

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA



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

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Marzo - 2017

Autor: José Ramón Amorós Alvarado

Tutor: D. Santiago García Martínez

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.

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

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

Abstract: In this paper, the effect of different environment conditions (conventional, low inputs, and saline conditions) regarding some agronomic and quality characteristics (number of fruit collected by plant, average fruit weight, total production, content of soluble solid particles, and acidity) in a collection of Muchamiel tomato lines with different levels of genetic resilience to viruses, derived from the improvement programme of the EPSO-UMH.

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

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	8
1.2.1.	A NIVEL MUNDIAL Y EUROPEO.....	8
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 MÁSTER.....	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.....	22
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.	24
3.3.6.	FERTIRRIGACIÓN.	25
3.3.7.	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.....	27
3.3.8.	RECOLECCIÓN.....	28
3.4.	PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.	29
3.4.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL.	30
3.5.	CARACTERES ANALIZADOS EN EL ENSAYO.....	31
3.5.1.	CARACTERES PRODUCTIVOS	31
3.5.1.1.	PRODUCCIÓN TOTAL	31
3.5.1.2.	PESO MEDIO TOTAL DEL FRUTO.....	31
3.5.1.3.	NÚMERO DE FRUTOS TOTAL POR PLANTA.	31
3.5.2.	CARACTERES DE CALIDAD	31

3.5.2.1.	SÓLIDOS SOLUBLES	31
3.5.2.2.	ACIDEZ	33
1.1.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	34
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1.	CARACTERES PRODUCTIVOS	36
4.1.1.	PRODUCCIÓN TOTAL	36
4.1.2.	PESO MEDIO DE FRUTOS.....	38
4.1.3.	NÚMERO DE FRUTOS TOTAL.....	39
4.2.	CARACTERES DE CALIDAD	41
4.2.1.	SÓLIDOS SOLUBLES	41
4.2.2.	ACIDEZ	42
5.	CONCLUSIONES.....	46
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	48



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 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 este área crecen espontáneamente las diversas especies del género. 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 y 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

INTRODUCCIÓN

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 entre 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 norte americana, donde ha sido introducido por colonos europeos. De la misma forma que en Europa, en Norte América 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, 1998).

La semilla del tomate tiene forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, es constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo 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 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 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 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 (Coleman y Greyson, 1976; Picken et al., 1986).

El racimo floral o inflorescencia está compuesto de varios ejes, cada

INTRODUCCIÓN

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 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 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. 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).

Agua	94%
Hidratos decarbono	4 g
Grasas	0.2g
Proteínas	1 g
Cenizas	0.3g
Otros (ácidos, licopeno,etc,)	0.7g
VitaminaA	1.700 UI*
VitaminaB1	0.10mg
VitaminaB2	0.02mg
Niacina	0.60mg
VitaminaC	21mg
PH	4.5mg
Calcio	13mg
Fósforo	27mg
Hierro	0.5mg
Sodio	3mg
Potasio	244mg
Valorenergético	22-24cal.

*(U.I.) Unidad Internacional de Vitamina A es equivalente a 0,3 mg de vitamina enalcohol.

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 rendimiento superior. Este fenómeno se observa claramente en los datos que se presentan en la Tabla 1, donde se puede observar que en los principales países productores de tomate, el rendimiento se incrementó entre un 2 y un 31% en el período 2002-2012 (FAOstat, 2014).

Tabla 1. Variación de superficie cultivada y producción de los principales productores mundiales de tomate (elaboración propia a partir de datos de FAOstat (2014)).

	Producción año 2012 (toneladas)	Variación de superficie cultivada ⁽¹⁾ (%)	Variación del rendimiento ⁽²⁾ (%)
China	50.000.000	22	31
India	17.500.000	47	19
EE.UU.	13.206.950	-19	14
Turquía	11.350.000	15	2
Egipto	8.625.219	12	11
Irán	6.000.000	19	15
Italia	5.131.977	-33	16
España	4.007.000	-21	18

Este incremento de rendimiento ha dado un aumento creciente de la producción mundial, para poder absorber estos volúmenes se han producido

INTRODUCCIÓN

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 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 2017).

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	161.326	4.933.077	49,33
2013	163.963	4.725.416	47,25

La producción de tomate en el mundo durante los últimos 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 Gráfico 1. Para el año 2014 la producción ascendió a 170.750 millones de kilos de tomate, según la misma fuente.

INTRODUCCIÓN

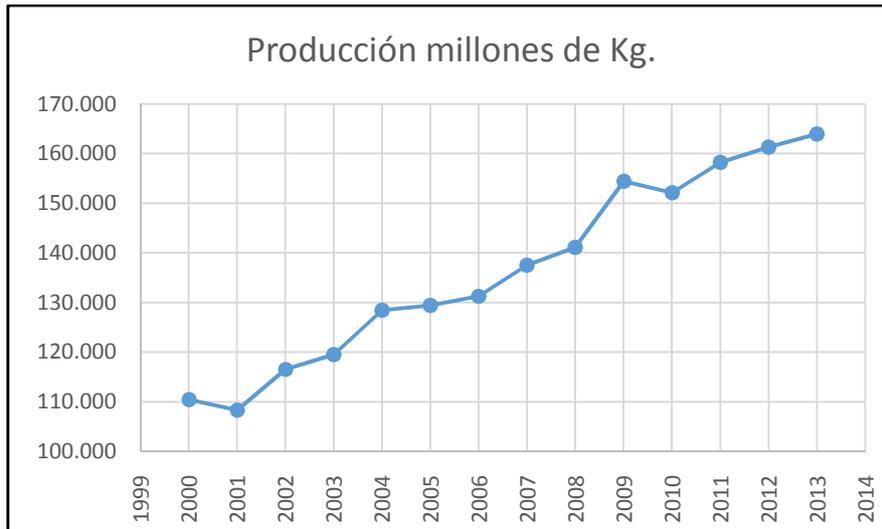


Gráfico 1. Producción Millones de Kilos a nivel mundial.

