



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, AGRONÓMICA Y
DE COMPOSICIÓN DE UNA COLECCIÓN DE
ENTRADAS DE TOMATA VALENCIANA.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Agronómica

AUTOR/A: Arroyo Fernández, Nicolás

Tutor/a: Soler Aleixandre, Salvador

Director/a Experimental: FIGAS MORENO, MARIA DEL ROSARIO

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural



Instituto de Conservación y Mejora
de la Agrobiodiversidad Valenciana

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, AGRONÓMICA Y DE COMPOSICIÓN DE UNA COLECCIÓN DE ENTRADAS DE 'TOMATA VALENCIANA'

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Agronómica

AUTOR: Arroyo Fernández, Nicolás

Tutor: Soler Aleixandre, Salvador

Directora Experimental: Figàs Moreno, María del Rosario

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Resumen:

Las variedades cultivadas del tomate valenciano son el resultado de la selección realizada por los agricultores valencianos basándose en las cualidades organolépticas de sus frutos. Las diferentes variedades se fueron diferenciando según las diferentes condiciones agroclimáticas que se dan en la Comunitat Valenciana y la selección realizada por los agricultores. Gracias a ello, existe una gran riqueza de variedades de tomate valenciano teniendo una variedad de recursos fitogenéticos. Centrándose en el tomate tipo valenciano del resto de tipos de tomate valenciano, se va a realizar un estudio cuyo objetivo es la regeneración de la semilla de 52 entradas de tomate. Así mismo, esta colección será caracterizada a nivel morfológico, agronómico y de composición nutritiva. Con los datos generados podremos conocer el comportamiento de cada una de estas entradas así como, poder acometer programas de selección y mejora de este tomate genuinamente valenciano.

Abstract:

The varieties of Valencian tomato grown are the result of the selection made by Valencian farmers on the basis of the organoleptic qualities of their fruit. The different varieties have been differentiated according to the different agro-climatic conditions in the Comunitat Valenciana and the selection made by the farmers. As a result, there is a great wealth of Valencian tomato varieties with a variety of plant genetic resources. Focusing on the Valencian type tomato from the rest of the Valencian tomato types, a study is going to be carried out with the aim of regenerating the seed of 52 tomato entries. This collection will also be characterised in terms of morphology, agronomy and nutritional composition. With the data generated, we will be able to know the behaviour of each of these entries as well as being able to undertake selection and improvement programmes for this genuinely Valencian tomato.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, caracterización agronómica, caracterización fenotípica, calidad del fruto, molecular.

Key words: *Solanum lycopersicum*, agronomic characterisation, phenotypic characterisation, fruit quality, molecular.

Autor: Nicolás Arroyo Fernández

Tutor académico: Salvador Soler Aleixandre

Valencia, julio 2023

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer la ayuda y ánimo brindado durante la elaboración del trabajo final de máster al personal del COMAV, especialmente a Salvador Soler y al Grup de Conservació i Millora de la Tomata Valenciana. ¡Muchas gracias!

También agradecer a mi familia y amigos por su apoyo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Origen y domesticación.....	1
1.2. Introducción del cultivo en Europa y España	1
1.3. Taxonomía y descripción botánica.....	1
1.4. Importancia económica	2
1.4.1. <i>Importancia a nivel mundial</i>	2
1.4.2. <i>Importancia a nivel continental</i>	2
1.4.3. <i>Importancia a nivel nacional</i>	3
1.4.4. <i>Importancia a nivel de la Comunitat Valenciana</i>	4
1.5. Las variedades tradicionales como producto de calidad diferenciada.....	4
1.5.1. <i>Importancia de la caracterización del germoplasma de las variedades tradicionales</i>	6
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Material vegetal	8
3.2. Condiciones de cultivo	9
3.3. Caracterización de planta y fruto	10
3.4. Caracterización de composición	11
3.4.1. <i>Determinación de sólidos solubles, pH y acidez</i>	11
3.4.2. <i>Determinación de antioxidantes, carotenoides y polifenoles</i>	12
3.4.2.1. Antioxidantes	12
3.4.2.2. Carotenoides.....	13
3.4.2.3. Polifenoles.....	15
3.4.3. <i>Determinación de vitamina C y azúcares</i>	16
3.5. Análisis estadístico	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. Caracterización de planta.....	20
4.2. Caracterización de fruto.....	23
4.3. Caracterización de composición	33
4.4. Consideración conjunta	34
4.5. Selección de variedades.....	37
4.6. Estudio de correlaciones entre caracteres.....	37
4.7. Establecimiento de repositorio de la 'Tomata Valenciana'	38
5. CONCLUSIONES	39
6. BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS VARIETALES DE TOMATE EN ESPAÑA. (SOLER ET AL, 2016).	5
TABLA 2. LISTADO DE LAS ENTRADAS LOCALES.	8
TABLA 3. DESCRIPTORES CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA.	10
TABLA 4. PREPARACIÓN RECTA DE CALIBRADO DE AZÚCARES.	17
TABLA 5. PREPARACIÓN RECTA DE CALIBRADO VITAMINA C.	17
TABLA 6. VALOR MEDIO, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, RANGO Y SIGNIFICACIÓN PARA LOS CARACTERES DE PLANTA EVALUADOS EN LA COLECCIÓN.	20
TABLA 7. VALORES PRINCIPALES PARA LAS DOS PRIMERAS COMPONENTES PRINCIPALES (CPS) DE LOS CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS DE PLANTA DE LA COLECCIÓN CARACTERIZADA.	21
TABLA 8. VALOR MEDIO, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, RANGO Y SIGNIFICACIÓN PARA LOS CARACTERES DE FRUTO EVALUADOS EN LA COLECCIÓN.	24
TABLA 9. VALORES PRINCIPALES PARA LAS DOS PRIMERAS COMPONENTES PRINCIPALES (CPS) DE LOS CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS DE FRUTO DE LA COLECCIÓN CARACTERIZADA.	26
TABLA 10. VALOR MEDIO, COEFICIENTE DE VARIACIÓN, RANGO Y SIGNIFICACIÓN PARA LOS CARACTERES DE COMPOSICIÓN EVALUADOS EN LA COLECCIÓN.	33
TABLA 11. VALORES PRINCIPALES PARA LAS DOS PRIMERAS COMPONENTES PRINCIPALES (CPS) DE LOS CARACTERES DE COMPOSICIÓN DE LA COLECCIÓN CARACTERIZADA.	33
TABLA 12. VALORES PRINCIPALES PARA LAS DOS PRIMERAS COMPONENTES PRINCIPALES (CPS) DE TODOS LOS CARACTERES DE LA COLECCIÓN CARACTERIZADA.	35
TABLA 13. VARIEDADES SELECCIONADAS, SEGÚN LOS CARACTERES DE LA PRIMERA FILA.	37
TABLA 14. PESOS DE SEMILLA OBTENIDOS.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. HIPÓTESIS DE EVOLUCIÓN DEL TOMATE. LOS RANGOS GENÉTICOS DE POBLACIÓN ESTÁN REPRESENTADOS POR EL COLOREADO DE LAS DIFERENTES ÁREAS GEOGRÁFICAS. LAS ZONAS EN GRISES INCLUYEN POBLACIONES QUE EVOLUCIONARON ANTES DE CUALQUIER ALTERACIÓN HUMANA. LAS FLECHAS INDICAN MIGRACIONES. SE REPRESENTAN TRES TAMAÑOS DE FRUTO: FRUTOS PEQUEÑOS SILVESTRES, FORMAS SEMIDOMESTICADAS Y TIPOS DE FRUTOS SLL. A) MODELO EVOLUTIVO PROPUESTO POR BLANCA ET AL., 2022. B) HIPÓTESIS PROPUESTA POR BLANCA ET AL., 2012. C) HIPÓTESIS PROPUESTA POR RAZIFARD ET AL., 2020. (BLANCA ET AL., 2022).	1
FIGURA 2. MILLONES DE TONELADAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE FRESCO MUNDIAL DE LOS 10 PRIMEROS PAÍSES (GRÁFICA ELABORADA A PARTIR DE DATOS DE LA FAO).	2
FIGURA 3. PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE A NIVEL MUNDIAL (GRÁFICA ELABORADA A PARTIR DE DATOS DE LA FAO).....	3
FIGURA 4. MILLONES DE TONELADAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE FRESCO DE EUROPA POR PAÍS (GRÁFICA ELABORADA A PARTIR DE DATOS DE LA FAO).	3
FIGURA 5. PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE A NIVEL CONTINENTE EUROPEO (GRÁFICA ELABORADA A PARTIR DE DATOS DE LA FAO).....	3
FIGURA 6. PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE A NIVEL NACIONAL. (GRÁFICA ELABORADA A PARTIR DE DATOS DE LA FAO).....	4
FIGURA 7. PRODUCCIÓN Y SUPERFICIE A NIVEL COMUNIDAD AUTÓNOMA. (GRÁFICA ELABORADA A PARTIR DE DATOS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN).	4
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS 50 ENTRADAS.	9
FIGURA 9. REFRACTÓMETRO.	11
FIGURA 10. PHÍMETRO CON RESULTADOS DE PH DE UNA MUESTRA DE TOMATE.	11
FIGURA 11. CENTRÍFUGA ORBITAL.	12
FIGURA 12. CENTRÍFUGA REFRIGERADA DE TUBOS FALCON.	12
FIGURA 13. ESPECTROFOTÓMETRO (PERKINELMER).	13
FIGURA 14. CURVA, DPPH Y MUESTRAS PARA ANALIZAR.	13
FIGURA 15. CALIBRACIÓN DE ANTIOXIDANTES.	13
FIGURA 16. TUBO TRAS LOS 10 MINUTOS DE ESPERA EN NEVERA.	14
FIGURA 17. CUBETAS CON BLANCO, CURVA Y MUESTRAS TRAS AÑADIR Na_2CO_3	15
FIGURA 18. CUBETAS POLIFENOLES PARA INTRODUCIR EN ESPECTROFOTÓMETRO	15
FIGURA 19. CALIBRACIÓN DE POLIFENOLES.	16
FIGURA 20. CENTRÍFUGA REFRIGERADA DE EPPENDORF	16
FIGURA 21. VIALES HPLC.	16
FIGURA 22. HPLC.....	16
FIGURA 23. CALIBRACIÓN DE FRUCTOSA.	18
FIGURA 24. CALIBRACIÓN DE GLUCOSA.	18
FIGURA 25. CALIBRACIÓN DE VITAMINA C.....	18
FIGURA 26. ACP DE CARACTERES PLANTA. LOS COLORES INDICAN DISTINTOS TIPOS DE VARIEDADES (CÍRCULO AZUL, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'BLANCA'; CÍRCULO NARANJA, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'INTERMEDIA'; CÍRCULO ROJO, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'MASCLET'; CÍRCULO ROSA, TOMATE 'ROSA' VALENCIANO; CÍRCULO VERDE, OTRA TIPOLOGÍA DE TOMATE; CÍRCULO MORADO, CONTROL).	23
FIGURA 27. COLOR EXTERIOR DEL FRUTO MADURO.	25

FIGURA 28. CONDICIÓN DE LA CICATRIZ PISTILAR.....	25
FIGURA 29. ACP DE FRUTO. LOS COLORES INDICAN DISTINTOS TIPOS DE VARIEDADES (CÍRCULO AZUL, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'BLANCA'; CÍRCULO NARANJA, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'INTERMEDIA'; CÍRCULO ROJO, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'MASCLET'; CÍRCULO ROSA, TOMATE 'ROSA' VALENCIANO; CÍRCULO VERDE, OTRA TIPOLOGÍA DE TOMATE; CÍRCULO MORADO, CONTROL). ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
FIGURA 30. ENTRADAS TIPO BLANCA.	29
FIGURA 31. ENTRADAS TIPO INTERMEDIO.....	29
FIGURA 32. ENTRADAS TIPO MASCLET.....	30
FIGURA 33. ENTRADAS TIPO VALENCIANA ROSA.	30
FIGURA 34. ENTRADAS CONTROL.	30
FIGURA 35. ENTRADAS TIPO NO VALENCIANA.....	30
FIGURA 36. FRUTOS MADUROS TIPO BLANCA.....	31
FIGURA 37. FRUTOS MADUROS TIPO INTERMEDIO.	31
FIGURA 38. FRUTO MADURO TIPO MASCLET.	32
FIGURA 39. FRUTOS MADUROS TIPO VALENCIANO ROSA.....	32
FIGURA 40. FRUTOS MADUROS CONTROL.....	32
FIGURA 41. FRUTOS MADUROS TIPO NO VALENCIANO.	32
FIGURA 42. ACP DE COMPOSICIÓN. LOS COLORES INDICAN DISTINTOS TIPOS DE VARIEDADES (CÍRCULO AZUL, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'BLANCA'; CÍRCULO NARANJA, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'INTERMEDIA'; CÍRCULO ROJO, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'MASCLET'; CÍRCULO ROSA, TOMATE 'ROSA' VALENCIANO; CÍRCULO VERDE, OTRA TIPOLOGÍA DE TOMATE; CÍRCULO MORADO, CONTROL).....	34
FIGURA 43. ACP CONJUNTO. LOS COLORES INDICAN DISTINTOS TIPOS DE VARIEDADES (CÍRCULO AZUL, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'BLANCA'; CÍRCULO NARANJA, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'INTERMEDIA'; CÍRCULO ROJO, 'TOMATA VALENCIANA' TIPO 'MASCLET'; CÍRCULO ROSA, TOMATE 'ROSA' VALENCIANO; CÍRCULO VERDE, OTRA TIPOLOGÍA DE TOMATE; CÍRCULO MORADO, CONTROL).....	36
FIGURA 44. CORRELACIONES ENTRE LOS CARACTERES DE PLANTA, FRUTO Y COMPOSICIÓN. MANTENIENDO EL ORDEN DE LOS CARACTERES MENCIONADOS EN LOS APARTADOS 4.1., 4.2. Y 4.3. TENIENDO BORDES GRUESOS LOS ÍNDICES CON UN P-VALOR INFERIOR A 0,001, BORDES DISCONTINUOS LOS ÍNDICES CON UN P-VALOR COMPENDIDO (0,001 – 0,01] Y BORDES FINOS LOS ÍNDICES CON UN P-VALOR COMPENDIDO (0,01 – 0,05]. EN CUANTO A COLOR, CUANTO MÁS NEGATIVO ES EL VALOR DEL ÍNDICE, MÁS INTENSIDAD DE ROJO PRESENTA EL VALOR Y CUANTO MÁS POSITIVO ES EL VALOR DEL ÍNDICE, MÁS INTENSIDAD DE VERDE PRESENTA EL VALOR.	38

