVOS.



2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de diferentes condiciones ambientales (convencional y bajos insumos) sobre los caracteres de calidad contenido de sólidos solubles y acidez en una colección de líneas de mejora de tomate Muchamiel con distintas resistencias genéticas a virus, derivadas del Programa de mejora de la EPSO-UMH.



3.-MATERIALES Y MÉTODOS.



3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. MATERIAL VEGETAL EMPLEADO

En el ensayo se han estudiado cinco líneas de mejora procedentes del programa de mejora de la EPSO y la variedad tradicional Muchamiel 18 de la que derivan. Las cinco líneas de mejora son el triple homocigoto resistente, el triple homocigoto sensible y los tres homocigotos resistentes a un solo virus. También se ha estudiado el híbrido UMH 1200 x BfT y los dos parentales, la línea de mejora UMH 1200 y la variedad tradicional Black from Tula (a partir de ahora BfT). El genotipo para los distintos genes de resistencia de cada línea aparece en la siguiente tabla.

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

Variedad-Línea	Gen de resistencia		
	ToMV	TYLCV	TSWV
879	ss	ss	RR
972	RR	ss	ss
993	ss	ss	ss
1000	RR	RR	RR
Tradicional 18	ss	ss	ss
929	ss	RR	ss
BfT	ss	ss	ss
UMH 1200 x BfT	Rs	Rs	Rs
UMH 1200	RR	RR	RR

3.2. CONDICIONES DEL CULTIVO.

En este trabajo se cultivaron las plantas en dos ambientes distintos:

- Condiciones convencionales, en un invernadero de malla situado en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, en el término municipal de Orihuela (Alicante).
- Condiciones de bajos insumos, en el mismo invernadero de malla de la EPSO.

3.2.1. Instalaciones.

El cultivo en condiciones **convencionales** y de **bajos insumos** 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 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 cumbrera.



Figura 6. Invernadero utilizado en el ensayo de Orihuela.

3.3. PRÁCTICAS DE CULTIVO.

3.3.1. Semillero.

La realización del semillero para el cultivo en condiciones **convencionales** y de **bajos insumos** se realizó en los Semilleros José y Belem, empresa situada en Albufera (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

En la EPSO, donde se realizó el cultivo en condiciones **convencionales** y de **bajos insumos**, se desinfectó el suelo, utilizando metam-sodio.

En el suelo donde se realizó el cultivo en condiciones **convencionales** se aplicó 2,5 kg/m² de estiércol de oveja, de fondo. En condiciones de **bajos insumos** no se aplicó estiércol.

En todos los ensayos, antes de realizar el trasplante, se realizó una labor de subsolador y otra de fresadora.

Los cultivos en condiciones **convencionales** y de **bajos insumos** se realizaron con 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 40-45 días, con la ayuda de un plantador “tipo pato”.

3.3.4. Marco de Plantación.

En los cultivos en condiciones **convencionales** y de **bajos insumos** 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 0,4 metros, con lo que se obtiene una densidad de 2,5 pl/m² (figura 6).



Figura 7. Imagen del ensayo en condiciones convencionales en la EPSO.

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 8).

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 8. Entutorado de las plantas utilizado en la EPSO.

3.3.6. Fertirrigación.

El agua de riego utilizada en la EPSO en el cultivo en condiciones **convencionales** procede del río Segura, y es almacenada en la balsa de la finca. Para el cultivo en condiciones de **bajos insumos** se utilizó agua potable, para tener la seguridad de no aportar ningún fertilizante. En todos los casos, se ha utilizado riego localizado por goteo. Los emisores son autocompensantes, y tienen un caudal de 1,6 l/h en la EPSO

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** fue la siguiente:

375 N – 225 P₂O₅ – 550 K₂O – 190 CaO.

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

Fase 1: 1 N – 2 P₂O₅ – 1 K₂O – 1 CaO.

