

Recuperación de técnicas de cultivo ancestrales en variedades tradicionales de tomate y condiciones de cultivo ecológico

MÁSTER EN AGRICULTURA ECOLÓGICA
CURSO 2014-15

Autor:
Marcel Skoumal i Canals

Tutor:
Joan Casals Missio



Barcelona, Septiembre 2015

Recuperación de técnicas de cultivo ancestrales en variedades tradicionales de tomate y condiciones de cultivo ecológico

**MÁSTER EN AGRICULTURA ECOLÓGICA
CURSO 2014-15**

Autor:
Marcel Skoumal i Canals



Tutor:
Joan Casals Missio



Barcelona, 29 de septiembre de 2015

RECUPERACIÓN DE TÉCNICAS DE CULTIVO ANCESTRALES EN VARIEDADES TRADICIONALES DE TOMATE Y CONDICIONES DE CULTIVO ECOLÓGICO

RESUMEN

Las variedades tradicionales de tomate son apreciadas por la elevada calidad organoléptica como nutricional que presentan en algunos casos. Sin embargo, suelen presentar un comportamiento agronómico pobre, con rendimientos mucho menores que los de las modernas variedades mejoradas que dominan el mercado. Los genotipos de estas variedades fueron evolucionando hasta lo que son actualmente bajo una gestión agronómica regida por técnicas ancestrales de cultivo, lo que hace pensar que recuperándolas para aplicarlas de nuevo a las variedades con las que co-evolucionaron se podrían obtener plantas mejor adaptadas, lo que podría llevar a una mejora del rendimiento para estas variedades. Con este objetivo se han ensayado tres tipos diferentes de conducción de la tomatara (planta a una sola guía con un único tallo, planta a dos tallos con cada tallo sostenido por una guía, y planta sin poda por encima de la primera inflorescencia guiada por medio de cuerdas tensadas horizontalmente) para tres variedades tradicionales de tomatara (Mandó de Collserola, Montgrí y LC206) y para una variedad mejorada híbrida (Bodar).

La variedad Mandó presenta un rendimiento bajo (4,2 kg/planta) en comparación con el resto de variedades estudiadas LC206 (5,1 kg/planta), Montgrí (5,8 kg/planta) y Bodar (7,9 kg/planta). No obstante, su mayor precio de comercialización justifica su cultivo debido a su elevada calidad. Para todas las variedades estudiadas, las plantas conducidas a dos guías (6,3 kg/planta) o sin poda (6,5 kg/planta) presentan un rendimiento significativamente mayor que las conducidas a una sola guía (5,1 kg/planta), sin observarse un deterioro del perfil sensorial en las muestras estudiadas. Esos resultados muestran que estos métodos de conducción ancestrales permiten aumentar el rendimiento de las tomataras tradicionales sin hacer disminuir su apreciada calidad organoléptica, por lo que pueden ser valiosas herramientas para los agricultores que cultivan este tipo de variedades.

Palabras clave: tomate, Solanum lycopersicum L., variedad tradicional, comportamiento agronómico, calidad organoléptica, conducción de la tomatara.

RECUPERACIÓ DE TÈCNiques DE CULTIU ANCESTRALS EN VARIETATS TRADICIONALS DE TOMÀQUET I CONDICIONS DE CULTIU ECOLÒGIC

RESUM

Les varietats tradicionals de tomàquet són apreciades per l'elevada qualitat organolèptica com nutricional que presenten en alguns casos. Tanmateix, solen presentar un comportament agronòmic pobre, amb rendiments molt menors que els de les varietats modernes millorades que dominen el mercat. Els genotips d'aquestes varietats van anar evolucionant fins el què són actualment sota una gestió agronòmica regida per tècniques ancestrals de cultiu, fet que fa pensar que recuperant-les per aplicar-les de nou a les varietats amb les quals van coevolucionar es podria obtenir plantes més ben adaptades, el què podria portar a una millora del rendiment per a aquestes varietats. Amb aquest objectiu s'ha assajat tres tipus diferents de conducció de la tomaquera (planta a una sola guia amb una única tija, planta a dues tiges amb cada tija sostinguda per una guia i planta sense poda per sobre de la primera inflorescència guiada per mitjà de cordes tensades horitzontalment) per a tres varietats tradicionals de tomaquera (Mandó de Collserola, Montgrí i LC206) i per a una varietat millorada híbrida (Bodar)

La varietat Mandó presenta un rendiment baix (4,2 kg/planta) en comparació amb la resta de varietats estudiades LC206 (5,1 kg/planta), Montgrí (5,8 kg/planta) i Bodar (7,9 kg/planta). No obstant, el seu preu superior de comercialització en justifica el cultiu a causa de la seva elevada qualitat. Per a totes les varietats estudiades, les plantes conduïdes a dues guies (6,3 kg/planta) o sense poda (6,5 kg/planta) presenten un rendiment significativament superior que les conduïdes a una sola guia (5,1 kg/planta), sense observar-se un deteriorament del perfil sensorial a les mostres estudiades. Aquests resultats mostren que aquests mètodes de conducció ancestrals permeten augmentar el rendiment de les tomaqueres tradicionals sense fer-ne disminuir la seva apreciada qualitat organolèptica, per la qual cosa poden ser eines valuoses pels agricultors que cultiven aquest tipus de varietats.

Paraules clau: tomàquet, Solanum lycopersicum L., varietat tradicional, comportament agronòmic, qualitat organolèptica, conducció de la tomaquera.

RECUPERATION OF ANCESTRAL GROWING TECHNIQUES IN TOMATO TRADITIONAL VARIETIES UNDER BIOLOGIC CONDITIONS

ABSTRACT

Traditional tomato varieties are appreciated for the high organoleptic and nutritional quality some of them have. However, they usually exhibit a poor agronomic behavior, with poorer yields when compared to newly bred improved varieties which currently dominate the market. The genotypes of these varieties evolved to what they are today under an agronomic management governed by ancestral growing techniques. Recovering these techniques and applying them again to those varieties with which they coevolved could lead to better adapted plants, which could bring a yield improvement for these varieties. Pursuing this goal, three different kinds of tomato staking have been tested (plant with a single stem supported by one stake, plant with two stems each one supported by a stake, and plant not subjected to pruning above the first inflorescence and supported by horizontal tensed strings) for three traditional tomato varieties (Mandó de Collserola, Montgrí and LC206) and for an improved hybrid variety (Bodar).

