

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y

AGROAMBIENTAL



**“Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)
Muchamiel en distintas condiciones de cultivo”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre - 2017

Autor: Vicente Durá Barceló

Tutores: D. Santiago García Martínez

Dña. Aranzazu Alonso Sanchis

REFERENCIAS TRABAJO FIN DE CARRERA

Título: Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel en distintas condiciones de cultivo.

Resumen: En este trabajo se ha evaluado el efecto de diferentes condiciones ambientales (convencional, bajos insumos y condiciones salinas) sobre algunos caracteres agronómicos y de calidad (número de frutos recolectados por planta, peso medio de los frutos, producción total, contenido de sólidos solubles y acidez) en una colección de líneas de tomate Muchamiel con distintas resistencias genéticas a virus, derivadas del Programa de mejora de la EPSO-UMH. No se han encontrado diferencias significativas para la producción total de las líneas en condiciones convencionales y condiciones salinas. La producción obtenida en condiciones de bajos insumos de bajos insumos ha sido la menor. En condiciones salinas se ha obtenido el mayor contenido de sólidos solubles y acidez, excepto para el híbrido UMH 1101xIF. En todas las líneas se han obtenido los menores valores en condiciones de bajos insumos.

Palabras Claves: *Solanum lycopersicum*, tomate Muchamiel, variedades tradicionales, condiciones salinas, bajos insumos.

Title: Evaluation of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Muchamiel breeding lines in different growing conditions.

Abstract: In this work there has been evaluated the effect of different environmental conditions (conventional, low inputs and saline conditions) on some agronomic characters and of quality (number of fruits, average weight of the fruits, total production, content of solid soluble and acidity) in a collection of lines of tomato Muchamiel with different genetic resistances to virus, derivatives of the Program of improvement of the EPSO-UMH. No significant differences were found for the total production of the lines under conventional and saline conditions. The production obtained under low input low input conditions has been the lowest. In saline conditions the highest soluble solids content and acidity were obtained, except for the UMH 1101xIF hybrid. In all the lines the lowest values have been obtained in low inputs conditions.

Keywords: tomato Muchamiel, traditional cultivars, breeding lines, low inputs, saline conditions.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer al área de Genética del Departamento de Biología Aplicada por darme la oportunidad de realizar el trabajo junto a ellos. Agradecer a mis tutores Santiago García y Arantxa Alonso por ayudarme y darme facilidades a la hora de realizar este trabajo, al igual, que todo lo que nos han enseñado en esta carrera. También al equipo de trabajo formado por Pedro y el resto de personas de la escuela que nos ayuda en la malla.

Agradecer a mi compañero Esteban con el que he realizado el trabajo y hemos pasado tanto momentos de calor en pleno verano en la malla y en el laboratorio.

A mi familia por estar siempre apoyándome, a mis padres por confiar conmigo porque sin ellos seguramente no hubiera llegado donde he llegado, y darles las gracias a mi hermano y sobre todo a mis abuelos que son los que más ilusionados están de todo lo que estoy consiguiendo .

A mis amigos de toda la vida del pueblo, por hacer planes el fin de semana y distraerme un poco y dejar un poco de lado los estudios y las preocupaciones de la carrera.

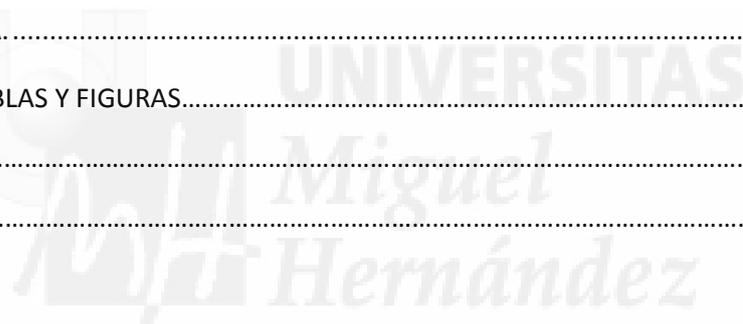
Por último, agradecer a todos los amigos que he conocido en estos cuatro años en la universidad, porque siempre han estado ahí cuando los necesitaba para cualquier duda o trabajo, así como para desconectar he irnos de cervezas y de fiesta. Y como no de Pepe, que es un amigo que nos conocemos desde pequeños y con él empecé la carrera y con él he vivido estos 4 años en Orihuela, y ayudándonos uno a otro hemos podido terminar la carrera.



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	ORIGEN , DOMESTICACIÓN Y DIFUSIÓN	1
1.1.1.	SITUACIÓN TAXONÓMICA.....	3
1.1.2.	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y FISIOLÓGICAS.....	5
1.1.3.	COMPOSICIÓN DEL FRUTO.....	10
1.2.	IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL TOMATE	10
1.2.1.	A NIVEL MUNDIAL Y EUROPEO.....	10
1.2.2.	A NIVEL NACIONAL	12
1.3.	VARIETADES TRADICIONALES DE TOMATE.....	14
1.3.1.	EL TOMATE DE MUCHAMIEL	15
1.3.2.	PROGRAMA MEJORA GENÉTICA.	16
1.4.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN A LA QUE PERTENECE ESTE TRABAJO FIN DE GRADO.....	18
2.	OBJETIVOS.....	19
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
3.1.	MATERIAL VEGETAL EMPLEADO	20
3.2.	CONDICIONES DEL CULTIVO.....	20
3.2.1.	INSTALACIONES.....	21
3.3.	PRÁCTICAS DE CULTIVO.....	21
3.3.1.	SEMILLERO.....	21
3.3.2.	PREPARACIÓN DEL TERRENO	21
3.3.3.	TRANSPLANTE.....	22
3.3.4.	MARCO DE PLANTACIÓN.....	22
3.3.5.	ENTUTORADO Y PODA.....	23
3.3.6.	FERTIRRIGACIÓN.....	23
3.3.7.	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.....	25
3.3.8.	RECOLECCIÓN.....	26
3.4.	PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.....	27
3.4.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
3.5.	CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.....	28
3.5.1.	CARACTERES PRODUCTIVOS	28
3.5.1.1.	PRODUCCIÓN TOTAL	28
3.5.1.2.	PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO.....	29
3.5.1.3.	NÚMERO DE FRUTOS TOTAL POR PLANTA.....	29

3.5.2.	CARACTERES DE CALIDAD	29
3.5.2.1.	SÓLIDOS SOLUBLES	29
3.5.2.2.	ACIDEZ	30
3.6	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1.	CARACTERES PRODUCTIVOS	32
4.1.1.	PRODUCCIÓN TOTAL	32
4.1.2.	PESO MEDIO DE FRUTOS	34
4.1.3.	NÚMERO DE FRUTOS TOTAL	35
4.2.	CARACTERES DE CALIDAD	37
4.2.1.	SÓLIDOS SOLUBLES	37
4.2.2.	ACIDEZ	39
5.	CONCLUSIONES.	41
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	42
7.	INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	45
7.1.	TABLAS.....	45
7.2.	FIGURAS.....	46



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Origen , domesticación y difusión del tomate

El origen del tomate no está definido de forma exacta, sin embargo se ubica en la costa occidental de Sudamérica, en concreto en la región Andina compartida por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. En esta zona se encuentran diversas especies del género y numerosas variedades silvestres en campos y zonas sin cultivar. Sin embargo la domesticación del tomate no parece ser esta zona, atribuyéndosele al área del altiplano mexicano debido a que el cultivo, comercialización y consumo del tomate, estaba muy integrado y difundido en la cultura azteca durante la llegada de los españoles a América, hecho que no sucede en la cultura andina.

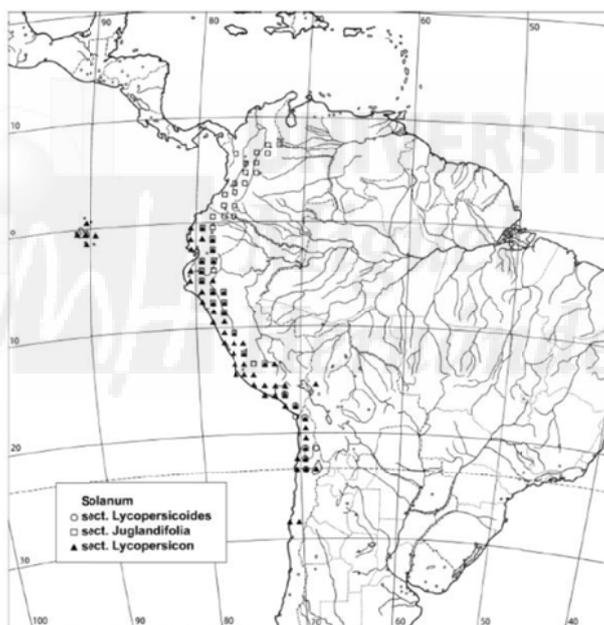


Figura 1: Distribución de *Solanum* sec. *Lycopersicoides*, sec. *Juglandifolia*, y sec. *Lycopersicon* (Peralta *et al.*, 2008).