Fase 2: 1 N – 1 P₂O₅ – 1 K₂O – 1 CaO.

Fase 3: 1 N – 0.3 P₂O₅ – 2 K₂O – 1 CaO.

En el cultivo en **bajos insumos** no se aplicaron fertilizantes.

Para cubrir las necesidades de micronutrientes en el cultivo **convencional** se aportaron distintos productos, que aparecen en la tabla 9. En el cultivo en **bajos insumos** no se aplicaron.

Tabla 7. 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*).

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 gran medida a las plantas de tomate y condicionó en todo momento la forma de aplicar los demás tratamientos. En los ensayos realizados en la EPSO también apareció vasates (*Aculops lycopersici*).

Para el control de la Tuta se llevaron a cabo tratamientos semanales utilizando siempre *Bacillus thuringiensis* más otro producto. Los productos utilizados aparecen en la tabla 10.

Tabla 8. Productos utilizados durante la fase del cultivo.

NOMBRE COMERCIAL	MATERIA ACTIVA
ALVERDE	Metaflumizona 24% p/v
Antimildiu triple	Cimoxalino 4% + Folpet 25% + Fosetil AI 50%
ATOMINAL	Piriproxifen 10%
Bacillus B-Tec 32	<i>Bacillus thuringiensis</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
STEWART	Indoxacarb 30%
RELDAN	Metil-Clorpirifos 22,4% [EC] P/V
DORYOKU	Etoxazol 11% [SC] P/V
THIOVIT	AZUFRE 80% [WG] P/P
COSTAR	Bacilus Thuringiensis Kurstaki 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.



Figura9. Frutos de tomate. Variedad 972 en condiciones convencionales (Izquierda). Frutos de tomate. Variedad AU1200xB.f.T. en condiciones de bajos insumos (Derecha).

3.4. 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 6 recolecciones que se llevaron a cabo en las distintas instalaciones.

Tabla9. Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo.

Tarea	Fecha
Siembra	04/02/2015
Trasplante	30/03/2014
1ª recolección	26/06/2015
2ª recolección	02/07/2015
3ª recolección	09/07/2015
4ª recolección	16/07/2015
5ª recolección	23/07/2015
6ª recolección	30/07/2015
Medida acidez	15 al 18/09/2015

3.4.1. Diseño Experimental.

En los ensayos de la EPSO se dispusieron 3 repeticiones de 8 a 14 plantas de cada línea, variedad o cruce (Figura 12). Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.