Variety Mandó exhibits a low yield (4,2 kg/plant) in comparison to the rest of studied varieties LC206 (5,1 kg/plant), Montgrí (5,8 kg/plant) and Bodar (7,9 kg/plant). However, its higher selling price justifies growing this variety because of its high quality. For all varieties, plants grown using two stakes (6,3 kg/plant) or not pruned (6,5 kg/plant) show a significantly higher yield than those supported with only one stake (5,1 kg/plant) without any deterioration observed in the sensory profile for the studied samples. These results show that these ancestral methods allow a higher yield for these traditional tomato varieties without lessening its appreciated organoleptic quality. For this reason, such techniques can become valuable to farmers growing these types of varieties.

Keywords: tomato, Solanum Lycopersicum L., traditional variety, agronomic behavior, organoleptic quality, tomato staking.

Agracedimientos

En primer lloc vull agrair al meu tutor, en Joan Casals, tots els seus consells, explicacions i suport tant durant la preparació de l'assaig com durant el cultiu de les plantes. També a en Dani, pel seu assessorament a l'hora de prevenir les plagues i malalties de les tomaqueres, però també per ajudar-me a collir sota un sol de justícia.

Ard....digo...ehm, Ana, cómo no te voy a mencionar! Que te engañé contándote que te enseñaría unas tomateras para luego verte aquel día entutorando las tomateras para mí... Es que a mí me daba pereza ensuciarme las manos de amarillo otra vez. Qué bien acompañado en el tomatal!

Al Julio! Sense les seves passades de motocultor, els resultats de rendiments que es presenten en aquest treball no serien el què són.

Laia i Salva, moltes gràcies perquè acompanyat sempre és molt més divertit anar a fer feina. Vam fer una bona collita! I Salva, ets el millor herbicida que hi ha!

Y a todas les compañeres del Máster, por haber creado este ambiente tan agradable que ha ayudado mucho a tirar el cultivo para adelante y con ilusión.

Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos	5
3. Materiales y métodos	7
3.1. Material vegetal	7
3.2. Diseño experimental	8
3.3. Caracterización	11
4. Resultados y discusión	15
4.1. Rendimiento	15
4.2. Morfología y características agronómicas	18
4.3. Análisis sensorial	20
5. Conclusiones	23
6. Bibliografía	25

1. Introducción

Durante las últimas décadas, y especialmente a partir de la revolución verde, la selección y generación de variedades de tomate se ha llevado a cabo con el enfoque principal dirigido a la productividad y la facilidad de transporte del fruto, mientras que las características de calidad organoléptica y su valor nutricional han sido dejadas en un segundo plano [1,2]. Así se han venido desarrollando variedades de tomate en base a criterios asociados a la cadena de producción distribución (productividad y resistencia al transporte) y no alimentarios. Esto, junto con la demanda de consumo de tomate fresco durante todo el año, incluyendo los meses de invierno, y la preferencia por frutos de tamaño homogéneo y buen aspecto visual sin defectos ha llevado a la actual situación de un mercado dominado por un producto de buena resistencia al transporte, a menudo procedente de países lejanos, pero de pobre calidad organoléptica y nutricional.

La demanda al alza por tomates con buenas calidades organoléptica y nutricional, “tomates que sepan a tomate” [3], ha dirigido la mirada de los productores y consumidores a las variedades tradicionales, las cuales han sobrevivido a pesar del dominio de las variedades mejoradas en el mercado [4]. Muchas de estas variedades tradicionales han perdurado en forma de cultivos de mediana o pequeña extensión, en huertos de autoconsumo o bien en forma de semillas, ya sea guardadas por el propio agricultor o más recientemente en bancos de germoplasma. La conservación de esas variedades tradicionales supone la base para retomar la producción de este tipo de tomates a mayor escala y satisfacer así las demandas de un sector creciente de consumidores que otorgan valor al sabor y aroma del tomate y/o a sus cualidades nutritivas. Sin embargo, la mayoría de estas variedades tradicionales presenta desventajas agronómicas frente a las variedades mejoradas últimamente desarrolladas, destacándose principalmente su menor productividad y ausencia de resistencias a enfermedades, principalmente nematodos y virus, que hacen que no puedan competir con las variedades modernas en igualdad de condiciones [4].

Por otra parte hay que destacar que aunque se ha prestado atención a la conservación y recuperación del material genético (la variedad) asociado a estas cualidades demandadas por los consumidores, no se ha prestado el mismo grado de atención al contexto agronómico bajo el que esas variedades se desarrollaron. Los genotipos de estas variedades fueron evolucionando (por un proceso de selección recurrente por parte de los agricultores) hasta lo que son actualmente bajo una gestión agronómica

regida por técnicas ancestrales de cultivo, lo que hace pensar que recuperándolas para aplicarlas de nuevo a las variedades tradicionales con las que coevolucionaron, se podría optimizar su cultivo y obtener una mejora del rendimiento para estas variedades. No basta solamente con recuperar la variedad en si (el material genético), sino también el entorno ligado a ella, donde el mayor factor son dichas técnicas tradicionales de cultivo.

Uno de los aspectos que juegan un papel importante en el cultivo del tomate e influyen en el rendimiento de la planta son su conducción y poda [5]. Tradicionalmente se han empleado varios y diversos métodos de poda y conducción para el cultivo del tomate. Entre ellos podemos destacar los diferentes sistemas de poda que se utilizaban en Francia en la primera mitad del s. XX, algunos de los cuales consistían en cortar el tallo principal de la planta justo por encima de cada inflorescencia, promoviendo el desarrollo del brote axilar de la hoja inmediatamente superior a la inflorescencia. Este tipo de conducción de la planta era muy típico en Francia (ver **Figura 1.1 (a)**) [6] y en Argelia [7] (ver **Figura 1.1 (b)**). Algunos autores justifican que este tipo de conducción promueve la precocidad [8]. Una variante de esta conducción consiste en no cortar el punto de crecimiento de la planta hasta por encima del tercer pomo floral.