El tomate fue exportado 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

INTRODUCCIÓN

como una mala hierba, siendo frecuente en los campos de maíz en barbecho y otros espacios modificados por el hombre.

Otro motivo por el que se cree que el tomate fue domesticado en México es que no tiene ningún nombre conocido en quechua, aymara o cualquier otro de los idiomas andinos, mientras que el nombre moderno tiene su origen en la lengua Náhuatl surgida en el s. XII hablada en la región de México, concretamente de la palabra "tomatl" que puede ser traducido como "agua gorda" o "fruto con ombligo" (Nuez, 1995).

Por lo tanto, tanto el centro de origen del tomate se cree que es la región andina y que fue domesticado en México.

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

Tanto en España como en Italia fue empleado en la alimentación humana prácticamente desde su introducción como afirma el herborista Mattioli se refirió a los frutos amarillos de la planta del tomate como "mala aurea", manzana de oro, y más adelante, en 1554, mencionó una variedad roja. Probablemente, el tomate llegó en primer lugar a Sevilla, que era uno de los principales centros del comercio internacional, en particular con Italia. En cambio en el resto de países europeos solo se le daba uso ornamental como indica Fournier (1948) que señala que el tomate figura en el catálogo de Andrieux-Vilmorin de 1760 entre las especies ornamentales, apareciendo como hortaliza sólo a partir de 1785.

Esta diferencia de usos entre España e Italia con respecto al norte de Europa es debida a que en el norte de Europa se tenía la creencia de que el tomate era venenoso.

La creencia fue debida a las propiedades de las solanáceas europeas, muy ricas en alcaloides, en general con fuertes efectos somníferos, hemolíticos o paralizantes, cuando no mortales (Nuez, 1995). En los países del centro y norte de Europa el cultivo del tomate no alcanzó importancia hasta principios del siglo XX.

INTRODUCCIÓN

En las primeras introducciones en África tuvieron un papel destacado los turcos, portugueses y españoles, principalmente hacia los Balcanes y Europa Oriental (Nuez, 1995).

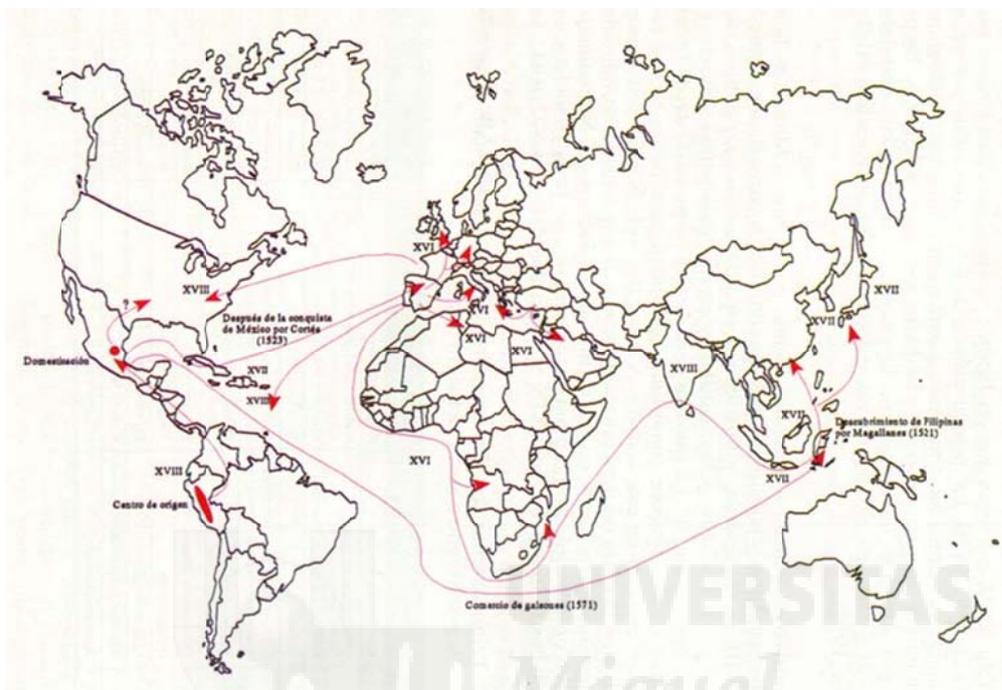


Figura 1. Posibles rutas de propagación del tomate a partir del siglo XVI (Basado en Esquinas–Alcázar y Nuez, 1995).

1.1.1. Situación taxonómica

El tomate fue descrito botánicamente por primera vez de la mano de Pier Andrea Mattioli, del jardín botánico de Padua (Italia), quien publicó su herbario figurado en 1554 (Nuez, 1995). Sin embargo el espécimen de tomate más antiguo conservado en un herbario hasta la fecha actual se encuentra en el herbario de Ulisse Aldrovandi (herbario considerado como la colección más antigua existente de las plantas prensadas que fue comenzado en 1551 y ampliado por Aldrovandi a lo largo de su vida), ahora conservado en el herbario del Jardín Botánico de Bolonia (Peralta et al., 2008). Por lo tanto la descripción botánica del tomate comenzó a mediados del siglo XVI. A partir de ese momento fue descrito en numerosos herbarios como el de Matthias de L'Obel en 1581, el de Gerard en Inglaterra en 1597 o el de Salmon ya en 1710 en Estados Unidos (Nuez, 1995).



Figura 3. Ilustración de la planta de tomate en el herbario de Konrad Gessener, realizada en 1553 .

El tomate 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 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, pero actualmente gracias los estudios moleculares más recientes han colocado al tomate, previamente clasificado como indicó Miller en el género *Lycopersicon*, dentro del género *Solanum*, pasándose a denominar *Solanum lycopersicum* L. (Knapp et al., 2004).

El encuadramiento taxonómico, según Hunziker (1979), es el siguiente:

- Clase : *Dicotyledoneas*.
- Orden :*Solanales (Personatae)*.
- Familia :*Solanaceae*.

INTRODUCCIÓN

- Subfamilia :*Solanoideae*.
- Tribu :*Solaneae* .
- Género: *Solanum* .
- Especie: *lycopersicum*.

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). Siendo muy sensible a heladas, de distinta duración según la variedad.

- **Flores.**

La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 ó más sépalos, de 5 ó más pétalos dispuestos en forma helicoidal a intervalos de 135º, 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 de tipo racemoso.



Figura 4. Detalle de la hoja (<https://www.cocopot.es>)

Se pueden presentar cuatro tipos de inflorescencias distintas, que pueden ser: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara. En cada inflorescencia puede haber entre 3 y 10 flores, pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia. Normalmente las inflorescencias simples se encuentran en la parte

INTRODUCCIÓN

baja de la planta, predominando el tipo compuesto en la parte superior. Se precisan de 56 a 76 días desde el nacimiento de la planta hasta que se inician los botones florales (Rodríguez et al., 1997).

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 después de 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 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. La testa está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo. En un gramo hay de 300 a 350 semillas. La semilla conserva su poder germinativo durante 4 o más años si se le mantiene en condiciones adecuadas, siendo las temperaturas máximas y mínimas para su germinación de 35 °C y 10 °C (Rodríguez et al., 1997).



Figura 5. Detalle de la semilla (<http://www.magazinedigital.com>)

- **La raíz.**

El sistema radical del tomate está formada por una raíz principal pivotante, 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 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).