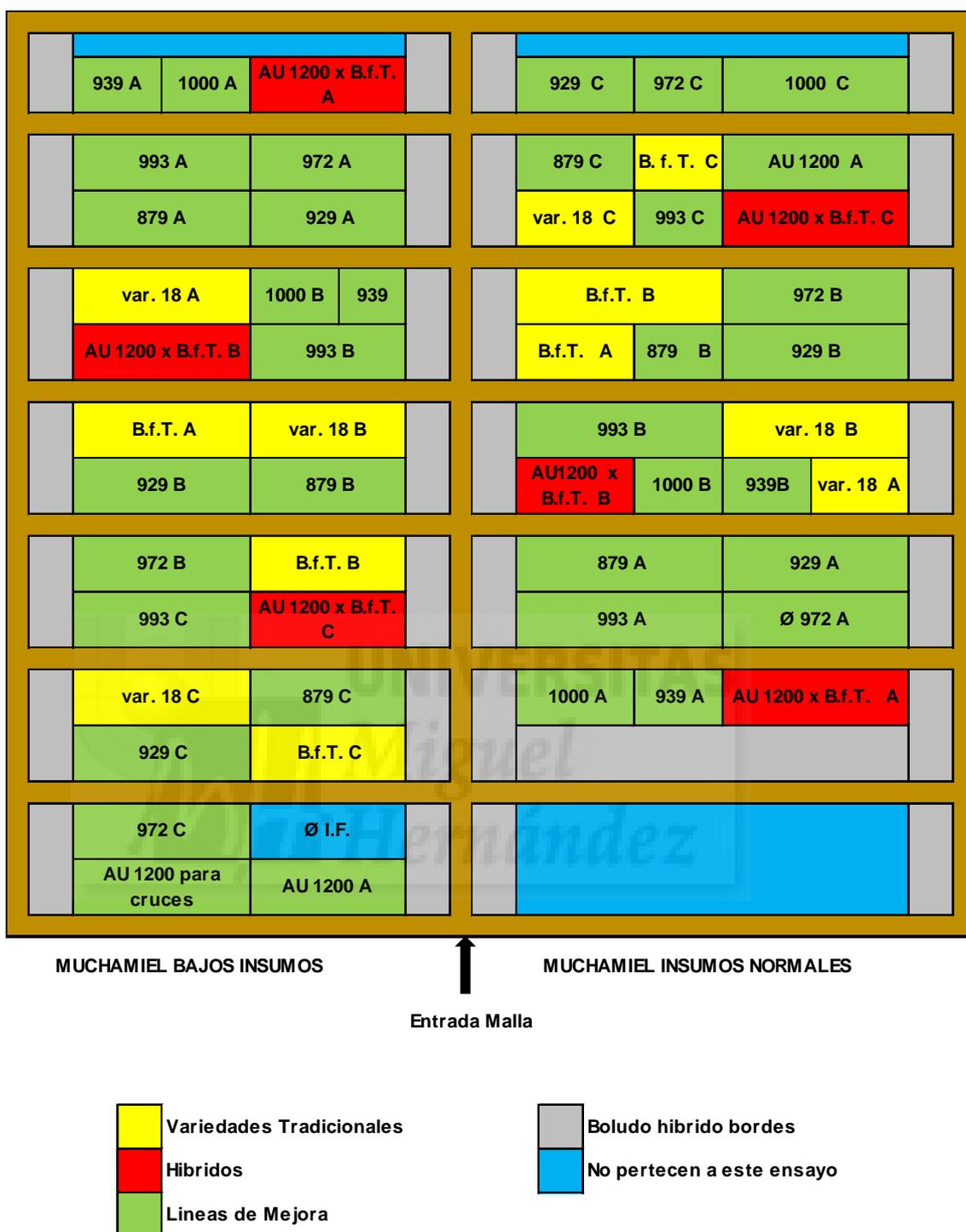


Figura 10. Esquema de la disposición de las plantas en el invernadero de Orihuela.

3.5. CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.

3.5.1. 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 17), 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 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su posterior análisis, en octubre de 2014.



Figura 11: Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la variedad 18 Tradicional cultivada en Bajos Insumos.

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 tenían el mismo peso. Se eliminaba la mayor parte de la pulpa, y tras comprobar que tenían el mismo peso, 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.

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 19), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), por duplicado.



Figura 12: Refractómetro

3.5.2. 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 20), expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco.



Figura 13: pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.

3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Se realizó un análisis de la varianza multifactorial, con las distintas líneas de mejora, dos variedades tradicionales y un híbrido, cultivados en condiciones convencionales y de bajos insumos. 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.

En todos los casos, el análisis se realizó con los valores de cada repetición.

Se han calculado las correlaciones entre sólidos solubles y acidez y otros parámetros productivos (producción total, producción comercial, peso medio total, peso medio comercial, número de frutos total, número de frutos comercial). Estos parámetros agronómicos fueron estudiados en otro trabajo de fin de carrera anterior (Espuch, 2015).

4.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SÓLIDOS SOLUBLES

El análisis de la varianza para la producción total (Tabla 11) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. La interacción entre los factores (línea y cultivo) también es significativa.