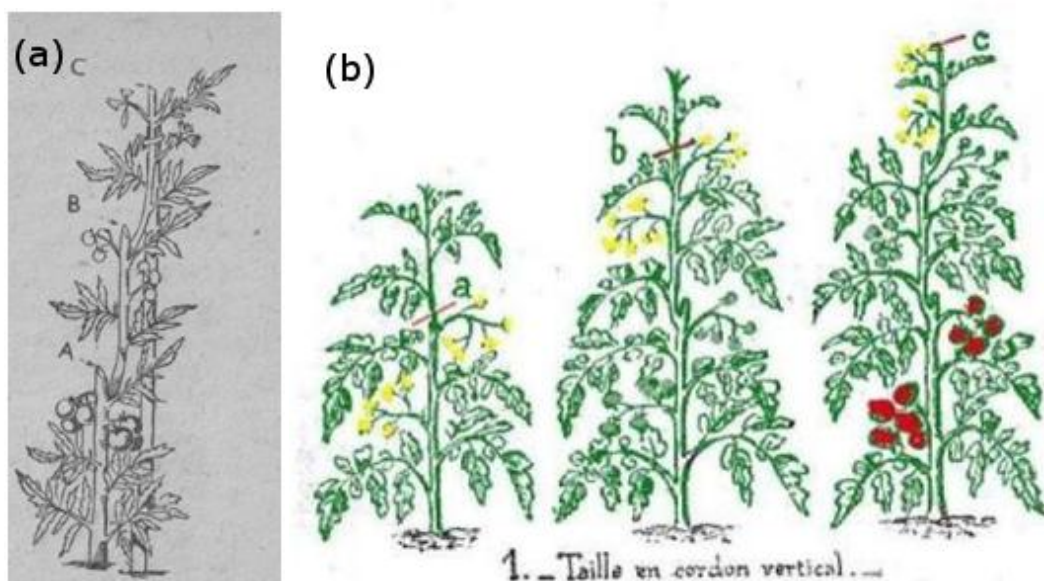


Figura 1.1. (a) Esquema ilustrando la poda por encima de cada segundo pomo floral en Francia. Extraído de Duvernay et al (1961), [6]. **(b)** Esquema ilustrando la misma modalidad practicada en Argelia. Extraído de Hippolyte T. (1945), [7].

Otra modalidad tradicionalmente utilizada es la poda de la planta en U, o también llamada a 2 guías, donde se poda por encima de las dos primeras hojas, dejando la

planta con dos ramas, el punto de crecimiento de las cuales se cortará cada una o dos inflorescencias [8].

Sin embargo, desde los años 1960 se ha generalizado la conducción de la tomatera a un solo tallo, técnica apropiada para homogeneizar el calibre del fruto y permitir una cosecha más ágil que en técnicas de cultivo sin poda u otros tipos de poda tradicionales. Según los datos técnicos, la menor cantidad de ramas de la tomatera en la conducción moderna de la planta es compensada por una mayor producción de bayas por racimo en las variedades modernas de tomate.

La variedad Mandó de Collserola había sido tradicionalmente cultivada en la Sierra de Collserola, comprendida entre los ríos Besòs i Llobregat y situada entre la llanura de Barcelona y la depresión del Vallès, en Cataluña. Esta variedad, que se empezó a recuperar a partir de semillas guardadas en la masía de Can Mandó, en la misma sierra, y que se encuentra ya fijada como línea pura a partir de los trabajos de la Fundació Miquel Agustí, se caracteriza por unos frutos de gran tamaño, muy carnosos y de piel muy fina, muy apreciados por su sabor [9,10]. Por el contrario, presenta un rendimiento muy por debajo del de las variedades mejoradas de tomate, hecho que dificulta la viabilidad económica de su cultivo en ausencia de un sello de calidad. Anteriormente se ha podido probar que la utilización de portainjertos para la variedad Mandó eleva su rendimiento, pasando de 2,6 kg de tomate/planta a 4,3 kg tomate/planta (ver **Figura 1.2(a)**), pero en detrimento de la calidad organoléptica de su fruto, del que se percibía menor sabor, acidez, dulzor y aroma [11, 12]. Ello provocó que los técnicos desaconsejaran el uso de la técnica a los agricultores de la zona, debido su impacto negativo sobre la calidad organoléptica.

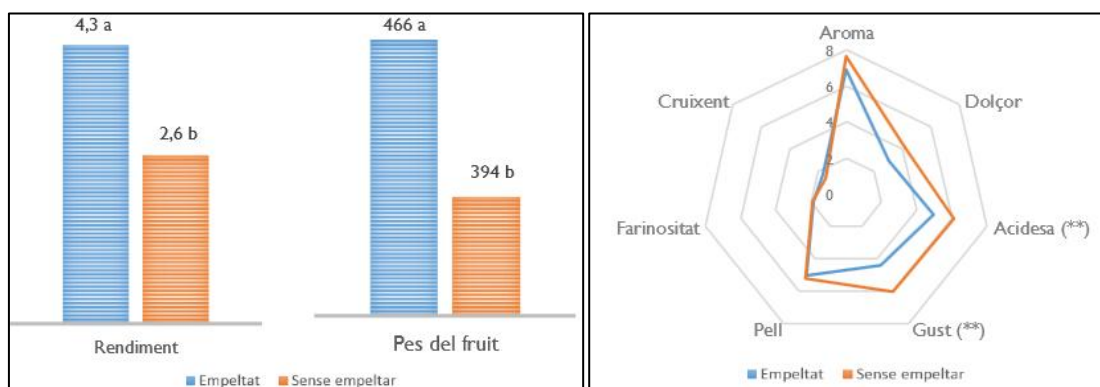


Figura 1.2 (a) Aumento del rendimiento y del peso promedio del fruto del tomate Mandó con su injertado (en color azul). **(b)** Diagrama ameba reflejando la pérdida de calidad organoléptica. Extraído de *Casals et al* (2014), [12].

Ante estos resultados, los agricultores de la zona continúan buscando alternativas para mejorar el comportamiento agronómico de la variedad. Con este objetivo se ha realizado un ensayo para contrastar diferentes técnicas de conducción de la planta (1 guías, 2 guías y sin poda) para poder determinar si existe una mejora en el rendimiento que permita incrementar las producciones comerciales de los agricultores, manteniendo, evidentemente, la calidad superior de una variedad que se encuentra posicionada en mercados de calidad.

2. Objetivos

En el presente estudio se pretende evaluar la influencia del tipo de conducción de la planta sobre el rendimiento de la variedad tradicional Mandó de Collserola en condiciones de cultivo ecológico. Se compararán tres tipos distintos de conducción: conducción a un tallo, conducción a dos tallos, y conducción sin poda.

Para evaluar si los efectos son consistentes entre genotipos, el estudio también se realiza sobre dos variedades tradicionales adicionales, Montgrí y LC206, ampliamente cultivadas en la zona. Asimismo, con el fin de comparar también la respuesta del rendimiento a la conducción para variedades mejoradas, se usará también en el ensayo la variedad híbrida Bodar.

El objetivo último del trabajo es transferir a los agricultores de la Sierra de Collserola datos técnicos para optimizar el cultivo de la variedad tradicional Mandó y fomentar su cultivo y rentabilidad económica.

3. Materiales y métodos




3.1 Material vegetal


Se han escogido cuatro variedades de tomate para el estudio, las cuatro siendo variedades típicamente cultivadas y bien adaptadas en la zona donde se ubica el ensayo. Entre ellas se han seleccionado tres variedades tradicionales del banco de germoplasma de la Fundació Miquel Agustí (FMA) y una variedad mejorada híbrida (Tabla 3.1 y Tabla 3.2).

