

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA***

**VALORACIÓN AGRONÓMICA DE LA VARIEDAD DE TOMATE CARAMBA
(*LYCOPERSICON ESCULENTUM*) EN INVERNADERO: ENSAYO DE DISTINTOS
PATRONES**

presentado por

ENRIQUE RUBIO IZAL *(e)k*

aurkeztua

**INGENIERO AGRONOMO
*NEKAZARITZA INGENIARITZA***

Febrero, 2014 / *2014ko, Otsaila*

Figuras:

Figura 1. Representación esquemática de una planta de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) (Chamarro, 1995)	2
Figura 2. Hoja adulta de tomate	3
Figura 3. Flor de tomate totalmente abierta	4
Figura 4. Morfología típica de un racimo de tomate	4
Figura 5. Frutos de la planta del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) inflorescencia en forma de racimo. Fuente: INTIA	5
Figura 6. Etapas fenológicas de tomate	5
Figura 7. Producción (t) de tomate de industria y fresco en Navarra	9
Figura 8. Descuelgue de planta de tomate	11
Figura 9. Argolla o abrazadera de plástico	12
Figura 10. Grado de color externo de los frutos	13
Figura 11. Grado de cicatriz pistilar, de longitud de ombligo y de defectos en la epidermis	14
Figura 12. Planta de tomate injertada	15
Figura 13. Injerto de pimientos. Semilleros “La Sala”	19
Figura 14. Sandías injertadas por el método de aproximación en fase de semillero.....	20
Figura 15. Imagen Injerto de tomate por el método de descabezado	21
Figura 16. Detalle de planta injertada sobre portainjertos Maxifort a dos guías	22
Figura 17. Diseño del ensayo por bloques al azar	27
Figura 18. Suelo del invernadero preparado con el acolchado y los goteros para la plantación	28
Figura 19. Imagen de un bloque con las plantas de tomates injertados para formación de dos guías recientemente plantadas	28
Figura 20. Trampas cromáticas adhesivas de color amarillo	29
Figura 21. Colmena de <i>Bombus terrestris</i>	30
Figura 22. <i>Macrolophus caliginosus</i>	32
Figura 23. Durómetro Shore-A Mod.5023-2.....	35

Figura 24. Refractómetro manual	36
Figura 25. Imágenes del desarrollo del cultivo. (A) Cultivo a los 26 días PT. (B) Detalle del injerto. (C) Crecimiento homogéneo del cultivo a los 62 días PT. (D) Cultivo en plena producción ya despuntada a los 107 días PT con los primeros racimos ya recolectados	38
Figura 26. Altura de las plantas de tomate durante el ensayo. DPP: Días post plantación. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas	39
Figura 27. Evolución del diámetro de tallo de las plantas de tomate durante el ensayo. DPP: Días post plantación. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas	40
Figura 28. Producción total y producción ordenada por calibres de la planta de tomate control y de los distintos tratamientos. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) acompañados de su error estándar, y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%	42
Figura 29. Evolución de las temperaturas máximas, medias y mínimas en el interior del invernadero a lo largo del periodo de floración del cultivo	44
Figura 30. Evolución de la producción a lo largo de la campaña. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas	45
Figura 31. Producción mensual (kg/m^2) de la planta de tomate control y de los distintos tratamientos. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) acompañados de su error estándar, y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%	46
Figura 32. Evolución de la dureza durante el cultivo de la variedad control y los distintos tratamientos. Los datos representan la media de cuarenta tomates de cada tratamiento	47
Figura 33. Grados Brix de los tomates empleados en el análisis sensorial	48
Figura 34. Resultados del análisis sensorial de los tomates ensayados y del tomate utilizado como referencia, Feo de Tudela. Mayor lejanía al centro de la gráfica indica mayor grado de aceptabilidad del atributo por el catador	49

Tablas:

Tabla 1. Producción mundial de tomate en el año 2011.....	6
Tabla 2. Principales países exportadores de tomate en 2011	7
Tabla 3. Producciones (t), superficie (ha), rendimiento (kg/ha), precio (euros/100kg) y valor (miles de euros) en España desde el año 2001 hasta el 2011	8
Tabla 4. Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas	10
Tabla 5. Afinidad entre géneros y especies de solanáceas portainjertos.....	23
Tabla 6. Patrones utilizados en el ensayo	26
Tabla 7. Plan de abonado en el ensayo	31
Tabla 8. Relación de las fechas de toma de datos durante el ensayo	33
Tabla 9. Altura media (cm) de los distintos tratamientos del ensayo y el control a los 158 días post-plantación	40
Tabla 10. Diámetro medio (mm) de los distintos tratamientos del ensayo y el control a los 158 días post-plantación	41
Tabla 11. Número de hojas que contiene las plantas de tomate hasta el 2º racimo	41
Tabla 12. Dureza de la piel del tomate del control y de los distintos tratamientos a los 112, 133 y 155 DPP	47

TÍTULO: Valoración agronómica de la variedad de tomate Caramba (*Lycopersicon esculentum*) en invernadero: Ensayo de distintos patrones.

ALUMNO: Enrique Rubio Izal

DIRECTORA: Inmaculada Farran Blanch

El tomate es un cultivo fundamental en los invernaderos de Navarra para su cultivo en primavera, siendo el cultivo que más superficie ocupa. Son varias las variedades que se vienen cultivando, en función de la técnica de producción y del mercado al que van dirigidos, respondiendo en general a un producto de calibre medio-grande y liso o un poco acostillado. Existe también, en el cultivo del tomate, una inquietud por la mejora del sabor de los frutos que se cultivan, siendo ésta una característica que cada vez es más valorada por los productores y demandada por consumidores.

La técnica del injerto en cultivos hortícolas ha surgido como alternativa a la desinfección de suelos en invernadero, sin embargo en algunas ocasiones puede conllevar una pérdida de calidad. En este trabajo se ha estudiado el comportamiento agronómico de la variedad “Caramba” injertada sobre los patrones “Beaufort” y “Maxifort” en cultivo en suelo en invernadero, evaluando tanto parámetros de producción como de calidad del fruto obtenido, con especial incidencia en el sabor del mismo. En las plantas injertadas también se estudió el efecto del número de guías sobre el rendimiento y la calidad del tomate.

La utilización de planta injertada mostró un aumento del vigor en el desarrollo vegetativo de la planta con respecto a la planta no injertada, destacando el portainjertos “Maxifort” con mayor vigor. En cuanto a rendimiento del cultivo, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, si bien se observó un aumento de la proporción de tomates de calibre muy grande (>102mm) en las plantas injertadas sobre “Maxifort”. La variedad “Caramba” sin injertar fue significativamente más precoz que las plantas injertadas. En cambio, al final del ciclo de cultivo, fueron las plantas injertadas a una guía las que mostraron producciones superiores al resto de tratamientos. Las plantas injertadas a dos guías resultan de interés desde un punto de vista económico, ya que con la mitad de plantas se consigue la misma producción, disminuyendo así el coste inicial de implantación del cultivo.

La utilización de la técnica del injerto no afectó al contenido de sólidos solubles totales del fruto, pero los tomates de las plantas injertadas a una guía mostraron una piel más dura. Asimismo, se apreció una ligera pérdida de calidad gustativa del tomate, aumentando el parámetro harinosidad a un grado intermedio y disminuyendo el sabor y la jugosidad con respecto al tomate de la planta sin injertar.

Fdo: Enrique Rubio Izal
EL ALUMNO

Fdo: Inmaculada Farra Blanch
LA TUTORA

ÍNDICE

1	ANTECEDENTES	1
1.1	Cultivo de Tomate	1
1.1.1	Origen	1
1.1.2	Taxonomía y morfología	1
1.1.3	Situación del cultivo de tomate en el mundo, España y Navarra.	6
1.1.4	Requerimientos edafoclimáticos.....	10
1.1.5	Labores culturales.....	11
1.1.6	Calidad.....	13
1.2	Injerto.....	16
1.2.1	Definición	16
1.2.2	Evolución del injerto	17
1.2.3	Características del injerto	18
1.2.4	Unión del injerto y técnicas empleadas.	19
1.2.5	Portainjertos utilizados en España.....	22
2	OBJETIVOS.....	26
3	MATERIAL Y MÉTODOS	27
3.1	Localización del ensayo.....	27
3.2	Instalaciones.....	27
3.3	Material.....	27
3.4	Diseño del ensayo	28
3.5	Desarrollo del cultivo.....	29
3.5.1	Preparación del terreno.....	29
3.5.2	Plantación	30
3.5.3	Descripción de tareas.....	31
3.6	Variables estudiadas	34
3.7	Parámetros de calidad	36
3.7.1	Dureza de la piel	36
3.7.2	Grados Brix	37
3.7.3	Análisis sensorial.....	38
3.8	Análisis estadístico	39
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40

4.1	Desarrollo vegetativo del cultivo	40
4.2	Producción	44
4.3	Calidad del fruto	48
4.3.1	Dureza de la piel	48
4.3.2	Grados Brix	50
4.3.3	Análisis sensorial	50
5	CONCLUSIONES	54
6	BIBLIOGRAFÍA	55

1 ANTECEDENTES

1.1 Cultivo de Tomate

1.1.1 Origen

El origen del tomate se localiza en la región Andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó. El cultivo se introdujo en el siglo XVI en algunos países de Europa como por ejemplo Italia donde se empezó a consumir el tomate como alimento. En otros países europeos solo se utilizaba en farmacia y así se mantuvo en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

El descubrimiento de su notable riqueza vitamínica, junto con su agradable gusto y color, popularizó rápidamente su consumo, hasta que llegó a ocupar el tercer lugar de importancia mundial entre hortalizas (después de la patata y la batata).

El tomate se consume “fresco” como ingrediente preferido de las ensaladas; en forma de jugo; deshidratado; en conserva natural; “pasta salada”; ”extracto”; tamizado y condimentado (kétchup); frutos verdes en vinagre (pickles) y mermeladas.

1.1.2 Taxonomía y morfología

Es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia *Solanaceae* y su nombre científico es *Lycopersicon esculentun*. Se cultiva como planta anual, aunque la duración vegetativa de este cultivo en condiciones climáticas favorables puede prolongarse varios años (Maroto, 1994).



Figura 1: Representación esquemática de una planta de tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Chamarro, 1995).

Chamarro (1995) indica que esta especie posee crecimiento simpodial. Además el crecimiento puede ser determinado e indeterminado. El primero de ellos, tiene los tallos terminados en ramillete floral con un período limitado de floración y son usados principalmente para cultivo industrial al aire libre. Las variedades con crecimiento indeterminado producen inflorescencias de forma continua y son cultivadas en invernadero y usadas principalmente para consumo fresco (Kinet y Peet, 1997). El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. El tallo es anguloso, pubescente, con algunos pelos glandulares; al principio su consistencia es herbácea y en estado adulto es leñoso. Las hojas son pinnado compuestas pueden llegar 0,5 m de largo como máximo y algo menos de anchura con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que puede a su vez ser compuestos. Los foliolos son peciolados y lobulados regularmente con bordes dentados (Chamarro, 1995) (**Figura 2**). Posee un sistema radicular pivotante, con raíces secundarias y adventicias.



Figura 2: Hoja adulta de tomate (Chamarro, 1995)

La flor del tomate es perfecta, de ovario súpero y regular. Consta de 5 o más sépalos, pétalos dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular (Jaramillo, 2007) (**Figura 3**). Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso, generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre mediano (M) y grande (G). El primer racimo floral aparece generalmente entre la 5ª y 7ª hoja. La inflorescencia floral se forma en el brote apical. Su diferenciación empieza con un agrandamiento y achatamiento del brote vegetativo. La primera flor formada tiene en su ápice la yema para formar la segunda flor y así sucesivamente hasta completar la inflorescencia.

La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del córtex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.



Figura 3: Flor de tomate totalmente abierta.

En un mismo racimo pueden convivir frutos pequeños y flores abiertas (*Figura 4*). El desarrollo de yemas, flores y frutos ocurre progresivamente dentro del racimo de manera escalonada. Y esta jerarquía se mantendrá durante el crecimiento y la maduración.



Figura 4: Morfología típica de un racimo de tomate.

El tomate es una planta autógama, es decir que la polinización se produce internamente con el polen de la misma flor. El fruto es una baya con un número variable de lóculos (*Figura 5*). Está formado por el exocarpio o piel, mesocarpio parenquimático, endocarpio, el cual rodea a los lóculos, y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede

separase por la zona peduncular de unión al fruto. La semilla es lenticular recubierta de pelos cuya germinación es epigea (Jaramillo, 2007).



Figura 5: Frutos de la planta del tomate (*Lycopersicon esculentum*) inflorescencia en forma de racimo. Fuente: INTIA

En el ciclo de vida del tomate se diferencian distintas etapas fenológicas (**Figura 6**), en donde las necesidades nutricionales, hídricas y susceptibilidad a enfermedades son distintas según en la etapa que se encuentre.

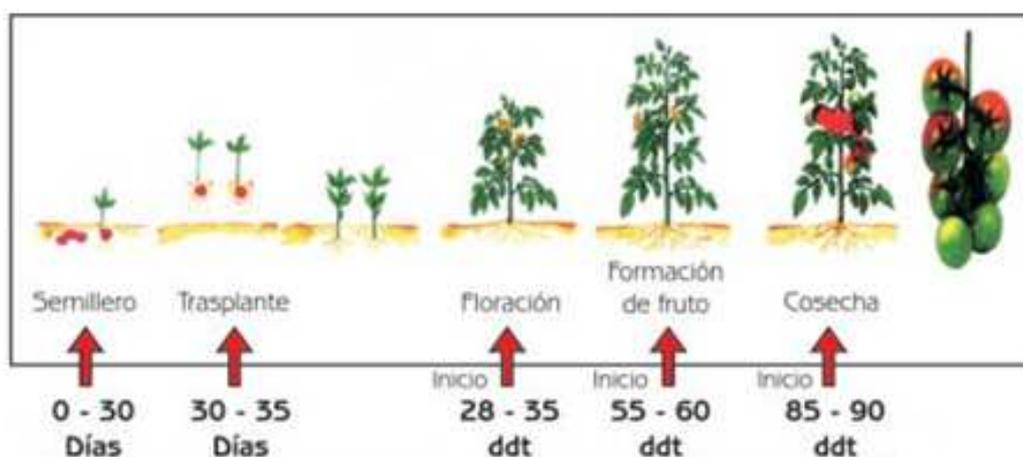


Figura 6: Etapas fenológicas de tomate. DDT=Días después de trasplante.

1.1.3 Situación del cultivo de tomate en el mundo, España y Navarra.

1.1.3.1 Mundo

El principal productor de tomate a nivel mundial es china, con más de 48 millones de toneladas al año, le siguen: India con casi 17 millones, Estados Unidos y Turquía con producciones de 12 y 11 millones de toneladas. Por debajo de 10 millones de toneladas se encuentran Egipto con 8, Irán con 6,8 millones, le siguen Italia, Brasil y España, que ocupaba en 2011 el noveno lugar, con una producción de 3.864.120 t (FAOSTAT, 2011) (*Tabla 1*).