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Origen y domesticación

La domesticación se define como un proceso de selección genética continuo (consciente o inconscientemente) ejercida por los humanos durante la adaptación de plantas y animales, que pueden ser para cultivo o crianza respectivamente (Gepts y Papa, 2002; Gepts, 2004). En el caso de las plantas, esto conlleva a cambios morfológicos, fisiológicos y genéticos. En los cultivos hortícolas, estos rasgos suelen incluir frutos más grandes y nutritivos, tallos robustos y menor latencia de las semillas (Yang et al., 2019).

En el caso del tomate, el origen parece que se encuentra en Mesoamérica (Figura 1). Así, estudios recientes han demostrado que el origen del tomate es peruano y ecuatoriano en cuanto a *Solanum pimpinellifolium* (SP), y mesoamericano en cuanto a *Solanum lycopersicum cerasiforme* (SLC). Tras migrar a Ecuador y Perú, SLC fue domesticado y *Solanum lycopersicum* L. (SLL) se habría derivado de estos materiales mejorados (Blanca et al., 2022).

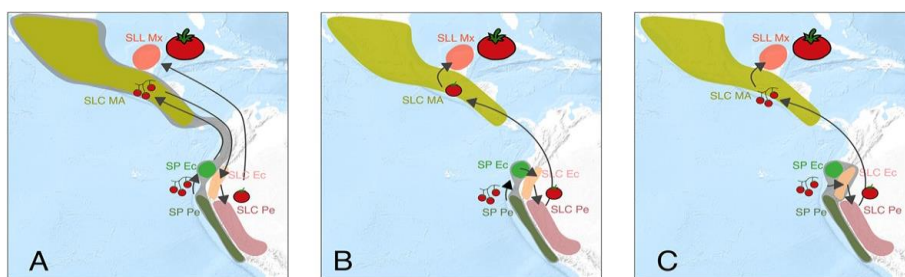


Figura 1. Hipótesis de evolución del tomate. Los rangos genéticos de población están representados por el coloreado de las diferentes áreas geográficas. Las zonas en grises incluyen poblaciones que evolucionaron antes de cualquier alteración humana. Las flechas indican migraciones. Se representan tres tamaños de fruto: frutos pequeños silvestres, formas semidomesticadas y tipos de frutos SLL. A) Modelo evolutivo propuesto por Blanca et al., 2022. B) Hipótesis propuesta por Blanca et al., 2012. C) Hipótesis propuesta por Razifard et al., 2020. (Blanca et al., 2022).

1.2. Introducción del cultivo en Europa y España

El tomate fue introducido en Europa tras la conquista de Mesoamérica a principios del siglo XVI, (Figàs et al., 2017 y López, 2016). Así mismo, es conocido que los estudiosos de la historia natural, ya desde inicios del siglo XVI incorporaron los tomates en las descripciones de plantas que se estaban realizando de acuerdo con un nuevo concepto de herbario y estudio del mundo vegetal (López, 2016). España, punto de entrada del tomate en Europa, aparece esta hortaliza de forma muy importante en obras literarias del Siglo de Oro de la literatura española, y en obras de arte como cuadros. La incorporación en la dieta fue compleja debido al tratarse de ser una solanácea, familia en la cual hay plantas venenosas como la mandrágora y la belladona. Pero a partir del siglo XVII y XVIII, hay más fuentes que tratan a cerca del consumo del tomate en España y Valencia respectivamente. Así, José Antonio Valcárcel, miembro de la Sociedad económica de amigos del país de Valencia, en su publicación de Agricultura General en 10 volúmenes, dedica un capítulo entero al cultivo del tomate en la huerta valenciana, en el s. XVIII.

1.3. Taxonomía y descripción botánica

Solanum lycopersicum L. son plantas de la clase *Magnoliopsida*. Dentro de esta clase, se encuentra en el orden *Solanales*, concretamente en la familia *Solanaceae* (comúnmente denominadas solanáceas). El tomate pertenece al género *Solanum* y a la especie *lycopersicum*.

El tomate es una planta perenne de cultivo anual. La planta presenta hojas pinnadas o bipinnadas. Todas las partes verdes de la planta poseen glándulas que contienen el alcaloide venenoso solanina, que desprende un olor característico cuando se tocan. Las flores del tomate se encuentran organizadas en racimos. Los pétalos son de color amarillo. El fruto, el tomate, es una baya jugosa y carnosa (Roselló, 2009). Las flores presentan 5 sépalos parcialmente soldados, 5 pétalos diversamente soldados y las corolas son enroscadas. Las flores presentan 5 estambres y ovario súpero con dos o más carpelos.

1.4. Importancia económica

1.4.1. Importancia a nivel mundial

El tomate es un cultivo cosmopolita, se cultiva en un total de 169 países en el mundo. Los grandes productores del mundo son los siguientes países: China, India, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, Irán, España, Brasil y México (Figura 2).

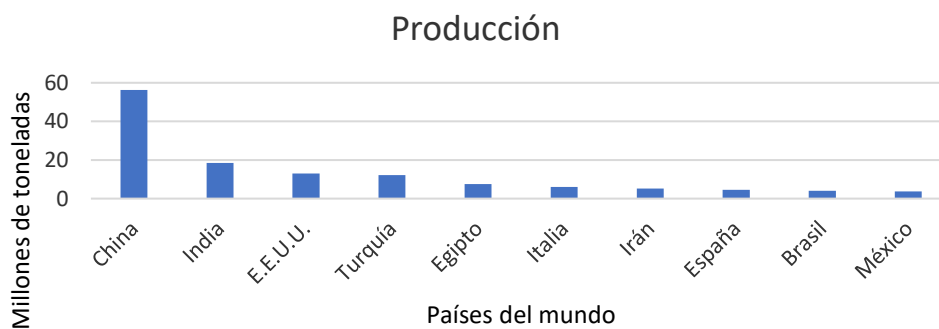


Figura 2. Millones de toneladas de producción de tomate fresco mundial de los 10 primeros países (Gráfica elaborada a partir de datos de la FAO).

La superficie de cultivo, así como el volumen de producción del tomate han ido en un aumento paulatino en el último decenio (2010-2021). Este incremento fue más acusado a inicios del decenio, manteniéndose en el resto del período citado (Figura 3).



Figura 3. Producción y superficie a nivel mundial (Gráfica elaborada a partir de datos de la FAO).

1.4.2. Importancia a nivel continental

En el continente europeo, el tomate se cultiva en todos sus países. Destacando Italia y España por su elevado volumen producción (figura 4).

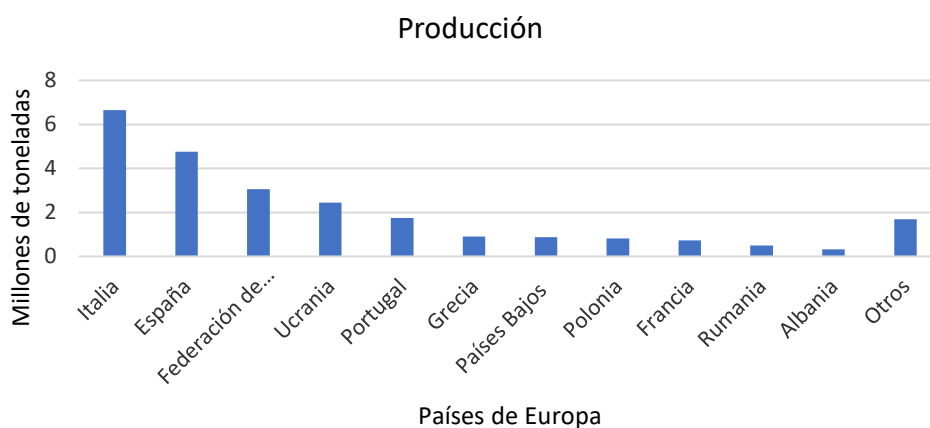


Figura 4. Millones de toneladas de producción de tomate fresco de Europa por país (Gráfica elaborada a partir de datos de la FAO).

El volumen de producción y la superficie de cultivo siguen tendencias diferentes. Durante los 3 primeros años del decenio, la producción se mantuvo estable. Posteriormente tuvo un notable crecimiento, alcanzando otro periodo de 3 años estable. A finales del decenio, hubo un descenso de la producción a excepción de los últimos 2 años. En estos dos últimos años se alcanzó un nuevo valor máximo de producción para la década. La superficie de cultivo en la decenio ha ido en detrimento, destacando los años 2012 y 2018 ya que tienen las mayores caídas (Figura 5).

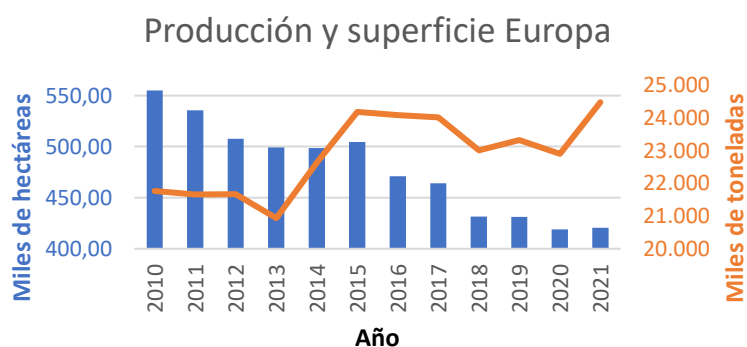


Figura 5. Producción y superficie a nivel continente europeo (Gráfica elaborada a partir de datos de la FAO).

1.4.3. Importancia a nivel nacional

En el decenio se la superficie de cultivo y el volumen de producción siguen una tendencia muy parecida. Esto es debido a que un incremento en la superficie de cultivo se refleja en un incremento del volumen de producción. En este periodo hay que destacar el incremento de superficie y producción en los años 2014 a 2016 (Figura 6). En España los mayores productores de tomate son las siguientes comunidades autónomas: Andalucía, Extremadura y Murcia. De entre ellas destacan las dos primeras, las cuales presentan más de 1.000.000 de toneladas producidas por campaña.



Figura 6. Producción y superficie a nivel nacional. (Gráfica elaborada a partir de datos de la FAO).

1.4.4. Importancia a nivel de la Comunitat Valenciana

El comportamiento de la evolución de superficie y producción es similar al del nivel nacional. Se inicia con una caída de superficie y producción en los dos primeros años de la década. Posteriormente, se produce un incremento paulatino alcanzando un máximo en superficie en el año 2014 y en producción en el año 2016. Al final de la década hay un ligero descenso en ambas (Figura 7). La provincia con mayor volumen de producción de tomate fresco es Alicante.



Figura 7. Producción y superficie a nivel comunidad autónoma. (Gráfica elaborada a partir de datos del Ministerio de agricultura, pesca y alimentación).