Tabla 3.1 Material vegetal utilizado en el ensayo

Variedad	Tipo	Fuente de la semilla
Mandó de Collserola	tradicional	Banco germoplasma FMA
Pera de Girona (LC206)	tradicional	Banco germoplasma FMA
Montgrí	tradicional	Banco germoplasma FMA
Bodar	mejorada híbrida	Seminis

Tabla 3.2 Caracteres y descripción de las variedades usadas en el ensayo

Variedad	Imagen	Descripción
Mandó de Collserola		Tomate de tipo Marmande con frutos de gran tamaño (12 cm anchura y 8 cm de altura) con un peso promedio de 500 g.
LC206 (Pera de Girona)		Variante del tomate de Montserrat. Fruto en forma de pera con cavidades locales vacías y costillas marcadas. Variedad tradicional originaria de la provincia de Girona.
Montgrí		Variedad obtenida a partir de variedades tradicionales de tomate Pera de Girona [13]. Fruto típicamente grande (180 g de promedio) en forma de pera, con costillas y cuello verde pronunciado. Coloración exterior rosada y pulpa roja.

Bodar		Variedad híbrida muy productiva, con resistencia a diversas plagas y enfermedades, principalmente virus del mosaico del tomate (ToMV), virus del bronceado del tomate (TSWV) y <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i> [14]. Frutos redondos, de color rojo y tamaño uniforme.
-------	---	--

3.2. Diseño experimental

El ensayo se ha llevado a cabo en la Granja de Can Coll, situada en el municipio de Cerdanyola del Vallès, Barcelona (**Figura 3.1**). Esta finca funciona como un centro de educación medioambiental y pertenece al Consorcio del Parc Natural de la Sierra de Collserola.



Figura 3.1. Parte de la finca de Can Coll con la masía en el centro. En rojo se marca el área donde se ha hecho el ensayo.

El estudio se centra en la influencia del tipo de conducción de la tomatera sobre el rendimiento de la planta. Para eso en el ensayo, como se muestra en la **Figura 3.2**, se han testado 3 tipos de conducción, descritas en la **Tabla 3.3**, para cada una de las cuatro variedades cultivadas.

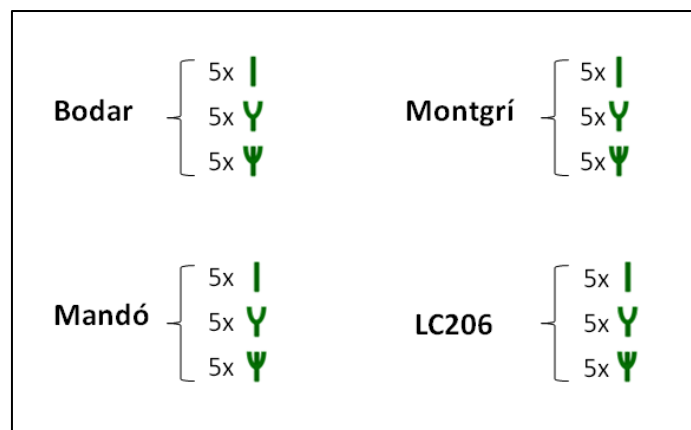





Figura 3.2. Esquema del experimento. Cada variedad de tomatera se ha cultivado empleando 3 tipos de conducción distintos (a un tallo: I, a dos tallos: Y, sin poda: Ψ), en grupos de 5 plantas.

El campo de ensayo consta de un marco de plantación de aproximadamente 8 x 10 metros donde las tomatas se han plantado en 12 hileras (nombradas alfabéticamente de la a a la l) de 10 plantas cada una. El ensayo se divide en dos bloques (*f* y *nf*), conteniendo cada bloque todas las combinaciones genotipo*conducción de la planta del ensayo (**Figura 3.2**). Los dos bloques fueron delimitados en la parcela a partir de las informaciones proporcionadas por el gestor de la finca agrícola. Según el técnico responsable, en la parcela experimental existían dos zonas que habían recibido diferentes gestiones de fertilidad del suelo (uno de ellos, el bloque *f*, fue fertilizado a base de estiércol de caballo y oveja, para compensar la pérdida de nutrientes ocasionada por un cultivo anterior de coles en esta zona, mientras que en el bloque *nf* no se realizó esta enmienda).

La Figura 3.3 muestra la disposición de las distintas combinaciones variedad-conducción en el campo de ensayo, donde los rectángulos representan grupos de 5 plantas de la misma variedad y conducidas bajo un mismo tipo de conducción.

Tabla 3.3 Diferentes tipos de conducción testeados en el ensayo

Conducción	símbolo	imagen	descripción
a un tallo	I		Consiste en la eliminación de todos los brotes laterales de la planta, dejando solamente el tallo central. Se usa una caña como soporte para la tomatara, que se ata a ella con esparto natural.
a dos tallos	Y		Variante de la conducción a un tallo. El brote lateral que aparece encima de la primera inflorescencia no se elimina. A partir de este momento, cada tallo se poda elimi-nándole todos los chupones que van brotando. Se utilizan dos cañas, una para cada tallo, para sopor-tar la tomatara.
sin poda	Ψ		Solamente se eliminan de la planta los chupones que brotan a una altura inferior al primer pomo floral. La planta se sostiene mediante cuerdas tensadas dispuestas horizontalmente por delante y por detrás de la hilera de tomataras. Las cuerdas están tensadas a alturas sucesivas de unos 20 cm.

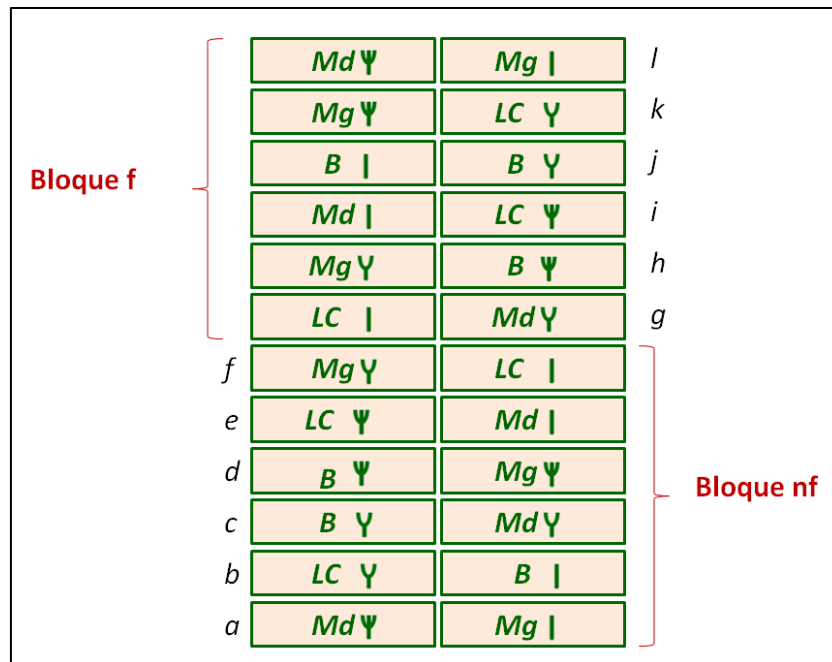


Figura 3.3. Esquema del ensayo indicando la disposición de los tratamientos en los dos bloques. Cada recuadro corresponde a un grupo de 5 tomatas de la misma variedad y bajo un mismo tipo de conducción. *Md*: Mandó, *Mg*: Montgrí, *LC*: LC206, *B*: Bodar.