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 los Gráficos 2 y 3.

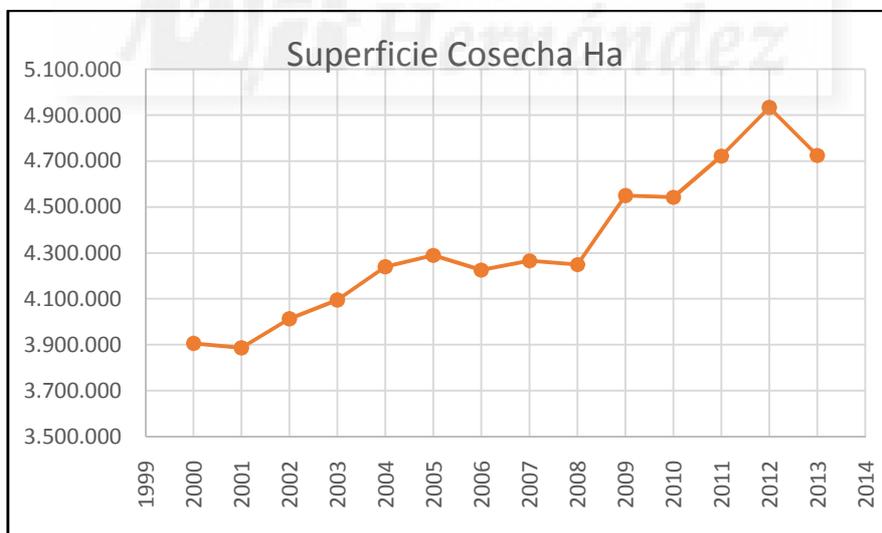


Gráfico 2. Superficie en Ha a nivel mundial.

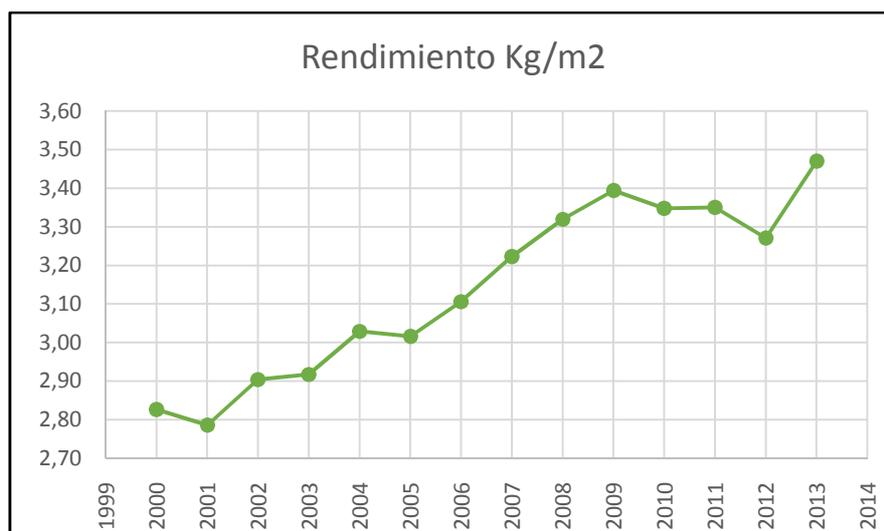


Gráfico 3. Rendimiento Kg/m² a nivel mundial.

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 3.

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

Países	2014 (Tn.)
China	52.586.860
India	18.735.910
Estados Unidos	14.516.060
Turquía	11.850.000
Egipto	8.288.043
Irán	5.973.275
Italia	5.624.245
España	4.888.880
Brasil	4.302.777
México	3.536.305
Federación de Rusia	2.819.193
Uzbekistán	2.285.801
Ucrania	2.147.880
Nigeria	2.143.500
Portugal	1.399.535
Túnez	1.250.000
Marruecos	1.230.953
Mundo	170.750.769

INTRODUCCIÓN

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.

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.

Tabla 4. Serie histórica de superficie, rendimiento, producción, precio y valor. Fuente: (Anuario de Estadística MAGRAMA 2014) consultado 2017.

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

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.

- 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)

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

Tabla 5. Superficie de tomate (Ha.) en España (ESYRCE 2015), consultado en 2017.

	Tomate industria			Tomate fresco			
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	Invernadero	Total
España	108	31731	31839	314	4327	6617	11258
Galicia				125	79	44	248
P. de Asturias						26	26
Cantabria				11			11
Pais Vasco					2	58	60
Navarra	35	1396	1431		86	46	132
La Rioja				1	72	1	74
Aragón		692	692		148		148
Cataluña				33	341	206	580
Baleares				5	6	48	59
Castilla- León				5	10	21	36
Madrid					3	22	25
Castilla La Mancha				7	804	19	830
C.Valenciana		2	2	6	254	108	368
R. de Murcia		31	31		40	1521	1561
Extremadura		20905	20905		912	15	927
Andalucía	73	8704	8777	98	1492	3561	5151
Canarias				21	80	923	1024

1.3. VARIETADES 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.

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.