Tabla 10. Análisis de la varianza para la producción total de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	12,4052	8	1,55065	23,89	<0,0001
Ambiente	9,18099	1	9,18099	141,46	<0,0001
Interacciones					
Línea-Ambiente	3,82467	8	0,478083	7,36	<0,0001
Residual	11,8125	182	0,0649038		

Como la interacción es significativa no se pueden utilizar los test de rango múltiple. En este caso se debe utilizar la gráfica de interacción (Figura 14). Como se observa en la figura 14 la mayoría de líneas obtienen mayor contenido en sólidos solubles en condiciones convencionales que en bajos insumos. Solo en la línea 879 y la variedad tradicional BfT no se han encontrado diferencias entre las dos condiciones de cultivo. En otros trabajos realizados en el grupo de mejora genética de la EPSO también se ha obtenido un mayor contenido de sólidos solubles en las condiciones convencionales, tanto en líneas Muchamiel (Amorós, en preparación) como en líneas De la pera (Salinas, en preparación). En las condiciones convencionales los valores obtenidos oscilan entre 4,5°Brix para la línea 879 y 5,3°Brix para la variedad BfT, mientras que en bajos insumos los valores oscilan entre 3,7°Brix para la línea 1000 y 5,1 para la variedad BfT.

Las líneas 1000 y UMH1200 son las que tienen mayores diferencias entre

los valores de sólidos solubles en las dos condiciones ambientales, siendo cercano a 1ºBrix a favor de las condiciones convencionales en ambos casos.

El cruce UMH1200xBfT se comporta de forma distinta en las dos condiciones ambientales: mientras que en bajos insumos su valor de solidos solubles se sitúa entre los 2 parentales, en las condiciones convencionales no ocupa un puesto intermedio, sino que es el menor. En otros trabajos realizados por el grupo de mejora de la EPSO (Frutos, 2014; Almalki, 2016) los híbridos tenían valores de solidos solubles intermedios al de los parentales.