3.3 Caracterización

Con el fin de evaluar el efecto de la conducción de la tomatas sobre el comportamiento agronómico y los caracteres morfológicos del fruto, se han estudiado diferentes caracteres que hacen referencia a propiedades estructurales de la planta, rendimiento de la planta, morfología del fruto o calidad organoléptica del fruto.

3.3.1 Caracteres de la estructura de la planta

Se ha establecido un grupo de caracteres para estudiar el efecto de la conducción sobre la estructura de la planta. Todos los caracteres de estructura de la planta fueron medidos con fecha 23 de julio de 2015.

1. Altura total. Medida con cinta métrica flexible
2. Altura del primer pomo floral. Medida con cinta métrica flexible
3. Altura del último pomo floral cuajado. Medida con cinta métrica flexible

4. Número de pomos florales.
5. Distancia promedio entre pomos florales. Calculada como $(h_n - h_1)/(n-1)$, donde h_n es la altura del último pomo floral cuajado, h_1 es la altura del primer pomo floral, y n es el número de pomos florales de la planta.
6. Número de frutos cuajados en el segundo pomo floral.
7. Número de frutos cuajados en el cuarto pomo floral.
8. Número total de flores en el segundo pomo floral.
9. Número total de flores en el cuarto pomo floral.
10. Porcentaje de cuajado en el segundo pomo floral. Calculado como $(f_c/f_t) \cdot 100$ (expresado en %), donde f_c es el número de frutos cuajados en el pomo floral y f_t es el número total de flores del pomo floral.
11. Porcentaje de cuajado en el cuarto pomo floral. Calculado de la misma forma que para el segundo pomo floral.

3.3.2 Caracteres agronómicos

Para evaluar el comportamiento agronómico se pesaron individualmente todos los frutos de cada planta (pesados mediante una balanza de precisión de 1g), indicando para cada uno de ellos la presencia de las fisiopatías agrietado y/o necrosis apical. Ello permitió calcular las siguientes variables:

12. Rendimiento (kg/planta). Sumatorio del peso de los frutos individuales por planta.
13. Número de frutos totales por planta.
14. Peso promedio del fruto (g). Valor promedio de los pesos individuales del fruto por planta.
15. Porcentaje de frutos con agrietado (%). Relación entre el número total de frutos y el número de frutos manifestando agrietado (concéntrico o radial).
16. Porcentaje de frutos con necrosis apical (%). Relación entre el número total de frutos y el número de frutos manifestando necrosis apical.
17. Porcentaje de frutos quemados (sunscald) (%). Relación entre el número total de frutos y el número de frutos presentando síntomas de quemadura en la epidermis.

En el laboratorio, además, también se midió el índice Brix de los tomates, atributo relacionado con el contenido en azúcares del fruto.

18. °Brix. Medido con un refractómetro Erma.

3.3.3 Valor sensorial

Se realizó análisis sensorial mediante un panel de cata formado por ocho catadores con más de 10 años de experiencia en análisis sensorial para evaluar si había una incidencia de la conducción de la tomatera en las propiedades organolépticas de sus frutos. Los catadores evaluaron diez parámetros, en una escala comprendida entre 1-10 (donde valores cercanos al 0 indican una baja percepción del carácter y valores cercanos al 10 indican una percepción elevada del carácter), relacionados con el aroma, el sabor y la textura de los tomates.

Para dicho panel se escogieron ejemplares de tomate de las variedades Bodar y Montgrí, para comprobar si los catadores percibían diferencias de sabor, aroma y textura significativas entre tomates de esas distintas variedades. Junto a estos, también se introdujeron tomates Mandó cultivados bajo dos tipos distintos de conducción (a 1 tallo y a 2 tallos), con el fin de ver si se podían apreciar diferencias significativas de perfil sensorial entre estos dos tipos de conducción.

Cada muestra se facilitó tanto en forma de triturado, obtenido mediante trituración mecánica del tomate empleando una batidora de cocina (ver **Figura 3.5 (a)**), como en forma de cortes longitudinales del fruto, seccionado de tal manera que incluyeran tanto piel como pulpa. En el transcurso de las sesiones de cata, cada catador evaluó las muestras en cubículos individuales, bajo luz verde para eliminar posibles juicios subjetivos que el catador podría emitir en base al color natural que percibe de la muestra (**Figura 3.5 (b)**). De la muestra del triturado, el catador analizó propiedades organolépticas relacionadas con el aroma (intensidad de aroma de tomate e intensidad de diferentes descriptores aromáticos) y el gusto (dulzura, acidez, intensidad de gusto), mientras que de los cortes longitudinales analizó las propiedades relacionadas con su textura (percepción de la piel y harinosidad de la carne).

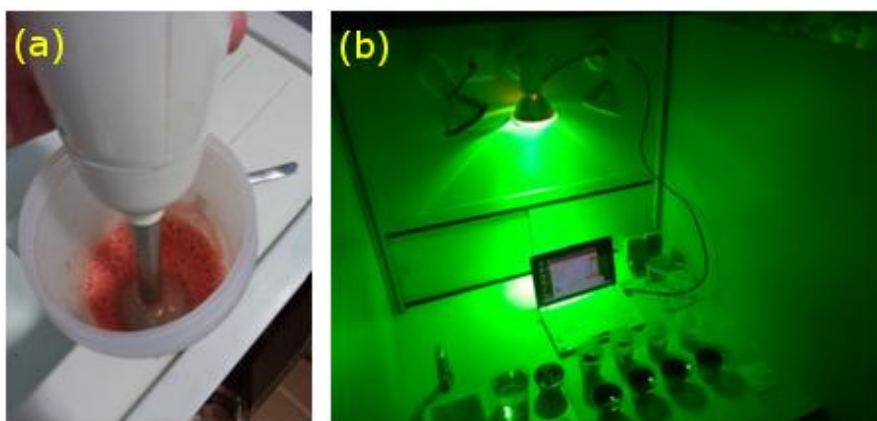


Figura 3.5 (a) Preparación del triturado para el panel de cata. **(b)** Cubículo para efectuar la cata.