INTRODUCCIÓN

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 4), 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.

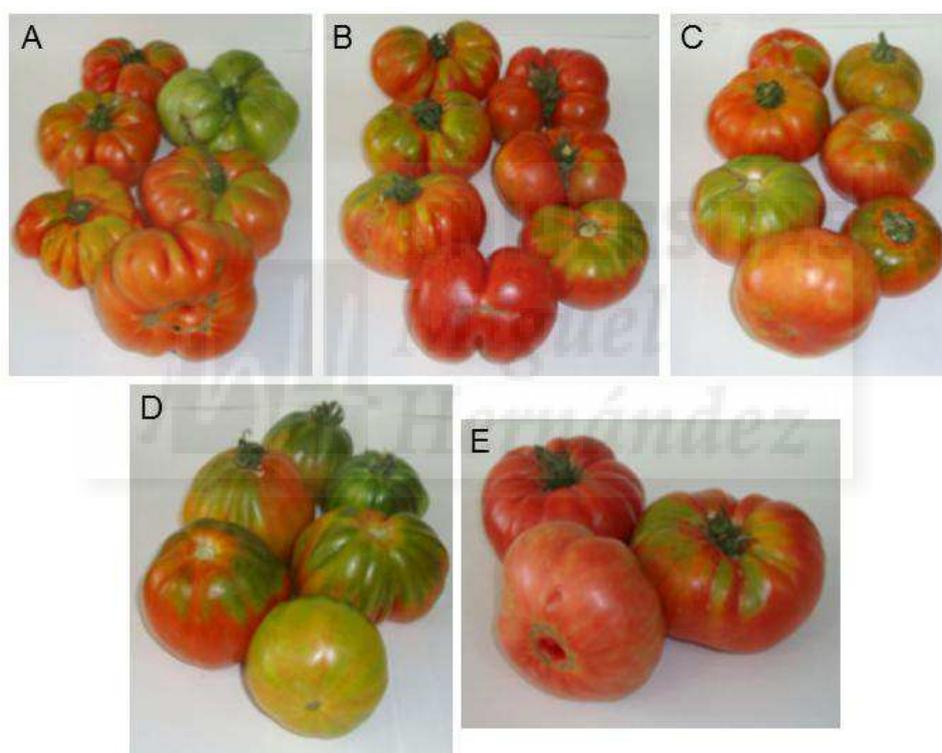


Figura 4. Frutos del tipo varietal Muchamiel en el estado de maduración óptimo de consumo, con distintas formas y colores: muy fasciada (A), arriñonados (B), redondeados (C), aperados (D) y rosados (E).

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).

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

Este trabajo fin de máster 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).

INTRODUCCIÓN

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.



2.-OBJETIVOS.



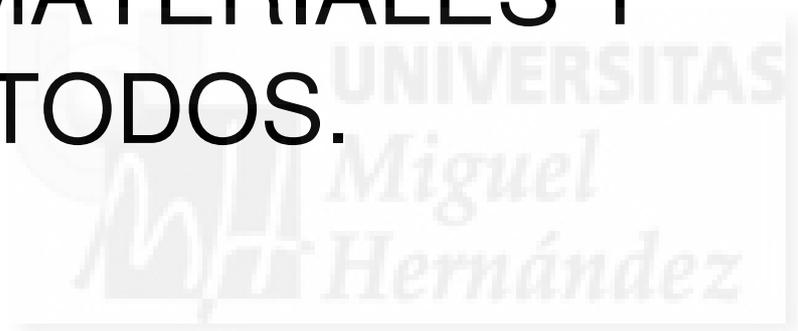
OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de diferentes condiciones ambientales (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.



3.-MATERIALES Y MÉTODOS.



3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. MATERIAL VEGETAL EMPLEADO

En el ensayo se han estudiado tres líneas y un híbrido 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 6. Genotipo de las líneas e híbrido estudiados, para los 3 genes de resistencia introducidos (*Tm-2^a*, confiere resistencia a Tomato mosaic virus (TMV); *Ty-1*, confiere tolerancia a Tomato yellow leafcurl virus (TYLCV); *Sw-5*, confiere resistencia a Tomato spotted wilt virus (TSWV)):

Línea-híbrido	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 5). 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 5. 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 Albatera (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 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 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 transplante, 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. TRANSPLANTE.

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

3.3.4. MARCO DE PLANTACIÓN.

En las tres condiciones, las plantas se disponían en 2 filas pareadas, separadas 50 cm. Dichas filas tenían 2 metros de separación entre ejes, y la separación entre plantas era de 40centímetros, con lo que se obtiene una densidad de 2,5 pl/m² (Figura 6).



Figura 6. 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 7) 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 7. 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.

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:

MATERIALES Y MÉTODOS

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 7.

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

Fecha	Condiciones ambientales		
	Salino	Bajos insumos	Convencional
14/05/2016	2.44	0.68	2.55
22/05/2016	2.04	0.6	2.12
29/05/2016	3.26	0.59	2.64
05/06/2016	3.58	0.59	2.23
12/06/2016	4.97	0.74	2.71
19/06/2016	5.21	0.67	2.47
26/06/2016	5.77	0.61	1.99
03/07/2016	6.19	0.6	2.07
10/07/2016	6.09	0.59	2.23
17/07/2016	6.33	0.59	2.11
24/07/2016	6.38	0.63	2.26
28/07/2016	6.31	0.61	2.19

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

Para cubrir las necesidades de micronutrientes en el cultivo **convencional** y **salino** se aportaron distintos productos, que aparecen en la Tabla 8. En el cultivo el cultivo en **bajos insumos** no se aplicaron.