1.5. Las variedades tradicionales como producto de calidad diferenciada

El concepto de variedad tradicional ha ido evolucionando de forma notoria. Ha sido definido como variedad con alta tolerancia a estreses bióticos y abióticos, obteniendo una estabilidad del rendimiento y nivel intermedio de producción en sistemas de cultivo con bajos inputs. Otra definición que se da es “poblaciones que han ido evolucionando en sociedades agrícolas como resultado de presiones de selección humana artificiales de milenios de duración, medidas por la migración humana, el intercambio de semillas y la selección natural” (Harlan, 1975). Una definición más reciente para variedad tradicional es: “una población dinámica de una planta cultivada que tiene un origen histórico, una identidad distintiva y carece de mejoramiento formal del cultivo, además de ser a menudo genéticamente diversa, adaptada localmente y asociada con los sistemas agrícolas tradicionales” (Newton et al., 2011). Pero la definición más reciente respecto a este término hace referencia al material de variedades locales que han evolucionado y continúan evolucionando, utilizando técnicas de mejora tradicional y modernas, en ambientes con sistemas agrícolas tradicionales o modernos, definidos en un área ecogeográfica, bajo la influencia de la acción humana (Casañas et al., 2017).

Las variedades tradicionales se distinguen de los cultivares modernos o de élite, en que estos últimos han sido seleccionados por su elevado rendimiento. Los cultivos de variedades seleccionadas suponen una pérdida en la agrobiodiversidad debido a la presión de selección realizada en contra de las variedades tradicionales. Por otra parte, éstas se caracterizan por una adaptación al medio en el cual se han cultivado. También presentan resistencia o tolerancias a plagas y diferentes estreses abióticos como el caso de aridez o sequías. Gracias a ello, se crea un reservorio genético interesante para futuros trabajos de mejora, así como para el desarrollo de nuevos sistemas agrícolas y nuevos productos (Marone et al., 2021).

En el caso del cultivo del tomate en España, existen diferentes tipos de variedades tradicionales según formas, tamaños, colores, sabores y texturas de frutos, con gran tradición de cultivo en las distintas comunidades autónomas (Tabla 1). De esta forma se puede disfrutar de las diferentes variedades tradicionales distribuidas en el país.

Tabla 1. Tipos varietales de tomate en España. (Soler et al, 2016).

Comunidad Autónoma	Número de tipos varietales	Tipo varietal
Andalucía	8	Caqui, Colgar, Conserva, Corazón de toro, Huevo de toro, Muchamiel, Pimiento, Roteño.
Aragón	4	Conserva, Morado, Rosa de Barbastro, Zaragozaano
Asturias	2	Cherry asturiano, De la vega de Calamocha
Baleares	4	De Ramellet, Banyalbufar, Tres Cantos, De Pruna
Canarias	9	Cagón, Canario, Conserva, Huevo de Gallo, Manzana negra, Moscatel, Perita, Martina, De Caña Morada
Cantabria	4	Tomate liso redondo, Tomate acostillado, Tomate grande, Tomate rosa
Castilla - La Mancha	3	Conserva, Moruno, Pimiento
Castilla y León	2	Amarillo, Conserva
Catalunya	10	Bombilla, Colgar, Conserva, Esquena verd, Montserrat, Palosanto, Pare Benet, Poma, Pometa, Tres Caires
Extremadura	2	Colgar, Pera
Galicia	8	Avoa, Amarante, Apementado, Convento, Corazón de Miño, Negro, Monforte, De Corno
La Rioja	1	Acorazonado
Madrid	4	Gordo, Picudo, Pera, Morado, Moruno
Murcia	6	Conserva, Baladre, Huevo de paloma, Muchamiel, Pera, Pimiento
Navarra	4	Corazón de Fitero, Cuarenteno, Kilo, Morado
País Vasco	3	Borratxo de Aretxabaleta, Mokoluze, Pera
Comunitat Valenciana	9	Amarillo, Colgar, Conserva, Cuarenteno, Baladre, Mutxamel, Pruna, Pimentó, Valenciano

El apelativo de tomate valenciano se ha empleado en el resto del territorio nacional para nombrar a cualquier variedad originada en valencia. No obstante, el tipo varietal valenciano engloba variedades con características comunes específicas. Este tipo varietal se encuentra dividido en tres morfologías diferentes: ‘Rollo’, ‘Femella blanca’ y ‘Masclat’. Destacando en los frutos ‘Rollo’ una forma achatada, deforme y que se desarrolla irregularmente debido a la fasciación de la flor. En cuanto a los frutos ‘Femella blanca’ o ‘Blanca’ presentan una forma ligeramente achatada o acorazonada con la cicatriz pistilar generalmente abierta. El último tipo de fruto de ‘Tomata Valenciana’ presenta un mayor apuntamiento y hombro verde de coloración más oscura.

En común para los tres tipos es la presencia de hombro verde en fruto con coloración anaranjado y rojizo del fruto. Generalmente masclat y blanca presentan lóculos pequeños distribuidos de forma regular en el interior del corazón. Otra característica de los tres es el agrietado radial ligero o moderado que suberifica y agrietado circular discontinuo.

1.5.1. Importancia de la caracterización del germoplasma de las variedades tradicionales

La 'Tomata Valenciana' es una variedad tradicional valenciana con excepcionales características de calidad organoléptica. Presenta frutos con lóculos pequeños distribuidos de forma regular alrededor de un corazón de sección circular y de grandes dimensiones, lo que le confieren una gran firmeza y carnosidad. En los últimos 10 años esta variedad tradicional ha presentado una proyección económica muy importante, con una producción comercializada anual superior al millón de kilos y un valor de esta producción de más de 2 millones de euros. Para la valorización de esta variedad, es decir continuar potenciando su cultivo, es necesario hacer hincapié en la obtención de conocimiento fundamental asociado a distintos aspectos de esta variedad tradicional tan genuinamente valenciana.

En este sentido, la caracterización morfológica, agronómica y de calidad del germoplasma de 'Tomata Valenciana' que se conserva en los bancos de germoplasma, permitirá conocer este germoplasma y desarrollar las actividades y herramientas más adecuadas para su conservación para las generaciones de agricultores valencianos que las cultivan ahora y en un futuro. Además, nos permitirá realizar su tipificación como producto único, diferenciado y de calidad. En 2019 se creó la "Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana". En los estatutos de dicha asociación figura como uno de sus fines el "garantizar la buena conservación, uso y perduración en el tiempo de las variedades tradicionales de tomate valenciano", así como "establecer un programa de actuaciones que permita conservar y proteger las variedades tradicionales del tomate valenciano ". Las actividades que se han llevado a cabo en este trabajo final de máster van encaminadas justamente a desarrollar la labor de la conservación y uso más adecuado del germoplasma de la 'Tomata Valenciana' disponible en la actualidad.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo ha sido estudiar a distintos niveles el germoplasma de la 'Tomata Valenciana' conservado por el Grup de Conservació i Millora de la Tomata Valenciana que forma parte del Instituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV) de la UPV. Así se ha utilizado una colección de 50 entradas de 'Tomata Valenciana'.

Este estudio ha consistido en las siguientes actividades:

- Caracterización morfológica, agronómica y de composición de la colección de 'Tomata Valenciana' citada.
- Establecimiento a partir de la caracterización realizada de las distintas tipologías de 'Tomata Valenciana' presente en el germoplasma estudiado.
- Selección de las variedades más prometedoras de cada una de las tipologías establecidas.
- Establecimiento de las correlaciones entre los caracteres morfológicos, agronómicos y de composición estudiados. Estudio de las correlaciones más prometedoras para su utilización en programas de mejora de la 'Tomata Valenciana'.
- Establecimiento de un repositorio de semilla del germoplasma de la 'Tomata Valenciana'

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal

Se emplearon 50 entradas locales de tomate procedentes del Instituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV). Se usaron la línea VLT (variedad de 'Tomata Valenciana' portadora del gen *Tm2²*) y la variedad comercial ZAASTO-009 como controles. Todas las entradas se cultivaron en las mismas condiciones, explicadas en el apartado 3.2. A continuación, se presenta un listado de las entradas empleadas en el ensayo (tabla 2).

Tabla 2. Listado de las entradas locales.

CODIGO ABREVIADO	CODIGO	PROCEDENCIA		TIPO DE MATERIAL
		LOCALIDAD	COMARCA	
ALC1	SL-ALCUDIA-1	ALCUDIA	LA RIBERA ALTA	V.T.
CAU1	SL-CAUDIÉL-1	CAUDIÉL	ALTO PALANCIA	V.T.
ALB2	SL-ALBORAIA-2	ALBORAIA	L'HORTA NORD	V.T.
PAT1	SL- PATERNA-1	PATERNA	L'HORTA OEST	V.T.
VLC1	SL-VALENCIA-1	VALENCIA	VALENCIA	V.T.
ELP1	SL-ELPERELLO-1	EL PERELLO	LA RIBERA BAIXA	V.T.
ELP2	SL-ELPERELLO-2	EL PERELLO	LA RIBERA BAIXA	V.T.
ELP3	SL-ELPERELLO-3	EL PERELLO	LA RIBERA BAIXA	V.T.
ALG1	SL-ALGINET-1	ALGINET	LA RIBERA ALTA	V.T.
MEL3	SL-MELIANA-3	MELIANA	L'HORTA NORD	V.T.
MEL2	SL-MELIANA-2	MELIANA	L'HORTA NORD	V.T.
XEL1	SL-XELVA-1	XELVA	LOS SERRANOS	V.T.
SUE1	SL-SUECA-1	SUECA	LA RIBERA BAIXA	V.T.
TUR1	SL-TURIS-1	TURIS	LA RIBERA ALTA	V.T.
TTO2	SL-TORRESTORRES-2	TORRES TORRES	CAMP DE MORVEDRE	V.T.
TTO1	SL-TORRESTORRES-1	TORRES TORRES	CAMP DE MORVEDRE	V.T.
MEL1	SL-MELIANA-1	MELIANA	L'HORTA NORD	V.T.
TOR1	SL-TORRENT-1	TORRENT	L'HORTA OEST	V.T.
BET1	SL-BETERA-1	BETERA	CAMP DEL TURIA	V.T.
ALD1	SL-ALBAIDA-1	ALBAIDA	LA VALL D'ALBAIDA	V.T.
VLT	VALENTIA	-	-	L.M.
CAT1	SL-CATARROJA-1	CATARROJA	L'HORTA SUD	V.T.
CAT3	SL-CATARROJA-3	CATARROJA	L'HORTA SUD	V.T.
REQ1	SL-REQUENA-1	REQUENA	LA PLANA UTIEL	V.T.
SAG1	SL-SAGUNT-1	SAGUNT	CAMP DE MORVEDRE	V.T.
SIL1	SL-SILLA-1	SILLA	L'HORTA SUD	V.T.
CAT2	SL-CATARROJA-2	CATARROJA	L'HORTA SUD	V.T.
PUI1	SL-ELPUIG-1	EL PUIG	L'HORTA NORD	V.T.
STM3	SL-SANTMATEU-3	SANT MATEU	BAIX MAESTRAT	V.T.
TOG1	SL-TOGA-1	TOGA	ALT MILLARS	V.T.
SUE2	SL-SUECA-2	SUECA	LA RIBERA BAIXA	V.T.
BET2	SL-BETERA-2	BETERA	CAMP DEL TURIA	V.T.
SEG1	SL-SEGORBE-1	SEGORBE	ALT PALANCIA	V.T.
PIN1	SL-PINEDO-1	PINEDO	L'HORTA SUD	V.T.
POV1	SL-LAPOBLADEVALLBONA-1	LA POBLA DE VALLBONA	CAMP DEL TURIA	V.T.
PIC1	SL-PICANYA-1	PINCANYA	L'HORTA OEST	V.T.
UTL1	SL-UTIEL-1	UTIEL	LA PLANA UTIEL	V.T.
ELI1	SL-L'ELIANA-1	L'ELIANA	CAMP DEL TURIA	V.T.
PUÇ1	SL-PUÇOL-1	PUÇOL	L'HORTA NORD	V.T.
RAF1	SL-RAFELBUNYOL-1	RAFELBUNYOL	L'HORTA NORD	V.T.
CDF1	SL-CAUDETEDELASFUENTES-1	CAUDETE DE LAS FUENTES	LA PLANA UTIEL	V.T.
NAQ1	SL-NAQUERA-1	NAQUERA	CAMP DE L TURIA	V.T.
NAQ2	SL-NAQUERA-2	NAQUERA	CAMP DEL TURIA	V.T.
ELI2	SL-L'ELIANA-2	L'ELIANA	CAMP DEL TURIA	V.T.
GOD1	SL-GODELLA-1	GODELLA	L'HORTA NORD	V.T.
ABT1	SL-ALBALATDELARIBERA-1	ALBALAT DE LA RIBERA	LA RIBERA BAIXA	V.T.
ABT2	SL-ALBALATDELARIBERA-2	ALBALAT DE LA RIBERA	LA RIBERA BAIXA	V.T.
AGT7	SL-AGULLENT-7	AGULLENT	LA VALL D'ALBAIDA	V.T.
ALB1	SL-ALBORAIA-1	ALBORAIA	L'HORTA NORD	V.T.
CDC1	SL-CASTELLONETDELA CONQUESTA -1	CASTELLONET DE LA CONQUESTA	LA XAFOR	V.T.
AGT8	SL-AGULLENT-8	AGULLENT	LA VALL D'ALBAIDA	V.T.
ZAA-009	ZAASTO-009	-	-	V.C.