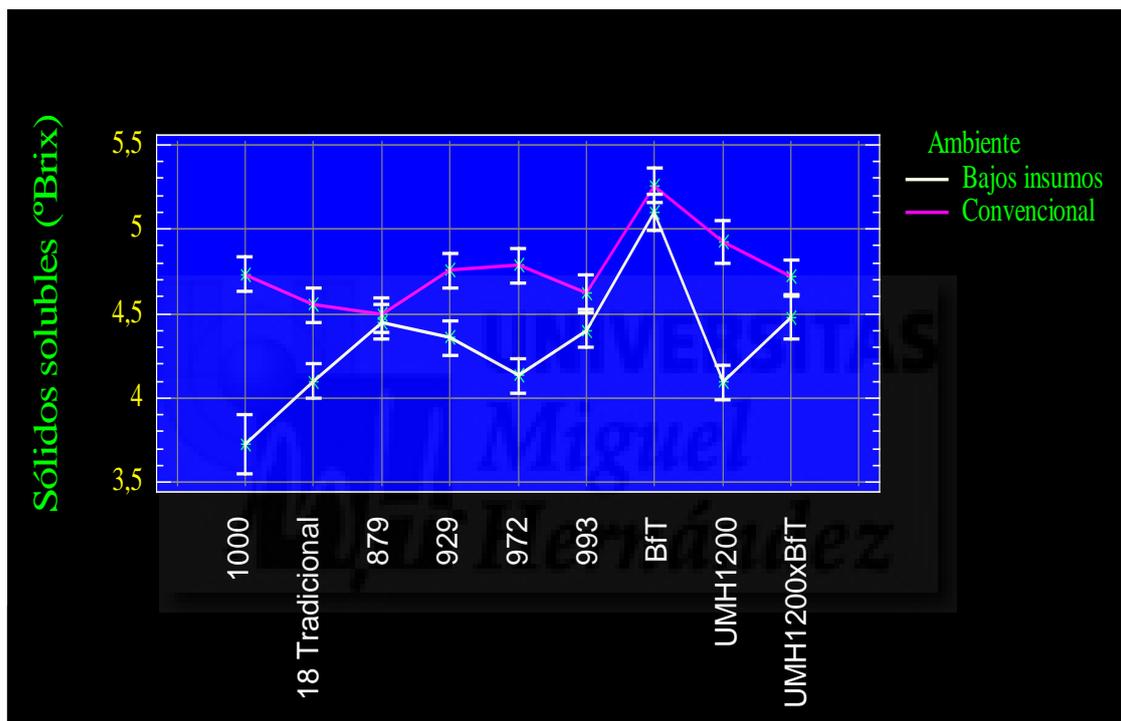


Figura 14. Contenido de solidos solubles (°Brix) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD) al 95% de nivel de confianza.

4.2. ACIDEZ

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 13) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. En este caso, la interacción entre los factores (línea y ambiente) es significativa, lo que no nos permite utilizar el teste de rango múltiple, sino las gráficas de interacción.

Tabla 11. Análisis de la varianza para la producción comercial de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrados medios	F	Nivel de significación
Efectos principales					
Línea	2.3749	8	0.2969	40.38	<0,0001
Ambiente	0.7996	1	0.7996	108.77	<0,0001
Interacciones					
Línea-Ambiente	1.0353	8	0.1294	17.60	<0.0001
Residual	1.3086	178	0.0073		

En la figura 15 se representa la acidez de las distintas líneas estudiadas en los dos ambientes de cultivo. En las líneas 879, 972, 993, BfT, UMH1200, UMH1200xBfT el valor de acidez en el ambiente convencional es mayor que en el de bajos insumos. Este es el resultado esperado y ha sido obtenido en otros estudios, con distintas dosis de fertirrigación (Rubio 2011). Para las líneas 1000, 929, y la variedad tradicional 18 no hay diferencias significativas entre los dos ambientes de cultivo. Como se ha comentado, este no es el resultado esperado.

Es llamativo el valor del cruce UMH1200xBfT, pues no se sitúa entre los 2 parentales, sino que es igual al de la línea UMH1200, tanto en el ambiente de cultivo convencional como en el de bajos insumos. Este resultado difiere de los obtenidos anteriormente por Frutos (2014) y Almalki (2016), estudiando otros cruces similares procedentes del programa de mejora de la EPSO, cultivadas sólo en condiciones convencionales. En estos casos, el valor de acidez de los cruces se situaba entre los valores de los parentales.