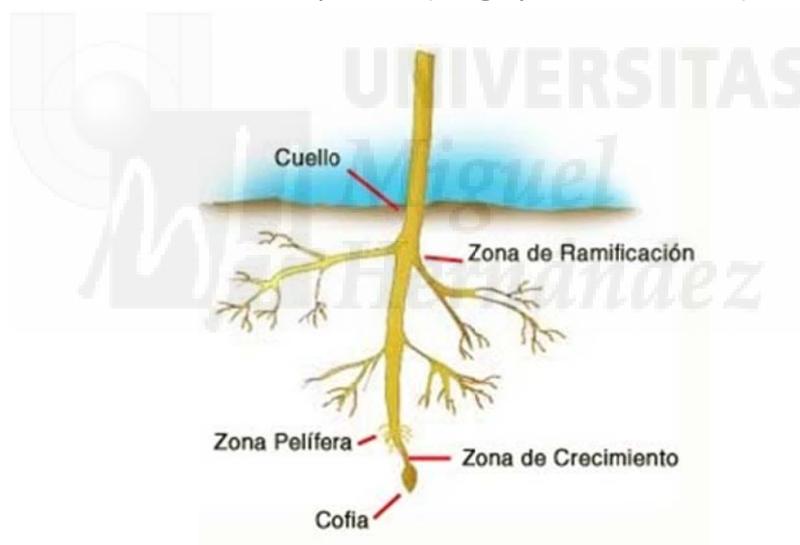


Figura 6. Partes del sistema radicular de la planta del tomate. (<http://3.bp.blogspot.com>)

- **El tallo.**

El tallo del tomate es anguloso, el tallo típico tiene 2-4 cm de diámetro en la base y está cubierto por los pelos glandulares (que dotan a la planta de su olor característico) y no glandulares que surgen de la epidermis. En un principio el porte del tallo es erguido, hasta que llega un momento en que por razones de peso rastrea por el suelo. El desarrollo del tallo es variable en función de los distintos cultivares,

INTRODUCCIÓN

existiendo dos tipos fundamentales de crecimiento (determinado e indeterminado), (Nuez et al., 1997).

La ramificación es simpodial, las yemas axilares desarrollan en ejes sucesivos, mientras que las yemas terminales producen flores o abortan. Las ramitas que se originan en las yemas axilares dan hojas en todos los nudos y finalizan también en una inflorescencia.



Figura 7. Detalle de un tallo axilar en una planta de tomate (www.micorrizados.com)

- **Hojas.**

Las hojas del tomate son pinnado compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 30 cm de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales (que pueden, a su vez, 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 (Hoyos et al., 2005).



Figura 8. Detalle de la hoja del tomate (www.dreastime.com)

- **El fruto.**

El fruto del tomate es una baya bi o plurilocular que se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg. 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 9). El fruto está unido a la planta por un pedicelo con un engrosamiento articulado que contiene la capa de abscisión.



Figura 9. Detalle del fruto (<https://www.agrohuerto.com>)

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

INTRODUCCIÓN

frutos varía entre 3 y 16 cm (Nuez et al., 1997).

Un óvulo fecundado necesita para desarrollarse en un fruto maduro de 7 a 9 semanas, en función del cultivar, la posición en el racimo y las condiciones ambientales (Hoyos et al., 2005; Rodríguez et al., 1997).

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).

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	0.10 mg
Vitamina B2	0.02 mg
Niacina	0.60 mg
Vitamina C	21 mg
pH	4-4.5
Calcio	13 mg
Fósforo	27 mg
Hierro	0.5 mg
Sodio	3 mg
Potasio	244 mg
Valor energético	22-24 cal.

*(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

El tomate es una hortaliza más consumidas e importantes del mundo, debido a

INTRODUCCIÓN

su gran sabor y es una de las principales fuentes de vitaminas y minerales para las personas (Esquinas-Alcázar y Nuez, 1995). Es un cultivo que está extendido a todas las regiones del mundo. El tomate se destina principalmente para consumo en fresco al igual que sirve como materia prima para elaborar diversos derivados como pastas, sopas y deshidratados.

La demanda del tomate esta en continuo aumento debido a la mejora en las técnicas del cultivo, el uso de variedades más resistentes y productivas que consiguen un aumento del rendimiento.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el tomate es el segundo vegetal más cultivado del mundo después de la patata, alcanzándose en el año 2014 unos valores de producción de aproximadamente 170 millones de toneladas de tomate en todo el mundo y alrededor de 22 millones de toneladas en Europa (Tabla 2). En cuanto a la superficie cosechada en el mundo sigue en aumento, en cambio en Europa ha disminuido pero la producción sigue en aumento debido a la mejora de las técnicas de producción que hemos descrito anteriormente.

Tabla 2. Producción, Superficie y Rendimiento a nivel Mundial y Europeo en el periodo 2000 al 2014 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2014, consultado en agosto del 2017).

Año	Mundial		Europeo	
	Producción (millones kg)	Superficie Cosecha (Ha.)	Producción (millones kg).	Superficie Cosecha (Ha.)
2000	110.398	3.906.237	21.602	712.844
2001	108.262	3.886.762	21.032	696.810
2002	116.532	4.012.544	19.832	657.680
2003	119.479	4.095.337	21.682	664.679
2004	128.414	4.239.262	23.824	675.615
2005	129.374	4.290.411	23.049	645.310
2006	131.285	4.226.522	21.706	616.696
2007	137.496	4.266.467	20.978	552.007
2008	141.101	4.250.162	20.732	540.061
2009	154.406	4.549.486	23.634	572.782
2010	152.082	4.543.167	21.713	548.336
2011	158.207	4.722.430	21.692	536.647
2012	161.326	4.933.077	21.673	509.344
2013	163.791	4.941.703	20.877	489.645
2014	170.750	5.023.810	22.733	498.794

INTRODUCCIÓN

Los países con mayor producción mundial del tomate en 2013 son China, India, EEUU, Turquía, Egipto, siendo España novena superada por Brasil, en cambio en 2014 España supera a Brasil como bien se observa en la Tabla 3.

En cuanto a la superficie España en relación a los principales países del Mundo, es uno de los países que menor superficie tiene plantada, esto es debido al mejor aprovechamiento de la tierra.

Tabla 3. Producción y Superficie de los principales países del mundo en 2013 y 2014 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2013 y 2014, consultado en agosto del 2017)

	Producción 2013 (Tn)	Producción 2014 (Tn)	Área 2013 (Ha)	Área 2014 (Ha)
China	50.664.255	52.722.967	984.603	1.001.711
India	18.227.000	18.735.910	880.000	882.030
EEUU	12.574.550	14.516.060	149.977	163.380
Turquía	11.820.000	11.850.000	311.000	319.109
Egipto	8.533.803	8.288.043	212.946	214.016
Irán	6.174.182	5.973.275	163.595	159.132
Italia	4.932.463	5.624.245	95.304	103.171
Brasil	4.187.646	4.302.777	62.687	64.363
España	3.683.600	4.888.880	45.300	54.750
México	3.282.583	3.536.305	87.165	95.207
Federación de Rusia	2.644.220	2.819.193	119.830	118.421
Uzbekistán	2.246.927	2.285.801	63.304	65.052
Ucrania	2.051.400	2.147.880	84.900	79.300
Portugal	1.742.000	1.399.535	18.000	18.459
Nigeria	1.565.000	2.143.500	272.000	541.800
Marruecos	1.293.319	1.230.953	14.016	15.717
Túnez	1.200.000	1.250.000	27.000	24.966
Europa	20.965.199	22.733.823	500.872	498.794
Mundo	163.963.000	170.750.767	4.725.416	5.023.810

1.2.2. A nivel nacional

En cuanto a la producción a nivel nacional, la cuenca mediterránea es la zona con mayor producción de tomate.

Siendo Andalucía y Extremadura las comunidades que más producción de tomate tienen de España con diferencia significativa respecto al resto de comunidades.

INTRODUCCIÓN

Por sus condiciones ambientales no es de extrañar que dentro de la Unión Europea los dos principales productores sean Italia y España.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como se puede observar en la Tabla 4 la producción en el periodo del 2000-2014 ha ido en aumento, siendo un rendimiento en 2014 alrededor a noventa mil (kg/ha). En cuanto a la superficie cultivada ha habido un descenso significativo en 2014 respecto en 2000.

Tabla 4. Producción de España de tomate fresco, en el período del 2000-2014 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2014, consultado en agosto del 2017).

Año	Producción (Tn)	Rendimiento (kg/Ha)	Superficie (Ha)
2000	3.766.328	60.469	62.285
2001	3.971.691	63.013	63.030
2002	3.979.718	67.150	59.266
2003	3.947.327	62.682	62.973
2004	4.383.202	62.705	69.902
2005	4.810.301	66.546	72.285
2006	3.800.552	67.041	56.690
2007	4.081.477	76.579	53.297
2008	4.049.753	73.809	54.868
2009	4.798.053	75.159	63.838
2010	4.312.709	72.767	59.267
2011	3.864.120	75.465	51.204
2012	4.046.400	83.259	48.600
2013	3.772.846	80.922	46.623
2014	4.888.880	89.294	54.750

A pesar de la evolución en cuanto a las mejoras en producción y en rendimiento 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.