Nota: V.T. significa variedad tradicional, L.M. significa línea de mejora, V.C. significa variedad comercial.

Las entradas proceden de los distintos territorios valencianos. Algunas han sido colectadas por personal del Banco de Germoplasma del COMAV, y otras por el equipo de investigadores del Grup de Conservació i Millora de Varietats Tradicionals Valencianes del COMAV. La distribución de las entradas en los distintos territorios valencianos se puede observar en la figura 8.

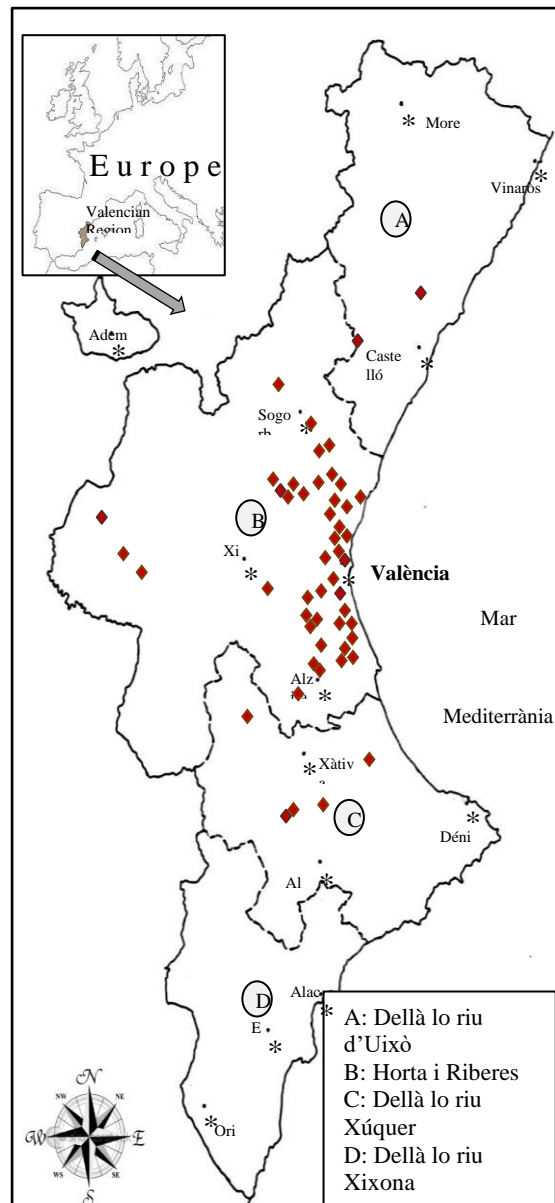


Figura 8. Distribución geográfica de las 50 entradas.

3.2. Condiciones de cultivo

El ensayo se estableció al aire libre, en una parcela ubicada en el municipio de Alcàsser de la Comunitat Valenciana. Las coordenadas de la parcela son las siguientes: 39°23'38"N 0°27'03"O. La textura del suelo es franco-arcillosa.

Cada una de las 52 entradas se distribuyeron en 3 bloques con 4 plantas por bloque. La distribución de bloques se realizó de forma aleatoria, evitando tener el mismo orden de entradas por bloque.

El trasplante se realizó el 2 de abril de 2022. Las plantas se cultivaron inicialmente protegidas en túnel de manta térmica con aros de metal. En la primera semana de mayo se retiró la manta térmica. Posteriormente, se entutoraron las plantas a medida que crecían empleando una estructura de barraca con cañas, forma típicamente valenciana. Cuando se dio la floración del segundo racimo, se embolsaron los racimos de una de las 4 plantas de cada bloque y se realizó un vibrado de las bolsas para facilitar la autofecundación y cuajado de frutos.

El riego se realizó por goteo y la nutrición vía fertirrigación.

3.3. Caracterización de planta y fruto

Para la caracterización morfoagronómica de planta y fruto se ha utilizado un total de 60 descriptores (tabla 3), de los cuales 32 son cuantitativos, 26 son semicualitativos y 2 son cualitativos. Los caracteres se evaluaron en 3 plantas por cada bloque. Los descriptores se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 3. Descriptores caracterización morfoagronómica.

Característica	Unidad o Escala de medida
Hábito de crecimiento	1, determinado; 2, semideterminado; 3, indeterminado
Densidad de follaje	3, escaso; 5, intermedio; 7, denso
Inclinación de la hoja	3, semirrecta; 5, horizontal; 7, inclinada
Densidad de la pubescencia del tallo	3, escaso; 5, intermedio; 7, denso
Longitud del entrenudo	Entre el primer y segundo racimo (cm)
Tipo de hoja	1, tomate; 2, patata
Tipo de inflorescencia	1, unípara; 2, espina de pez; 3, bifurcada; 4, irregular; 5, 1, sin hoja; 2, con hoja; 3, con hojas y brote
Hoja/Brote en inflorescencia	1, inserto; 2, mismo nivel; 3, exerto; 4, muy exerto
Posición del estilo	1, verde blanquecino; 3, verde claro; 5, verde; 7, verde
Color fruto inmaduro	L a Medidos en fruto inmaduro b
Hombro verde	0, uniforme; 1, verde claro; 2, verde medio; 3, verde oscuro
	L a Medidos en hombro del fruto b
Color exterior del fruto	1, amarillo; 2, naranja; 3, rosa; 4, rojo; 5, morado; 6, marrón;
	L a Medidos en fruto maduro b
Apuntamiento del fruto	0, ausente; 1, ligero; 2, medio; 3, fuerte
Forma predominante del fruto	1, plana; 2, ligeramente achatada; 3, redonda; 4, rectangular;
Secuencia de cuajado	3, escasa; 5, intermedia; 7, buena; 9, muy buena
Condición de la cicatriz pistilar	1, abierta; 2, cerrada; 3, ambos
Acostillado	1, muy leve; 2, leve; 3, intermedio; 4, fuerte; 5, muy fuerte
Vigor de la planta	1, muy débil; 2, débil; 3, medio; 4, fuerte; 5, muy fuerte
Diámetro tallo	Medido a 1m del suelo (cm)
SPAD índice	
Dualex N	
Dualex Clorofila	Medido en hoja desarrollada
Dualex Antocianos	
Dualex Flavonoides	
Número de lóculos	Unidades
Anchura del fruto	cm
Altura del fruto	cm
Ratio Anchura/Altura	Unidades
Durómetro	Grados Shore A
Grosor del pericarpio	mm
Ahuecado	1, ausente; 3, leve; 5, intermedio; 7, severo
Agrietado radial	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5,
Agrietado concéntrico	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5,
Fasciación del fruto	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5,
Blossom end Rot (VER)	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5,
Plagas en hoja	1, ausente; 3, leve; 5, intermedio; 7, severo; 9, muy severo
Plagas en fruto	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5,
Enfermedades en hoja	1, ausente; 3, leve; 5, intermedio; 7, severo; 9, muy severo
Enfermedades en fruto	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5,
Precocidad	Días post trasplante
Peso del fruto	g
Número de frutos cuajados por racimo (NFR) 1	Unidades
NFR 2	Unidades
NFR 3	Unidades
NFR 4	Unidades
NFR 5	Unidades
NFR 6	Unidades
NFR 7	Unidades
Ángulo del bulbo radicular	Grados
Diámetro de la raíz principal	En la unión del tallo (cm)
Densidad de la barbada	1, muy escasa; 2, escasa; 3, intermedia; 4, abundante; 5, muy

3.4. Caracterización de composición

Para la caracterización de la composición se utilizó unos 750 gramos de triturado obtenido a partir de frutos de distintas plantas de cada bloque. De este triturado se obtuvieron 6 tubos Falcon de 15 ml.

Los análisis se han estructurado para emplear 1 tubo Falcon de cada muestra por agrupación de análisis, dando así 3 bloques:

- 1 tubo: determinación de sólidos solubles, pH y acidez.
- 1 tubo: determinación de antioxidantes, polifenoles y carotenoides.
- 1 tubo: determinación de vitamina C y de azúcares.

Para una buena conservación, los tubos Falcon se almacenaron en congeladores a una temperatura de -80°C . Para emplearlos en los análisis, se dejaron descongelar en un refrigerador.

3.4.1. Determinación de sólidos solubles, pH y acidez

A partir de un tubo, se ha tomado muestra con una pipeta Pasteur y se ha puesto en el refractómetro, llenando la zona de muestra, tal y como se observa en la figura 9. Con ello obtenemos el valor de °Brix.



Figura 9. Refractómetro.

Para la determinación de pH y acidez se ha empleado un pHímetro (Figura 10). Para este análisis, partimos de 2,5 g de muestra sobre la cual pipeteamos 25 mL de agua miliQ. Tras ello se ejecuta el programa de triturado de tomate y obtenemos los resultados de pH y acidez. Para ejecutar el programa, es necesario emplear NaOH a una concentración 0,1M para la obtención de la acidez.

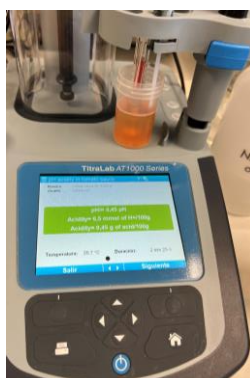


Figura 10. pHímetro con resultados de pH de una muestra de tomate.

3.4.2. Determinación de antioxidantes, carotenoides y polifenoles.

3.4.2.1. Antioxidantes

Primeramente, se preparó la curva de calibrado, la cual se inicia obteniendo una solución madre de Trolox. Para ello se pesó 0,0626 g de Trolox que se guarda en nevera. Posteriormente el Trolox se disolvió en 25 mL de etanol puro. Con esta disolución se establecieron los puntos de 0 ppm, 0,3 ppm, 0,5 ppm, 0,8 ppm, 1 ppm y 1,3 ppm de concentración de Trolox, ya que las muestras de tomate se encuentran en los valores de esta curva. Una vez preparada la curva se guardaron en botes de vidrio ámbar, ya que los antioxidantes son fotosensibles, en una nevera.

Una vez preparada la curva, se procedió con las muestras, de las cuales partimos a partir de 0,6 g los cuales se introdujeron en otro tubo Falcon en el que se introdujo 3mL de Metanol 80% para guardarse en una caja (obteniendo oscuridad). La caja se dejó en una centrífuga orbital (Figura 11) durante 1 hora a 200 revoluciones por minuto (r.p.m.).



Figura 11. Centrífuga orbital.

Mientras se realiza la primera centrifugación se prepara el DPPH. Para ello se coge 2,2-Diphenil-1-picrylhydrazyl (DPPH) almacenado en la nevera y se pesa 0,0026 g. Este se lleva a un agitador donde se puso un vaso de precipitados de 100 mL. Se introdujo el DPPH con 80 mL de metanol extra puro y se dejaron en agitación unos segundos. Una vez disuelto, se vertió en un matraz aforado de 100 mL de vidrio ámbar y se enjuagó el vaso con 20mL de metanol extra puro que se añadirán al matraz. Transcurrido el tiempo, se llevaron a una centrífuga refrigerada (Figura 12) en la cual se introdujeron los tubos falcon de la caja. La consigna de centrifugación es 4°C y 2.500 r.p.m. durante 3 minutos.



Figura 12. Centrífuga refrigerada de tubos Falcon.

Una vez finalizada la segunda centrifugación se pipetearon en tubos de vidrio 100 μ L del sobrenadante y 3,9 ml de DPPH. Estos tubos de vidrio se taparon y mantuvieron en oscuridad durante 1 hora.

Transcurridos 50 minutos de la hora, se tomaron 100 μ L de la curva y 3,9 ml de DPPH los cuales se introdujeron en tubos de vidrio. Se dejaron reposar entre 2 a 3 minutos en oscuridad. Transcurrido el tiempo de muestra y curva se introdujo en cubetas de vidrio para analizarlas en el espectrofotómetro (Figura 13). En el espectrofotómetro se mide la absorbancia de la muestra

a la longitud de 515 nm. También se midió la absorbancia del DPPH disuelto. En la figura 14 se puede apreciar el estado de curva, DPPH disuelto y muestras al iniciar la medición con el espectrofotómetro.



Figura 13. Espectrofotómetro (PerkinElmer).

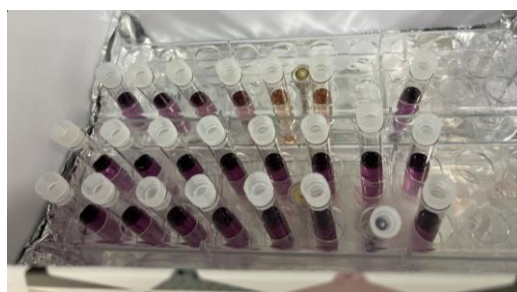


Figura 14. Curva, DPPH y muestras para analizar.