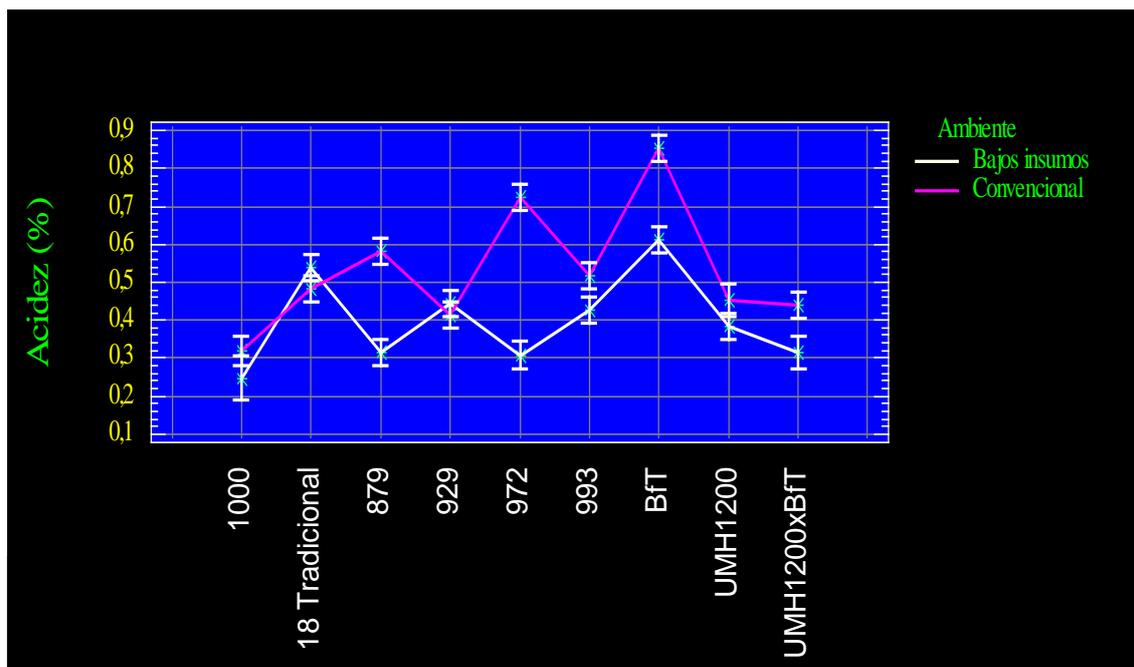


Figura15. Acidez (%) para las diferentes líneas y ambientes de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

4.3. CORRELACIONES

Se han calculado las correlaciones entre el contenido en sólidos solubles y acidez con los parámetros productivos que aparecen en la tabla 12. Estos parámetros agronómicos fueron estudiados en otro trabajo de fin de carrera anterior (Espuch, 2015).

Como principales características podemos observar una alta correlación positiva entre la acidez y los sólidos solubles. Este resultado ha sido obtenido en otros trabajos realizados en tomate (Alonso, 2010; Lara, 2014; García, en preparación), que obtuvieron valores oscilando entre 0.6 y 0.99. Sin embargo, sólidos solubles y acidez no están correlacionados con ninguno de los parámetros productivos estudiados.

En la tabla 12 vemos una elevada correlación entre todos los parámetros productivos entre sí. Destaca el elevado valor obtenido entre la producción total con la producción comercial, el peso medio total con peso medio comercial, y el número de frutos comerciales con el número de frutos totales, siendo positivas en todos los casos. Las correlaciones obtenidas entre el peso medio total con el número de frutos totales, así como el peso medio comercial y el número de frutos totales son negativas..

Tabla 12 Correlaciones del contenido en sólidos solubles y acidez con otros parámetros agronómicos

	Acidez	Producción total	Producción comercial	Peso medio total	Peso medio comercial	Numero de frutos total	Numero de frutos comercial
Sólidos solubles	0.5393**	0.0828	0.0891	0.0920	0.0779	0.0143	0.0155
Acidez		0.2213	0.2195	0.2326	0.2699	0.0359	0.0251
Producción total			0.9984**	0.3335*	0.3446*	0.6876**	0.7730**
Producción comercial				0.3594*	0.3674*	0.6632*	0.7570**
Peso medio total					0.9883**	-0.4048**	-0.2900*
Peso medio comercial						-0.3867**	-0,2915*
Numero de frutos total							0,9773**

*, **: Correlación significativa a un nivel de significación $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

5.-CONCLUSIONES.



5. CONCLUSIONES.

La mayoría de líneas obtienen mayor contenido en sólidos solubles en condiciones convencionales que en bajos insumos. Solo en la línea 879 y la variedad tradicional BfT no se han encontrado diferencias entre las dos condiciones de cultivo.

Las líneas 1000 y UMH1200 son las que tienen mayores diferencias entre los valores de sólidos solubles en las dos condiciones ambientales, siendo cercano a 1ºBrix a favor de las condiciones convencionales en ambos casos.

En las líneas 879, 972, 993, BfT, UMH1200, UMH1200xBfT el valor de acidez en el ambiente convencional es mayor que en el de bajos insumos.

Se ha encontrado una alta correlación positiva entre la acidez y los sólidos solubles, que no están correlacionados con ningún parámetro productivo. Todos los parámetros productivos están correlacionados.



6.-BIBLIOGRAFÍA.