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.

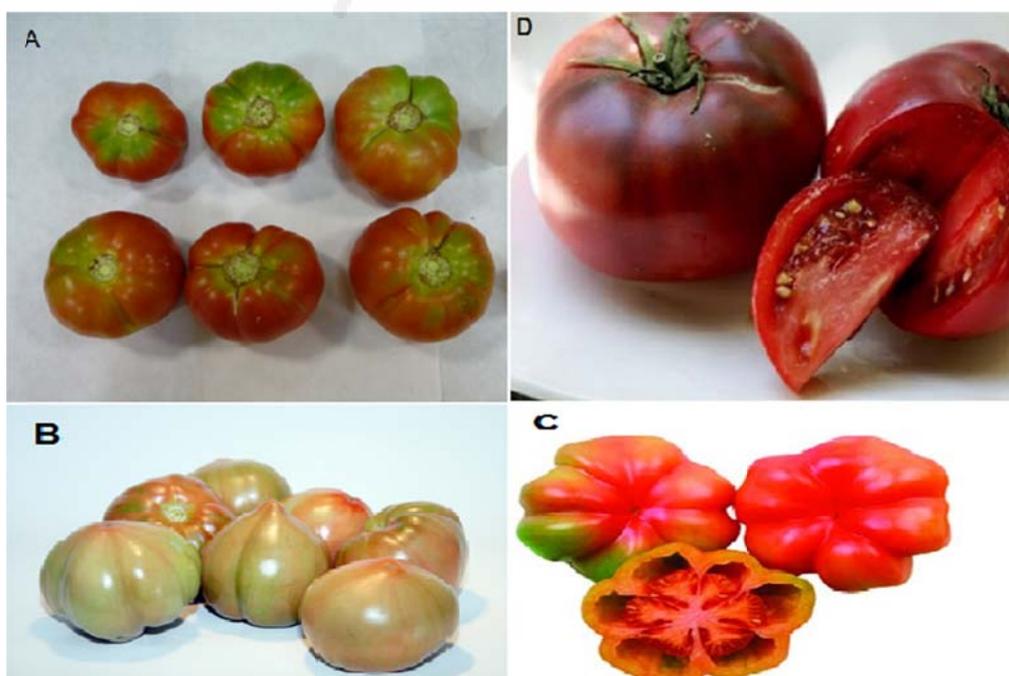


Figura 10.Frutos de las variedades tradicionales del tomate Muchamiel (A),Valenciano (B),Monserrat (C) y Morunos (D).

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 Muchamiel

El tomate Muchamiel 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.

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.



Figura 11.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 rosados (E).

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 11), 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. El programa de 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.
- Envío al Registro.

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, 2004).

En 2013 se concedieron los Títulos de Obtención Vegetal de las líneas de mejora de tomate UMH 1200 (tipo Muchamiel) y UMH 1203 (De la pera). En 2017 se han obtenido los Títulos de Obtención Vegetal de las líneas de mejora de tomate UMH 1139 (Muchamiel) y UMH 1422 y UMH 1415 (De la pera). Actualmente están en

marcha los trámites de inscripción para otras líneas De la pera UMH 1354, UMH 1354, el híbrido UMH 1101xIF, los Cherry UMH 1401 y UMH 1402 y los Pera morunos UMH 1209 y UMH 1155. En octubre de 2017 está previsto iniciar la tramitación de los híbridos UMH1200xBfT y UMH1200xCostoluto Genovese.

1.4. Línea de Investigación a la que pertenece 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 (mediados de 2015 a mediados de 2018).

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 amplia colección de variedades tradicionales de tomate europeas, así como en líneas de mejora con resistencia a virus obtenidas a partir de variedades tradicionales.

En 2015 se cultivó en el invernadero de malla de la EPSO una colección de líneas de mejora Muchamiel en condiciones convencionales y de bajos insumos, cuyos resultados se recogieron, parcialmente, en los Trabajos Fin de Grado de Espuch (2015) y de Vañó (2016). En 2016 se estudiaron 4 líneas de mejora con distintas resistencias genéticas a virus Muchamiel (Amorós, 2017) y 4 De la pera (Salinas, en preparación), cultivadas bajo malla en 3 condiciones de cultivo, encontrándose un claro efecto de las condiciones de cultivo. En 2017 se ha repetido el ensayo, para confirmar los resultados.

2.-OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de diferentes condiciones de cultivo (convencional, bajos insumos y condiciones salinas) sobre algunos caracteres agronómicos (número de frutos recolectados por planta, peso medio de los frutos y producción total) y de calidad (contenido en 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, cultivadas en un invernadero de malla en la EPSO durante la campaña primavera-verano 2017.



3.-MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal empleado

En el ensayo se han estudiado cuatro líneas de mejora Muchamiel procedentes del programa de mejora de la EPSO. UMH 1200 (con resistencia en homocigosis a 3 virus), UMH 1139 (con resistencia en homocigosis a 2 virus), UMH 972 (con resistencia en homocigosis a 1 virus), y el híbrido UMH 1101 x IF (con resistencia en heterocigosis a 3 virus). El genotipo para los distintos genes de resistencia de cada línea aparece en la siguiente tabla.

Tabla 5. Genotipo de las variedades tradicionales y 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)).

Variedad-Línea	Gen de resistencia		
	ToMV	TYLCV	TSWV
UMH 1200	RR	RR	RR
UMH 1139	RR	ss	RR
UMH 972	RR	ss	ss
UMH 1101 x IF	Rs	Rs	Rs

3.2. Condiciones del cultivo

En este trabajo se cultivaron las plantas en tres 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 de bajos insumos.
- Condiciones salinas.

3.2.1. Instalaciones

Los cultivos se llevaron a cabo 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 12). 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 12. Invernadero utilizado en el ensayo de Orihuela.

3.3. Prácticas de cultivo

3.3.1. Semillero

La realización del semillero para los cultivos se realizó en los Semilleros José y Belén, empresa situada en Albaterra (Alicante). Se utilizaron bandejas de poliestireno expandido de 150 alvéolos. El substrato 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 llevaron a cabo los cultivos, se desinfectó el suelo, utilizando metam-sodio.

En el suelo donde se realizó el cultivo en condiciones **convencionales y salinas** se aplicó $2,5 \text{ kg/m}^2$ 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.

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

3.3.3. Trasplante

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

3.3.4. Marco de plantación

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 $2,5 \text{ pl/m}^2$ (Figura 13).



Figura 13. Imagen del ensayo en condiciones convencionales

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 14) 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 14. Entutorado de las plantas utilizado en el experimento

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. Para el cultivo en condiciones de **bajos insumos** se utilizó agua potable, para tener la seguridad de no aportar ningún fertilizante.

MATERIALES Y MÉTODOS

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 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 N – 225 P₂O₅ – 550 K₂O – 190CaO.

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 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 6.

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

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 6. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de la solución de riego de cada condición de cultivo.

Fecha	Condiciones del cultivo		
	Bajos Insumos	Convencional	Salino
24/04/2017	0,50	2,55	2,60
01/05/2017	0,85	2,85	2,86
08/05/2017	0,75	2,10	2,10
15/05/2017	0,82	2,36	2,47
23/05/2017	0,73	2,26	2,93
30/05/2017	0,66	2,49	3,64
06/06/2017	0,50	2,53	4,01
13/06/2017	0,51	2,38	4,76
20/06/2017	0,51	2,33	5,43
27/06/2017	0,58	2,44	5,61
04/07/2017	0,61	2,82	5,48
11/07/2017	0,73	2,59	5,04
18/07/2017	0,76	2,59	5,30
25/07/2017	0,68	2,57	5,91
29/07/2017	0,60	2,51	5,41

Para cubrir las necesidades de micronutrientes en el cultivo **convencional** y **salino** se aportaron distintos productos, que aparecen en la tabla 7. En el cultivo 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 %
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

MATERIALES Y MÉTODOS

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*).

Los productos utilizados aparecen en la tabla 8.

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>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
RUFAS 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	BacillusThuringiensisKurstaki 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.