Una vez obtenidos los valores de absorbancia, mediante la curva de calibrado (Figura 15) se calculó la concentración. Es importante que la curva de calibrado presente una $R^2 > 0,99$.

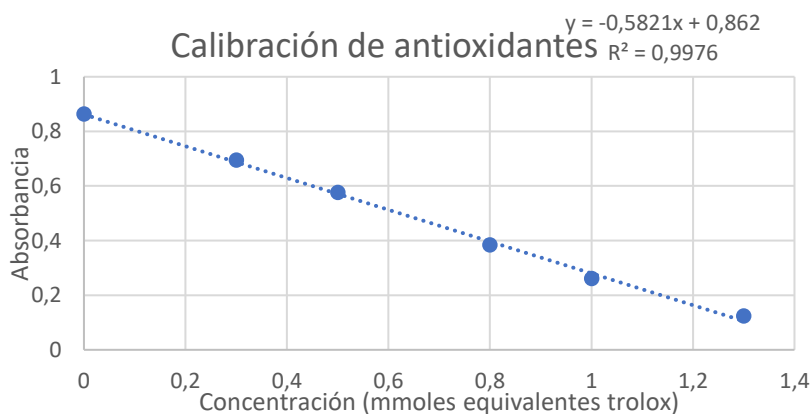


Figura 15. Calibración de antioxidantes.

3.4.2.2. Carotenoides

Primeramente, se preparó el reactivo Etanol:Hexano. Para ello, y bajo campana extractora de gases, se preparó una alícuota que presenta una relación 4:3 v/v entre etanol y hexano respectivamente. Por ejemplo, para preparar 100 mL de reactivo, se medirán 57,14 mL de Etanol y 42,86 mL de hexano.

Partiendo del tubo Falcon, se prepararon tubos de vidrio forrados con papel de aluminio. A estos tubos se les añadió un peso de 0,4 g de muestra. A este tubo forrado, se le añadieron 7 mL de

la alícuota a cada muestra, se taparon y guardaron en una caja en oscuridad. La caja se centrifugó en una centrifuga orbital durante 1 hora a 200 r.p.m. Transcurrido el tiempo, se destapó para añadir 1 mL de agua miliQ y se volvieron a cerrar para introducirse en la nevera durante 10 minutos. Se introduce en la nevera para facilitar la separación de fases que se produce al añadir el agua (Figura 19). Tras ello, empleando cubetas de cuarzo se mide la absorbancia en el espectrofotómetro en las 3 siguientes longitudes de onda: 452, 485 y 510 nm.



Figura 16. Tubo tras los 10 minutos de espera en nevera.

Con las absorbancias obtenidas, se emplearon las siguientes ecuaciones para obtener el licopeno, β -caroteno y los carotenoides totales.

$$C_{Licopeno}(mg/100g) = \frac{Abs_{510} \times 537 \times 2,7}{peso (mg) \times 172} \times 100$$

Donde:

- $C_{Licopeno}$: Concentración de licopeno
- Abs_{510} : Absorbancia a 510 nm
- 537: peso molecular del licopeno
- 2,7: volumen de la fase de hexano (mL)
- 172: coeficiente de extinción molar del licopeno en una solución de hexano (m/M)

$$C_{\beta-caroteno}(mg/100g) = \frac{Abs_{452} - (Abs_{510} \times 0,9285 \times 533,85 \times 2,7)}{peso (mg) \times 139} \times 100$$

Donde:

- $C_{\beta-caroteno}$: Concentración de β -caroteno
- Abs_{452} : Absorbancia a 452 nm
- Abs_{510} : Absorbancia a 510 nm
- 533,85: peso molecular del β -caroteno
- 2,7: volumen de la fase de hexano (mL)
- 139: coeficiente de extinción molar del β -caroteno en una solución de hexano (m/M)

$$C_{Carotenoides\ totales}(mg/100g) = \frac{Abs_{485} \times 2,7}{peso (g) \times 181} \times 100$$

Donde:

- $C_{Carotenoides\ totales}$: Concentración de carotenoides totales
- Abs_{485} : Absorbancia a 485 nm
- 2,7: volumen de la fase de hexano (mL)
- 181: coeficiente de extinción molar de los carotenoides totales en una solución de hexano (m/M)

3.4.2.3. Polifenoles

Primeramente, se prepararon los reactivos, en este análisis son dos, Folin y Na_2CO_3 . Para el primero se diluyó al 10% con agua miliQ, para el segundo se pesaron 30 g de Na_2CO_3 los cuales se disuelven en 500 mL de agua miliQ.

Posteriormente se preparó la curva de calibrado, pesando 0,1105 g de ácido gálico y se pusieron en un matraz de vidrio ámbar al cual se le añadió 100 mL de agua miliQ. De esta solución madre obtenida, se establecen los puntos 0ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, y 150 ppm de concentración de ácido gálico, ya que las muestras de tomate se encuentran entre estos valores. Los puntos de la curva se guardaron en tubos de vidrio ámbar.

Una vez preparados los reactivos y la curva, se procedió con las muestras. Partiendo del mismo tubo Falcon se centrifugaron a 2.000 r.p.m. durante 3 minutos. Tras la centrifugación, se tomaron 100 μL del sobrenadante que se introdujeron en un tubo de vidrio el cual dispone de 900 μL de agua miliQ. Posteriormente, se tapó el tubo y se le dio un vortex para tomar 100 μL de la disolución y pipetear en cubetas de plástico. También se tomó el mismo volumen para pipetear la curva en otras cubetas del mismo material. A todas las cubetas se les añadió 500 μL de Folin (10%) y se taparon para dejar en reposo durante 5 minutos. Transcurrido el tiempo, se añadió a cada cubeta 500 μL de Na_2CO_3 (Figura 16) y se volvieron a tapar. Se deja reposar durante 1 hora.

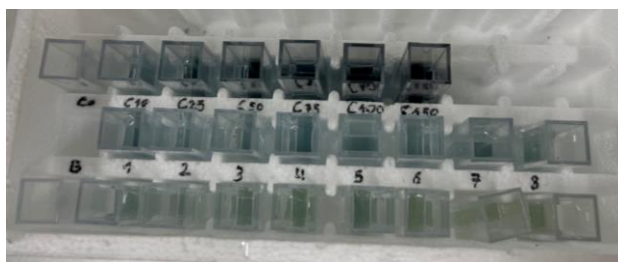


Figura 17. Cubetas con blanco, curva y muestras tras añadir Na_2CO_3 .

Después de reposar durante 1 hora (Figura 17), se midió la absorbancia a 750 nm de longitud de onda.

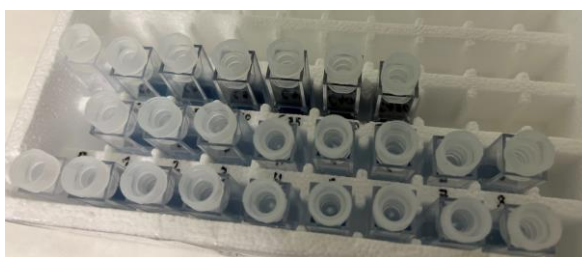


Figura 18. Cubetas polifenoles para introducir en espectrofotómetro.

Una vez obtenidos los valores de absorbancia, mediante la curva de calibrado (Figura 18) se calcularon las concentraciones. Es importante que la curva de calibrado presente una $R^2 > 0,99$.

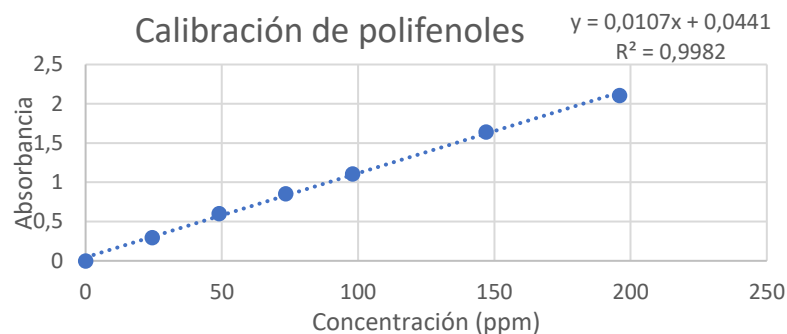


Figura 19. Calibración de polifenoles.

3.4.3. Determinación de vitamina C y azúcares

La preparación de las muestras para vitamina C y azúcares comienzan de la misma forma, ya que partimos de triturado de tomate en tubos Falcon de 15 mL congelado. Una vez descongelado el tubo Falcon, se introdujo en una centrífuga refrigerada de tubos Falcon (Figura 12) a 4°C a 3.500 r.p.m. durante 15 minutos. Tras esta espera, se tomaron 850 μ L de sobrenadante y se introdujeron en un eppendorf de 2 mL a los cuales se le añadieron 850 μ L de agua miliQ. Tras añadir el agua se dio un vortex. Una vez realizado el vortex, se introdujo en una centrífuga refrigerada de eppendorf (Figura 19) a 4°C a 11.000 r.p.m. durante 5,5 minutos. Tras la segunda centrifugación, se filtraron mediante jeringas con filtro para introducirse en viales de HPLC (Figura 20). Tras ello los viales se taparon y se introdujeron en el HPLC (Figura 21).



Figura 20. Centrífuga refrigerada de Eppendorf.

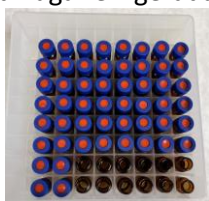


Figura 21. Viales HPLC.



Figura 22. HPLC

Para el caso de vitamina C, hay que añadir un paso debido a las dos formas que presenta la vitamina C (ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico). Para esta determinación se necesitan 2 viales por muestra por el mismo motivo. El primer vial sigue el procedimiento anterior, pero para el segundo con el que obtenemos la forma de ácido dehidroascórbico es necesario TCEP. Para este segundo vial se tomaron 300 µL del primer vial (vial filtrado) y se introdujo en el segundo, al cual se le añadieron 300 µL de TCEP. Se cerraron los viales para introducirse en el HPLC junto a los primeros.

Para la determinación de azúcar, se necesita preparar la recta de calibrado, para ello se requieren soluciones madre de Fructosa, Glucosa y Sacarosa. Para la Fructosa, se pesaron 400 mg y se introdujeron en 10 mL de agua miliQ. Para la Glucosa se pesaron 401 mg y se introdujeron en 10 mL de agua miliQ. Para la Sacarosa se pesaron 103 mg y se introdujeron en 10 mL de agua miliQ. Para obtener los puntos de calibrado se sigue la tabla 4.

Tabla 4. Preparación recta de calibrado de azúcares.

Calibrado	Volumen	Solución de partida	Volumen	Dilución
1	0,50 mL	Sol. Madre	0,50 mL	Agua miliQ
2	0,25 mL	Calibrado 1	0,75 mL	Agua miliQ
3	0,25 mL	Calibrado 2	0,75 mL	Agua miliQ
4	0,25 mL	Calibrado 3	0,75 mL	Agua miliQ
5	0,25 mL	Calibrado 4	0,75 mL	Agua miliQ
6	0,25 mL	Calibrado 5	0,75 mL	Agua miliQ

En cuanto al HPLC, requiere preparar la fase móvil A, la cual en azúcares es Acetonitrilo : Agua mili Q, con una relación 3:1 v/v. Se empleó de forma continua debido a que se trata de un método isocrático. Para la medición se puso la columna Phenomenex Luna Omega Sugar, 150 mm, 4.6 mm, 3 µm. Las condiciones de inyección fueron 10 µL a un flujo de 0,8 mL/min, durante 15 minutos.

Para la determinación de vitamina C, se necesita preparar la recta de calibrado, para ello se requiere solución madre de ácido ascórbico. Para ello se pesaron 0,2 g de ácido ascórbico y se diluyeron en 50 mL de agua. Se realizaron las siguientes diluciones para conocer las concentraciones de ácido ascórbico y poder relacionarlas con el área del HPLC. Se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Preparación recta de calibrado vitamina C.

Calibrado	Volumen	Solución de partida	Volumen	Antioxidante	Volumen	Otros
1	1 mL	Sol. Madre	2 mL	MPA	1 mL	Agua miliQ
2	2 mL	Calibrado 1	2 mL	MPA	0 mL	Agua miliQ
3	2 mL	Calibrado 2	2 mL	MPA	0 mL	Agua miliQ
4	2 mL	Calibrado 3	2 mL	MPA	0 mL	Agua miliQ
5	2 mL	Calibrado 4	2 mL	MPA	0 mL	Agua miliQ

Para evitar que se oxide, se empleó ácido metafosfórico (MPA). Se midió un volumen de 100 mL de agua miliQ a las cuales se le añadieron 17,14 g de ácido metafosfórico.

Como se ha mencionado anteriormente se necesita TCEP como agente oxidante para poder obtener el conjunto de vitamina C. Para prepararlo se requiere de 50 mL de agua miliQ y 0,072 g de TCEP.