Aunque China sea el mayor productor, sus números bajan mucho si tenemos en cuenta el rendimiento por metro cuadrado, valoración en la que baja hasta el vigésimo lugar, con 4,93 kilos por metro cuadrado, según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). En cuanto al rendimiento de los 50 mayores productores mundiales, como era de esperar el primer puesto está ocupado por Holanda, con 47,88 kilos por metro cuadrado, seguido por Francia (10,41), por EEUU (8,49), Israel (8,22), R. Dominicana (8,09) y en sexto lugar España, con 7,66 kilos por metro cuadrado (FAO, 2011). Estos datos están referidos a producción total de tomate, incluido el tomate con destino industrial. En el caso de Holanda, donde toda la producción de tomate se destina a consumo en fresco, la tecnificación de sus invernaderos junto con los sistemas productivos utilizados la sitúan como líder mundial en solitario en temas de rendimiento. En el resto de países el rendimiento baja de manera considerable, debido principalmente al peso que tiene el tomate de industria, con unos rendimientos por metro cuadrado significativamente inferiores, en países como Estados Unidos o incluso España.

Tabla 1: Producción mundial de tomate en el año 2011. Fuente: FAOSTAT.

<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

Posición	Región	Producción (1000\$ Int)	Símbolo	Producción (T)	Símbolo
1	China, Continental	17905375	*	48450000	*
2	India	6218283	*	16826000	
3	Estados Unidos de América	4629184	*	12526070	
4	Turquía	3456464	*	11003433	
5	Egipto	2995413	*	8105263	
6	Irán (República Islámica del)	2522014	*	6824298	Im
7	Italia	2198985	*	5950215	
8	Brasil	1632235	*	4416652	
9	España	1372605	*	3864120	
10	Uzbekistán	955322	*	2585000	*
11	México	900179	*	2435788	
12	Federación de Rusia	813258	*	2200590	
13	Ucrania	780371	*	2111600	
14	Nigeria	556071	*	1504670	
15	Túnez	474520	*	1284000	
16	Portugal	460241	*	1245364	
17	Marruecos	450093	*	1217905	
18	Grecia	432352	*	1169900	
19	República Árabe Siria	426840	*	1154985	
20	Iraq	391566	*	1059537	

* : Cifras no oficiales

[]: Datos oficiales

Im: Datos de FAO basados en una metodología de imputación

Sin embargo, somos el tercer país exportador, tras Méjico y Países bajos, siendo una de la tres potencias exportadoras de este producto (FAOSTAT, 2011) (**Tabla 2**), por encima de Turquía y Jordania.

Tabla 2: Principales países exportadores de tomate en 2011. Fuente: FAOSTAT.
<http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>.

Posición	Región	Cantidad (tonnes)	Símbolo	Valor (1000\$)	Símbolo	Valor unitario (\$/tonne)
1	México	1493316	2	2093141	1	1402
2	Países Bajos	1039773	9	1577975	10	1518
3	España	964054	4	1182956	7	1227
4	Turquía	576573	2	432461	8	750
5	Jordania	434830	1	224847	1	517
6	Marruecos	392435	1	378593	1	965
7	India	229831	16	86247	33	375
8	Francia	214414	42	366382	46	1709
9	Estados Unidos de América	208108	70	353990	62	1701
10	Bélgica	197113	36	223340	53	1133
11	República Árabe Siria	177937	1	57982	3	326
12	Canadá	165504	32	357040	22	2157
13	Irán (República Islámica del)	140829	5	77637	17	551
14	China, Continental	130218	43	60327	83	463
15	Italia	105638	40	244107	27	2311
16	Portugal	101265	7	34816	29	344
17	Ucrania	75604	23	36785	34	487
18	Polonia	72104	43	69795	54	968
19	Egipto	62248	15	19097	39	307
20	Guatemala	53227	11	24358	22	458

1.1.3.2 España

El tomate es la especie que más se produce en nuestra horticultura, con más de 4 millones de toneladas en 2012, y que más hectáreas se destinan a este cultivo, alrededor de 48.000 ha (MAGRAMA, 2012). Aunque en España el consumo medio de tomate fresco por habitante y año es de 13 kg, en el 2011 España exportó un total de 964.054 toneladas al mundo (**Tabla 2**); destinadas mayoritariamente a la Unión Europea, en concreto Alemania se lleva la mayoría de nuestra producción con 149.911 toneladas, le sigue Reino Unido, Francia y Holanda (PROEXPORT).

Tabla 3: Producciones (miles de t), superficie (miles de ha), rendimiento (qm/ha), precio (euros/100kg) y valor (miles de euros) en España desde el año 2001 hasta el 2011; Fuente MAGRAMA.

<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadpublicaciones/anuario-de-estadistica/2010/>

Años	Superficie (miles de hectáreas)	Rendimiento (qm/ha)	Producción (miles de toneladas)	Precio medio percibido por los agricultores (euros/100kg)	Valor (miles de euros)
2001	63,0	630	3.971,7	33,6	1.334.885
2002	59,3	672	3.979,7	46,0	1.829.476
2003	63,0	627	3.947,3	49,1	1.937.743
2004	69,9	627	4.383,2	41,2	1.806.318
2005	72,3	665	4.810,3	52,2	2.510.496
2006	56,7	670	3.800,6	37,2	1.415.326
2007	53,3	766	4.081,5	39,8	1.622.795
2008	54,9	738	4.049,8	37,3	1.508.533
2009	63,8	752	4.798,1	32,4	1.556.488
2010	59,3	728	4.312,7	37,8	1.629.341
2011	51,2	755	3.864,1	27,7	1.069.975

La superficie de tomate cultivada en España no ha variado mucho a lo largo de los últimos años, pero si ha cambiado el rendimiento por hectárea, aumentado a lo largo de los años, lo que implica una mayor producción (**Tabla 3**). El año 2010 fue el último de las ayudas económicas de la Unión Europea a la superficie de cultivo de tomate, produciéndose a partir de entonces un desacoplamiento de las ayudas. Esto generó un gran interés en el cultivo lo que hizo que aumentara la superficie en los años 2009 y 2010 (**Tabla 3**) (Macua, 2010)

Los datos recogidos en MAGRAMA incluyen tanto la producción de tomate para industria, que es el principal responsable de los valores de producción, como el tomate para consumo en fresco. Almería junto con Canarias, en concreto Gran Canarias y Tenerife, Alicante y Murcia tienen la inmensa mayoría de las hectáreas plantadas con este cultivo (PROEXPORT). El cultivo de tomate para consumo en fresco se realiza principalmente en invernaderos, donde los rendimientos pueden superar las 300-500 t/ha por once meses de cultivo (Muñoz, 2003). Almería es la principal provincia productora de tomate para consumo en fresco en España.

Las principales zonas exportadoras de tomate para consumo en fresco de España en 2008 fueron: Almería, con un promedio del 36% y 342.000 t anuales; Murcia, con el 20% y 189.000 t; Las Palmas con el 16% y 154.000 t y Tenerife con el 9% y 82.000 t de promedio exportadas al año. Alicante con 63.000 t representaron el 7% (PROEXPORT).

1.1.3.3 Navarra

Navarra siempre ha sido una comunidad productora de tomate. En el 2013 se produjeron 118.528 t de tomate, siendo 6.120 t de tomate fresco y el resto tomate industria (Coyuntura agraria) (*Figura 7*). La gran variabilidad que se observa en la *Figura 7* se debe principalmente a la producción de tomate industria, ya que la producción de este tomate está muy ligada a las ayudas y subvenciones que explican el aumento y disminución de la producción y superficie dedicada al cultivo.

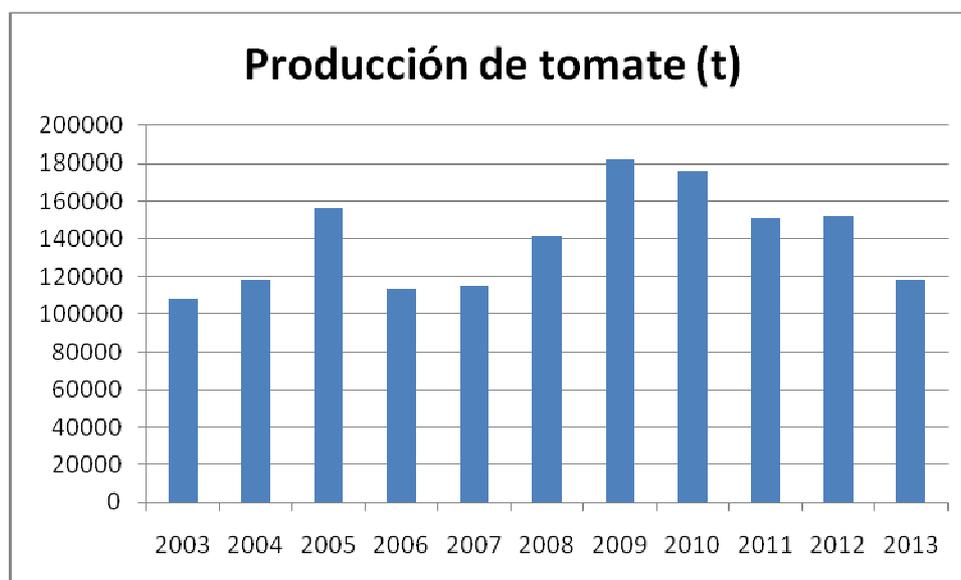


Figura 7: Producción (t) de tomate de industria y fresco en Navarra

En cambio en el tomate para fresco son los vaivenes, de precio principalmente, los que condicionan la producción y superficie dedicada a este tipo de tomate. La gran mayoría son cultivados y producidos en invernaderos.

1.1.4 Requerimientos edafoclimáticos

El cultivo de tomate no necesita condiciones especiales de suelo. Se prefiere suelos sueltos, profundos, con buen drenaje, de texturas francas a francoarcillosas, con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes. Es un cultivo resistente en condiciones de acidez y basicidad, soportando

niveles más altos de salinidad que otros cultivos. La temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. Es un cultivo de climas cálidos, siendo el cero vegetativo 12°C. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21 y 27° C, y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23 y 26° C y durante la noche entre 14 y 17° C (*Tabla 4*). Si la temperatura se prolonga varios días por debajo del cero vegetativo, la planta sufre una progresiva decadencia o muerte y si se dan temperaturas por encima de la máximas permitidas, entre 32 y 36°C, se presentan desórdenes fisiológicos y se detiene la floración. Cuando estas temperaturas se prolongan ocurre la muerte de la planta (Jaramillo, 2007).

Durante el periodo de floración, polinización, fecundación y cuajado, las condiciones ambientales tienen gran importancia. En condiciones de baja iluminación (días nublados) se puede producir el aborto floral. La humedad relativa, para tener un crecimiento y una fertilidad del cultivo óptima, debe estar entre un 65 y un 75% (Maroto, 2008).

Tabla 4: Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas. FUENTE: FAO – BPA, Producción de tomate bajo condiciones controladas (Jaramillo, 2007)

Estado de desarrollo	T mínima (°C)	T. óptima (°C)	T. máxima (°C)
Germinación	11	16-29	34
Crecimiento	18	21-24	32
Cuajado de frutos durante el día	18	23-26	32
Cuajado de frutos durante la noche	10	14-17	22
Producción de pigmento rojo (licopeno)	10	20-24	30
Producción de pigmento amarillo (β caroteno)	10	21-23	40
Temperatura del suelo	12	20-24	25

1.1.5 Labores culturales

Durante el crecimiento del cultivo de tomate se deben realizar una serie de tareas por parte del agricultor muy importantes para obtener buenos rendimientos. El tomate tiene la característica que en la intersección entre la hoja y el tallo emite un brote, por lo que entre los 20 y 30 DPP se inicia la poda de formación con la que se define el número de tallos a desarrollar. Se pueden trabajar plantas a uno, dos, tres y hasta cuatro tallos o guías. La decisión del número de tallos depende de la calidad del suelo, la densidad de plantación, el material utilizado y el tipo de entutorado empleado. El

destallado es una técnica de cultivo realizada manualmente que consiste en eliminar regularmente los brotes axilares del tallo principal.

El entutorado permite un crecimiento vertical y facilita las labores del cultivo. Esta técnica permite obtener frutos de mejor calidad, ya que estos no están en contacto con el suelo; evita daños mecánicos a la planta tanto por el peso de los frutos como por las prácticas de las labores culturales; mejora la aireación de la planta disminuyendo el riesgo de enfermedades; facilita el control fitosanitario y la cosecha de los frutos; y favorece el aprovechamiento de la radiación. El entutorado más empleado en invernadero para tomate es el fijo vertical sencillo, utilizando una sola línea de alambre por planta, aunque también se puede utilizar el entutorado vertical doble. Estos sistemas permiten descolgar (*Figura 8*) las plantas, inclinando la planta sobre el surco, cuando alcanzan la altura de la alambre del tutorado permitiendo una mayor facilidad para las labores sanitarias y de cosecha, ya que los racimos se van colocando a una altura adecuada para la recolección (esta práctica se realiza en plantas que se llevan a más de 10 racimos) (Jaramillo, 2012).



Figura 8: Descuelgue de plantas

Para el amarre de las plantas se utiliza argollas (*Figura 9*) o abrazaderas de plástico que son de fácil manejo y no ocasionan heridas a la planta.



Figura 9: Argolla o abrazadera de plástico (Jaramillo, 2012)

En cuanto al manejo del tomate con respecto a la poda apical y de frutos, es conveniente afirmar que no tiene una fórmula general y depende de variables como variedad, condiciones climáticas, el estado de desarrollo de las plantas, su vigor y las exigencias del mercado (Quintana-Baquero, 2010; Escobar y Lee, 2001; Bojacá et al., 2009).

La cosecha es un factor que influye directamente sobre la calidad final del fruto. El tomate es un fruto climatérico, lo que quiere decir que sigue madurando una vez ha sido cosechado. Esta característica repercute en el momento de cosecha a la hora de elegir el grado de madurez con el que se va a cosechar. Los tomates destinados para consumo en fresco son cosechados de manera escalonada acorde con el tiempo entre cosecha y consumo. Cuanto más largo es este periodo, más inmaduros deben ser cosechados los frutos (Jaramillo, 2007).

1.1.6 Calidad

Una de las técnicas comerciales más extendidas es la diferenciación del producto, que permite convencer al consumidor potencial de la excelencia de un bien en relación al resto y que por tanto justifica la existencia de un valor añadido (Caldentey *et al*, 1987). El factor clave en la diferenciación es la calidad.