Tabla 8. Productos nutricionales empleados en cada fase de cultivo

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

3.3.7. TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS.

Se realizaban tratamientos cada 10-15 días. Las plagas y enfermedades con mayor incidencia durante el ensayo fueron trips (*Frankliniella occidentalis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tuta (*Tuta absoluta*). Otras plagas y enfermedades con menor incidencia durante el ensayo fueron plusia (*Chrysodeixis chalcites*), araña roja (*Tetranychus urticae*) y oidio o mancha amarilla (*Leveillula taurica*).

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

Los productos utilizados aparecen en la Tabla 9.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla 9. Productos utilizados durante la fase del cultivo

NOMBRE COMERCIAL	MATERIA ACTIVA
ALVERDE	Metaflumizona 24% p/v
Antimildiu triple	Cimoxalino 4% + Folpet 25% + Fosetil Al 50%
ATOMINAL	Piriproxifen 10%
Bacillus B-Tec 32	<i>Bacillusthuringiensis</i>
BRAVO 50 SC	Clortalonil 50% p/v
CADDY 10 p�p�te	Ciproconazol 10%
CAL EX Avance	Abamectina
CAPTAN	Captan
CIROX	Ciromazina
DICARZOL	Formetanato 50%
DOAM Mojante	Alcohol Isotrideciloetoxilado 20%
FENOS	Flubendiamida 24% p/v
Feromona <i>Tuta absoluta</i>	Feromona
PIRIMICARB	Carbamato
KUMULUS DF	Azufre 80%
OBERON	Spiromesifen 24% p/v
RUFAST Avance	Acrinatrín 7,5% p/v
STEWARD	Indoxacarb 30%
RELDAN	Metil-Clorpirifos 22,4% [EC] P/V
DORYOKU	Etoxazol 11% [SC] P/V
THIOVIT	AZUFRE 80% [WG] P/P
COSTAR	BacilusThurigiensisKurstaki 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 8. Frutos de tomate. Línea UMH 1200 en condiciones convencionales (Arriba). Línea UMH 1139 en condiciones de bajos insumos (Debajo).

3.4. PLANIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS.

En la Tabla 10 aparecen las fechas en las que se realizaron las tareas más importantes del cultivo, así como las 4 recolecciones que se llevaron a cabo en las distintas instalaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

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

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

3.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.

En los ensayos se dispusieron 2 repeticiones de 5 a 7 plantas de cada línea, variedad o cruce (Figura 9). Al principio y al final de cada línea se dispusieron dos plantas de híbrido como borde.

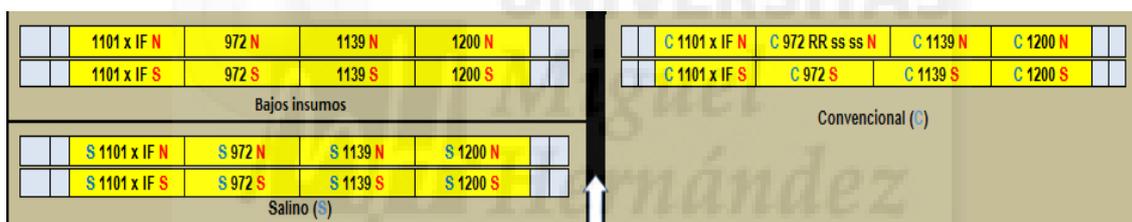


Figura 9. Esquema de la disposición de las plantas en el invernadero. (N/S: Norte/Sur; S/C: Salino/Convencional)

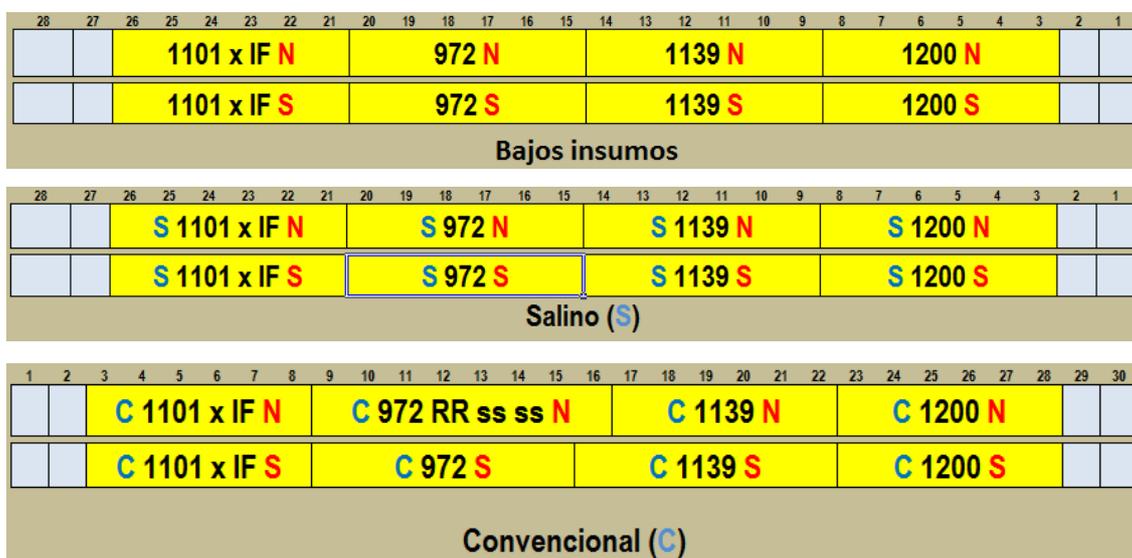


Figura 10. Detalle de las plantas en las distintas condiciones

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 kg/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 11), lo más homogéneos posibles en cuanto a maduración de cada línea para medir los sólidos solubles y la acidez en el laboratorio. Para cada una de las repeticiones de cada línea, se seleccionaban entre 3 y 4 frutos, que se cortaban en trozos, para triturarlos con una batidora doméstica.