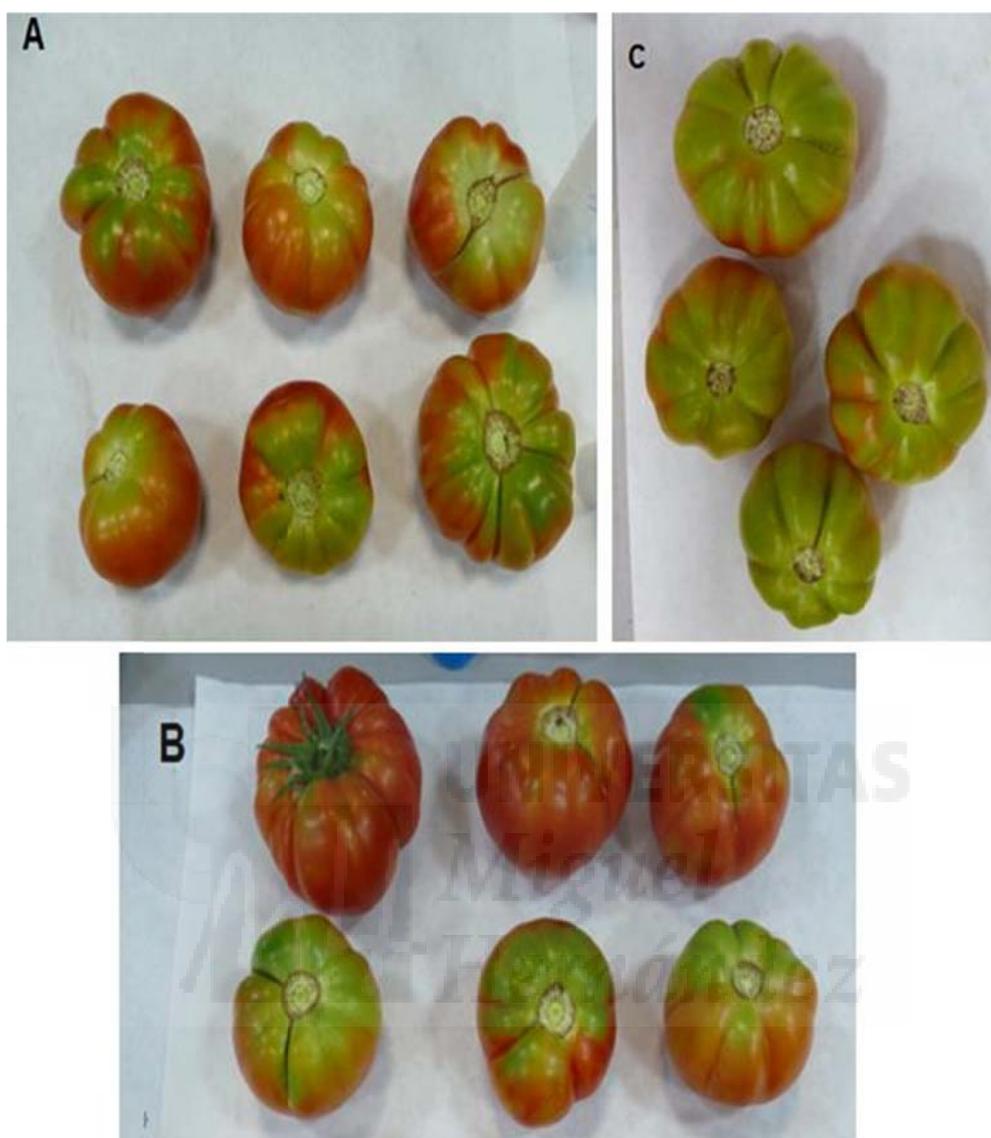


Figura 15. Frutos de tomate. Línea UMH 1139 en condiciones convencionales (A). Línea UMH 1139 en condiciones salinas (B). Línea UMH 1139 en condiciones de Bajos Insumos (C).

3.4. Planificación de los ensayos

En la tabla 9 aparecen las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes del cultivo, así como las 7 recolecciones que se llevaron a cabo en las distintas instalaciones.

Tabla 9. Fechas en las que se realizaron las distintas labores del ensayo

Tarea	Fecha
Siembra	15/02/2017
Trasplante	28/03/2017
1ª recolección	19/06/2017
2ª recolección	26/06/2017
3ª recolección	03/07/2017
4ª recolección	11/07/2017
5ª recolección	19/07/2017
6ª recolección	24/07/2017
7ª recolección	03/08/2017
Medida	24 y 25/07/2017

3.4.1. Diseño experimental.

En los ensayos se dispusieron 2 repeticiones de 5 a 7 plantas de cada línea, variedad o cruce (Figura 16). Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.

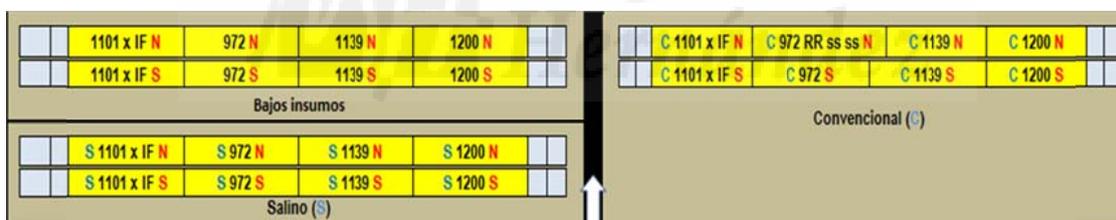


Figura 16. Esquema de la disposición de las plantas en el invernadero. (N/S: Norte/Sur; S/C: Salino/Convencional)

3.5. Caracteres analizados en el ensayo

3.5.1. Caracteres productivos

3.5.1.1. Producción total

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

3.5.1.2. Peso medio total del fruto

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

3.5.1.3. Número de frutos total por planta

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

3.5.2. Caracteres de calidad

3.5.2.1. Sólidos solubles

Los valores de sólidos solubles y acidez vienen determinados por el estado de maduración de los frutos, por lo que es muy importante que los frutos analizados tengan un estado de maduración lo más homogéneo posible. Por esta razón, tras la recolección se seleccionaban frutos 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, a finales de julio de 2017.



Figura 17: Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la línea UMH 1200 cultivada en condiciones salinas.

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 refractómetro digital Atago (Figura 18), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), por duplicado.



Figura 18: Refractómetro digital

3.5.2.2. Acidez

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

La acidez se valoró, por duplicado, con NaOH en concentración de 0,1 N hasta pH 8,01 con un pHmetro pHmatic 23 CRISON (Figura 19), expresándose en gramos de ácido por cada 100 gramos de tejido fresco.



Figura 19: pHmetro pHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez

3.6. Tratamiento estadístico

Se realizó un análisis de la varianza multifactorial con dos factores: la variedad (cuatro líneas) y las condiciones de cultivo (convencional, salinas y 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 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

El análisis de la varianza para la producción total (Tabla 10) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. La interacción entre los factores (cultivo y línea) 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					
Cultivo	$5,85 \times 10^7$	2	$2,92 \times 10^7$	37,74	<0,0001
Línea	$2,18 \times 10^7$	3	$7,28 \times 10^6$	9,38	<0,0001
Interacciones					
Cultivo-Línea	$2,53 \times 10^7$	6	$4,21 \times 10^6$	5,44	<0,0001
Residual	$9,78 \times 10^7$	126	776397		
Total (corregido)	$2,02 \times 10^8$	137			

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 20).

Tal y como se esperaba, la producción en condiciones de bajos insumos es menor que en condiciones convencionales y salinas. El híbrido UMH 1101xIF es el que mayor diferencias presenta entre las condiciones de cultivo. En ninguna de las cuatro líneas hay diferencias significativas entre las condiciones de cultivo convencionales y salinas.