Para la clasificación de un tomate en categorías (Extra, I o II) se utilizan una serie de parámetros como el grado de color externo de los frutos (**Figura 10**), ya que determina la madurez y vida post-cosecha, y es un factor determinante en cuanto a la aceptabilidad por parte del consumidor. La madurez óptima de los tomates está asociada con el desarrollo óptimo del color y del sabor (Zapata et al. 2007). Esta es una característica muy importante.



Figura 10: Grado de color externo de los frutos (INTIA).

El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial. Los calibres, medidos en la zona ecuatorial del tomate, son: <57 mm (MM-destrío), 57-67 mm (M-pequeño), 67-82 mm (G-mediano), 82-102 mm (GG-grande) y >102 mm (GGG-muy grande).

Otro parámetro que influye en la calidad es la **dureza** de los frutos de tomate. Esta medida se realiza con un penetrómetro o durómetro que miden la firmeza de la piel. Los tomates deben ser firmes y turgentes. Ante la presión con los dedos no debe quedar marca.

También debe mantenerse la integridad del fruto, para ello nos fijamos en la cicatriz pistilar que para la categoría I debe ser como máximo de 1 cm² y en la categoría II, de 3 cm². La longitud del ombligo puede ser hasta de 1 cm en los tomates de categoría I y hasta 3 cm en los tomates de categoría II. Además se tiene en cuenta el grado de defectos en la epidermis (**Figura 11**). Quedan excluidos los tomates agrietados, con golpes, sobre maduros, inmaduros, muy deformes, tomates con agujeros y los tomates con plagas, podredumbre y virosis (INTIA).

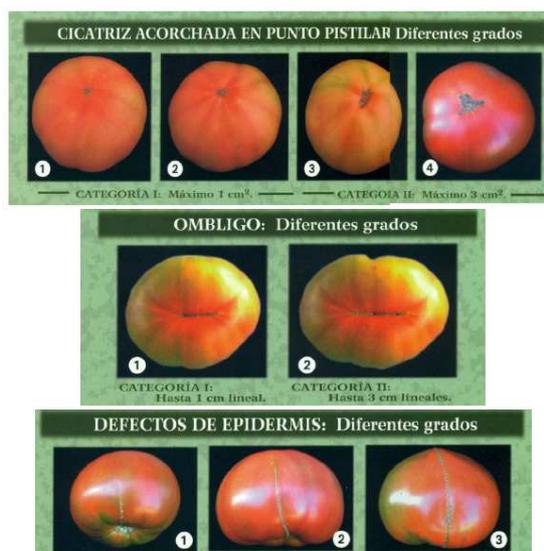


Figura 11: Grado de cicatriz pistilar, de longitud de ombligo y de defectos en la epidermis (INTIA).

La calidad de un tomate depende fundamentalmente de su aroma, su consistencia y su sabor. El análisis de algunas características químicas de un tomate ayuda a poder definir esos atributos en un tomate.

Uno de los atributos químicos que determina de una forma inequívoca la calidad gustativa de los productos hortofrutícolas es el contenido de azúcares, estimado generalmente a través del contenido en sólidos solubles. La concentración de **sólidos solubles** se mide en grados Brix. Este parámetro muestra la densidad de azúcares, ácidos, etc. que tiene el suero del tomate a una determinada temperatura. Para que los tomates tengan un aroma y sabor óptimo deben tener un contenido en sólidos solubles de entre 4 y 6 grados Brix (Aguayo y Artes, 2001). El nivel de azúcares de un fruto de tomate es un parámetro importante de calidad, ya que muestra la dulzura de los frutos (Zapata et al. 2007).

El **pH** nos informa sobre la acidez del tomate y situándose normalmente entre valores de 4,2 y 4,4. Estos valores ligeramente ácidos, hacen que el tomate tenga menos problemas de contaminación microbiana (Calvo, 2007).

El **color** del tomate nos determina la madurez y vida postcosecha, siendo de extrema importancia para los consumidores. Se mide con un colorímetro, que determina en color mediante tres coordenadas: *L* luminosidad; *a*, contribución del rojo y *b*, contribución del amarillo.

1.2 Injerto

1.2.1 Definición

La definición clásica de injerto, comúnmente admitida en producción vegetal, señala que: “El injerto es la unión de dos porciones de tejido vegetal viviente de modo que se unan, crezcan y se desarrollen como una sola planta” (*Figura 12*) (Hartmann, 1991).

Una definición más actual dice que el injerto es una práctica que permite cultivar una planta con la raíz de otra. Normalmente el sistema radicular que se utiliza, el del portainjerto o patrón, es resistente a alguna enfermedad presente en el suelo a la que la planta cultivada es sensible. Pero también se utiliza el injerto como medio de proporcionar un mayor vigor y producción a la planta cultivada, aprovechando el mayor desarrollo y vigor del sistema radicular del patrón (Miguel y Cebolla, 2005).



Figura 12: Planta de tomate injertada (INTIA).

Desde el punto de vista genético, el injerto implica un sistema complejo por la unión de dos genotipos distintos, cada uno de los cuales mantiene su propia identidad genética a

lo largo de toda la vida de esa planta injertada. En los últimos tiempos hay opiniones que apuntan que el injerto puede tener consecuencias genéticas debido a que se produce transmisión de RNA en la unión del injerto (Mudge, 2008).

1.2.2 Evolución del injerto

La producción de hortalizas empleando la técnica del injerto se lleva realizando en muchos lugares del mundo desde hace años. Los primeros datos obtenidos fueron en Japón y Corea (1920), donde se describe el injerto de sandía, empleando *Curcubita moschata* como patrón, para superar problemas de marchitamientos debidos a *Fusarium*. Después de los primeros experimentos se incrementó el uso de plantas injertadas para la producción de hortalizas principalmente en sandía, pepino y algunas solanáceas, principalmente el tomate. Hoy en día, en Japón y Corea, la producción de solanáceas y cucurbitáceas empleando esta técnica, sobre todo en invernaderos, puede llegar a representar el 100% de la superficie cultivada.

En Europa también se investigaba y se escribía sobre este tema, principalmente los investigadores franceses y holandeses, pero estos trabajos no fueron apenas seguidos por los horticultores de esos países. Lo contrario ocurrió en Japón y Corea que se asumió como una técnica de interés que acabo siendo adoptado por los cultivadores de solanáceas y cucurbitáceas (Lee y Onda, 2003). Este hecho provocó que posteriormente se haya seguido el modelo de esos países, lo que hizo que incluso los investigadores y técnicos franceses olvidaran lo que habían hecho en sus países (Hoyos, 2007).

En España las primeras referencias del injerto en hortícolas aparecen a finales de los años 70 (Hoyos, 2012), y actualmente es el país en que mayor aplicación se está haciendo de esta técnica en Europa, seguido de Italia, Holanda y, en menor medida, Francia, Portugal y Turquía. En el 2004, en España, se llegaron a producir más de 100 millones de plantas injertadas (Hoyos, 2007). Posteriormente se dejaron de recoger datos de manera oficial y es por eso que no existen estadísticas oficiales sobre las plantas injertadas de las diferentes hortalizas que se producen en nuestro país. Algún dato hace referencia a que en 2005 el número de plantas injertas descendió y que es posible que en 2006 volviera a bajar, iniciándose una cierta recuperación a partir de este momento que puede habernos llevado a una cantidad cercana a 140 millones de plantas injertadas (Lee, 2010).

En España, los cultivos en los que se está aplicando con mayor importancia el injerto son sandía y tomate, sobre todo el primero, cultivo en el que se empezó a emplear y sobre el que se lleva utilizando de forma mayoritaria en Almería desde hace más de 20 años. La cantidad de sandía injertada se ha estabilizado con algo más de 40 millones de plantas, que representan el 95% de las sandías (Hoyos, 2007).

En tomate, no es hasta los primeros años de este siglo, cuando se empieza a utilizar la técnica del injerto, superando con creces, hoy en día, el número de plantas injertadas de tomate al de sandía. Según los datos recogidos por los semilleros que producen este tipo de planta, en 2010 pudieron haberse producido 75 millones de plantas de tomate injertado (Hoyos, 2012).

1.2.3 Características del injerto

El injerto de hortalizas comenzó a utilizarse principalmente para solucionar problemas de enfermedades de suelo debidas al uso intensivo del mismo, injertando cultivares locales sobre portainjertos introducidos de fuera (Lee *et al.*, 2010). En la mayor parte de los países occidentales el uso intensivo del terreno es algo inevitable, siendo normal que los agricultores repitan los mismos cultivos sobre el mismo suelo año tras año, lo que genera importantes problemas de enfermedades. Por otro lado el cultivo protegido permite cultivar fuera de estación para adelantar la producción o alargar los ciclos de cultivo, lo que puede generar problemas debido a las bajas temperaturas, alta humedad, deficiente intensidad de luz, etc. Las plantas que se cultivan bajo estas condiciones de estrés son más sensibles a la incidencia de enfermedades sufriendo también una disminución de la calidad. El empleo del portainjerto adecuado no sólo puede minimizar los problemas de enfermedades asociados a la repetición de cultivos, sino también permite obtener plantas más vigorosas, aumentar rendimientos, mejorar la tolerancia a altas y bajas temperaturas, a suelos salinos y a la asfixia radicular, mejorar la calidad del fruto, la absorción de agua y nutrientes, mejorar la tolerancia a la presencia en el suelo de metales pesados y contaminantes orgánicos y alargar el ciclo del cultivo. Esta técnica también contribuye al incremento de la vida post-cosecha. Una ventaja del injerto desde el punto de vista medioambiental es que los residuos que se generan con esta técnica son residuos orgánicos, fácilmente degradables, no existen plásticos u otros materiales que deban ser reciclados. Por lo tanto, tiene gran relevancia realizar la práctica del injerto, porque aún y cuando incrementa los costos iniciales debido a la necesidad de producir el doble de plántula, los resultados esperados son mayores, incrementando el

rendimiento y calidad, traduciéndose en beneficios económicos (Hoyos, 2012; Lee, 2003).

1.2.4 Unión del injerto y técnicas empleadas.

El desarrollo del injerto comprende tres procesos, cohesión entre el patrón y la variedad, la proliferación del callo en la unión y la diferenciación vascular con la formación del xilema y el floema (MAGRAMA, 2012).

En el proceso de unión del injerto primero se ponen en contacto los tejidos del patrón y del injerto de manera que las regiones cambiales de ambos estén estrechamente unidas. Deben mantenerse unas condiciones de temperatura y humedad que estimulen el crecimiento en las células recién puestas en contacto y en las circundantes. Después las células del cambium del patrón y del injerto producen células de parénquima que se entremezclan formando un callo. Algunas células del callo se diferencian en nuevas células de cambium y estas nuevas células de cambium producen nuevo tejido vascular por el que se conduce el xilema y el floema (Hartmann, 1991).

La afinidad entre patrón y variedad viene dada a dos niveles:

- Morfológico o anatómico, de constitución de los tejidos, lo que significa que los haces conductores de las dos plantas que se unen tiene que ser de número y diámetros semejantes. Para que se produzca una unión correcta y se cree un tejido conductor por el que la savia pueda circular con normalidad, es preciso que el diámetro de los vasos del patrón y de la variedad sean de un tamaño similar y una conformación parecida.
- Fisiológico o de funcionamiento o analogía de savia, en cuanto a cantidad y constitución.

Generalmente los injertos entre plantas del mismo género y especie se unen correctamente, aunque sean de diferente variedad. Plantas del mismo género pero de diferente especie, normalmente se pueden injertar, aunque pueden aparecer problemas, las plantas pueden desarrollarse peor, acortar su ciclo, etc. Plantas de diferentes géneros tienen menos probabilidades de poderse injertar con éxito como ocurre con el tomate (*Lycopersicon esculentum*) y la patata (*Solanum tuberosum*), que pertenecen ambos a la solanáceas. Se suele admitir que no se pueden injertar plantas de distintas familias (Rothenberger and Starbuck, 2008). No hay una regla para predecir el resultado de un

injerto aunque, cuanta más afinidad botánica haya entre las plantas, más probabilidad habrá de éxito.

La incompatibilidad está relacionada de forma clara con diferencias genéticas entre el patrón y la variedad. En los injertos se combinan una amplia gama de sistemas fisiológicos, bioquímicos o anatómicos diferentes, con muchas interacciones favorables o desfavorables (Camacho 1996). En algunos casos se ha demostrado que algunos compuestos que produce el patrón reaccionan con otros de la variedad, dando otros nuevos que inhiben la actividad del cambium. Las incompatibilidades se manifiestan en: aparición de miriñaque, desarrollo excesivo de la unión, arriba o debajo de ella; enrollamiento de las hojas, seguida de la muerte de la planta, en cualquier estado de la misma; crecimiento reducido; muerte prematura de plantas; y ruptura por la unión del injerto (Miguel y Cebolla, 2005).

En este caso nos centramos en las técnicas de injerto en plantas hortícolas. Al tratarse de plantas de consistencia herbáceas y no leñosa (*Figura 13*), estas técnicas han sido desarrolladas y aplicadas de manera concreta, adaptándolas a cada especie o como mucho a cada familia. Se ha avanzado estos años sobre el desarrollo de esta técnica por los semilleros comerciales con el objetivo de abaratar costes y poder poner planta injertada en el mercado con precios que los agricultores vean atractivos. Los semilleros han ido evolucionando hacia métodos de injertos que requieren menos mano de obra, menos tiempo de formación de callo y cicatrización, menos volumen de cepellón y por lo tanto menos sustrato. Habitualmente se realizan de forma manual con personal cualificado, aunque los semilleros disponen de robots para mecanizar esta tarea, ya que se necesita planta muy homogénea para un buen injerto (Hoyos, 2012).



Figura 13: Injerto de pimientos. Semilleros “La Sala”

Los cultivos en donde más extendida está la técnica del injerto es en cucurbitáceas: melón, sandía y pepino; y en Solanáceas: tomate, pimiento y berenjena. Hay varios métodos de injertos: de púa, de aproximación, de empalme y de aguja, siendo unos más empleados que otro dependiendo de cultivar que se vaya a injertar. El método más utilizado es el de aproximación en cucurbitáceas (**Figura 14**), donde en el proceso de soldadura se mantienen los sistemas radiculares de la variedad y del patrón eliminando posteriormente la parte aérea del patrón y radicular de la variedad.



Figura 14: Sandías injertadas por el método de aproximación en fase de semillero.