El triturado se guardaba en tubos de 50 ml, etiquetados con el nombre de la línea y la repetición, que se guardaron en un congelador a -18 °C para su posterior análisis, en Septiembre de 2016.



Figura 11: Frutos seleccionados para medir la acidez y el contenido de sólidos solubles de la línea UMH 972 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 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 12), expresándose el resultado en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), por duplicado.



Figura 12: Refractómetro

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



Figura 13: pHmetropHmatic 23 CRISON utilizado para medir la acidez

1.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Se realizó un análisis de la varianza multifactorial con dos factores: la variedad (cuatro líneas) y las condiciones ambientales (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.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERES PRODUCTIVOS

4.1.1. PRODUCCIÓN TOTAL

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 (Condiciones y línea) también es significativa.

Tabla 11. 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					
Condiciones	5,85x10 ⁷	2	2,92x10 ⁷	37,74	<0,0001
Línea	2,18x10 ⁷	3	7,28x10 ⁶	9,38	<0,0001
Interacciones					
Condiciones-Línea	2,53x10 ⁷	6	4,21x10 ⁶	5,44	<0,0001
Residual	9,78x10 ⁷	126	776397		
Total (corregido)	2,02x10 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 14).

Tal y como se esperaba, la producción en condiciones convencionales es mayor que en el resto, a excepción de UMH 972. Del mismo modo, la producción obtenida en condiciones salinas es mayor que la obtenida en condiciones de bajos insumos. En el trabajo de Espuch (2015), que estudió otra colección de líneas de mejora de tomate Muchamiel, derivadas del programa de mejora de la EPSO en condiciones convencionales y de bajos insumos, la producción obtenida en bajos insumos también fue la menor. Esto es debido a la ausencia de fertilización.

En condiciones salinas y convencionales, el híbrido UMH1101xIF, y las líneas UMH1139 y UMH1200 tienen un comportamiento similar en cuanto a la

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

producción, mientras que la línea UMH972 tiene una mayor producción en condiciones salinas.

El híbrido UMH1101xIF es el que mayor producción presenta en condiciones convencionales con aproximadamente 4,6 kg/planta, mientras que es la que menor producción alcanza en bajos insumos, junto con la línea UMH972. En estas condiciones, las líneas UMH1200 y UMH1139 son las que mayor producción alcanzan, con alrededor de 2,4 kg/planta, respectivamente.

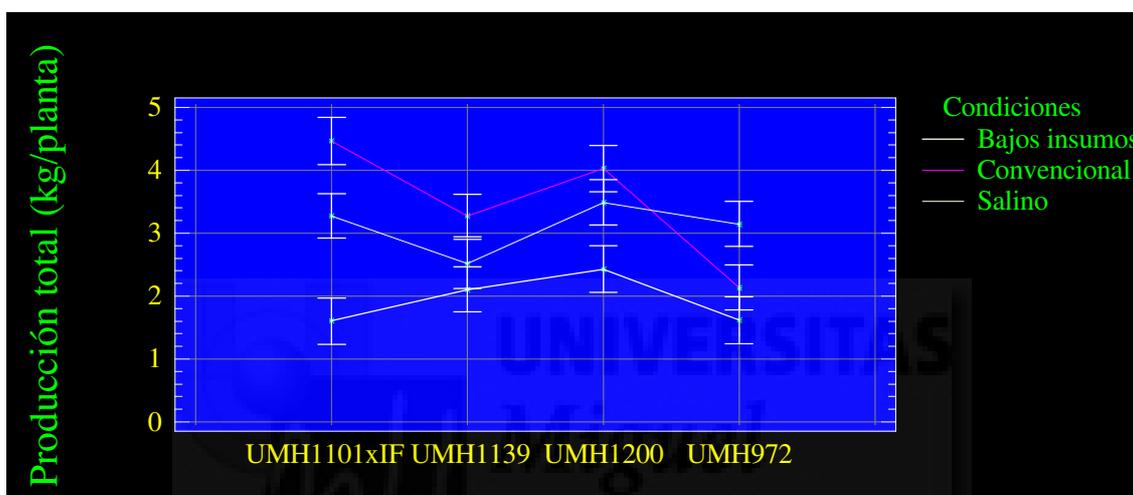


Figura 14. Producción total (kg/planta) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

En un trabajo realizado en paralelo con líneas de mejora De la pera, derivadas del mismo programa de mejora (Salinas, en preparación) también se ha obtenido mayores resultados en condiciones convencionales. Sin embargo, no se han encontrado diferencias significativas entre las condiciones salinas y de bajos insumos. Está previsto repetir el ensayo con las líneas Muchamiel y De la pera, para confirmar los resultados. De repetirse los resultados de 2016, se demostraría que el tipo varietal De la pera se comporta de forma distinta al Muchamiel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.2. PESO MEDIO DE FRUTOS

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

Tabla 12. 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					
Condiciones	3329,34	2	1664,67	1,69	0,1880
Línea	65575,8	3	21858,6	22,24	<0,0001
Interacciones					
Condiciones-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 15).