En condiciones de cultivo salinas no hay diferencias significativas entre las cuatro líneas estudiadas. Sin embargo, en condiciones convencionales el híbrido UMH 1101x IF tiene mayor producción que la UMH 1139 y la UMH 1200. En condiciones salinas ocurre lo contrario: el híbrido tiene menor producción que las líneas UMH 1139 y UMH 1200.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

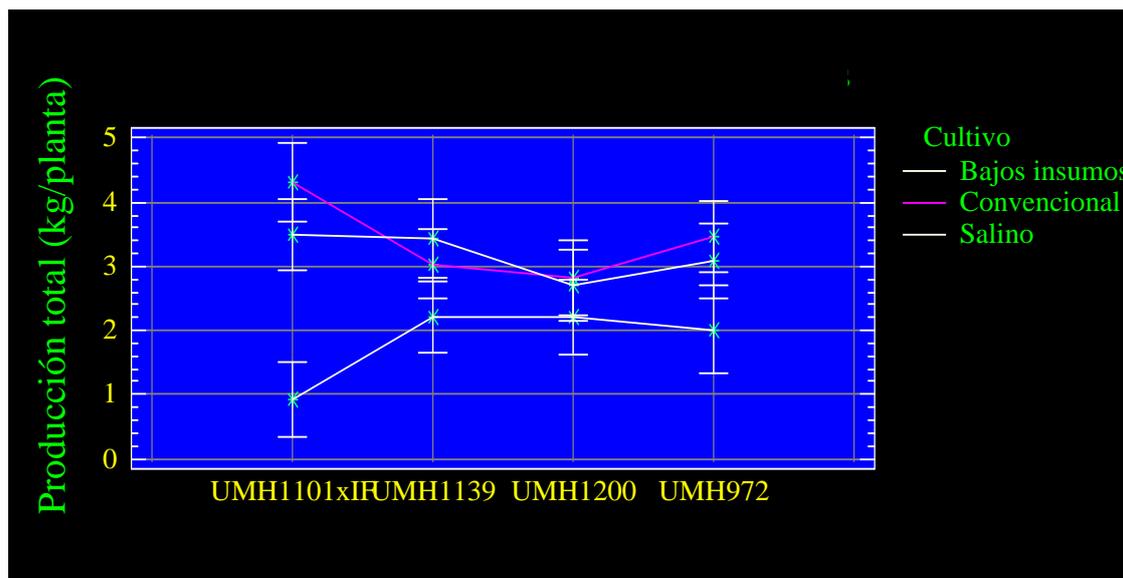


Figura 20. Producción total (kg/planta) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Espuch (2015) estudió una colección distinta de líneas de mejora y variedades tradicionales Muchamiel, cultivadas en condiciones convencionales y de bajos insumos. En tres de las ocho líneas estudiadas la producción obtenida en condiciones convencionales fue estadísticamente superior a la de bajos insumos. Las producciones obtenidas por Espuch (2015) fueron ligeramente superiores en este trabajo, tanto en bajos insumos como en convencional.

Comparando estos resultados con el trabajo de Amorós (2017), que estudió las mismas líneas en las mismas condiciones, la producción obtenida en condiciones de Bajos Insumos es similar (alrededor de 2 kg/planta) excepto en el híbrido UMH1101xIF, que en este trabajo obtiene 1kg/planta y en el de Amorós (2017) 1,6 kg/planta. En condiciones salinas los resultados son similares en los 2 años, con producciones alrededor de 3 kg/planta en los dos trabajos. En condiciones convencionales es donde se han encontrado mayores diferencias de producción. En las líneas UMH 1139 y UMH 1200 la producción obtenida en este trabajo ha sido menor que en el de Amorós (2017). En cambio, en este trabajo la línea UMH 972 ha obtenido una producción de 3,5 kg/planta, mientras que en el de Amorós (2017) fue de 2 kg/planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estas diferencias de un año a otro se pueden deber a las diferencias en el cultivo y al hecho de tener solo 2 repeticiones. Se puede plantear un tercer ensayo en 2018 aumentando el número de repeticiones.

4.1.2. Peso medio de frutos

El análisis de la varianza para el peso medio de frutos (Tabla 11) muestra que solo existen diferencias significativas entre las líneas estudiadas. La interacción entre los factores (cultivo y línea) también es significativa.

Tabla 11. Análisis de la varianza para el peso medio de frutos 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					
Cultivo	3329,34	2	1664,67	1,69	0,1880
Línea	65575,8	3	21858,6	22,24	<0,0001
Interacciones					
Cultivo-Línea	29017,7	6	4836,29	4,92	0,0001
Residual	123849,0	126	982,925		
Total (corregido)	224189,0	137			

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 21).

Sólo se han encontrado diferencias significativas entre el peso medio en distintas condiciones de cultivo para la línea UMH 972, que en condiciones salinas tiene menor peso medio que en convencionales y bajos insumos.

El híbrido UMH 1101xIF y la línea UMH 1200 tienen valores similares de peso medio, que son menores que los de las línea UMH 1139 y UMH 972.

Comparando con el trabajo de Amorós (2017), el híbrido UMH 1101xIF y las líneas UMH 1139 y UMH 1200 obtienen valores muy similares. En cambio, la línea

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

UMH 972 tiene 220 g/fruto en condiciones salinas y alrededor de 160 g/fruto en bajos insumos y convencional en el trabajo de Amorós (2017), que difiere claramente de lo obtenido en este trabajo. Este resultado, junto con el de la producción, muestra que la línea UMH 972 tiene un comportamiento más cambiante que el resto.

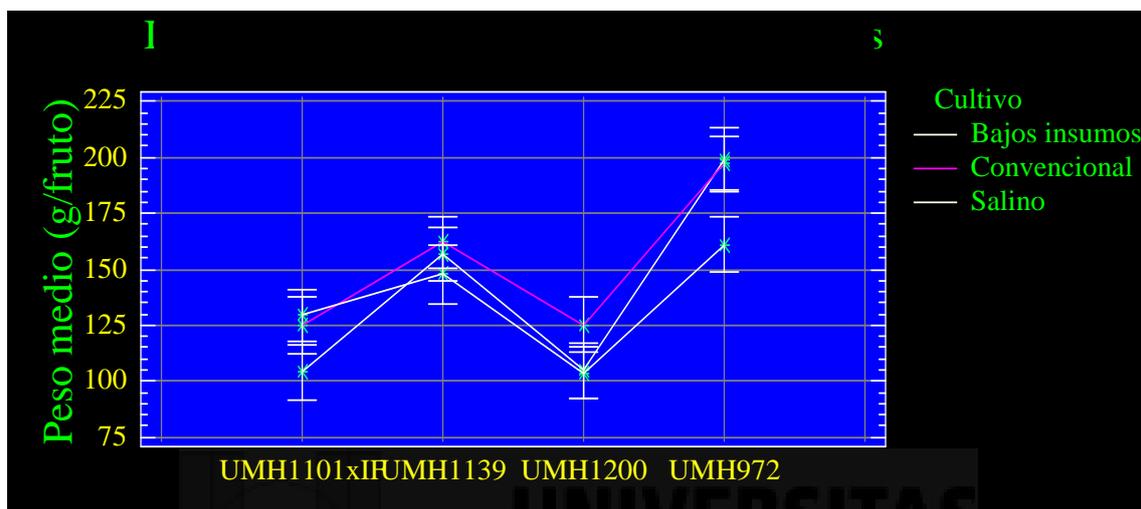


Figura 21. Peso medio total (g/fruto) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

En el trabajo de Espuch (2015), que estudió una colección distinta de líneas de mejora y variedades tradicionales Muchamiel en condiciones convencionales y de bajos insumos, se obtuvieron diferencias significativas en tres de las ocho líneas estudiadas, pero a favor de bajos insumos.

Viendo estos resultados, el efecto de las condiciones de cultivo en el peso medio de los frutos es menor que en el resto de parámetros estudiados.

4.1.3. Número de frutos total

El análisis de la varianza para el número de frutos total (Tabla 12) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. La interacción entre los factores (cultivo y línea) también es significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 12. Análisis de la varianza para el número total de frutos 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					
Cultivo	3332,53	2	1666,26	46,44	<0,0001
Línea	4382,13	3	1460,71	40,71	<0,0001
Interacciones					
Cultivo-Línea	1935,58	6	322,597	8,99	<0,0001
Residual	4521,13	126			
Total (corregido)	14087,8	137			

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 22).

El número de frutos en condiciones de bajos insumos es menor que en condiciones convencionales y salinas. El híbrido UMH 1101xIF es el que mayor diferencias presenta entre las condiciones de cultivo. En ninguna de las cuatro líneas hay diferencias significativas entre las condiciones de cultivo convencionales y salinas.