En solanáceas, particularmente en el tomate, el método más utilizado en la práctica del injerto es el de “Empalme”, conocido también con el nombre de injerto “de descabezado” donde solo se mantiene el sistema radicular del patrón durante todo el proceso. Es novedoso y exigente en cuanto a condiciones microclimáticas para el proceso de cicatrización de la herida como el control de luz, temperatura y humedad. Además debe programarse muy bien el calendario de siembra ya que las plantas tienen que tener el mismo diámetro de tallo y estar en condiciones óptimas en el momento del injerto. Primero se siembra el patrón en la bandeja definitiva y, según el poder germinativo de la semilla de este, 5-10 días después se siembre la variedad deseada. Una vez que las plantas tienen la misma sección de tallo, están en condiciones de injertarse. Tanto en el portainjertos como en la variedad se realiza un corte por encima o por debajo de los cotiledones, dependiendo del grosor del tallo, dejando únicamente el sistema radicular de la planta portainjertos y la parte aérea de la planta a injertar. En la zona de corte (puede ser plana o en bisel) se unen estas dos partes de planta mediante un

tubo de silicona (*Figura 15*). Este tubo de silicona rodea y abraza la planta manteniendo las dos partes unidas mientras se desarrolla el tejido del callo y la diferenciación celular para que se reconstruyan los vasos conductores. En el manejo de post-injerto generalmente se utiliza una cámara de prendimiento en la que la temperatura debe comprender entre 20 y 30°C, la humedad relativa entre 80 y 90% y se debe reducir la radiación luminosa para que la actividad sea mínima. Si no se dispone de cámara, se coloca dentro del invernadero túneles en los que se puede realizar un control mejor de las condiciones. Una vez terminado el proceso de cicatrización del injerto (4-8 días), se ventilan los túneles o la cámara para que la planta se vaya aclimatando, antes de llevarlas al invernadero. Estas plántulas permanecerán 15-20 días, dependiendo de la época del año, en el semillero donde terminarán su desarrollo para, posteriormente, llevarlas a su lugar de trasplante (Ozores-Hampton, 2010 y Hoyos, 2012).

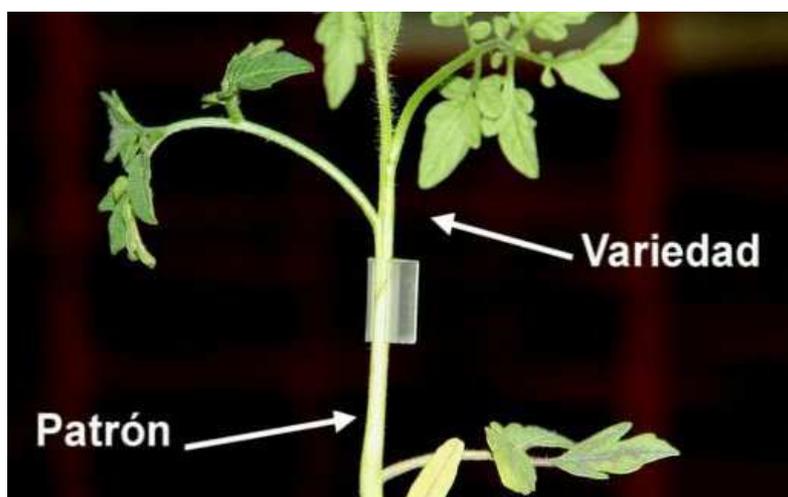


Figura 15: Imagen Injerto de tomate por el método de descabezado.

El injerto “de púa” es mucho menos frecuente en solanáceas. Las plantas portainjertos se siembran 10-12 días antes que la planta a cultivar, dando lugar a una planta más grande que las que vamos a injertar. Cuando el portainjerto tenga 4-5 hojas verdaderas se descabeza, eliminando la yema terminal con un corte plano, sobre el que se realiza un orificio de 1,5 cm de profundidad. En el injertaremos la parte apical con las dos últimas hojas de la planta a injertar, cortada con un corte en bisel. El resto de los pasos son similares a los realizados en el método de injerto de empalme.

1.2.5 Portainjertos utilizados en España.

Las empresas productoras de semillas han ido trabajando en primer lugar, en solucionar problemas en la germinación de los portainjertos para la planificación de las tareas para

producir el injerto y en segundo lugar, para conseguir adaptaciones resistentes a diferentes enfermedades, nemátodos, mejoras de adaptación a bajas temperaturas, mejorar de calidad, etc.

1.2.5.1 Portainjertos para solanáceas

En el caso del tomate desde el comienzo se viene injertando sobre patrones de tipo KNVF, selecciones de cruzamiento *Lycopersicum esculentum* x *Lycopersicum hirsutum*, muy vigorosos, con numerosas resistencias (Corkyroot, Nemátodos, *Verticillum* y *Fusarium*, como indican la siglas), incluida la resistencia al “Colapso”. Esto ha ido evolucionando a una mejor resistencia de nemátodos, tercera raza de *Fusarium*, mayor vigor y una germinación más rápida y uniforme, como ya se ha mencionado anteriormente (Hoyos, 2007). En 2005 el reparto de portainjertos era: Beaufort (85%), He-man (10%) y Maxifort (5%). Beaufort se utiliza de manera universal, He-man únicamente cuando hay altas temperaturas (el uso en canarias es del 10%) y Maxifort cuando se quiere conferir a la planta un fuerte desarrollo. Hoy en día se siguen utilizando híbridos, y el orden es: Maxifort, Beaufort, Emperador, Multifort y He-man. El crecimiento del portainjerto Maxifort puede ser debido a que al inducir mayor vigor, permite conducir la planta a dos guías y reducir la densidad (**Figura 16**), con el consiguiente ahorro de planta y bajada del coste (Hoyos, 2012). El portainjertos 'Maxifort' (De RuitersSeeds) es uno de los patrones más populares en la producción de tomate en invernaderos en Norte América debido a que tiene una prominente resistencia a enfermedades, gran compatibilidad para injertar y gran vigor.



Figura 16: Detalle de planta injertada sobre portainjertos Maxifort a dos guías.

En un estudio reciente, de sólo tres patrones evaluados, únicamente la variedad "Beaufort" (De RuitersSeeds) mostró significativamente una mayor absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, relativa al área de producción, que fue acompañada de un incremento significativo del rendimiento, en comparación con las plantas injertadas sobre sus mismas variedades como patrones (Ozores-Hampton, 2010).

Los portainjertos utilizados en tomate son también usados en berenjena, debido a su gran afinidad. En cuanto al pimiento, que solo es compatible con otras especies del género *Capsicum* presentando mala afinidad con otras solanáceas (**Tabla 5**), no se está utilizando esta técnica tanto como se debería, ya que es una alternativa a los graves problemas procedentes del suelo que le afectan de manera importante como encharcamiento, *Phytophthora* y bacterias (Jimenez, 2012). Atlanta es el portainjertos que mejores resultados está dando.

Tabla 5: Afinidad entre géneros y especies de solanáceas portainjertos.

Afinidad entre géneros y especies de solanáceas portainjertos									
	Tomate	Pimiento	Berenjena	<i>Nicotiana glauca</i>	<i>Datura stramonium</i>	<i>Solanum torvolum</i>	<i>S. integrifolium</i>	<i>S. stramoniflorum</i>	<i>S. sessiflorum</i>
Tomate	++++	+	++++	+++	+++	++	+++	+++	+
Berenjena	++++	+	++++	++	+++	++++	++++	++	+
Pimiento	+	++++	+	+	+	+	+	+	+
Afinidad: +++++ muy buena; +++ buena; ++ media; + mala									

Fuente: Camacho F. 1996

1.2.5.2 Portainjertos en cucurbitáceas.

Cuando las productoras de semillas produjeron los patrones híbridos a partir de *Curcubita Maxima x Curcubita Moschata*, como RS 841, Shintoza y Brava, se empezó a producir planta injertada de manera profesional. Este tipo de patrón híbrido sigue siendo, prácticamente el único empleado en cucurbitáceas, en especial Shitoza y RS-841. En pepino y melón se empiezan hacer combinaciones con genitores de *Curcubita ficifolia* (Hoyos, 2007). La inmensa mayoría de **sandía** se injerta sobre calabaza. En **melón** los portainjertos mas empleados son, como en sandía, Shintoza y RS-841, también se utilizan Strongtosa y Ferro. En cuanto al pepino, el empleo del injerto es minoritario, utilizándose en la zona media de España como portainjertos

Azman, Hércules, Titán y Shintoza, siendo todos ellos selecciones del cruzamiento *CurcubitaMaxima x CurcubitaMoschata*.

2 OBJETIVOS

1. Caracterización morfológica de plantas de tomate, variedad Caramba, injertadas sobre portainjertos Maxifort y Beaufort y cultivadas a una y dos guías en suelo en invernadero, comparando con las plantas control sin injertar.
2. Estudio del efecto del uso de plantas de tomate injertadas sobre el rendimiento total (kg/m^2) y clasificado por calibres del cultivo.
3. Estudio del efecto del uso de plantas de tomate injertadas sobre la calidad de fruto.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Localización del ensayo

El ensayo se desarrolló en la Finca Experimental del Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) en Sartaguda (Navarra).

3.2 Instalaciones

Las instalaciones para la realización del ensayo son las siguientes:

- Invernadero bitúnel (600 m²) con cubierta plástica Luminance, de la casa comercial BPI Visqueen, con ventilación cenital a media luna desde el canalón.
- Agrotexil, utilizado para doble cubierta (Agripolyane).
- Para una correcta automatización del riego se disponía, a parte de los microaspersores y los goteros, de un sistema de bombas, filtros, válvulas y electroválvulas que aseguran el óptimo de nutrición al cultivo en cada riego.

3.3 Material

Tanto los portainjertos utilizados (Beaufort y Maxifort) como la variedad Caramba son de la casa comercial De RuitersSeeds. El semillero de la variedad y de los portainjertos se realizó en Viveros La Sala (Almería).

La variedad Caramba se caracteriza por un buen comportamiento en cuanto a producción, precocidad y calibre del fruto. Mantiene un desarrollo equilibrado de la planta, cubriendo los frutos pero sin llegar a ocultarlos demasiado, lo que facilita la manipulación en la recolección. El desarrollo de los primeros racimos suele ser bueno, con poca presencia de tomate mal cuajado. Otra característica muy importante de este tomate es la denominada “rusticidad” que hace que se comporten bien en casi cualquier situación. La variedad Caramba lleva 10-12 años en este tipo de mercado puesto que sus características agronómicas son las más estables en diferentes condiciones de cultivo (Sádaba, 2010).

El fruto es de color oscuro y con los hombros muy marcados en estados iniciales del desarrollo, notándose menos conforme se acerca a la maduración (Sádaba, 2010).

Los patrones utilizados en el ensayo, junto con sus principales características y la casa comercial a la que pertenecen, aparecen en la **Tabla 6**. Se seleccionaron estos patrones ya que fueron los que dieron mejores resultados en ensayos anteriores.

Tabla 6: Patrones utilizados en el ensayo.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	CASA COMERCIAL
Beaufort	Potente sistema radicular. Induce mayor vigor y mejor comportamiento con frío, más producción y más calibre de la fruta. Resistencias: ToMV/Fol:0,1/For/PI/Va/Vd/Ma/Mi/Mj	De RuitersSeeds
Maxifort	Características similares a Beaufort pero con mayor vigor, mejor comportamiento con bajas temperaturas y en condiciones de alta salinidad. Resistencias: ToMV/Fol:0,1/For/PI/Va/Vd/Ma/Mi/Mj	De RuitersSeeds

ToMV: Virus del mosaico del tomate

Fol: 0,1: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*

For: *Fusarium* de la corona

PI: *Pyrenochaeta lycopersici*

Va: *Verticilium albo-atrum*

Vd: *Verticilium daliae*

Ma: *Meloidogyne arenaria*

Mi: *Meloidogyne incognita*

Mj: *Meloidogyne javanica*.

3.4 Diseño del ensayo

Se realizó un ensayo de bloques al azar, cuyos factores a estudiar fueron los diferentes patrones utilizados (Beaufort y Maxifort) y el sistema de poda utilizado (1 o 2 guías por planta). Como testigo se utilizó la variedad Caramba sin injertar.

El ensayo estaba formado por 4 bloques o repeticiones. En cada bloque, los diferentes tratamientos, junto con la variedad control sin injertar, se dispusieron en cinco filas, en cada una de las cuales se plantaron 16 plantas si el tratamiento era a una guía y 8 plantas se el tratamiento era a dos guías (**Figura 17**). La densidad de plantación fue de 2,2 guías/m². Debido a las condiciones del ensayo se va a realizar un cultivo de ciclo corto comenzando la recolección en junio y terminándola a mitades de agosto.

La nomenclatura utilizada en el ensayo fue:

- C → variedad Caramba sin injertar, cultivada a una guía como es lo normal.
- MC-1G → variedad Caramba injertada sobre el pie Maxifort y cultivada a 1 guía.
- BC-1G → variedad Caramba injertada sobre el pie Beaufort y cultivada a 1 guía.
- MC-2G → variedad Caramba injertada sobre el pie Maxifort y cultivada a 2 guías.
- BC-2G → variedad Caramba injertada sobre el pie Beaufort y cultivada a 2 guías.

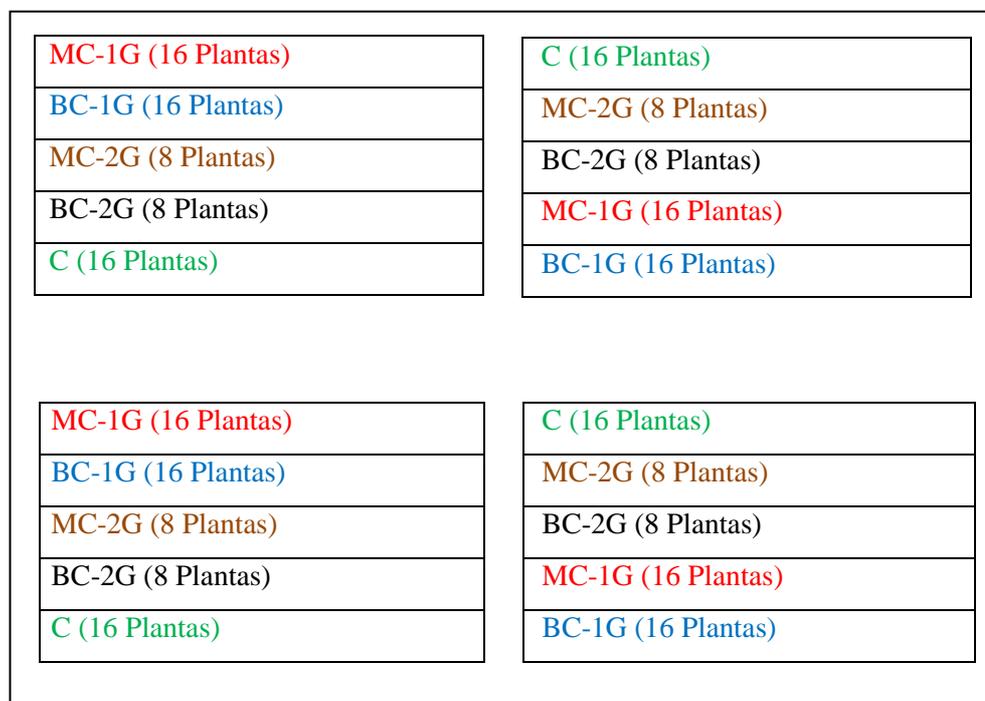


Figura 17: Diseño del ensayo por bloques al azar.