Con el fin de determinar la concentración de los azúcares reductores relacionados con la percepción de la dulzura en el tomate (glucosa y fructosa), se congelaron sub-muestras de triturado de los materiales presentados a los panelistas. Estos materiales serán conservados a -20°C hasta el momento del análisis. Para determinar la concentración de glucosa y fructosa se empleará una medición indirecta mediante análisis por espectroscopia de infrarrojo próximo (NIRS) [15]. Dicho análisis se realizará posteriormente a la presentación de este trabajo, por lo que los resultados no se presentan en esta memoria.

3.4 Análisis estadística

Para analizar estadísticamente los caracteres cuantitativos se empleó el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1999). Se utilizó el procedimiento ANOVA para estudiar el efecto de los diferentes factores. La separación de medias se utilizó para aquellos factores significativos ($p < 0,05$), utilizando el procedimiento de la mínima diferencia significativa. Para el análisis de las valoraciones del panel se incluyó en el modelo del ANOVA el factor panelista y sus interacciones.

4. Resultados y discusión

Se ha evaluado la influencia que presentan tanto el genotipo como el tipo de conducción sobre el rendimiento de las plantas y la calidad de sus frutos, tanto a nivel de fisiopatías, que perjudican la apariencia exterior del fruto reduciendo su comercialización, como a nivel organoléptico.

4.1 Rendimiento

El estudio de los valores obtenidos del rendimiento de la planta, mostrados en la Tabla 4.1, refleja una clara influencia del genotipo, siendo la variedad híbrida Bodar la que presenta el mayor rendimiento, con 7,9 kg/planta, significativamente superior a los 5,8 kg/planta en Montgrí y 5,1 kg/planta del genotipo LC206. Mandó, con 4,2 kg/planta, presentan un rendimiento significativamente inferior al resto de genotipos evaluados, excepto LC206, con el cual no existen diferencias significativas.

Tabla 4.1 Comportamiento agronómico de los genotipos evaluados y efecto de la conducción de la planta sobre los diferentes parámetros agronómicos estudiados. En la parte inferior de la tabla se presenta el valor de la significación de los factores considerados en el modelo ANOVA (dentro de columna, valores seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas al nivel $p < 0,05$).

Variedad	Rendimiento (kg/planta)		Número de frutos por planta		Peso del fruto (g)		Rajado (%)		Necrosis apical (%)	
Bodar	7,9	a	45,9	a	177	c	35	c	2	b
Montgrí	5,8	b	29,6	b	199	c	76	a	7	ab
LC206	5,1	bc	20,0	c	259	b	64	b	13	a
Mandó	4,2	c	10,9	d	439	a	68	ab	5	b
Conducción										
Sin poda	6,5	a	34,8	a	205	b	37	b	8	a
2 guías	6,3	a	30,9	a	231	b	61	a	4	a
1 guía	5,1	b	21,7	b	315	a	67	a	8	a
Significaciones										
Variedad	<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001		0,0539	
Conducción	0,0075		<0,0001		<0,0001		<0,0001		0,3375	
Bloque	0,4977		0,9798		0,2421		0,7116		0,9071	
Variedad*conducción	0,6274		0,2175		<0,0001		0,3890		0,0056	

En cuanto al número de frutos por planta, de nuevo la variedad Bodar es la que presenta una mayor productividad (45,9 frutos/planta), mucho mayor que en las variedades tradicionales Montgrí (29,6 frutos/planta), LC206 (20,0 frutos/planta) o Mandó, que con solo 10,9 frutos/planta es claramente la variedad que produce el mínimo número de frutos. Para este carácter todas los genotipos son significativamente diferentes entre ellos. Mandó, por el contrario, es la variedad que produce frutos de un mayor peso promedio (439 g), significativamente superior a LC206 (259 g) y a Montgrí y Bodar (199 y 177 g, respectivamente).

La fisiopatía más frecuentemente detectada en el ensayo fue el rajado del tomate (ver **Figura 4.1b**), registrándose una incidencia significativamente mayor en las variedades tradicionales [Montgrí (76%), Mandó (68%) y LC206 (64%)] respecto a la incidencia observada en la variedad híbrida Bodar (35%). Para otra fisiopatía habitual, la necrosis apical, no se encuentran diferencias destacables de su incidencia entre las distintas variedades. Se observaron porcentajes muy bajos de frutos quemados por el sol (< 2%) para todas las variedades del ensayo.

El factor conducción de la planta es significativo para el conjunto de caracteres agronómicos estudiados, a excepción de la variable incidencia de necrosis apical. Respecto al rendimiento, las plantas cultivadas bajo conducción a dos guías como bajo conducción sin poda presentan valores significativamente superiores a los de las plantas cultivadas empleando la conducción dejando un solo tallo a la planta (6,5 y 6,3 kg/planta vs 5,1 kg/planta). El análisis ANOVA también nos indica la ausencia de interacción entre la variedad y la conducción ($p=0,6274$). Así, la variación que se produce en el rendimiento de las plantas al cambiar el tipo de conducción es similar para las cuatro variedades que se han testado en este ensayo. Estos resultados concuerdan con los publicados previamente por Kline et al. [16], quienes determinaron un incremento del rendimiento en 2 variedades tradicionales de tomate cuando estas eran cultivadas sin efectuar poda.

Una posible explicación al incremento del rendimiento observado al pasar de una conducción a una sola guía a las conducciones a dos guías o sin poda es el aumento en el número de frutos producidos por planta (30,9 y 34,8 para dos guías y sin poda, respectivamente) respecto a las producidas por tomatas conducidas bajo una sola guía (21,7 frutos). Este importante aumento en el número de frutos cuajados por planta (incremento del 42,4% en conducción a 2 guías y del 60,4% en conducción sin poda) compensa el descenso que se produce en el peso promedio del fruto en las conducciones a dos guías y sin poda (231 y 205 g, respectivamente) respecto a los

frutos producidos por las tomateras conducidas a una sola guía (315 g). No obstante, la interacción conducción*variedad es significativa ($p < 0,0001$), indicando que el impacto del tipo de conducción sobre el peso del fruto no es constante entre las distintas variedades ensayadas. Esta disminución del tamaño promedio del fruto en tomateras conducidas sin poda también se observa en otros estudios anteriores utilizando otras variedades tradicionales [16].