En esta gráfica se puede observar que los resultados obtenidos no presentan unas diferencias significativas entre las condiciones de cultivo estudiadas. No ocurre lo mismo con la línea UMH972, donde puede observarse que el peso medio en condiciones salinas se incrementa considerablemente hasta un valor de aproximadamente 220 g/fruto.

El híbrido UMH1101xIF y la línea UMH1200 son las que menor peso medio presentan en sus frutos en las tres condiciones de cultivo, con respecto a las líneas UMH1139 y UMH972.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

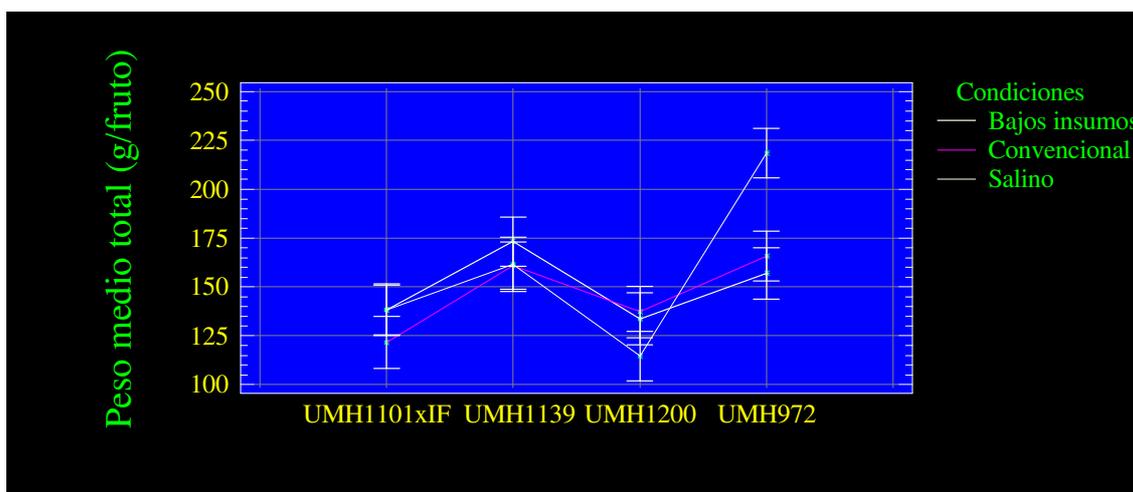


Figura 15. Peso medio total (g/fruto) para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

En el trabajo realizado con líneas de mejora De la pera del mismo programa de mejora de la EPSO (Salinas, en preparación), los resultados obtenidos son semejantes, pues tres de las cuatro líneas estudiadas no presentan diferencias significativas.

4.1.3. NÚMERO DE FRUTOS TOTAL

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

Tabla 13. 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					
Condiciones	3332,53	2	1666,26	46,44	<0,0001
Línea	4382,13	3	1460,71	40,71	<0,0001
Interacciones					
Condiciones-Línea	1935,58	6	322,597	8,99	<0,0001
Residual	4521,13	126			
Total (corregido)	14087,8	137			

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 16).

En los resultados, se puede observar que en la línea UMH972 no hay diferencias significativas entre las tres condiciones de cultivo estudiadas, siendo el valor medio de 13 frutos por planta.

En la línea UMH1139 solo obtenemos diferencias entre las condiciones convencionales y de bajos insumos.

Para la línea UMH1200 solamente son representativas las diferencias entre las condiciones convencionales y salinas con respecto a bajos insumos, pues el número de frutos recolectados por plantas han dado unas cifras muy similares entre condiciones convencionales y salinas (29 frutos aproximadamente).

Para el híbrido UMH1101xIF se han obtenido resultados muy distintos según condiciones de cultivo, predominando el número de frutos en condiciones convencionales, seguido de condiciones salinas y, por último, bajos insumos. Este es el resultado esperado, pues el aporte moderado de fertilizantes debe mejorar el rendimiento del cultivo y aumentar la cantidad de frutos recolectados.