En este caso, la fase móvil A del HPLC constó de agua miliQ y un 1% de ácido acético. Se emplearon 2 litros por lo que se empleó 20 mL de ácido acético y 1980 mL de agua miliQ. La otra fase del HPLC fue metanol. Se puso la columna correspondiente a vitamina C que es Teknokroma BRISA LC2 C18 3 μ m, 150 x 4,6 mm. De los viales con muestra, se inyectaron 5 μ L a un flujo de 1 mL/min, se midió la longitud de onda de 254 nm durante 15 minutos. El pico de ácido ascórbico se encuentra en torno a 2,2 y 2,3 minutos.

Mediante los valores obtenidos de las calibraciones para azúcares (Figura 22 y Figura 23) y vitamina C (Figura 24), se calcularon los valores de concentración de la muestra gracias a la medida de su área.

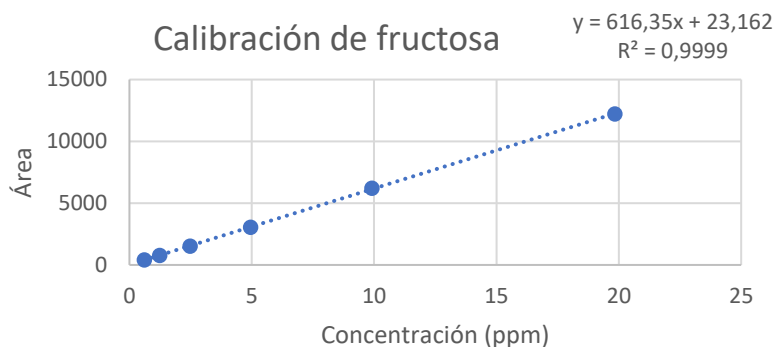


Figura 23. Calibración de fructosa.

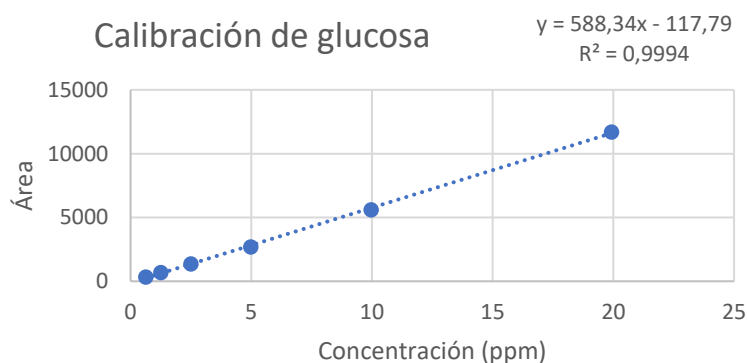


Figura 24. Calibración de glucosa.

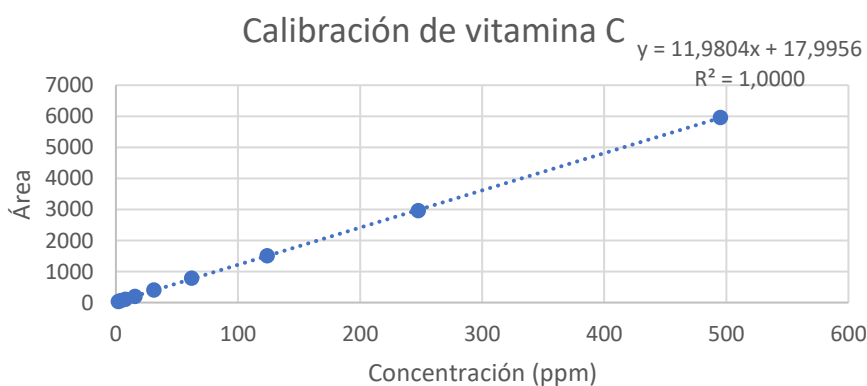


Figura 25. Calibración de vitamina C.

3.5. Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se ha empleado el programa Statgraphics centurión XVIII.

Se ha realizado un análisis por cada variable, obteniendo la media, rango y coeficiente de variación para cada carácter medido.

Se ha realizado un análisis de la varianza simple (ANOVA simple) para saber si existen diferencias significativas entre las medias de las entradas para cada componente. En el ANOVA simple se analiza por un único factor el comportamiento de la variable dependiente. La hipótesis nula para cada factor es que todas las entradas tienen el mismo comportamiento, por lo que si se obtiene un valor no significativo aceptamos la hipótesis nula y las diferencias son debidas al azar, si no, las diferentes entradas tendrán un comportamiento diferente.

Seguidamente se realizó un análisis multivariado de componentes principales (ACP). El análisis de componentes principales (ACP) es un algoritmo matemático que reduce la dimensionalidad de los datos mientras conserva la mayor parte de la variación en el conjunto de datos (Jolliffe, 2002). Con este análisis podemos evaluar visualmente las muestras tanto sus similitudes como diferencias, a parte de la formación de grupos para las diferentes entradas.

El último análisis estadístico que se ha realizado es un análisis multivariado de componentes principales con el total de datos para obtener el coeficiente de correlación de Pearson. Mediante este coeficiente podemos establecer relaciones entre los diferentes caracteres.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de planta

Los caracteres de planta que se han establecido (30) se muestran en la columna ‘característica’ de la tabla 6. Al realizar el análisis de varianza simple (ANOVA simple) para cada característica, se han observado diferencias significativas en 24 de. De entre las significativas, cabe destacar las siguientes: hábito de crecimiento, densidad de follaje, inclinación de la hoja, longitud del entrenudo, tipo de inflorescencia, vigor de la planta, diámetro del tallo, nitrógeno medido por Dualex, precocidad, secuencia de cuajado, número de frutos en el primer racimo, número de frutos en el tercer racimo, número de frutos en el cuarto racimo, número de frutos en el quinto racimo, número de frutos en el sexto racimo, número total de frutos y producción, como muy significativas. Estos caracteres presentan un p-valor inferior a 0,001. El nivel medio de producción presentó un valor más elevado comparado con otros estudios con variedades tradicionales (Figàs, 2018).

Tabla 6. Valor medio, coeficiente de variación, rango y significación para los caracteres de planta evaluados en la colección.

Característica	Unidad o Escala de medida	Media	Coeficiente de variación	Rango
Hábito de crecimiento	1, determinado; 2, semideterminado; 3, indeterminado	2,88	13,12%	1,00 – 3,00***
Densidad de follaje	3, escaso; 5, intermedio; 7, denso	4,92	11,96%	3,00 - 6,00***
Inclinación de la hoja	3, semirrecta; 5, horizontal; 7, inclinada	6,58	8,70%	5,00 – 7,00***
Densidad de la pubescencia del tallo	3, escaso; 5, intermedio; 7, denso	4,81	10,12%	3,00 – 5,00**
Longitud del entrenudo	Entre el primer y segundo racimo (cm)	4,44	17,82%	2,94 – 6,78***
Tipo de hoja	1, tomate; 2, patata	1,00	0,00%	1,00 – 1,00 n.s.
Tipo de inflorescencia	1, unípara; 2, espina de pez; 3, bifurcada; 4, irregular; 5, compuesta	3,71	24,06%	1,00 – 4,00***
Hoja/Brote en inflorescencia	1, sin hoja; 2, con hoja; 3, con hojas y brote	1,04	26,71%	1,00 – 3,00n.s.
Posición del estilo	1, inserto; 2, mismo nivel; 3, exerto; 4, muy exerto	1,94	12,12%	1,00 – 2,00**
Vigor de la planta	1, muy débil; 2, débil; 3, medio; 4, fuerte; 5, muy fuerte	5,52	14,12%	4,00 – 7,00***
Diámetro del tallo	Medido a 1m del suelo (cm)	13,89	19,54%	1,70 – 18,57***
SPAD index		56,10	4,93%	50,44 – 65,23 n.s.
Dualex N		25,86	14,83%	13,47 – 32,81***
Dualex Clorofila	Medido en hoja desarrollada	42,78	6,03%	36,48 – 48,32**
Dualex Antocianos		0,15	18,36%	0,11 – 0,28 n.s.
Dualex Flavonoides		1,70	12,39%	1,33 – 2,19***
Precocidad	Días post trasplante	84,41	6,39%	73,00 – 96,33***
Secuencia de cuajado	3, escasa; 5, intermedia; 7, buena; 9, muy buena	4,40	27,08%	0,00 – 7,00***
NFR 1	Unidades	2,99	108,99%	0,56 – 24,33***
NFR 2	Unidades	3,70	30,60%	0,00 – 6,50**
NFR 3	Unidades	2,90	37,18%	0,00 - 5,00***
NFR 4	Unidades	2,11	58,50%	0,00 – 6,57***
NFR 5	Unidades	1,18	76,16%	0,00 – 3,78***
NFR 6	Unidades	0,70	78,61%	0,00 – 1,89***
NFR 7	Unidades	0,34	104,65%	0,00 – 1,44 n.s.
Número total de frutos	Unidades	13,98	33,96%	5,11 – 25,50***
Producción	g/planta	4259,92	20,42%	2467,51 – 6545,05***
Ángulo del bulbo radicular	Grados	140,38	11,25%	96,67 – 173,33 n.s.
Diámetro de la raíz principal	En la unión del tallo (cm)	1,72	14,44%	1,33 – 2,33*
Densidad de la barbada	1, muy escasa; 2, escasa; 3, intermedia; 4, abundante; 5, muy abundante	2,31	27,00%	1,00 – 4,00*

Nota: n.s. significa no significativo, * significa significativo con un p-valor comprendido (0,01 – 0,05], * significa significativo con un p-valor comprendido (0,001 – 0,01] y *** significa significativo con un p-valor inferior a 0,001.

Al realizar un análisis de componentes principales (ACP) con los caracteres de planta de la tabla 6, se pueden observar de forma más clara las diferencias entre las entradas de la colección y los controles. Se han eliminado los caracteres monomórficos: tipo de hoja, debido a que todas las entradas presentaban hoja tipo tomate, y hoja/brote en inflorescencia debido a que todas no presentan hoja o brote en la inflorescencia. Para este análisis la primera componente explica un 21,188% de la variación observada y la segunda explica un 15,586% de la misma, acumulando entre ambas un 36,775% (Tabla 7). Para la componente 1, los caracteres que más afectan positivamente son: secuencia de cuajado, número de frutos en el tercer racimo, número de frutos en el cuarto racimo, número de frutos en el quinto racimo, número de frutos en el sexto racimo, número de frutos en el séptimo racimo (carácter no significativo) y número total de frutos por planta. Para la segunda componente, afectan de forma positiva: densidad de la pubescencia del tallo, tipo de inflorescencia y posición del estilo. También para la segunda componente afectan de forma negativa los caracteres: número de frutos en el primer racimo y número total de frutos por planta.

Tabla 7. Valores principales para las dos primeras componentes principales (CPs) de los caracteres morfoagronómicos de planta de la colección caracterizada.

Componente	Eje CP ^a	
	CP1	CP2
<i>Valores propios</i>	5,933	4,364
Porcentaje de la variación que explica	21,188	15,586
Porcentaje acumulado de variación explicada	21,188	36,775
<i>Carácter (vectores principales)</i>		
Hábito de crecimiento	0,1586	0,3629
Densidad de follaje	-0,0151	-0,0956
Inclinación de la hoja	0,2437	0,1834
Densidad de la pubescencia del tallo	0,0532	0,3272
Longitud del entrenudo	0,0381	-0,0713
Tipo de inflorescencia	-0,0451	0,3837
Posición del estilo	-0,0228	0,4152
Vigor de la planta	0,1437	0,0694
Diámetro tallo	0,0992	0,1970
Índice SPAD	-0,1095	-0,0508
Dualex N	-0,1664	-0,0227
Dualex Clorofila	0,0017	0,0994
Dualex Antocianos	0,1502	-0,1098
Dualex Flavonoides	0,1744	0,0923
Precocidad	-0,0620	0,1970
Secuencia del cuajado	0,2798	0,0224
NFR1	-0,1075	-0,3772
NFR2	0,2256	-0,0201
NFR3	0,3324	-0,0532
NFR4	0,3284	-0,0617
NFR5	0,3048	-0,0880
NFR6	0,3224	-0,0751
NFR7	0,2544	0,0469
nº total de frutos por planta	0,2533	-0,3206
PRODUCCIÓN	0,1655	-0,0234
Ángulo del bulbo radicular	0,1446	-0,0749
Diámetro raíz principal	0,2126	0,0517
Densidad de barbada (D<0,05mm)	-0,0566	-0,0289

Nota: aparecen en negrita las características de planta de mayor peso en cada componente principal.

Al fijarse en la figura 25, podemos observar la nube de puntos de la colección, destacando las entradas PAT-1, ELI-2, RAF-1, CAU-1, ZAA-009 y CDF-1.