El rajado del fruto, la fisiopatía con mayor incidencia en este ensayo, experimenta un fuerte descenso en su porcentaje de incidencia en las plantas conducidas sin poda, para las cuales se ha observado solamente en un 37% de los frutos, en torno a la mitad que los porcentajes observados en plantas conducidas a una guía (67%) y a dos guías (61%), tratamientos entre los cuales no existen diferencias significativas. Esto se podría explicar por una mejor distribución del agua entre los distintos tejidos de la planta en momentos de gran absorción, dado que el mayor número de tallos/hojas presentes en la planta actuarían como imbornales compitiendo con el fruto para la absorción de agua y nutrientes. Aparte, la gran cantidad de follaje presente en las plantas manejadas sin poda (apreciable en la **Figura 4.1a**) hace un efecto de sombreado a los frutos, lo que ha sido asociado a una disminución del rajado en tomate, algunas veces hasta el 50%, por algunos autores [17, 18].

Para la necrosis apical y frutos quemados (datos no mostrados) no se han observado diferencias significativas entre variedades ni tipos de conducción de la planta.



Figura 4.1. (a) Grupo de tomateras guiadas sin poda. **(b)** Tomate Mandó con rajado radial.

4.2 Morfología y características agronómicas

Se han medido y evaluado varios parámetros relacionados con la estructura de la planta y de la inflorescencia, para evaluar si existe un impacto del tipo de conducción de la planta sobre estas variables.

Los parámetros relacionados con el cuajado (% de cuajado en la 2ª y 4ª inflorescencia) están influenciados por el genotipo, presentando las variedades Bodar (83% y 50%) y LC206 (71% y 59%) porcentajes de cuajado significativamente mayores (a excepción del valor de LC206 en la 2ª inflorescencia) que las variedades Montgrí (63% y 36%) y Mandó (61% y 38%). En el caso de Bodar, estos datos están de acuerdo con el elevado rendimiento que presenta esta variedad en comparación con las otras. En cambio, para LC206, su elevado porcentaje de cuajado en las inflorescencias no se traduce en una mayor producción, debido a que los racimos de esta variedad contienen un número menor de flores que el de las otras tres variedades.

Tabla 4.2 Variables relacionadas con la estructura de la planta y de la inflorescencia: valores promedio por genotipo y conducción de la planta. En la parte inferior de la tabla se presenta el valor de la significación de los factores considerados en el modelo ANOVA (dentro de columna, valores seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas al nivel $p < 0,05$).

Variedad	Altura de la planta (cm)		Altura 1ª inflorescencia (cm)		Distancia entre inflorescencias (cm)		Cuajado 2ª inflorescencia (%)		Cuajado 4ª inflorescencia (%)	
Bodar	171	a	51,7	ab	26,9	b	83	a	50	a
Montgrí	169	a	42,9	b	31,7	ab	63	b	36	b
LC206	170	a	54,6	a	32,4	ab	71	ab	59	a
Mandó	171	a	48,0	ab	35,1	a	61	b	38	b
Conducción										
Sin poda	154	b					60	b		
2 guías	176	a	46,8	a	30,4	a	79	a	46	a
1 guía	182	a	51,4	a	32,6	a	71	a	45	a
Significaciones										
Variedad	0,9902		0,1316		0,0744		0,0010		0,0002	
Conducción	<0,0001		0,2452		0,3255		0,0009		0,6605	
Bloque	0,0063		0,1147		0,0695		0,3462		0,9468	
Variedad*conducción	0,5489		0,8763		0,4669		0,7853		0,0086	

Para las variables altura de la primera inflorescencia y distancia entre inflorescencias existen diferencias significativas entre variedades. Mandó presenta la mayor distancia

entre inflorescencias (si bien solo existen diferencias significativas con la variedad Bodar 26,9 cm) y una altura de la primera inflorescencia elevada, aunque no diferente del resto de variedades (48,0 cm). Valores bajos para ambos caracteres son deseados por los mejoradores genéticos, dado que una menor distancia entre inflorescencias permitirá que la planta aloje más racimos en su estructura y una altura de la primera inflorescencia baja implicará una entrada en producción más precoz. Finalmente, no se observaron diferencias significativas entre variedades para el carácter altura total de la planta, indicando que las variedades seleccionadas presentan un vigor parecido.

El efecto de la conducción de la planta es significativo únicamente para las variables altura total de la planta y cuajado en la 2ª inflorescencia. Para el primero, como era de esperar, las plantas conducidas sin poda presentaron una altura significativamente menor (154 cm) a la de las plantas conducidas a 1 guía o 2 guías (182 cm y 176 cm, respectivamente). El distinto tipo de conducción también influye de manera significativa sobre el porcentaje de cuajado en la segunda inflorescencia, para el que se observa un cuajado del 60% en las tomateras cultivadas sin poda, mientras que podada y a 1 y 2 guías, este porcentaje de cuajado asciende al 71% y 79%, respectivamente.

4.3 Análisis sensorial

Muestras de tomates Mandó, Bodar y Montgrí fueron evaluadas por el panel con el objetivo de determinar si los valores asignados por los catadores a los distintos parámetros organolépticos diferían significativamente entre variedades. En el caso de los tomates Mandó, se evaluaron muestras de tomates procedentes de tomateras guiadas a una guía y a dos guías, con el objetivo de identificar si la conducción de la planta tenía un impacto sobre el perfil sensorial de la variedad.

Tabla 4.3 Valores promedio por variedad para los atributos sensoriales evaluados por el panel de cata. En la parte inferior de la tabla se presenta el valor de la significación de los factores considerados en el modelo ANOVA (dentro de columna, valores seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas al nivel $p < 0,05$).

Tratamiento	<i>Odour Intensity</i>		<i>Green</i>		<i>Fruity</i>		<i>Olive oil</i>		<i>Sweet</i>	
Mandó-1 guía	6,25	a	2,38	a	1,75	a	2,81	a	4,04	b
Mandó-2 guías	5,75	ab	1,88	ab	2,88	a	2,44	a	5,48	a
Bodar-1 guía	5,56	ab	1,88	ab	1,84	a	2,99	a	4,44	b
Montgrí-1 guía	4,62	b	0,56	b	2,63	a	1,88	a	3,96	b
Significaciones										
Muestra	0,0949		0,1165		0,4466		0,4583		0,0031	
Catador	0,0015		0,0291		0,0187		<0,0001		<0,0001	

Tratamiento	<i>Acid</i>		<i>Taste</i>		<i>Skin</i>		<i>Mealiness</i>		<i>Smoky</i>	
Mandó-1 guía	7,78	a	5,20	a	7,88	a	1,58	b	1,14	a
Mandó-2 guías	6,30	bc	6,06	a	7,69	a	1,25	b	0,57	a
Bodar-1 guía	6,64	ab	5,39	a	7,38	a	2,63	a	0,43	a
Montgrí-1 guía	5,11	c	4,71	a	7,96	a	2,03	ab	0,29	a
Significaciones										
Muestra	0,0052		0,4537		0,3866		0,0442		0,6371	
Catador	0,1875		0,1257		<0,0001		<0,0001		0,0410	

Los resultados muestran que solo para los parámetros dulzor (sweet), acidez (acid) y harinosidad (mealiness) se han observado diferencias significativas entre las distintas muestras sometidas al testeó. En lo que respecta a la dulzor, se observa que el tipo de conducción de la planta impacta sobre la intensidad de percepción de este carácter en el tomate Mandó, que presenta frutos significativamente más dulces cuando son conducidos a dos guías. Respecto a esta variedad, los resultados son inversos para el carácter acidez, presentando la conducción sobre una guía una mayor intensidad para este carácter en comparación con la conducción a dos guías. Estos resultados nos muestran que el impacto del tipo de conducción de la planta sobre el perfil sensorial de la variedad Mandó es significativo, produciendo frutos más dulces cuando la planta es conducida a dos guías y más ácidos cuando la planta es conducida a una sola guía. El valor sensorial total (la intensidad de gusto y de aroma) no se vería afectada por el tipo de conducción de la planta.