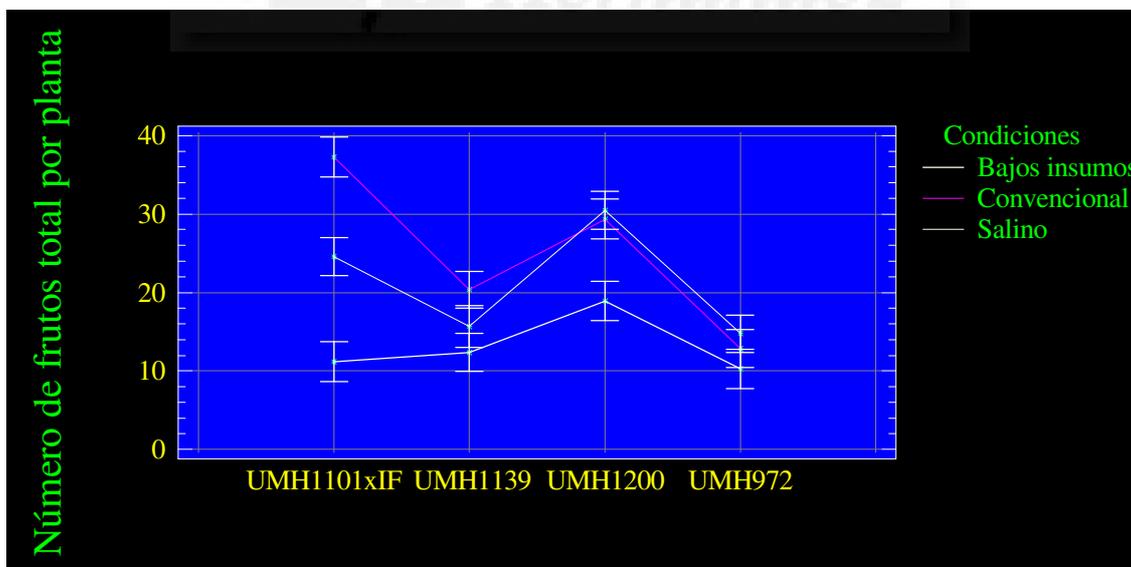


Figura 16. Número de frutos total por planta para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento anterior, llevado a cabo por Espuch (2015), en el que se compararon condiciones convencionales con bajos insumos, en cuatro de las líneas estudiadas se obtuvo un mayor número de frutos en condiciones convencionales con respecto a bajos insumos, y en otras cuatro líneas no se obtuvieron diferencias significativas.

En el trabajo realizado con líneas de mejora De la pera del mismo programa de mejora de la EPSO (Salinas, en preparación), los resultados obtenidos han sido similares a los de las líneas Muchamiel.

4.2. CARACTERES DE CALIDAD

4.2.1. SÓLIDOS SOLUBLES

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

Tabla 14. Análisis de la varianza para 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					
Condiciones	60,8753	2	30,4376	272,46	<0,0001
Línea	11,0663	3	3,68877	33,02	<0,0001
Interacciones					
Condiciones-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 17).

Tal y como se esperaba, en todos los casos la mayor concentración de sólidos solubles se ha obtenido en condiciones salinas, seguidas por las

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

condiciones convencionales, y por último bajos insumos. Los valores obtenidos en las condiciones convencionales se encuentran más cerca de las condiciones de bajos insumos que de las salinas. Como se puede ver en la Tabla 7, los valores de la CE de la solución de riego en las condiciones convencionales están más próximos a los de bajos insumos que a los salinos.

La línea UMH972 es la que presenta menores diferencias entre los valores de sólidos solubles en las tres condiciones ambientales, viéndose en el resto de líneas diferencias significativas.

El híbrido UMH1101xIF es la que mayor cantidad de sólidos solubles ha obtenido en las tres condiciones.

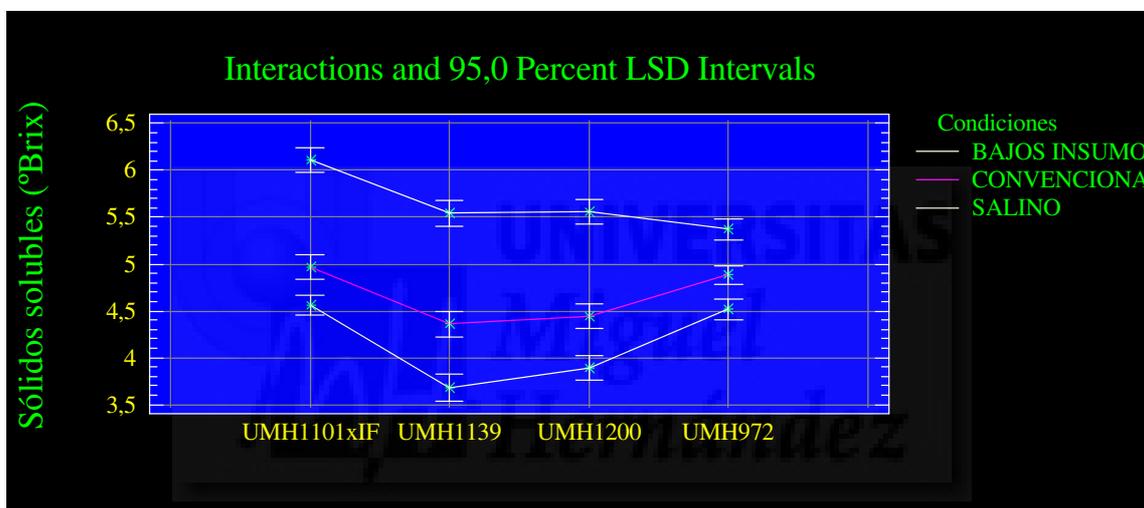


Figura 17. Sólidos solubles para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

En el trabajo realizado con líneas de mejora De la pera (Salinas, en preparación), los resultados obtenidos son similares, pues el mayor valor se obtiene en condiciones salinas, seguido del convencional, y por último lugar bajos insumos. Sin embargo, en sus resultados se aprecia que los valores en condiciones convencionales se aproximan más a las condiciones salinas que a las de bajos insumos, al contrario que en este trabajo.

4.2.2. ACIDEZ

El análisis de la varianza para la acidez (Tabla 15) muestra que existen diferencias significativas para las líneas estudiadas y para las condiciones de cultivo. La interacción entre los factores (Condiciones y línea) también es

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

significativa.

Tabla 15. 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					
Condiciones	1,79904	2	0,8995	320,19	<0,0001
Línea	0,454808	3	0,1516	53,96	<0,0001
Interacciones					
Condiciones-Línea	0,233507	6	0,03891	13,85	<0,0001
Residual	0,455113	162	0,00280		
Total (corregido)	2,96554	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 18). Tal y como se esperaba, en todos los casos la mayor acidez se ha obtenido en condiciones salinas, seguidas por las condiciones convencionales, y por último bajos insumos. La excepción es la línea UMH1139, para la que no hay diferencias significativas entre las condiciones salinas y convencionales.