De entre todas ellas, se ha establecido que las entradas ELI-2, RAF-1, CAU-1 y CDF-1 son tomates de otro tipo varietal, es decir, no son 'Tomata Valenciana'. Esto se observa mejor una vez se caracteriza el fruto, como se verá en el apartado 4.2. Pero de entre ellas, ELI-2 y RAF-1 se encuentran más próximas a la nube de puntos de 'Tomata Valenciana', esto puede ser debido a que sean posibles cruces de forma espontánea o humana entre variedades de 'Tomata

Valenciana' y otros tipos de tomate. La entrada CDF-1 se trata de plantas con crecimiento determinado, por lo que su secuencia de cuajado es nula. Por otra parte, se encuentra CAU-1 la cual presenta un elevado cuajado (de los mayores en la colección) y elevados valores en el resto de los caracteres que explican su composición en el análisis ACP.

Para el control ZAA-009, presenta un elevado cuajado, y elevado número de frutos en todos sus racimos, por lo que se sitúa alejado del grupo central de entradas que se caracterizan de forma general por presentar secuencias de cuajado medias o bajas. El control tampoco se trata de 'Tomata Valenciana', si no de una variedad comercial con elevada producción. El control VLT, se encuentra en el interior de la nube de puntos de la colección, ya que es 'Tomata Valenciana' con un gen introducido como se ha mencionado en el apartado 3.1 y comparte con ella menores valores de secuencia de cuajado (Soler et al., 2017).

Por otra parte, la entrada PAT-1, no se establece como fuera de tipo, ya que se encuentra en valores positivos para la componente 2, no como el resto de los tomates no valencianos. Se encuentra en valores de la primera componente elevados debido a su elevado cuajado y número de frutos desde el tercer racimo hasta el séptimo, teniendo un elevado número de frutos. Se trataría de una entrada de 'Tomata Valenciana' con niveles de cuajado muy interesantes y por tanto de un material adecuado para su selección.

Dividiendo la nube de puntos por el eje componente 2, con valores positivos en esta componente encontramos la mayoría de los tomates que se clasifican como tipo 'Masclat' e 'Intermedio', pese a que por ejemplo, la entrada PAT-1 o VLC-1 son tomates tipo 'Blanca'. Del mismo modo, los que presentan valores negativos en la primera componente, mayoritariamente son tomates tipo 'Blanca', aunque encontramos las entradas CAT-3 o TUR-1 que no pertenecen a este grupo. En este sentido, parece que para separar las diferentes tipologías de tomate valenciano, se requiere de la caracterización del fruto. En caso de dividir la nube de puntos por el eje componente 1, en el segmento que tienen valores positivos para la componente 2, encontramos los tomates 'Rosa'. Pero necesitamos la caracterización de fruto para una mejor distinción.

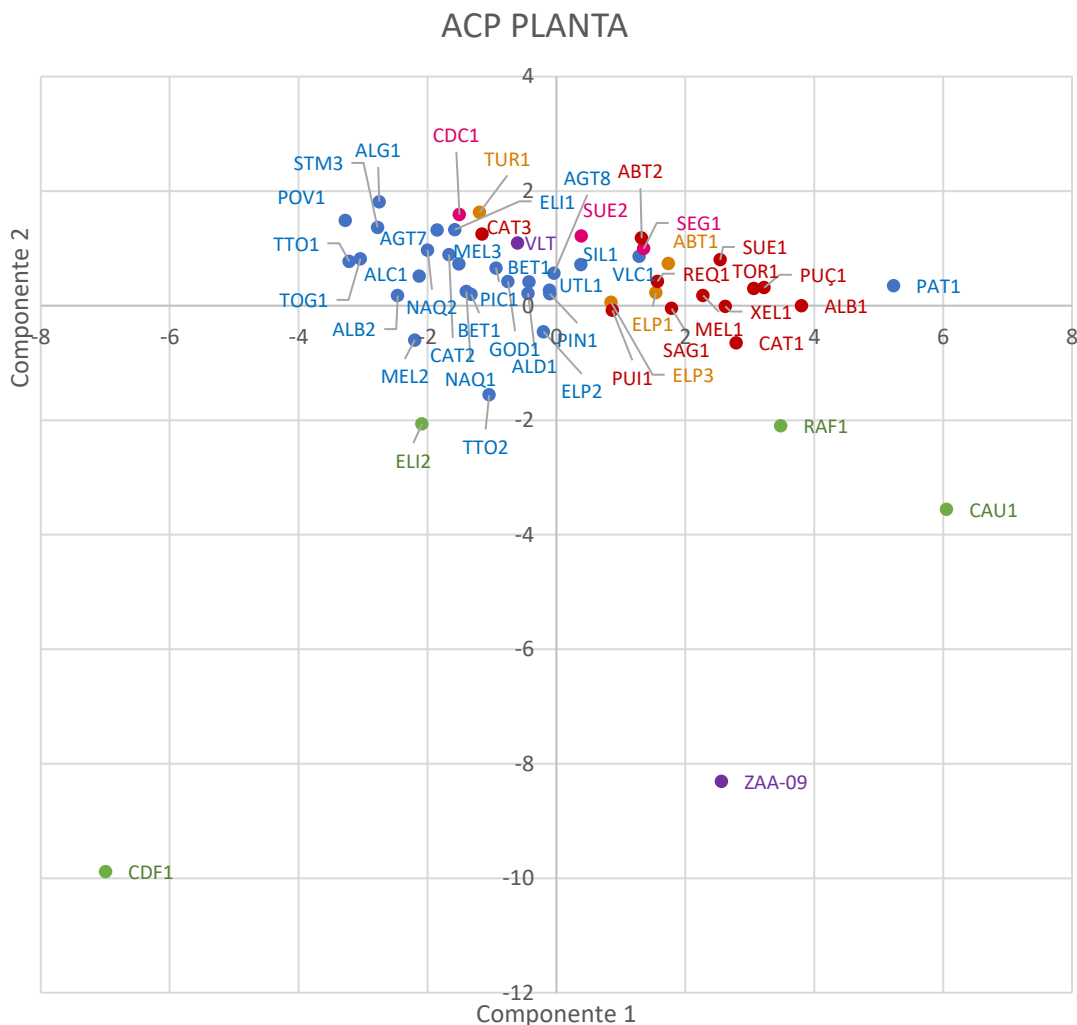


Figura 26. ACP de caracteres planta. Los colores indican distintos tipos de variedades (círculo azul, 'Tomata Valenciana' tipo 'Blanca'; círculo naranja, 'Tomata Valenciana' tipo 'Intermedia'; círculo rojo, 'Tomata Valenciana' tipo 'Mascler'; círculo rosa, tomate 'Rosa' valenciano; círculo verde, otra tipología de tomate; círculo morado, control).

4.2. Caracterización de fruto

De los 29 caracteres de fruto, 2 son de carácter cualitativo. El resto de los caracteres se muestran en la columna 'característica' de la tabla 8. Al realizar el análisis de varianza simple (ANOVA simple) para cada característica, se han observado diferencias significativas en 25 de las 27 características cuantitativas evaluadas. De entre las significativas, cabe destacar las siguientes: Color fruto inmaduro, L fruto inmaduro, a fruto inmaduro, b fruto inmaduro, hombro verde, L hombro verde, a hombro verde, b hombro verde, color exterior del fruto, b color exterior del fruto, apuntamiento del fruto, forma predominante del fruto, condición de la cicatriz pistilar, acostillado, número de lóculos, anchura del fruto, altura del fruto, ratio altura/anchura, ahuecado, agrietado radial, agrietado concéntrico, BER y peso del fruto. Estos caracteres presentan un p-valor inferior a 0,001. El peso medio del fruto obtenido en este estudio es más elevado que el mostrado en otros estudios (Soler et al., 2017). Así mismo, al igual que otros trabajos (Marsal, 2017), se ha observado variabilidad para la intensidad del apuntamiento del fruto.

Tabla 8. Valor medio, coeficiente de variación, rango y significación para los caracteres de fruto evaluados en la colección.

Característica	Unidad o Escala de medida	Media	Coeficiente de variación	Rango
Color fruto inmaduro	1, verde blanquecino; 3, verde claro; 5, verde; 7, verde oscuro; 9, verde muy oscuro	2,60	43,99%	1,00 – 5,00***
L fruto inmaduro	Medidos en fruto inmaduro	66,08	3,48%	60,03 – 69,51***
a fruto inmaduro		-9,80	-16,10%	-14,14 -- -6,31***
b fruto inmaduro		23,82	12,08%	12,21 – 31,83***
Hombro verde	0, uniforme; 1, verde claro; 2; verde medio; 3; verde oscuro	1,56	54,55%	0,00 – 3,00***
L hombro verde	Medidos en hombro del fruto	53,81	8,29%	45,43 – 69,21***
a hombro verde		-12,50	-9,25%	-14,64 -- -8,38***
b hombro verde		27,30	6,22%	24,10 – 32,41***
L fruto maduro	Medidos en fruto maduro	42,86	3,78%	39,09 – 47,91**
a fruto maduro		28,22	8,28%	23,85 – 34,18**
b fruto maduro		30,97	9,38%	23,06 – 37,52***
Apuntamiento del fruto	0, ausente; 1, ligero; 2, medio; 3, fuerte	1,48	67,25%	0,00 – 3,00***
Forma predominante del fruto	1, plana; 2, ligeramente achatada; 3, redonda; 4, rectangular; 5, cilíndrica; 6, elíptica; 7, corazonada; 8, Obovoide; 9, Ovoide; 10, Pera; 11, Pimiento.	5,85	35,75%	2,00 – 7,00***
Acostillado	1, muy leve; 2, leve; 3, intermedio; 4, fuerte; 5, muy fuerte	2,60	23,21%	1,00 – 3,00***
Número de lóculos	Unidades	10,25	29,41%	2,00 – 18,44***
Anchura del fruto	cm	8,57	14,99%	5,47 – 12,23***
Altura del fruto	cm	7,79	9,50%	6,10 – 9,96***
Ratio altura/anchura		0,92	14,99%	0,63 – 1,41***
Durómetro	Grados Shore A	67,74	9,25%	49,37 – 84,2 ^{n.s.}
Grosor del pericarpio	mm	5,10	11,59%	4,06 – 7,56*
Ahuecado	1, ausente; 3, leve; 5, intermedio; 7, severo	1,70	46,43%	1,00 – 4,11***
Agrietado radial	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5, intermedio (entre 5% y 20% de frutos afectados); 7, abundante (más del 20% de frutos afectados)	5,03	23,18%	1,00 – 7,00***
Agrietado concéntrico	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5, intermedio (entre 5% y 20% de frutos afectados); 7, abundante (más del 20% de frutos afectados)	2,33	46,44%	1,00 – 5,67***
Fasciación	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5, intermedio (entre 5% y 20% de frutos afectados); 7, abundante (más del 20% de frutos afectados)	1,91	43,63%	1,00 – 3,89 ^{n.s.}
BER	1, ausente; 3, escaso (menos del 5% de frutos afectados); 5, intermedio (entre 5% y 20% de frutos afectados); 7, abundante (más del 20% de frutos afectados)	1,63	51,62%	1,00 – 5,11***
Peso del fruto	g	338,09	34,74%	118,84 – 751,49***

Nota: n.s. significa no significativo, * significa significativo con un p-valor comprendido (0,01 – 0,05], * significa significativo con un p-valor comprendido (0,001 – 0,01] y *** significa significativo con un p-valor inferior a 0,001.

En cuanto a los caracteres cualitativos color del fruto maduro y condición de la cicatriz pistilar, el estudio realizado nos indica que las 43 entradas calificadas como 'Tomata Valenciana' presentan un color rojo típico de esta variedad (Soler et al., 2017; Figàs et al., 2018) (Figura 26). No obstante, en ciertas comarcas valencianas aparecen tomates de bajo apuntamiento y de color rosa que algunos agricultores denominan 'Tomata Valenciana Rosada'. Sería el caso de las entradas CDC-1 y SEG-1) (Lara, 2017). En cuanto a la condición de la cicatriz pistilar se ha observado variabilidad en las entradas de 'Tomata Valenciana' evaluadas (Figura 27).

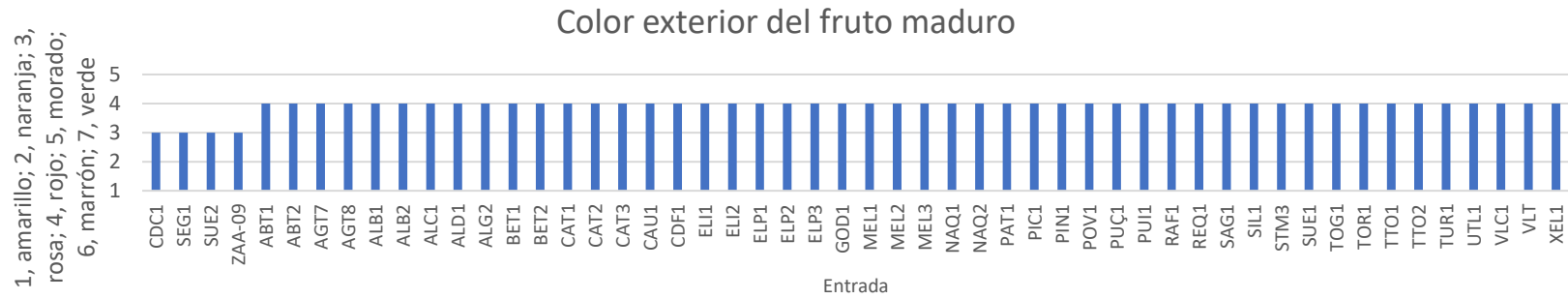


Figura 27. Color exterior del fruto maduro.