3.5 Desarrollo del cultivo

3.5.1 Preparación del terreno

Se realizó una labor profunda con chisel y un laboreo superficial con rotavator con el que se dejó el suelo liso y sin suela de labor para la plantación. Posteriormente se incorporó 1 kg/m² de compost y 0,125 kg/m² de abono 15-15-15 en el invernadero. Se preparó el riego colocando una fila de riego por gotero en cada línea del cultivo, con

goteros de 4 l/h y se colocó el acolchado de polietileno de 60 galgas solo en la línea del cultivo, con una anchura de al menos 80 cm (*Figura 18*).



Figura 18: Suelo del invernadero preparado con el acolchado y los goteros para la plantación.

3.5.2 Plantación

Se plantaron todas las plantas en estado de 4 - 5 hojas verdaderas y una altura de 7 cm, el día 18 de marzo de 2013 (*Figura 19*).



Figura 19: Imagen de un bloque con las plantas de tomates injertados para formación de dos guías recientemente plantadas.

En los días sucesivos a la plantación se dieron riegos para evitar el secado del taco y asegurar su arraigue, sin superar los 10-12 L/m², ya que supondría encharcar el suelo y compactarlo, y se colocó unos gránulos antilimacos en los frontales y laterales del invernadero. También se instalaron trampas cromáticas adhesivas de color amarillo

(Figura 20) para impedir que la mosca blanca dañara el cultivo, al igual que para detectar otros insectos que sientan atracción natural hacia el color amarillo como el pulgón y mosca esciárida.



Foto 20: Trampas cromáticas adhesivas de color amarillo.

Cuando las plantas alcanzaron porte mayor, éstas se entutoraron mediante cuerdas a los postes del invernadero.

3.5.3 Descripción de tareas

Durante el crecimiento del cultivo las plantas fueron podadas. Esta medida facilitó la ventilación y sanidad de la planta, favoreciendo el mejor desarrollo de los frutos. Se llevaron a cabo continuos pases de limpieza de brotes o hijuelos axilares, dejando una o dos guías por planta. Con esta operación se consiguió facilitar las tareas de limpieza, riego y recolección de los tomates. También se realizó un despunte de la planta de tomate por encima del 7º u 8º racimo productivo, acelerando así el llenado del fruto.

El manejo del invernadero para controlar las temperaturas en el interior del mismo fue distinto dependiendo de la fase en la que se encontraba el cultivo:

- Post-plantación: para favorecer el enraizamiento, durante 8 días post-plantación, se dieron riegos de postransplante a lo largo de este período consiguiendo así mantener el taco húmedo. La frecuencia y duración de los riegos fue programada en función del clima en ese período. La temperatura óptima para el cultivo en este estadio es 20-22°C, manteniendo cerrado el invernadero para conseguirla, y abriéndolo para ventilar si se alcanzaban los 25°C. La Humedad Relativa debe ser alta, superior al 80%.

- Fase de crecimiento: hasta el inicio de maduración la temperatura óptima para el cultivo es 22-24°C, siendo necesario ventilar a partir de 25°C, con una humedad relativa de 60-70%. Se colocó un agrotexil (Agripolyane), a modo de doble cubierta, sobre la estructura interna del invernadero, bien sujeto, y con faldones cubriendo los frontales del invernadero, ya la temperatura mínima del invernadero no debe descender de 12-13°C. Estese retiró a los 30 DPP, cuando ya no existía riesgo de que la temperatura en el invernadero descendiese por debajo de la mínima.
- Fase de maduración: la temperatura se mantuvo en unos valores de 20-24°C, ventilado a partir de 25°C, con máxima de 30°C y siendo la mínima de 15-18°C. En esta fase la humedad relativa fue de 60-70%, procurando que no bajase del 40%. Esto se consiguió utilizando el riego por aspersión por las mañanas el tiempo que fue necesario. Para ayudar en la regulación de las temperaturas al final de la primavera y todo el verano se realizó un blanqueo de la cubierta a los 55 DPP. El blanqueo se realizó con Colamina plástica con una dosis de 40-50 kg/100 litros de agua para 1000 m² de cubierta.

Con la aparición de las primeras flores se instaló una colmena de *Bombus terrestris* (**Figura 21**). Se recomienda poner una colmena por cada 2000 plantas. Esta favorecía la polinización y así se conseguía un porcentaje mayor de flores fecundadas en las plantas. Los abejorros son activos a temperaturas comprendidas entre los 10 y 30 °C, pero su función es mejor a temperaturas entre 15 y 25 °C.



Figura 21: Colmena de *Bombus terrestris*.

Solución de fertirrigación

Para la correcta nutrición de las plantas se utilizó un sistema de fertirrigación con bombas, filtros y goteros, con el que la solución nutritiva llegaba a las raíces de las plantas. Durante el desarrollo del cultivo se siguió el plan de abonado del ensayo que aparece reflejado en la **Tabla 7**. Debido al tipo de suelo del invernadero en el que se lleva a cabo el ensayo, el riego durante el desarrollo del cultivo no debe sobrepasar los 10-12 l/m², ya que en ningún caso debe producirse encharcamiento en el suelo, puesto que eso podría comprometer gravemente el ensayo.

Tabla 7: Plan de abonado en el ensayo

Fase	Abono	Kg semanales/1000 m ²	Kg /1000m ²		
Post-plantación	8-4-10	2,1	2,88	1,44	3,6
Crecimiento y maduración	8-4-10	2,85	7,92	3,96	9,9
	Nitrato Potásico	1,3	5,85	0	20,7
TOTAL			16,7	5,4	34,2

La primera fase de abonado comprende desde el cuajado de los primeros frutos, tamaño garbanzo, hasta el inicio de la recolección. La segunda fase va desde inicio de recolección hasta el final del cultivo.

Como la maduración del tomate es escalonada, su recolección se realizó manualmente de manera paulatina a medida que los frutos alcanzaban la madurez de cosecha. Al tratarse de tomate para consumo en fresco la recolección se realizó en color verde duro o pintón. En cada recolección se realizaba un control de peso por calibre. Siendo estos los calibres:

- >102mm

- 102-82mm
- 82-67mm
- 67-57mm<57mm

Control biológico

El control de plagas se controló mayoritariamente con la especie *Macrolophus caliginosus* (**Figura 22**). Se introdujo este depredador en el invernadero en el momento del trasplante, realizándose la suelta en algunas hojas y ramas de tabaco. En el tabaco se estableció la población de *Macrolophus caliginosus* que posteriormente colonizaron el invernadero de tomate, controlando que el número de insectos plaga se encuentre por debajo del que necesitan para provocar plaga y daños económicos graves.



Figura 22: *Macrolophus caliginosus*

3.6 Variables estudiadas

Las variables estudiadas en el presente trabajo fueron las siguientes:

- Descripción de la planta:
Se midió la altura, el diámetro y el número de hojas de las plantas en distintos etapas del desarrollo de la misma.
- Datos de floración:
Se anotaron las fechas de floración del primer y segundo racimo con el fin de conocer si los tratamientos repercuten en el cuajado a bajas temperaturas y en la precocidad.
- Producción:

Se empezó cosechando una vez por semana y cuando el cultivo entró en plena producción se pasó a dos veces por semana. En cada recolección, en 16 plantas de cada tratamiento, se controló el peso de los frutos que corresponden a cada una de los calibres siguientes: <57 mm (MM-destrío), 57-67 mm (M-pequeño), 67-82 mm (G-mediano), 82-102 mm (GG-grande) y >102 mm (GGG-muy grande)

- Parámetros de calidad: dureza, °Brix y análisis sensorial (descritos en el siguiente punto).

Una relación de las fechas de toma de datos de las variables estudiadas durante el ensayo aparece en la **Tabla 8**.

Tabla 8: Relación de las fechas de toma de datos durante el ensayo.

FECHA	DPP	TRABAJO
18/3/2013	1	Plantación
16/4/2013	29	Control floración
19/4/2013	32	Control floración
26/4/2013	39	Control floración
30/4/2013	43	Control floración
4/5/2013	47	Control floración
7/5/2013	50	Altura Diámetro Nº de hojas
3/7/2013	107	Altura Diámetro
8/7/2013	112	Recolección Dureza de la piel

29/7/2013	134	Recolección Dureza de la piel Cata °Brix
20/8/2013	155	Altura Diámetro Recolección Dureza de la piel Cata °Brix

DPP: días post-trasplante

3.7 Parámetros de calidad

3.7.1 Dureza de la piel

Para determinar la dureza de la piel del tomate se utilizó un durómetro Shore-A Mod.5023-2 (Neurtek, *Figura 23*), cuya característica principal es su carácter no destructivo de la fruta, lo que permite realizar mediciones en los frutos sin dañarlo. La medición de la dureza con este aparato se basa en el siguiente principio: Un cuerpo penetrador es presionado continuamente en el material a medir con una fuerza determinada. Se mide la deformación en el punto de presión y de esta manera se obtiene el valor de la dureza del material.



Figura 23: Durómetro Shore-A Mod.5023-2.

Se determinó la dureza de la piel del tomate en distintos momentos de la recolección, al principio, a mitad y al final de la recolección (*Tabla 8*). La punta del durómetro seleccionada para realizar las medidas fue $0,25\text{mm}^2$ por ser la más adecuada para realizar este tipo de análisis en tomate. La escala de graduación del durómetro va de 0 a 100 Shore, dividida en 100 unidades. El tamaño de la muestra fue 40 tomates de cada tratamiento, 10 por cada bloque, seleccionando tomates que se encontrasen en un nivel de maduración similar. Se realizaron dos medidas en la zona ecuatorial de cada tomate obteniendo al final 80 datos por cada tratamiento (20 por cada bloque).

3.7.2 Grados Brix

La concentración de sólidos solubles (°Brix) muestra la densidad de azúcares, ácidos etc. que tiene el suero del tomate a una determinada temperatura ambiental.

Para su obtención se prepararon cuatro zumos por cada tratamiento y se midieron los grados Brix de cada uno utilizando un refractómetro manual (*Figura 24*). Se utilizaron tomates de una misma repetición del ensayo y con un estado de maduración similar. Se tomaron medidas de grados Brix en dos momentos distintos de la producción (134 DPP y 155 DPP).



Figura 24. Refractómetro manual.

3.7.3 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó a porciones de tomates utilizados en los ensayos descritos previamente. Los catadores evaluaron el grado de harinosidad, la firmeza de su pulpa, la dureza de su piel, su jugosidad, su gusto, tanto en aceptabilidad como en acidez y la aceptabilidad de su aroma. Se realizaron dos sesiones de catas en momentos distintos de la producción (134 DPP y 155 DPP).

Para poder realizar un análisis sensorial riguroso, debe entrenarse apropiadamente al panel de catadores y se deben definir los parámetros que se van a evaluar.

La harinosidad es la sensación de textura pastosa, seca y como de arena que desarrollan algunos tomates.

La firmeza de la pulpa es la fuerza necesaria para romper la muestra en varios trozos, durante el primer esfuerzo que realizan los dientes durante la masticación, mientras que la dureza de la piel es un concepto análogo a éste pero para la piel.

La jugosidad es la cantidad de jugo extraído del tomate durante su masticación.

El gusto es la sensación que se obtiene en la lengua y boca, percibida por las papilas gustativas y se evalúa desde dos puntos de vista diferente, en primer lugar desde el punto de vista puramente hedónico: degusta mucho, poco o nada y también evaluando su grado de acidez sensorial.

El aroma es la sensación olfativa que se percibe del tomate y se evalúa desde el punto de vista del placer o disgusto obtenido al oler el tomate.

Para la cata se utilizó un tomate de referencia de los denominado “tipo sabor”. Estos tomates tienen la característica de potenciar el sabor, atributo cada vez más valorado por los consumidores. La variedad utilizada como referencia fue “Feo de Tudela”. El panel de cata estuvo compuesto por 7 catadores debidamente entrenados que evaluaron los citados atributos en una sala preparada y acondicionada del Instituto de Agrobiotecnología. Los tomates fueron analizados sensorialmente en condiciones adecuadas para la cata y sin que existan estímulos perjudiciales para los catadores.

Las puntuaciones otorgadas por los catadores variaron desde el 1 al 5 en orden decreciente de la aceptabilidad del atributo por el catador, de forma que correspondió el valor 1 a los tomates más sabrosos, más jugosos, más firmes, menos harinosos y de piel menos dura. Respecto a la acidez se consideró el valor 1 para los más ácidos, aunque la acidez tiene una aceptabilidad diferente para cada catador o consumidor.

3.8 Análisis estadístico

Una vez realizadas todas las mediciones y conteos, se procedió al análisis estadístico de las variables cuantitativas del ensayo. Para ello se utilizó el programa SPSS, mediante un análisis de la varianza, en el que se rechaza la hipótesis nula de que todas las medias son iguales con un nivel de significación del 5%. Para la separación de medias se utilizó el test de Tuckey.

Por medio de este análisis estadístico, se pudo tener idea de la significación de las diferencias establecidas por los tratamientos, esto es, se pudo calificar de significativas o no significativas las diferencias anotadas.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Desarrollo vegetativo del cultivo

El cultivo de tomate se desarrolló de forma correcta durante todas las fases del cultivo, adquiriendo todas las plantas del mismo tratamiento un porte similar y existiendo diferencias visibles en el desarrollo vegetativo entre los distintos tratamientos. En la **Figura 25** se puede ver el estado del cultivo en diferentes estados del desarrollo.