En condiciones de cultivo salinas no hay diferencias significativas entre las cuatro líneas estudiadas. Sin embargo, en condiciones convencionales el híbrido UMH 1101xIF tiene mayor producción que las líneas UMH 1139 y UMH 1200. En condiciones salinas ocurre lo contrario: el híbrido tiene menor producción que las líneas UMH 1139 y UMH 1200.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

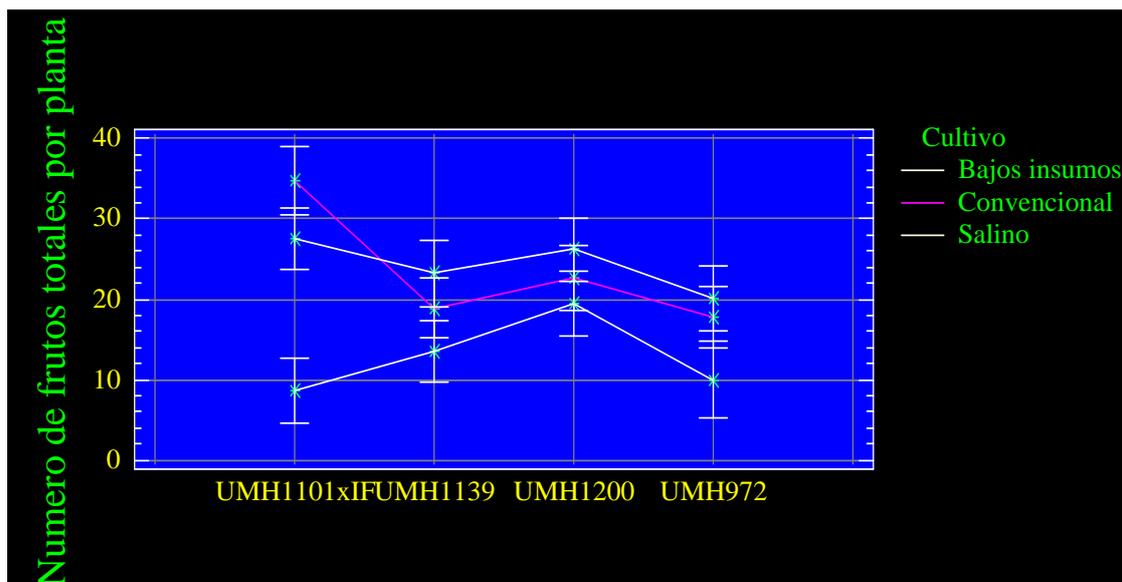


Figura 22. Número de frutos total por planta para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Los valores obtenidos en condiciones de Bajos Insumos son similares a los de Amorós (2017), excepto en el híbrido UMH1101xIF, en el que Amorós (2017) obtuvo 12 frutos/planta, frente a los 9 frutos/planta de este trabajo. En condiciones salinas los resultados obtenidos en este trabajo son similares en el híbrido UMH 1101xIF y en las líneas UMH 1139 y UMH 1200, con alrededor de 25 frutos/planta, y 20 frutos/planta en la línea UMH 972.

Y por último, En condiciones convencionales los valores obtenidos en los dos trabajos son muy similares. En ambos casos es el híbrido UMH 1101xIF el que mayor valor alcanza, con alrededor de 35 frutos/planta.

4.2. Caracteres de calidad

4.2.1. Sólidos solubles

El análisis de la varianza para los sólidos solubles (Tabla 13) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. La interacción entre los factores (cultivo y línea) también es significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 13. Análisis de la varianza para los sólidos solubles 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					
Cultivo	60,8753	2	30,4376	272,46	<0,0001
Línea	11,0663	3	3,68877	33,02	<0,0001
Interacciones					
Cultivo-Línea	4,97906	6	0,8298	7,43	<0,0001
Residual	18,0976	162	0,1117		
Total (corregido)	87,1672	173			

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 23).

El mayor contenido de sólidos solubles lo alcanza el híbrido UMH 1101xIF, en condiciones convencionales. Para el resto de líneas el mayor contenido se obtiene en condiciones salinas. Este hecho se debe al efecto de la mayor CE de la solución de riego durante el cultivo (tabla 6), y también se ha obtenido en los trabajos de Amorós (2017) y Salinas (en preparación), con líneas Muchamiel y De la pera, respectivamente.

En todos los casos, el menor contenido de sólidos solubles se obtiene en condiciones de bajos insumos. Esto es debido a la menor CE de la solución de riego durante el cultivo (tabla 6), y también se ha obtenido previamente en los trabajos de Vañó (2016) y Amorós (2017) con líneas Muchamiel y Salinas (en preparación) con líneas De la pera. Los valores obtenidos en condiciones convencionales se encuentran en una posición intermedia, excepto en el híbrido UMH 1101xIF. En el trabajo de Vañó (2016), seis de las ocho líneas estudiadas obtuvieron mayor contenido de sólidos solubles en condiciones convencionales que en bajos insumos.

Los valores obtenidos en este trabajo en condiciones de bajos insumos y convencionales son similares a los de Amorós (2017), pero inferiores en condiciones salinas. En general, en este trabajo los valores obtenidos en condiciones convencionales se encuentran más cerca de los de condiciones salinas que de los

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

bajos insumos, mientras que en el trabajo de Amorós (2017), los valores en condiciones convencionales estaban más cerca de los de bajos insumos.

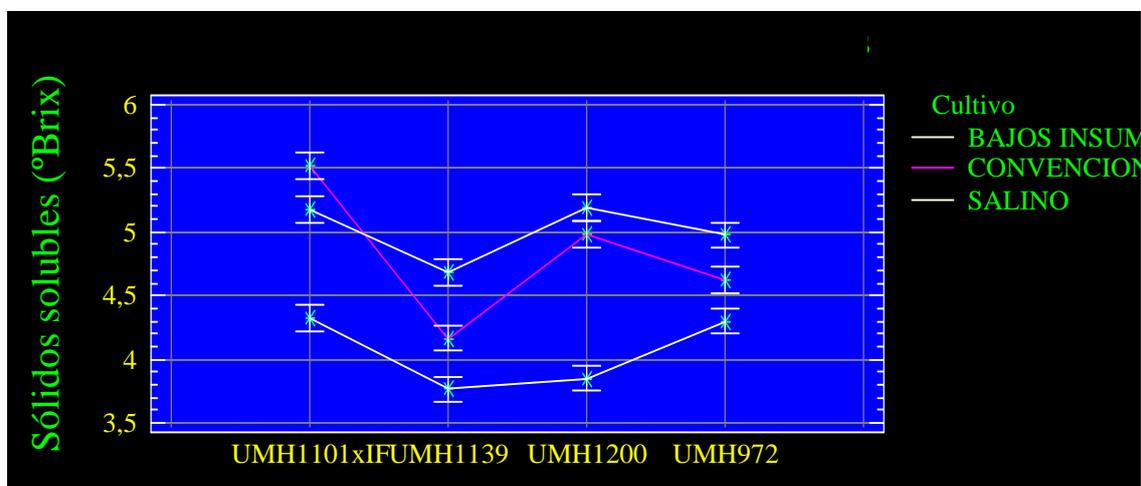


Figura 23. Sólidos solubles para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

4.2.2. Acidez

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 14) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. La interacción entre los factores (cultivo y línea) también es significativa.

Tabla 24. Análisis de la varianza para la acidez 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					
Cultivo	1,79904	2	0,8995	320,19	<0,0001
Línea	0,454808	3	0,1516	53,96	<0,0001
Interacciones					
Cultivo-Línea	0,233507	6	0,03891	13,85	<0,0001
Residual	0,455113	162	0,00280		
Total (corregido)	2,96554	173			

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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 24).

La acidez obtenida en condiciones salinas es la más elevada en tres de las cuatro líneas estudiadas, aunque sólo para la línea UMH 1139 la diferencia es significativa. Sin embargo, para el híbrido UMH 1101xIF la acidez alcanzada en condiciones convencionales es claramente superior a la de las condiciones salinas. Un comportamiento similar se ha obtenido en el contenido de sólidos solubles (Figura 19). En todos los casos, la acidez obtenida en condiciones de bajos insumos ha sido la menor. Esto es debido a que no se aportan fertilizantes.

Al igual que ocurría con el contenido de sólidos solubles, los valores de acidez obtenidos en las condiciones convencionales se encuentran más cerca de las condiciones salinas que de las de bajos insumos. Este resultado también fue obtenido por Amorós (2017).

Los valores obtenidos en este trabajo son ligeramente inferiores a los de Amorós (2017), en las tres condiciones de cultivo estudiadas. En el trabajo de Amorós (2017) la acidez en condiciones salinas fueron las mayores en las cuatro líneas.