6. BIBLIOGRAFÍA.

Almalki, O. (2016). Proyecto de una nave industrial de procesado de tomate en Orihuela (ALICANTE). Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernández.

Alonso, J.D. (2010). Evaluación de líneas de mejora de tomate Muchamiel. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernandez.

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

Coleman, W.K. (1976). Greyson, R.I.(1976) The growth and development of the leaf in tomato II. Leaf ontogeny. Can. J. Bot. 54: 2421-2428.

Espuch, C.G. (2015). Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L) Muchamiel en distintas condiciones de cultivo. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernández.

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.

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-Martínez, S., Sánchez, C., Castelló, J., Grau, A., Valero, M., Ferrández, A., y Ruiz, J.J. (2003). Empleo de marcadores moleculares para la introducción múltiple de genes de resistencia a virosis (ToMV, TSWV y TYLCV) en variedades tradicionales de tomate alicantinas. Agrícola Vergel 255, 140-143.

García-Martínez, S., Grau, A., Alonso, A., Rubio, F., Valero, M., and Ruiz, J.J. (2012). UMH 1203, a multiple virus-resistant fresh-market tomato breeding line for open-field conditions. *HortScience* 47(1), 1-2.

Grayson, R.I. y Sawhney, V.K. (1972). Initiation and early growth of flowers organs of *Nigella* and *Lycopersicon*: insights from allometry. *Bot. Gaz.*, 133: 184-190.

García, H.A. (2016). Estudio de características de calidad en líneas de introgresión de tomate. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernández.

InfoAgro. <http://www.infoagro.com/>

Jenkins, J.A. (1948). The origin of the cultivated tomato. *Econ. Bot* 2: 379-392

Lara, A. (2014). Estudio de características agronómicas en líneas de introgresión de tomate. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernández.

Montes, S.; Aguirre, J.R. (1992). Tomate de cascara. En "Hernández, J.E.; León, J. (Eds). *Cultivos Marginados. Otra perspectiva de 1492*. FAO, Roma": 115-120.

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.

Olmstead, R.G. y Bohs, L. (2007). A summary of molecular systematic research in Solanaceae: 1982–2006. Pp. 255–268. In: Spooner, D.M., Bohs, L., Giovannoni, J., Olmstead, R.G. & Shibata, D. (eds.), *Solanaceae VI: Genomics Meets Biodiversity*. Proceedings of the Sixth International Solan-aceae Conference. *Acta Horticulturae* 745. International Society for Horticultural Science, Leuven.

Palazon, D. (2015). Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L) de la pera con resistencia a virus cultivadas bajo malla Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernández.

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

Picken, A.J.F. (1986). Germination and vegetative development. In: Atherton J, G.; Rudich, J. (Eds.). The tomato crop. Chapman and Hall Ltd. New York, EUA. 111-165 p.

Rick, C. M. (1958). The role of natural hybridisation in the derivation of cultivated tomatoes of western South America. Econ. Bot. 12: 346-367.

Rick, C.M. (1976) Tomato. In "Simmonds, N.W. (Ed.) Evolution of crop plants. Longman, London and New York"

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

Rubio, A. (2011). Optimización del cultivo de una línea de mejora de tomate Muchamiel mediante el uso de sustratos alternativos a la perlita y reducción de la fertirrigación. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernández

Tindall, H.D. (1977). Vegetable crops. In: "Leaky, C.L.A.; Wills, J.B. (Eds.). Food crops of the lowland tropics. Oxford University Press, Oxford. 101-125.

Universidad de Valencia. <http://www.uv.es/>

Valadez, L. A. (1998). Producción de hortalizas (1ra. Ed), Limusa. México.

Varga A, Bruinsma J. (1986). Tomato. In: CRC Handbook of Fruit Set and Development, Monselise SP (ed). Boca Raton FL. CRC Press, pp. 461-480.

Villarreal, R.L. (1980). Tomato in the tropics. Westview Press Boulder, Colorado.