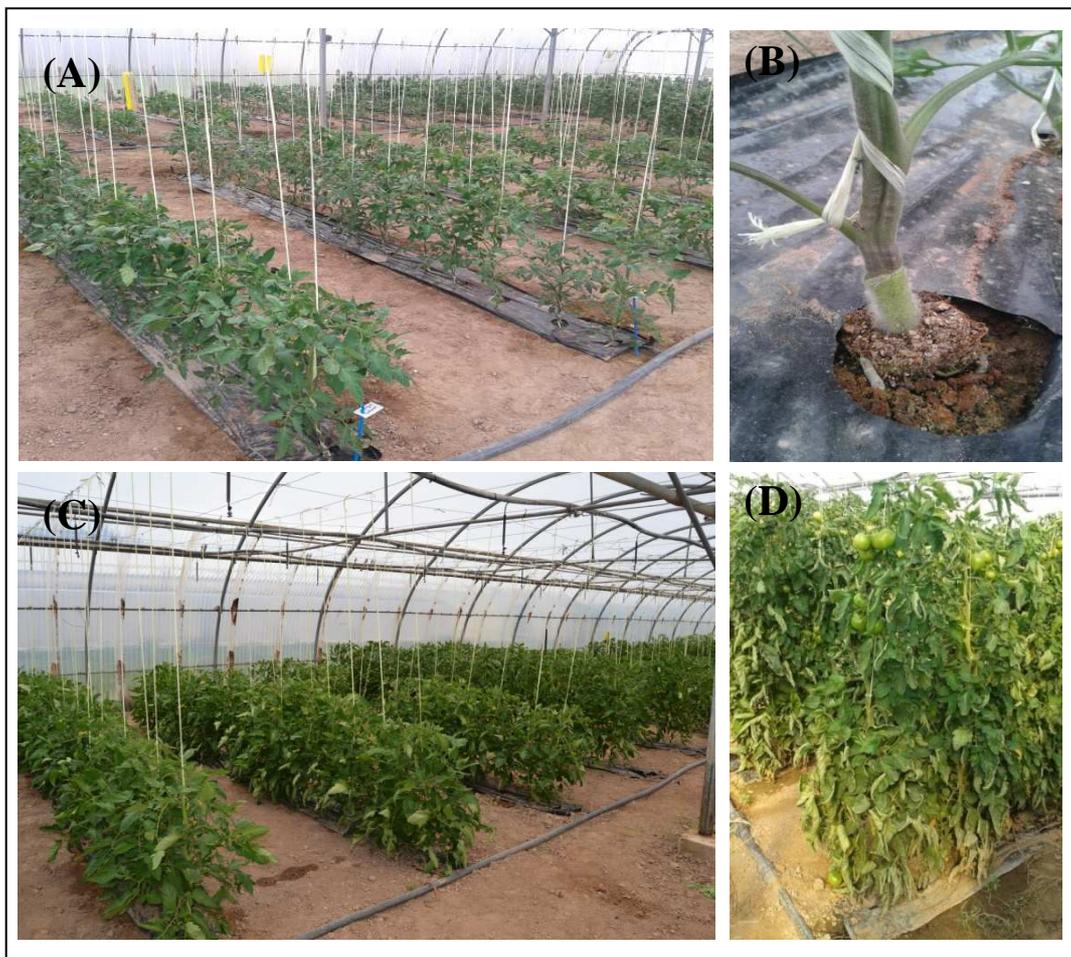


Figura 25. Imágenes del desarrollo del cultivo. (A) Cultivo a los 26 días post-plantación (DPP). (B) Detalle del injerto. (C) Crecimiento homogéneo del cultivo a los 62 DPP. (D) Cultivo en plena producción ya despuntada a los 107 DPP con los primeros racimos ya recolectados.

Durante los primeros días del cultivo, cinco plantas que no llegaron a desarrollar o que presentaban algún síntoma de enfermedad fueron retiradas. Durante el desarrollo del cultivo se realizó una comparación del desarrollo vegetativo de la planta entre los

distintos tratamientos del ensayo y la variedad control. Para ello se midieron la altura, el diámetro y el número de hojas de las plantas en distintos momentos del cultivo.

La evolución de la altura de las plantas a lo largo de cultivo fue correcta, acorde a lo esperado y no se observó ninguna anomalía en el crecimiento de ninguna de las plantas, exceptuando las plantas retiradas la primera semana.

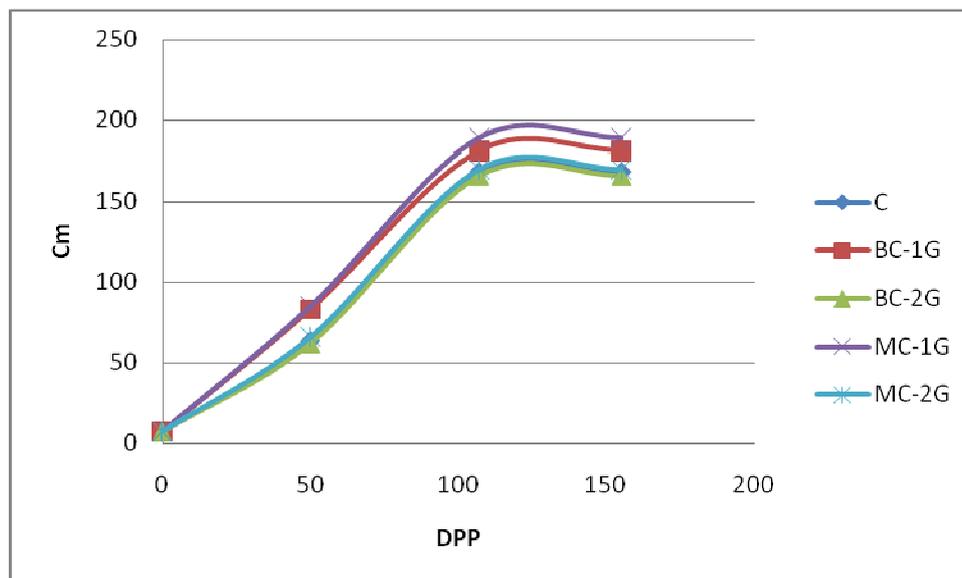


Figura 26: Altura de las plantas de tomate (cm) durante el ensayo. DPP: Días post plantación. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas.

En la **Figura 26** se puede apreciar que las plantas injertadas con una guía (BC-1G y MC-1G) tuvieron un crecimiento superior que el control y que las plantas injertadas a dos guías. Lo cual está en relación con lo esperado ya que los portainjertos proporcionan un mayor vigor a la planta. Se realizó un análisis estadístico de la altura de las plantas al final del cultivo (**Tabla 9**), y se comprobó que existían diferencias significativas entre estos tratamientos y el control. A su vez la planta de tomate injertada sobre el patrón Maxifort tuvo mayor crecimiento que la injertada sobre el patrón Beaufort. Esto puede ser debido a que el portainjertos Maxifort aporta mayor vigor a la planta de tomate que el portainjertos Beaufort. Las plantas de tomate injertadas con dos guías no destacaron en altura al ser esta similar a la altura control, esto puede ser debido a que el incremento de vigor proporcionado por los portainjertos en este caso se reparte entre las dos guías, y por tanto no se traduce en un aumento de altura aunque sí de biomasa.

Tabla 9: Altura media (cm) de los distintos tratamientos del ensayo y el control a los 158 días post-plantación. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 5%.

Tratamiento	Altura media (cm)	Grupo
MC-1G	187,86	c
BC-1G	181,35	b
MC-2G	167,42	a
C	166,29	a
BC-2G	163,63	a

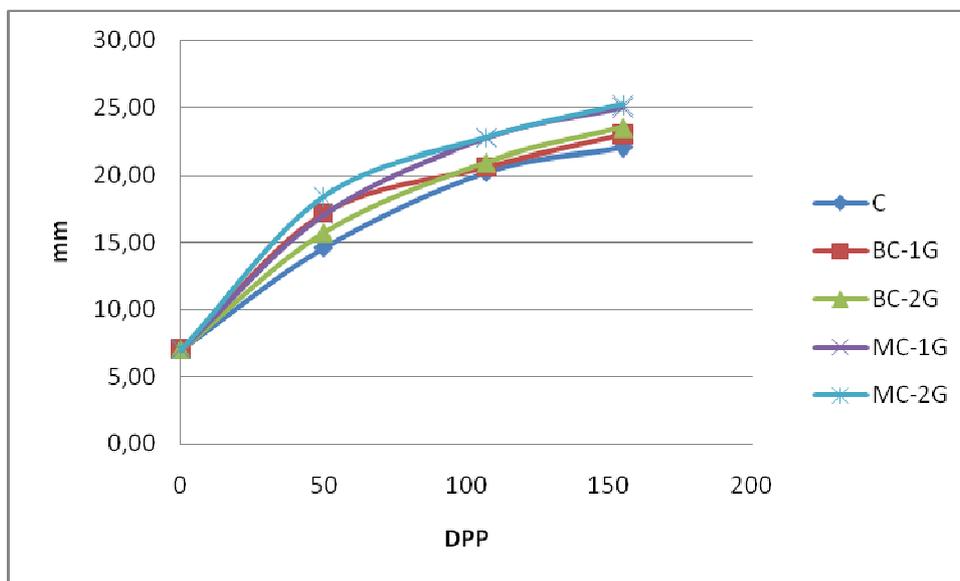


Figura 27: Evolución del diámetro de tallo (mm) de las plantas de tomate durante el ensayo. DPP: Días post plantación. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas.

En la **Figura 27** se muestra la evolución del grosor del tallo, que fue medido en cuatro momentos distintos durante el desarrollo del cultivo a la altura del primer racimo. Se puede apreciar que en las plantas de tomate injertadas sobre el portainjertos Maxifort, el grosor del tallo fue significativamente superior (**Tabla 10**), tanto a una como a dos guías, al grosor del control y de las plantas de tomate injertadas sobre Beaufort. Estas últimas mostraron además un crecimiento más lento (**Figura 27**). Las diferencias observadas pueden ser debidas, como se ha dicho anteriormente, a que el portainjertos Maxifort aporta un desarrollo más vigoroso a la planta. A su vez el tratamiento con Beaufort a dos guías mostró un grosor significativamente superior a la variedad

Caramba sin injertar (control), mientras que el tratamiento con Beaufort a una guía tuvo un crecimiento similar al control.

Tabla 10: Diámetro medio (mm) del tallo en los distintos tratamientos del ensayo y el control a los 158 días post-plantación. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%.

Tratamiento	Diámetro Medio (mm)	Grupo
MC-2G	25,22	c
MC-1G	25,01	c
BC-2G	23,5	b
BC-1G	22,98	a b
C	22,05	a

También se midió el número de hojas que se desarrollan en la planta de tomate por encima del injerto hasta el segundo racimo productivo, en el control y los distintos tratamientos. En una planta con racimos múltiples, el suministro de asimilados de las hojas a los racimos procede fundamentalmente de las tres hojas inferiores (Chamarro, 1995). Una vez más se observó que las plantas de tomate injertadas sobre el portainjertos Maxifort a una guía fueron las que mayor número de hojas mostraron (**Tabla 11**), presentando diferencias significativas respecto a los dos tratamientos a dos guías.

Tabla 11: Número de hojas en plantas de tomate hasta el 2º racimo. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%.

Tratamiento	Nº medio de hojas desde el injerto hasta el 2º racimo productivo	Grupo
MC-1G	5,9	b
BC-1G	5,68	a b
C	5,54	a b
MC-2G	5,25	a
BC-2G	5,21	a

4.2 Producción

La producción, medida en kg/m^2 y clasificada por calibres, es uno de los parámetros que más influye en la elección de un portainjertos. La producción de calibres comerciales es una de las características principales de la variedad Caramba que la hace o no apta a los mercados.

Considerando la producción acumulada a los 155 DPP, una vez finalizado el cultivo, las diferencias observadas en la producción total no fueron estadísticamente significativas entre el control y los tratamientos, ni tampoco entre los diferentes tratamientos (**Figura 28**).

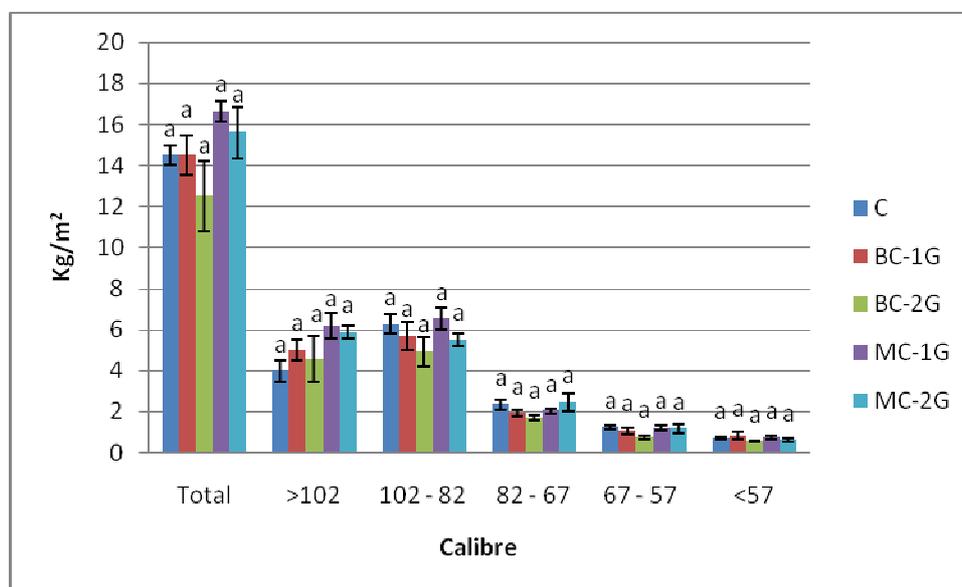


Figura 28: Producción total y producción por calibres de la planta de tomate control y de los distintos tratamientos. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) acompañados de su error estándar, y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%.

En la **Figura 28**, también se puede observar la producción clasificada por calibres, que como se puede ver, de manera similar a lo visto para la producción total, las diferencias entre tratamientos tampoco fueron estadísticamente significativas en ninguno de los diferentes calibres. Teniendo en cuenta la proporción de frutos por calibre, se observa que las plantas de tomate injertadas concentraron el 38% de la producción en calibres muy grande (>102mm), mientras que en la variedad Caramba sin injertar, la proporción de tomates de calibre muy grande (>102mm) fue ligeramente inferior (27%),

manteniéndose en valores parecidos al de las plantas injertadas en los tomates de calibre grande (102-82mm). La producción en kg/m^2 del resto de calibres [inferiores <57 mm (destrío), 57-67 mm (pequeño) y 67-82 mm (mediano)] tampoco presentó diferencias estadísticamente significativas (**Figura 28**). Los valores obtenidos fueron muy similares en los diferentes tratamientos y presentaron menos variabilidad.

Al no haber diferencias significativas en producción total, ni en la producción clasificada por calibres (**Figura 28**), las plantas de tomate injertadas a dos guías son de gran interés a nivel comercial, ya que con la mitad de las plantas, 8 por bloque en vez de 16 y con la misma superficie de parcela elemental, se obtiene una producción equivalente. Además, ambos portainjertos han sido capaces de soportar la capacidad productiva de las dos guías de la variedad que se han desarrollado sobre ellos.

Si nos fijamos en la **Figura 29**, que muestra la evolución de la producción durante los días de recolección, se puede observar una mayor producción del control sin injertar al principio de la campaña, lo cual indicaría una mayor precocidad en producción que la de las plantas injertadas sobre los portainjertos Maxifort y Beaufort a una y dos guías. El mayor vigor en la planta de tomate proporcionado por los portainjertos podría ser la causa principal del retraso observado en la entrada en producción respecto al control sin injertar. Esta precocidad del control es importante ya que al principio de la campaña el precio del tomate es más elevado debido a la escasez de producto en el mercado y por lo tanto es interesante conseguir una mayor producción de tomates al principio.