Al contrario 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. Como se ha comentado anteriormente, los valores de la CE de la solución de riego en las condiciones convencionales están más próximos a los de bajos insumos que a los salinos (Tabla 7). En la repetición del ensayo en esta próxima campaña, se observará si estos resultados se repiten.

El híbrido UMH1101xIF es la que presenta mayores diferencias entre los valores de acidez en las tres condiciones ambientales, viéndose en el resto de líneas que no varía demasiado entre líneas y condiciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

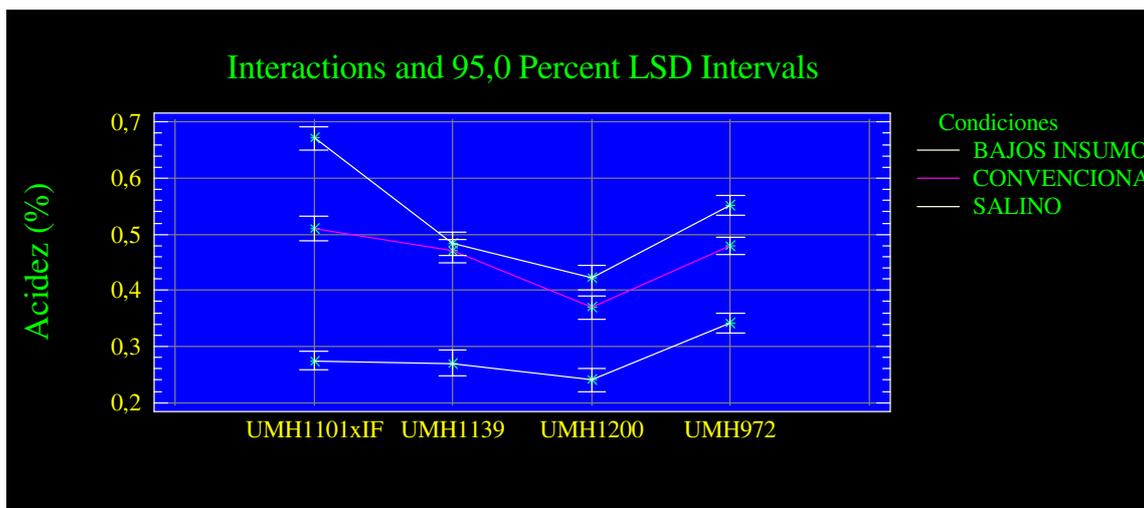


Figura18. Acidez para las diferentes líneas y condiciones de cultivo. Las barras corresponden al intervalo de Mínima Diferencia Significativa (LSD: Least Significance Difference) al 95% de nivel de confianza.

Al igual que en el caso de sólidos solubles, en el trabajo realizado con líneas de mejora De la pera (Salinas, en preparación), los resultados obtenidos han sido similares. Como en este trabajo, los mayores valores de acidez se obtienen en las condiciones salinas, seguido por las convencionales, y por último las condiciones de bajos insumos. En ambos estudios, los valores obtenidos para las condiciones convencionales se encuentran más próximos a las condiciones salinas que a bajos insumos.

5.-CONCLUSIÓN.



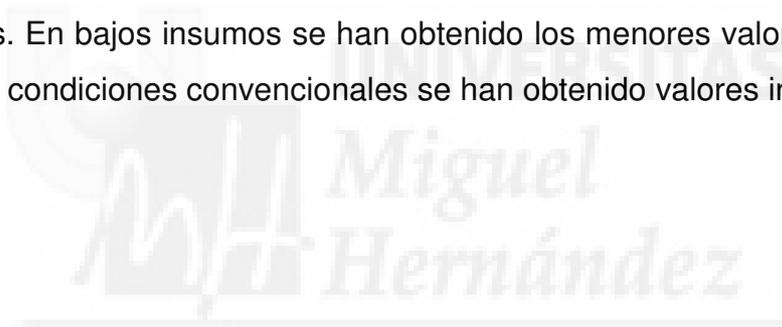
CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES.

Para los caracteres productivos, la mayor producción se ha obtenido en condiciones convencionales en prácticamente todas las líneas estudiadas, seguido del salino y por último el de bajos insumos. Ha sido el resultado esperado, pues el aporte de fertilizantes junto a una salinidad en riego en niveles adecuados, garantiza el desarrollo óptimo de las plantas.

En el peso medio de los frutos no se aprecia efecto de las condiciones ambientales sobre las líneas estudiadas, excepto en la línea UMH972, donde resulta más elevado el peso medio de los frutos en condiciones salinas que en el resto de condiciones.

En los caracteres de calidad es donde se observa el efecto más claro de las condiciones ambientales. Las condiciones salinas han mostrado valores más elevados en cuanto a sólidos solubles y acidez en las distintas líneas estudiadas. En bajos insumos se han obtenido los menores valores, mientras que en las condiciones convencionales se han obtenido valores intermedios.



6.-BIBLIOGRAFÍA.



BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA.

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. Leafontogeny. Can. J. Bot. 54: 2421-2428.

ESYRCE. <http://www.mapama.gob.es>

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.

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.

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

BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

BIBLIOGRAFÍA

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.

Vañó, E. (2016). Evaluación de líneas de mejora de tomate (*Solanum lycopersicum* L) Muchamiel en distintas condiciones de cultivo. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Miguel Hernández.

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.