El tercer parámetro organoléptico para el que se han detectado diferencias significativas entre muestras es la harinosidad (mealiness). Los resultados muestran que la variedad Bodar presenta el valor más elevado de harinosidad, significativamente superior a la variedad Mandó en sus dos variantes de cultivo y no diferente de Montgrí.

5. Conclusiones

Los resultados del estudio han permitido determinar el potencial agronómico de las 4 variedades evaluadas y seleccionar la técnica de conducción de la planta que ofrece una mejora en el comportamiento agronómico de los materiales. Las principales conclusiones son:

1. La variedad tradicional Mandó, en la cual están interesados los agricultores del Parque Natural de la Sierra de Collserola, presenta un rendimiento bajo (4,2 kg/planta), significativamente inferior al resto de materiales evaluados, excepto LC206. La variedad mejorada Bodar fue la más productiva del ensayo (7,9 kg tomate/planta).
2. La conducción de la planta sin poda o a 2 guías principales provoca un incremento significativo del rendimiento en todas las variedades estudiadas, siendo alternativas interesantes para los agricultores de la zona de estudio. El rendimiento promedio en la conducción a 2 guías (6,3 kg/planta) y sin poda (6,5 kg/planta) no es significativamente diferente, por lo que los agricultores pueden emplear indistintamente ambas técnicas de cultivo, en función de las características de sus parcelas. La conducción de la planta a 1 guía ha presentado el valor menor del ensayo (5,1 kg/planta), significativamente inferior a los otros dos tipos de conducción.
3. El superior rendimiento en las conducciones a 2 guías y sin poda parece deberse a un aumento del número de frutos por planta (significativamente superior en ambas conducciones respecto a la conducción a 1 guía), que compensa el menor peso del fruto en ambos tratamientos respecto a la conducción a 1 guía.
4. El rasgado del tomate, la fisiopatía más observada en el ensayo, (con una incidencia del 67% en plantas conducidas a una guía y del 61% en plantas conducidas a dos guías) se reduce significativamente cuando la tomatara se conduce sin poda (37%)
5. Respecto al valor sensorial se han detectado pocas diferencias entre variedades y tratamientos, siendo las más relevantes las diferencias en dulzura y acidez para la variedad Mandó cultivada a 2 guías (mayor dulzura) y 1 guía (mayor acidez).

En conclusión, la recuperación de técnicas antiguas de cultivo del tomate (como la conducción a 2 guías o sin poda) ofrece interesantes ventajas a los agricultores para el cultivo de variedades tradicionales, permitiendo incrementar su potencial agronómico sin provocar un impacto negativo sobre el perfil sensorial de los materiales.

6. Bibliografía

- [1] Klee, H.J; Tieman, D.M. Genetic challenges of flavor improvement in tomato. *Trends in Genetics*, 29, 4. 257-262. 2013.
- [2] Berry, S.Z; Uddin, M.R. Breeding Tomato for Quality and Processing Attributes. Genetic Improvement of Tomato. 197-206. Springer Verlag. 1991
- [3] Brugarolas, M; Martínez-Carrasco, L; Martínez-Poveda, A; Ruiz, J.J. A competitive strategy for vegetable products: traditional varieties of tomato in the local market. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7, 2. 209-304. 2009.
- [4] Cebolla-Cornejo, J; Soler, S; Nuez, F. Genetic erosion of traditional varieties of vegetable crops in Europe: tomato cultivation in Valencia (Spain) as a case Study. *International Journal of Plant Production*, 1, 2. 113-128. 2007.
- [5] Davis, J.M., Estes E. A. Spacing and Pruning Affect Growth, Yield, and Economic Returns of Staked Fresh-market Tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118, 6. 719-725. 1993.
- [6] Duvernay J.M., Perrichon A. (1961) Fleurs, fruits, légumes. L'art de la manière de cultiver son jardin. Ed. Librairie générale française, Paris.
- [7] Braconnier R., Glandard J. (1952) Nouveau Larousse Agricole. Ed. Librairie Larousse, Paris.
- [8] Hippolyte T. (1945) Traite de Culture Potagère pour l'Afrique du Nord.
- [9] <http://fundaciomiquelagusti.com/es/2014/12/23/recuperacio-del-tomaquet-mando-de-collserola/> último acceso: septiembre de 2015
- [10] <http://www.parcnaturalcollserola.cat/pages/tomaquet-mando-de-collserola> Último acceso: septiembre de 2015
- [11] González R. Efecto del Injerto sobre el Rendimiento y la Calidad del Tomate en Cultivo Ecológico. Trabajo de Máster en Agricultura Ecológica, Universitat de Barcelona. (2014).
- [12] Casals J., González R. Efecte de l'Empelt sobre el Comportament Agronòmic i el Perfil Sensorial del Tomàquet Mandó de Collserola. Poster (2014).
- [13] Casals J., Bosch L., Casañas F., Cebolla J., Nuez F. Montgrí, a Cultivar within the Montserrat Tomato Type. *HortScience*, 45. 1885-1886. 2010.
- [14] <http://www.seminis.com/global/es/products/Pages/Bodar.aspx> Último acceso: septiembre 2015
- [15] Pedro A.M, Ferreira M.M. Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Anal Chim Acta*, 595. 221-227. 2007.

- [16] Kline W.L., Garrison S.A., Sudal J.F. Sucker Removal and Pruning Affect on Heirloom Tomato Yield and Fruit Size. 103rd Annual International Conference of the American Society for Horticultural Science. New Orleans, Louisiana, 2006.
- [17] Cockshull K.E., Graves C.J., Cave C.R. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. HortScience, 67. 11-14. 1992.
- [18] Kittas C., Rigakis N., Katsoulas N., Bartzanas T. Influence of shading screens on microclimate, growth and productivity of tomato. International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate 807. 97-102. 2008.