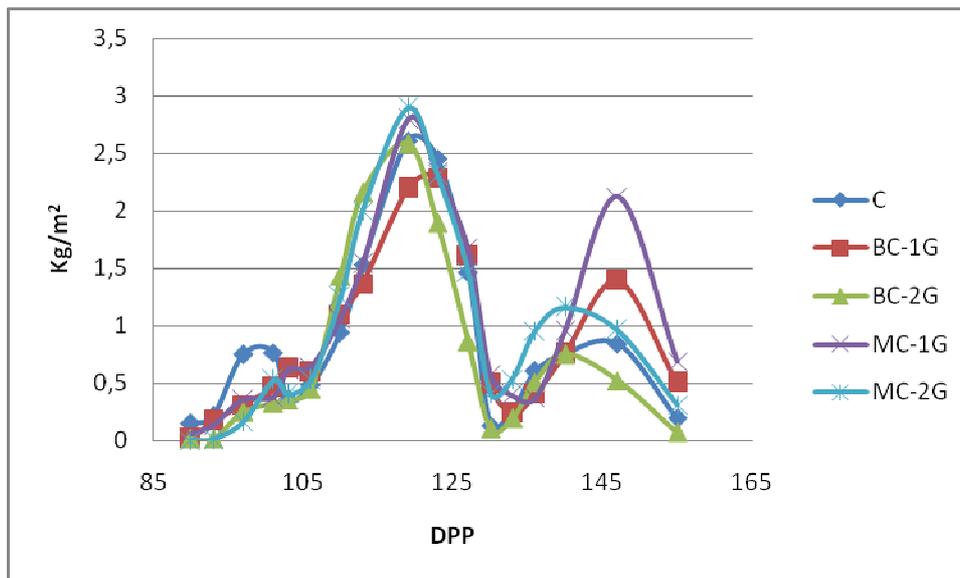


Figura 29: Evolución de la producción (kg/m²) a lo largo de la campaña. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas.

En el día 42 post-plantación se dio un descenso de las temperaturas en el interior del invernadero (**Figura 30**), donde la temperatura media fue 10°C, la máxima no pasó los 16°C y la temperatura mínima fue de 5°C. Este momento coincidió con el cuajado del primer racimo productivo y la floración del segundo racimo, pudiendo haber repercutido en la producción de los tomates de estos racimos, lo que podría explicar en parte la baja producción de tomates en las dos primeras recolecciones (**Figura 29**).

Sería interesante hacer un estudio detallado, anotando las fechas de floración y llevando un control del cuajado de los frutos, para comprobar cómo repercuten las temperaturas en la producción de las plantas injertadas y así ver su respuesta a las bajas temperaturas.

En mitad de la campaña de recolección se produjo una bajada notable de la producción (135 DPP) después de producirse un máximo de producción (**Figura 29**). Esta situación suele ser normal, debido a que al inicio de la fase productiva la planta puede llegar a tener los tres o cuatro primeros racimos, con cinco tomates de gran calibre de media cada uno, demandando nutrientes, sales y agua. Esta situación genera un estrés fisiológico a la planta, debilitando los brotes superiores e incluso la guía y provocando un mal cuajado de las flores de los racimos superiores. Esto provoca una disminución

del número de tomates por racimo en las recolecciones posteriores, repercutiendo consecuentemente en la producción. Por tanto, se podría decir que la bajada de producción observada a los 135 DPP se produce como consecuencia de una buena producción inicial. Posteriormente, como se observa en la Figura 29, se produjo una recuperación de la producción, siendo ésta más relevante en la plantas con mayor vigor, como es el caso de las plantas injertadas.

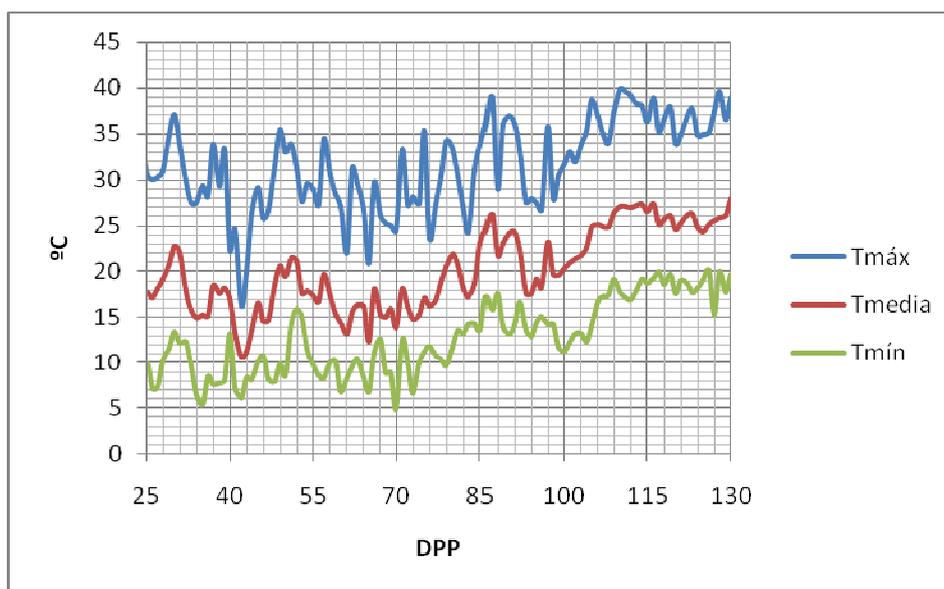


Figura 30: Evolución de las temperaturas máximas, medias y mínimas en el interior del invernadero a lo largo del periodo de floración del cultivo.

En la **Figura 31** se puede observar la producción (kg/m^2) mensual en cada tratamiento. En el mes de junio, la variedad Caramba sin injertar fue la que presentó mayor producción, presentando diferencias significativas con el resto de tratamientos y, como ya se ha comentado anteriormente, mostrando una mayor precocidad. La producción en julio fue similar en todos los casos. A mediados del mes de agosto se finalizó la recolección puesto que el tomate en suelo, en esta zona geográfica, se cultiva en ciclo corto. En este mes, la planta de tomate injertada sobre el portainjertos Maxifort a una guía tuvo una producción significativamente mayor que el control y la planta injertada sobre el portainjertos Beaufort a dos guías. Esto puede ser debido a que las plantas con mayor vigor soportan mejor el estrés térmico causado por las altas temperaturas del verano y se recuperan mejor del estrés fisiológico que produce el desarrollo del fruto en la fase inicial de producción, permitiendo incluso que el agricultor pueda alargar el periodo productivo.

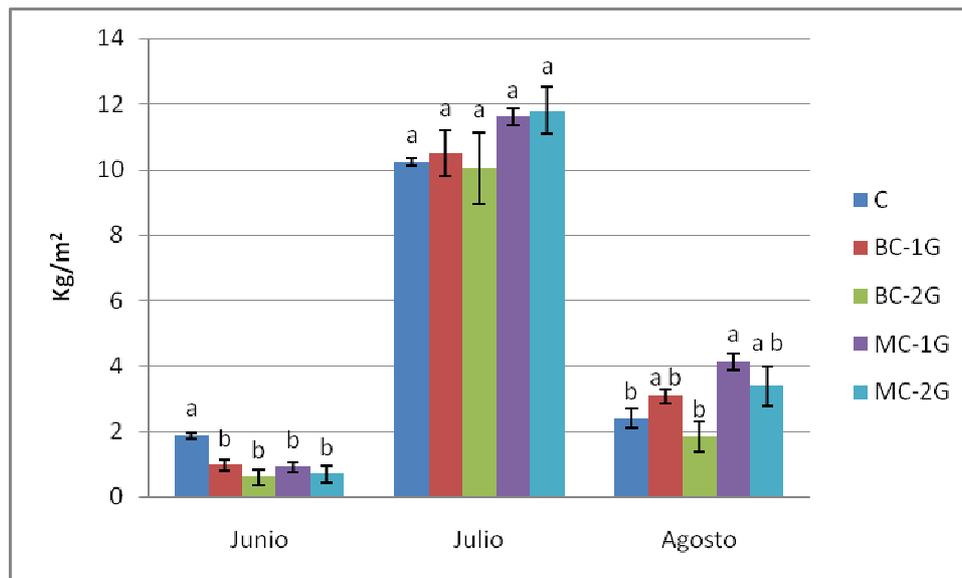


Figura 31: Producción mensual (kg/m^2) de la planta de tomate control y de los distintos tratamientos. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) acompañados de su error estándar, y cada una de las repeticiones procede de dieciséis plantas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%.

4.3 Calidad del fruto

Con el fin de estudiar la calidad de los tomates, se muestrearon tomates en tres momentos distintos de Julio y Agosto, y en ellos se midió la dureza, los grados Brix y se realizó un análisis sensorial.

4.3.1 Dureza de la piel

La determinación de la firmeza del tomate se realizó con un durómetro (Shore-A Mod.50232 apartado 3.7.1). Este parámetro disminuyó a lo largo del cultivo (**Figura 32**), lo que podría deberse al cambio en la composición química de los frutos ya que en la última recolección, a los 155 DPP, se recogieron tomates con mayor grado de madurez. Se ha descrito que la dureza del tomate está relacionada con la ruptura de la pared y membrana celular, la activación e inactivación de las enzimas, y la interacción de unos procesos con otros (Van Dijk y col., 2005; Zapata et al. 2007).

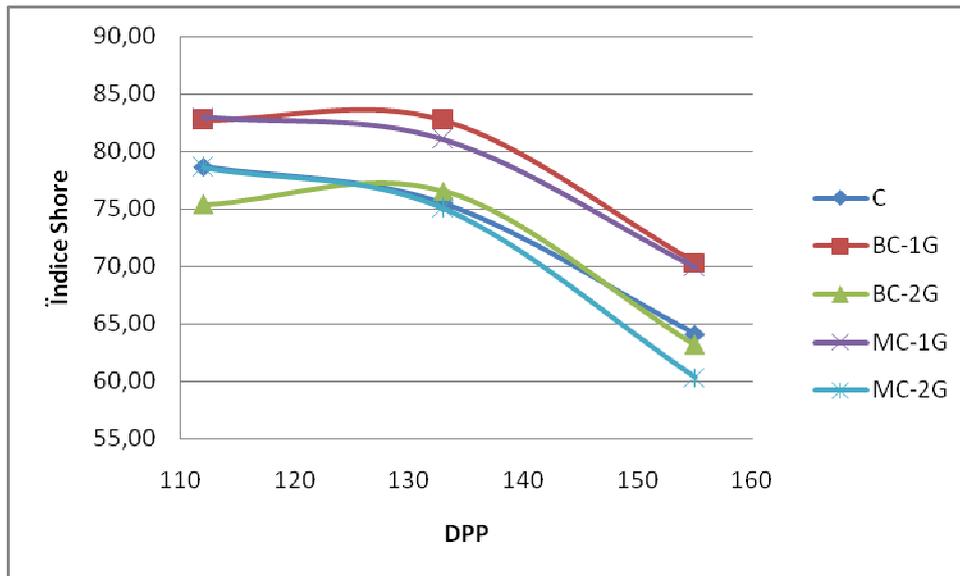


Figura 32: Evolución de la dureza durante el cultivo de la variedad control y los distintos tratamiento. Cada punto representa la media de cuarenta tomates.

Al analizar estadísticamente los distintos tratamientos se observaron diferencias significativas en la dureza del fruto, siendo las plantas injertadas a una guía las que produjeron los tomates con mayor firmeza independientemente de la fecha de cosecha (*Tabla 12*). Entre el control y las plantas de tomate injertadas a dos guías las diferencias no fueron significativas.

Tabla 12: Dureza de la piel del tomate del control y de los distintos tratamientos a los 112, 133 y 155 DPP. Los datos representan la media de cuatro repeticiones (bloques) y en cada una de las repeticiones se analizaron diez tomates. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%.

	Tratamiento	Índice Shore	Grupo
112 DPP	MC-1G	83.0	b
	BC-1G	82.74	b
	C	78.65	a
	MC-2G	78.60	a
	BC-2G	75.38	a
133 DPP	BC-1G	82.71	b
	MC-1G	81.06	b
	BC-2G	76.52	a
	C	75.46	a
	MC-2G	75.03	a
155 DPP	BC-1G	70.31	b
	MC-1G	69.91	b
	C	64.11	a
	BC-2G	63.13	a
	MC-2G	60.31	a

4.3.2 Grados Brix

Los grados Brix dan una idea de la cantidad de azúcares y otros sólidos solubles, y se miden mediante un refractómetro. En este trabajo no se observaron diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles totales entre los distintos tratamientos. Además, los grados Brix en los tomates del ensayo fueron similares a los del tomate “Feo de Tudela” (tomate de referencia en el análisis sensorial). Se dieron valores entre 4 y 6°Brix (*Figura 33*), valores que se encuentran dentro del rango óptimo de sólidos solubles que según Aguayo-Giménez y Artés-Calero (2004) tiene que tener un tomate para que posea un aroma y un sabor óptimos.

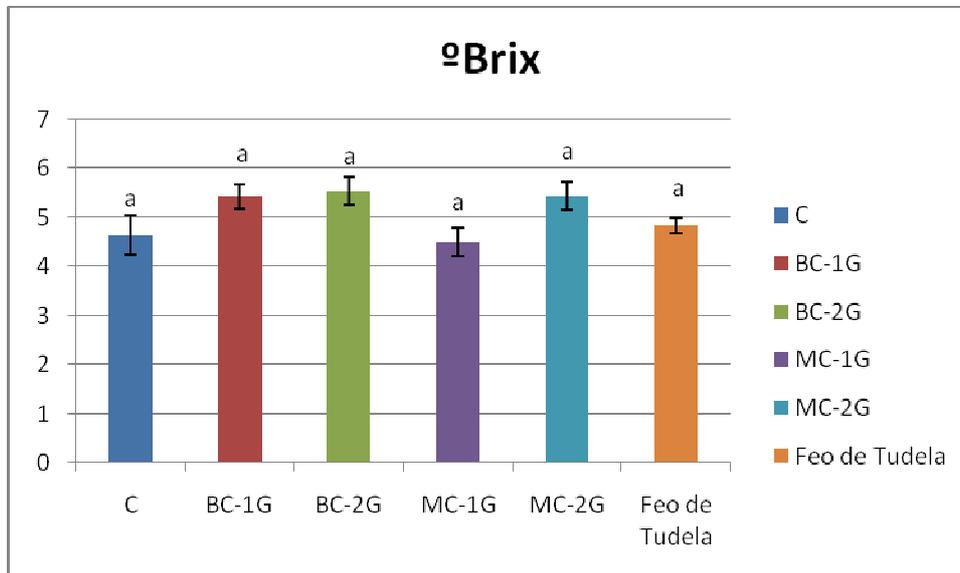


Figura 33: Grados Brix de los tomates empleados en el análisis sensorial. Los datos representan la media de 10 tomates de cada tratamiento, analizados en dos momentos distintos de la campaña (134 DPP y 155 DPP). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas con un error del 0,05%.

4.3.3 Análisis sensorial

En la *Figura 34* se muestran los resultados obtenidos tras el análisis sensorial de los tomates producidos en los distintos tratamientos. Los valores más alejados del centro de la gráfica indican mayor grado de aceptabilidad del atributo por el catador. Estos corresponderán a los tomates más sabrosos, más jugosos, más firmes, menos harinosos y de piel menos dura.