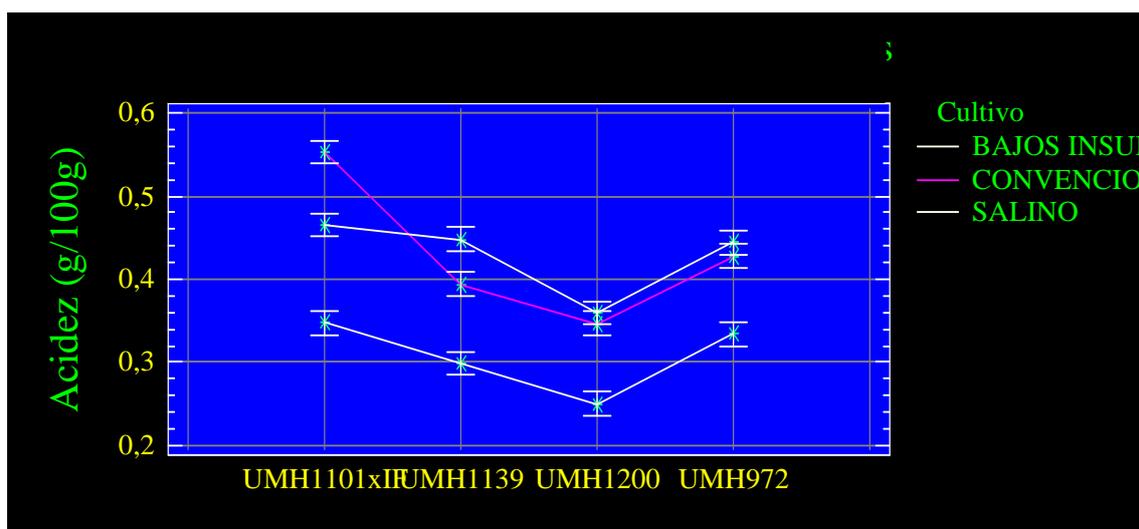


Figura 24. Acidez para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

5.-CONCLUSIONES.

No se han encontrado diferencias significativas para la producción total de las líneas en condiciones convencionales y condiciones salinas. La producción obtenida en condiciones de bajos insumos de bajos insumos ha sido la menor, debido a no aportar fertilizantes.

No se ha encontrado efecto de las condiciones ambientales sobre el peso medio de los frutos las líneas estudiadas, excepto en la línea UMH 972, en las que el peso medio en condiciones salinas es el menor.

En condiciones salinas se obtiene el mayor contenido de sólidos solubles y acidez, excepto para el híbrido UMH 1101xIF, que lo obtiene en condiciones convencionales. En todas las líneas se han obtenido los menores valores en condiciones de bajos insumos.



6.-BIBLIOGRAFÍA.

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

Capel, J.; Santalla, M.; Ferreira, J.J.; De Ron, A.M.; Lozano, R. (2000). Selección asistida por marcadores moleculares. En Nuez, F y Carrillo, J.M. Los marcadores moleculares en la Mejora Vegetal. Editorial de la UPV.

Del Espino, C. (2012). Selección de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para agricultura ecológica. Trabajo Fin de Máster. Universidad Miguel Hernández.

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

FAO/FAOSTAT. Bases de datos estadísticos de la Fao 2017. Disponible en la web: <http://faostat.fao.org/>

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

Fournier, P. (1947-48). Plantes médicinales et vénéneuses de France. 3 vols. Paul Lechevalier, París.

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.

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

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

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

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

Nuez F.; Rodriguez del rincon A.; Tello J.; Cuartero J.; Segura B. (1995). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. 793 pp.

Nuez, F.; Roselló, S.; Picó, B. (1998). La conservación y recuperación de nuestro patrimonio hortícola. *Mejorar para conservar. Agrícola Vergel* 194: 74-80.

Nuez, F.; Ruiz, J.J. (1999a). Encuentro Internacional sobre Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos. UPV. Valencia.

Nuez, F.; Ruiz, J.J. (1999b). La Biodiversidad Agrícola Valenciana: Estrategias para su conservación y Utilización. UPV. 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., Iovannoni, J., Olmstead, R.G. & Shibata, D. (eds.), *Solanaceae VI: Genomics Meets Biodiversity. Proceedings of the Sixth International Solanaceae Conference. Acta Horticulturae* 745. International Society for Horticultural Science, Leuven.

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. En Simmonds, N.W. (Ed.) *Evolution of crop plants*. Longman, London and New York.

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

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.

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 RatonFL. CRC Press, pp. 461-480.

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

Páginas web consultadas:

Agrohuerto. <https://www.agrohuerto.com>

Cocopot. <https://www.cocopot.es>

Dreastime. www.dreastime.com

Magazine digital. <http://www.magazinedigital.com>

Micorrizados huertos urbanos. www.micorrizados.com

7.ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

7.1 Tablas

Tabla 1: Composición nutritiva del tomate por cada 100 gramos de producto comestible, según Folquer(1976) y Watt et al. (1975).....	10
Tabla 2. Producción, Superficie y Rendimiento a nivel Mundial y Europeo en el periodo 2000 al 2014 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2014, consultado en agosto del 2017).....	11
Tabla 3. Producción y Superficie de los principales países del mundo en 2013 y 2014 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2013 y 2014, consultado en agosto del 2017).....	12
Tabla 4. Producción de España de tomate fresco , en el período del 2000-2014 (Fuente: Anuario de Estadística Agroalimentaria F.A.O. 2014, consultado en agosto del 2017).....	13
Tabla 5. Genotipo de las variedades tradicionales y líneas estudiadas, para los 3 genes de resistencia introducidos (<i>Tm-2^a</i> , confiere resistencia a Tomato mosaic virus (TMV); <i>Ty-1</i> , confiere tolerancia a Tomato yellow leafcurl virus (TYLCV); <i>Sw-5</i> , confiere resistencia a Tomato spotted wilt virus (TSWV)).....	20
Tabla 6. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de la solución de riego de cada condición de cultivo.....	25
Tabla 7. Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo.....	25
Tabla 8. Productos utilizados durante la fase del cultivo.....	26
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.....	32
Tabla 31. Análisis de la varianza para el peso medio de frutos de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.....	34
Tabla 12. Análisis de la varianza para el número total de frutos de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.....	36
Tabla 13. Análisis de la varianza para los sólidos solubles de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.....	38
Tabla 44. Análisis de la varianza para la acidez de las diferentes líneas en las distintas condiciones de cultivo.....	39

7.2 Figuras

Figura 1: Distribución de Solanum sec. Lycopersicoides, sec. Juglandifolia, y sec. Lycopersicon (Peralta <i>et al.</i> , 2008).....	1
Figura 2: Distribución de Solanum sec. Lycopersicoides, sec. Juglandifolia, y sec. Lycopersicon (Peralta <i>et al.</i> , 2008).....	2
Figura 3. Ilustración de la planta de tomate en el herbario de Konrad Gessener, realizada en 1553.....	4
Figura 4 Detalle de la hoja (https://www.cocopot.es).....	5
Figura 5. Detalle de la semilla (http://www.magazinedigital.com).....	6
Figura 6. Partes del sistema radicular de la planta del tomate. (http://3.bp.blogspot.com).....	7
Figura 7. Detalle de un tallo axilar en una planta de tomate (www.micorrizados.com).....	8
Figura 8. Detalle de la hoja del tomate (www.dreastime.com).....	9
Figura 9. Detalle del fruto (https://www.agrohuerto.com).....	9
Figura 10. Frutos de las variedades tradicionales del tomate Muchamiel (A), Valenciano (B), Monserrat (C) y Morunos (D).....	14
Figura 11. 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 rosados (E).....	16
Figura 12. Invernadero utilizado en el ensayo de Orihuela.....	21
Figura 13. Imagen del ensayo en condiciones convencionales.....	22
Figura 14. Entutorado de las plantas utilizado en el experimento.....	23
Figura 15. Frutos de tomate. Línea UMH 1139 en condiciones convencionales (A). Línea UMH 1139 en condiciones de salinas (B). Línea UMH 1139 en condiciones de Bajo Insumo (C).....	27
Figura 16. Esquema de la disposición de las plantas en el invernadero. (N/S: Norte/Sur; S/C: Salino/Convencional).....	28

Figura 17. Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la línea UMH 1200 cultivada en condiciones salinas.....	29
Figura 18. Refractómetro.....	30
Figura 19. pHmetro pH matic 23 CRISON utilizado para medir la acidez.....	31
Figura 20. Producción total (kg/planta) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.....	33
Figura 21. Peso medio total (g/fruto) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.....	35
Figura 22. Número de frutos total por planta para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.....	37
Figura 23. Sólidos solubles para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.....	39
Figura 24. Acidez para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza	40