Para la cata se utilizó el tomate Feo de Tudela como tomate de referencia (Apartado 3.7.3). Lo óptimo sería que los tomates a analizar se acercasen a los valores del tomate de referencia. Como era de esperar, el tomate de referencia obtuvo un alto grado de aceptación por parte de los catadores ya que éste es uno de los tomates denominados de “tipo sabor”. Estos tomates tienen la característica de potenciar el sabor, atributo cada vez más valorado por los consumidores.

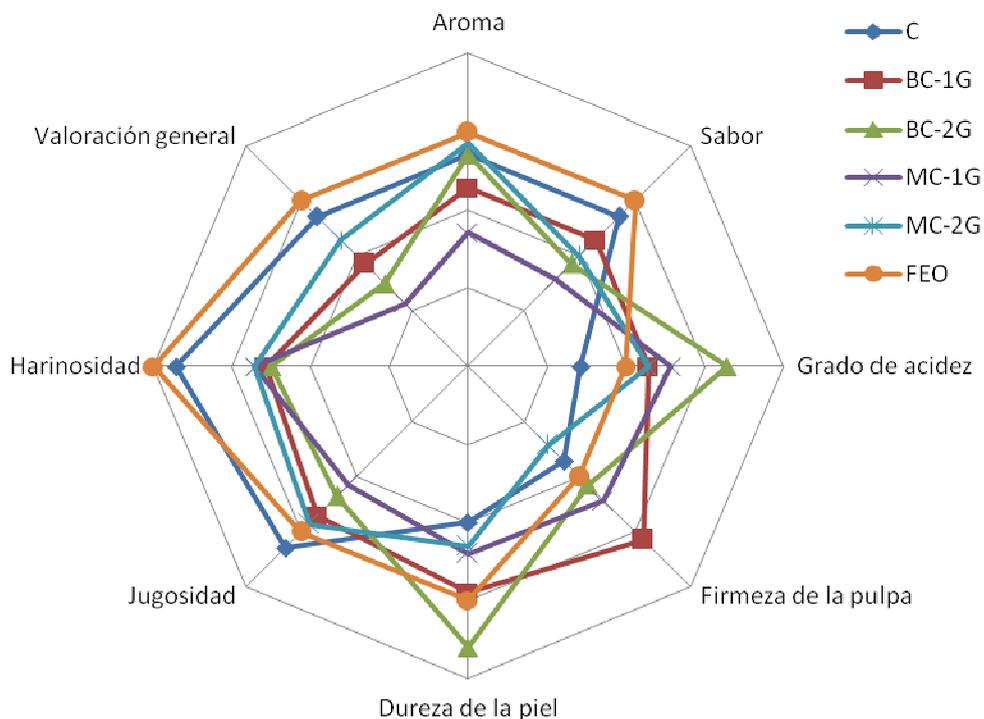


Figura 34: Resultados del análisis sensorial de los tomates ensayados y del tomate utilizado como referencia, Feo de Tudela. Mayor lejanía al centro de la gráfica indica mayor grado de aceptabilidad del atributo por el catador.

El tomate que mayor grado de aceptabilidad (valoración general) obtuvo por parte de los catadores fue la variedad Caramba sin injertar (planta control). Como se ve en la **Figura 34** los valores del tomate control son los que más se asemejan a los valores atribuidos por los catadores al tomate de referencia, existiendo mayor diferencia en el parámetro de dureza de la piel, presentando el tomate de referencia menor dureza de la piel. La planta control dio el tomate con mejor sabor, mejor aroma, el más jugoso y el tomate menos harinoso de todos los tratamientos. Esto puede indicar la existencia de

una relación indirecta entre la dureza de la piel del tomate y los atributos de aroma, sabor, harinosidad y jugosidad.

Si nos fijamos en los tomates injertados vemos que existen diferencias entre ellos, siendo el tratamiento Maxifort a dos guías el tomate injertado que obtuvo mayor grado de aceptabilidad por parte de los catadores (*Figura 34*), seguido de Beaufort a una guía, Beaufort a dos guías y Maxifort a una guía que fue el tomate que menos gustó a los catadores.

Los tomates con peor aroma fueron los injertados a una guía, siendo Maxifort a una guía el que obtuvo el peor resultado. El resto de los tomates obtuvieron valores muy similares a los obtenidos por el tomate de referencia, siendo muy pequeñas las diferencias.

Los resultados obtenidos en “sabor” fueron más dispares. Beaufort a una guía fue el tomate injertado con mejor sabor, seguido de Maxifort y Beaufort a dos guías que obtuvieron valores muy similares, y Maxifort a una guía que fue el tomate con peor sabor.

Todos los tomates injertados obtuvieron valores ácidos, destacando Beaufort a dos guías como el más ácido, seguido de Maxifort a una guía. Los tomates Beaufort a una guía y Maxifort a dos guías tuvieron valores intermedios, muy similares al obtenido por el tomate referencia, siendo éstos un poco más ácidos.

En cuanto a la firmeza se puede observar que los tomates injertados, excepto Maxifort a dos guías, tienen mayor firmeza de pulpa que el tomate de referencia y el control, siendo esta una característica importante para su comercialización ya que son tomates para su consumo en fresco, como por ejemplo en ensaladas, e interesa un elevado grado de firmeza de la pulpa.

Los tomates injertados sobre el portainjertos Beaufort a una y a dos guías obtuvieron valores de dureza de la piel blanda y muy blanda respectivamente, siendo la dureza de la piel del tomate de referencia blanda. Los tomates injertados sobre el portainjertos Maxifort a una y dos guías obtuvieron valores intermedios de dureza de la piel.

El control supera en jugosidad al tomate de referencia siendo ambos tomates jugosos. Los tomates injertados obtuvieron valores de jugosidad intermedia-alta, siendo Maxifort a dos guías el más jugoso y Maxifort a una guía el menos jugoso.

En cuanto a la harinosidad, se observa que todos los tomates injertados tienen un grado de harinosidad similar, intermedia, pudiendo ser esta característica un problema a lo hora de comercializarlos.

Los resultados mostrados en la **Figura 34** sugieren la existencia de una relación directa entre los valores obtenidos en los atributos aroma, sabor, harinosidad y jugosidad y los obtenidos en la valoración general. Esto no es así en los valores obtenidos en la dureza de la piel y la firmeza de la pulpa. Por tanto se podría decir que existe una relación opuesta entre la aceptabilidad del catador por el tomate (valoración general) y la firmeza del tomate, tanto externa cómo interna.

.

5 CONCLUSIONES

1. La utilización de injertos en la variedad Caramba produjo diferencias en cuanto a la altura de las plantas y el diámetro del tallo, siendo estas variables significativamente mayores en las plantas injertadas sobre el portainjertos Maxifort.
2. El número de hojas hasta el segundo racimo fue muy similar entre tratamientos, tan solo las plantas injertadas sobre Maxifort a una guía mostraron un número significativamente mayor que en los tratamientos a dos guías.
3. El uso de plantas injertadas en la variedad Caramba no afectó de manera significativa a la producción de tomate, ni la total ni por calibres, si bien se observó un aumento de la proporción de tomates de calibre muy grande (>102mm) en las plantas injertadas sobre Maxifort,
4. La producción en la variedad Caramba sin injertar fue significativamente más precoz que en las plantas injertadas. En cambio, en la parte final del periodo productivo, las plantas injertadas sobre el portainjertos Maxifort a una guía obtuvieron un rendimiento (kg/m^2) significativamente mayor que el de las plantas sin injertar.
5. Las plantas injertadas a dos guías resultan de interés desde un punto de vista económico ya que para obtener una misma producción han sido necesarias la mitad de plantas, disminuyendo así el coste inicial de implantación del cultivo.
6. El empleo de plantas de tomate injertadas influyó sobre el parámetro de calidad dureza del fruto, siendo los tomates de las plantas injertadas a una guía los que mostraron la piel más dura.
7. La utilización de la técnica del injerto en plantas de tomate de la variedad Caramba no afectó al contenido de sólidos solubles totales en los tomates.
8. Del análisis sensorial realizado se desprende que el uso de planta injertada en la variedad Caramba empeora ligeramente la calidad del tomate, aumentando el parámetro harinosidad a un grado intermedio y disminuyendo el sabor y la jugosidad con respecto al tomate de la planta sin injertar, que mostró en estos parámetros un comportamiento muy similar al tomate de referencia “Feo de Tudela”. No obstante, sería aconsejable repetir estos ensayos con un mayor número de catadores para definir las características organolépticas del tomate injertado.

6 BIBLIOGRAFÍA

Aguayo, E. y Artés, F. (2001). Evolución de los azúcares en la comercialización del tomate procesado en fresco. I Congreso. Nacional (GPR- grupo postrecolección y refrigeración). Tecnología Alimentos. Granada.

Bojacá, C. R.; N.Y. Luque y O.I. Monsalve. (2009). Análisis de la productividad del tomate en invernadero bajo diferentes manejos mediante modelos mixtos. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 3(2). pp. 188-198.

Chamarro, J. (1995). Anatomía y fisiología de la planta de tomate. En: El cultivo de tomate. Nuez, F. Bilbao: Mundi-Prensa, pp. 43-91.

Camacho, F. (2006). El injerto en hortalizas. Técnica ecocompatible generadora de empleo. Experimentos de melón injertado en algunos pases americanos y en España. Taller internacional Nuevas alternativas para el control de problemas fitosanitarios del suelo en cultivos de cucurbitáceas. 6 y 7 de Febrero de 2006. Tecomán, Colina.

Calvo A.; Carreras R.; González C. (2007). Parámetros de calidad en el tomate para industria. En: La agricultura y ganadería extremeña en 2007. pp. 157-169. Libro electrónico: <http://portal.cajabadajoz.es/RevistasAgricultura/RevistaAgricultura07.htm>

Camacho, F. (1996). Influencia de patrones utilizados en el cultivo de sandía bajo plástico sobre la producción, precocidad y calidad del fruto en Almería. Proyecto final de carrera. Universidad de Almería.

Day, W.; Bailey, B.J. (1998). Physical principles of microclimate modification. En: Ecosystems of the World. Amsterdam: Elsevier. pp. 71-101.

Escobar, H. y R. Lee. (2001). Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales CIIA. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. pp. 113-117

Hartmann, H.T. y Kester.D.E. (1991). Propagación de plantas. México: Cecsa.

Hoyos, P. (2007). Situación del injerto en horticultura en España: especies, zonas de producción de plante, portainjertos. Horticultura, 2007, 199:12-25.

Hoyos, P. (2012). El injerto en pepino corto tipo español (*Cucumis sativus* L.). Recomendaciones para su empleo en la zona centro de España. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

INTIA. (2003). Guía de cultivo de tomate-suelo en invernadero. Área de invernaderos.

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Vallejo L. F.; García M.; Climático J.; Guzmán, M.; Zapata. M. (2012) Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.

Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) pp. 432- 433; 188-209

Jaramillo, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones controladas. *FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Colombia: CTP Print Ltda.

Jiménez Etxebarria, A. (2012). Ensayo de portainjertos para pimiento de Guernika CV Derio. Trabajo fin de carrera. UPNA

Kinet, J.M. and M.M. Peet. (1997). Tomato. En: *The Physiology of Vegetable Crops.*, New York: (Ed. H.C. Wien). CAB International. pp. 207-258.

Lee, J. M. and M. Oda. (2003). Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. En: *Horticultural Reviews*. Vol: 28 Ed: Jules Janick. pp. 61-124.

Lee J.; Kubota C.; Tsao SJ.; Bie Z.; Echevarria P.H.; Morra L.; Oda M. (2010). Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. *Scientia Horticulturae* 127: 93-105.

Muñoz, J.J. (2003). El cultivo de tomate en invernadero. En: J.J. Muñoz y J. Castellanos (eds.). *Manual de producción hortícola en invernadero*. México: INCAPA. pp. 226-262

Macua J. I.; Lahoz I.; Santos A. y Calvillo S. (2010). Tomate de industria. Balance de campaña y nuevas variedades. *Navarra agraria* 184. pp. 7-8

Maroto J.V. (2008). *Elementos de horticultura general*. Edición Madrid: Mundi prensa.

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

Mudge, K.W. (2008). Grafting: Theory and Practice. En: Beyl y Trigiano Eds. *Plant propagation. Concepts and laboratory exercises*. Florida: CRC Press. Boca Ratón

Alfredo Miguel y Vicente Cebolla. (2005). Unión del injerto. *Terralia*. 53:51-60.

Olivares, E. (2009). Efecto del injerto sobre el rendimiento en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) en invernaderos. En: *Memorias XXX Ciclo de Seminarios de Posgrado e Investigación* pp 63-68. Facultad de agronomía UANL. México.

Ozores-Hampton, M. y Ortez, O., 2010. Introducción a la Tecnología de Injertos a la Industria de Tomate en la Florida: Beneficios Potenciales y Retos. *Departamento de Horticultural Sciences, Universidad de la Florida*. (UF/IUFAS).
<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS118700.pdf>

Quintana-Baquero R-A.; Balaguera-López H-E.; Álvarez-Herrera, J-G.; Cárdenas-Hernández J-J.; Hernando Pinzón E., 2010. Efecto del número de racimos por planta

sobre el rendimiento de tomate (*Solanumlycopersicum* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas Vol. 4 - No. 2 - pp. 199-208.

Rothenberger R.R: y C.J. Starbuck, 2008. Grafting. Horticultural. Mu Guide. Editor: University of Missouri Extension (Extension.missouri.edu).

Sádaba S.; Uribarri A.; Aguado G.; Del Castillo J.; Astiz M., 2010. Ensayo de variedades de tomate en invernadero. Campaña de 2010. Navarra Agraria. 183. Pp.17-22.

Van Dijk, C.; Boeriu, C.; Peter, F.; Stolle-Smits, T.; Tijsskens, L. M. M. (2006). The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 1. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. Journal of Food Engineering. Vol. 77. pp. 575-584.

Zapata L.; Gerard L.; Davies C.; Oliva L. y Schvab M., 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. Ciencia, Docencia y Tecnología. 34: 207-226.

Zabala, M.I., 2012. Eficiencia energética en el cultivo de tomate: efecto en la producción y la calidad. Trabajo fin de carrera. UPNA

Direcciones de internet:

Revista Coyuntura agraria

<http://www.cfnavarra.es/agricultura/coyuntura/4.pdf>

FAOSTAT (FAO)

<http://faostat.fao.org/default.aspx?lang=es>

MAGRAMA (Ministerio de agricultura)

<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/anuario-de-estadistica/default.aspx>

PROEXPORT (Asociación de Productores-Exportadores de Frutas y Hortalizas de la Región de Murcia)

http://www.proexport.es/Documentos/Proyectos/20103221646512_Capitulo_01_A_Zonas_exportadoras.pdf

INFOAGRO

<http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>