De la figura 26, podemos destacar y diferenciar cuales son tomates tipo ‘Rosa’, ya que presentan un valor de 3 en la escala en la que han sido evaluados, mientras que el resto al ser rojos, presentan un 4.

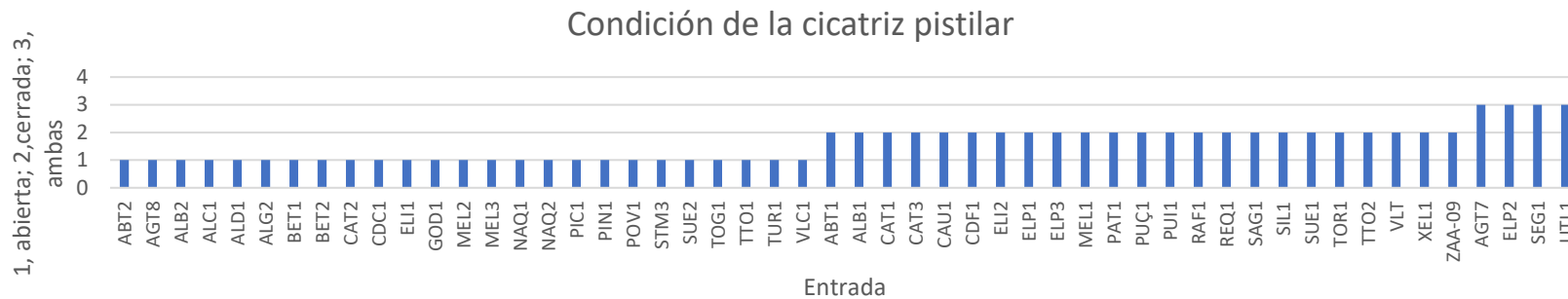


Figura 28. Condición de la cicatriz pistilar.

De esta otra figura (Figura 27), podemos apreciar que las entradas tipo ‘Blanca’ presentan valores de 1 y 3, ya que una característica que presenta esta tipología y no el ‘Masplet’ es este carácter, pero ello se explicará posteriormente, al establecer las tipologías.

Al realizar un análisis de componentes principales (ACP) con los caracteres de fruto de la tabla 8, se pueden observar de forma más clara las diferencias entre las entradas de la colección y los controles. En este caso no hubo caracteres monomórficos. Para este análisis la primera componente explica un 26,018% de la variación observada y la segunda explica un 17,075% de la misma, acumulando entre ambas un 43,092% (Tabla 9). Para la componente 1, los caracteres que más afectan positivamente son: L fruto inmaduro, a fruto inmaduro, anchura del fruto y peso del fruto. Los que afectan negativamente a esta componente son: Color del fruto inmaduro, b fruto inmaduro y hombro verde. Para la segunda componente, afectan de forma positiva: acostillado, número de lóculos, agrietado radial y peso del fruto. También para la segunda componente afectan de forma negativa los caracteres: L hombro verde y a hombro verde.

Tabla 9. Valores principales para las dos primeras componentes principales (CPs) de los caracteres morfoagronómicos de fruto de la colección caracterizada.

Componente	Eje CP ^a	
	CP1	CP2
<i>Valores propios</i>	7,545	4,952
Porcentaje de la variación que explica	26,018	17,075
Porcentaje acumulado de variación explicada	26,018	43,092
<i>Carácter (vectores principales)</i>		
Color del fruto inmaduro	-0,2957	0,0750
L_1	0,2541	-0,1279
a_1	0,2902	-0,1094
b_1	-0,2837	-0,0227
Hombro verde	-0,2660	0,1173
L_2	0,2230	-0,2670
a_2	0,2059	-0,2653
b_2	-0,0206	-0,0075
L	0,1829	-0,0957
a	0,0794	-0,2353
b	0,1136	-0,1883
Apuntamiento del fruto	-0,2898	0,1267
Forma predominante del fruto	-0,2038	0,0239
Acostillado	0,1130	0,3051
Número de lóculos	0,1958	0,2979
Anchura del fruto	0,2756	0,2421
Altura del fruto	0,0008	0,1824
RATIO ALT/ALNC	-0,2675	-0,1593
Durómetro	0,0259	-0,2129
Grosor del pericarpio	-0,0178	-0,1757
Ahuecado	0,1079	0,1631
Arietado radial	0,0028	0,3681
Arietado concéntrico	-0,0803	0,1286
Fasciación del fruto	0,0950	0,2136
VER	-0,0433	-0,0306
Peso del fruto	0,2595	0,2655

Nota: aparecen en negrita las características de fruto de mayor peso en cada componente principal.

Al observar la figura 26, se puede apreciar que los puntos más distantes en la colección son CDF-1, ZAA-009 y CDC-1. Comenzando con los tomates fuera de tipo, CDF-1 es el más distante del resto. Hay que tener en cuenta que esta entrada corresponde a un tomate de pera (Figura 34 y Figura 40), con una intensidad del color del fruto inmaduro (L) más baja de la colección y ausencia de hombro verde. También, tiene un mínimo de lóculos (2), el acostillado es muy leve, siendo también el valor mínimo junto a ZAA-09, un agrietado radial ausente y el menor peso de fruto. Por todo ello presenta el valor más bajo de la colección para la componente 2.

En el caso de las entradas ELI-2, RAF-1 y CAU-1 se encuentran en el límite de la nube de puntos de los tomates valencianos. El fruto es más similar a estos, pero visualmente parecen, como se ha comentado en el apartado 4.1., el resultado de cruces entre 'Tomata Valenciana' y otros materiales. Así, los frutos muestran formas intermedias entre la 'Tomata Valenciana' y otros tipos de tomate redondeado.

En cuanto a los controles, primeramente, destacamos ZAA-009. Esta entrada presenta un bajo valor en la segunda componente ya que el acostillado es bajo, no presenta agrietado radial, tiene un peso bajo respecto a la media de la colección y también presenta el segundo valor más elevado de L en hombro verde (color de fruto inmaduro más claro). En cuanto a VLT, se encuentra limitando la nube de puntos de la colección. Se encuentra próximo al grupo de 'Masplet' que se explicará posteriormente. Pero tiene un elevado apuntamiento, número de lóculos, acostillado y agrietado radial.

El grupo de tomate valenciano 'Rosa', son SEG-1, SUE-2 y CDC-1. De entre estos cabe destacar CDC1 que sale de la nube de la colección. CDC-1 tiene un elevado peso, elevado número de lóculos, un acostillado intermedio, el mayor agrietado radial, presenta un brillo (L) elevado en fruto maduro, una a también elevada de fruto inmaduro y una gran anchura de fruto. Las otras dos entradas presentan acostillado, agrietado radial elevado, L de fruto inmaduro elevado y a de fruto inmaduro elevado. Estos materiales constituyen un grupo diferenciado de la 'Tomata Valenciana' caracterizada por un color rojo con distintos grados de apuntamiento (Lara, 2017).

Como se ha mencionado en los apartados 1.5. y 4.1., las entradas de 'Tomata Valencia' se clasificó como de tipo 'Masplet' y 'Blanca'. Los frutos tipo 'Masplet' se caracterizan por presentar un gran apuntamiento, un hombro verde intenso y un color de fruto inmaduro más oscuro (Soler et al., 2017). Para realizar la clasificación citada ha sido muy importante realizar una caracterización del fruto inmaduro, (Figura 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33 y Figura 34). La condición pistilar del fruto en los 'Masplet' es cerrada, al igual que los lóculos se encuentran más agrupado de forma más regular que en la tipología 'Blanca'. El establecimiento de estas tipologías ya ha sido utilizado por otros autores (Alcubierre, 2016; Marsal, 2017 y Soler et al., 2017). No obstante, nosotros creemos que existen variedades de tipología 'Intermedia' (INT), como por ejemplo las entradas (TUR-1, ABT-1, ELP-1, ELP-3).

En el grupo de 'Tomata Valenciana', una vez establecidas las distintas tipologías, primeramente, ubicamos el grupo 'Masplet' en la zona izquierda de la figura (Figura 28). Esto es debido a que el fruto inmaduro presenta un color más oscuro que las entradas del grupo 'Blanca', al igual que presentan un mayor hombro verde (Soler et al., 2017) y apuntamiento (Alcubierre, 2016) y una menor anchura de fruto. Hay una zona de 'Masplet' más marcada formada por MEL-1, XEL-1, ALB-1, CAT-1, SAG- 1, TOR-1 y PUÇ-1.

Las entradas CAT-3 y SUE-1, todo y haber sido clasificadas como de tipo 'Masplet' se encuentran desplazadas hacia valores más positivos en la componente 1. SUE- 1 es debido a que presenta un mayor peso de fruto dentro del tipo 'Masplet'. CAT-3 se encuentra desplazado debido a que en color de fruto inmaduro presenta una unidad menor que el resto de entradas de este tipo. Más próxima al eje de la componente 2, se encuentra la zona del tipo intermedio, donde se encuentran estas 4 entradas (color naranja), a las cuales se solapan algunas entradas del tipo 'Masplet' (PUI-1, ABT-2 y REQ-1) y entradas del tipo 'Blanca' (UTL-1 y SIL-1). El tipo 'Blanca' se encuentra asociado a valores positivos en la componente 1, excepto las entradas que se encuentran en la zona de tipología intermedia. El tipo 'Blanca' presenta una mayor anchura de fruto, menor hombro verde, menor apuntamiento o nulo, mayor peso, y fruto inmaduro de color más claro.

Como habíamos ya indicado en el punto 4.1 la caracterización de fruto permite distinguir de forma más clara las tipologías existentes en la 'Tomata Valenciana'.

ACP FRUTO

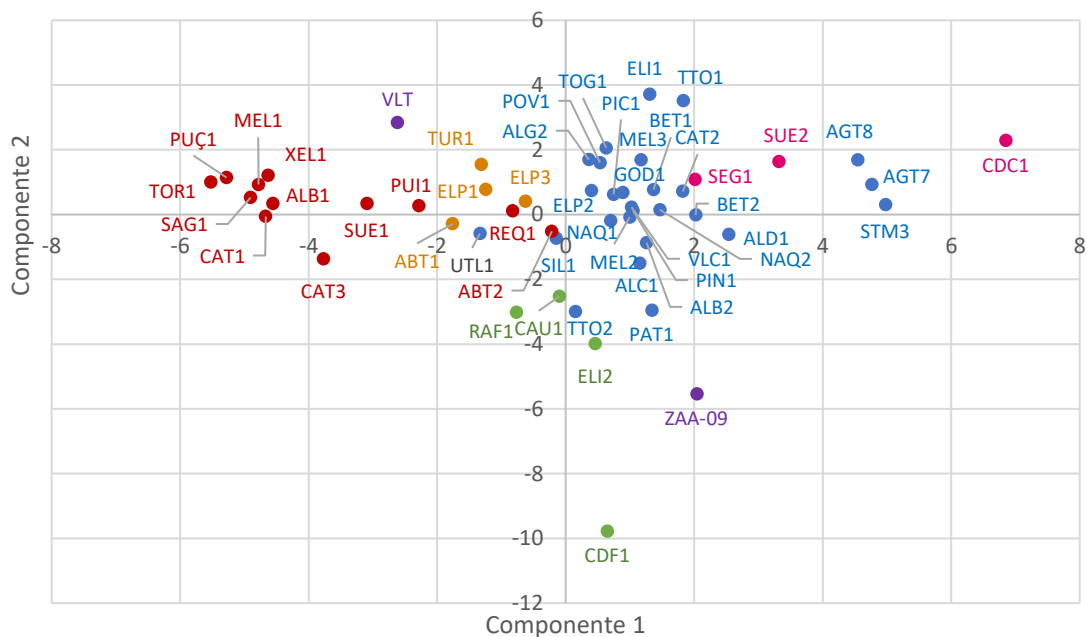


Figura 29. ACP de fruto. Los colores indican distintos tipos de variedades (círculo azul, 'Tomata Valenciana' tipo 'Blanca'; círculo naranja, 'Tomata Valenciana' tipo 'Intermedia'; círculo rojo, 'Tomata Valenciana' tipo 'Masclat'; círculo rosa, tomate 'Rosa' valenciano; círculo verde, otra tipología de tomate; círculo morado, control).

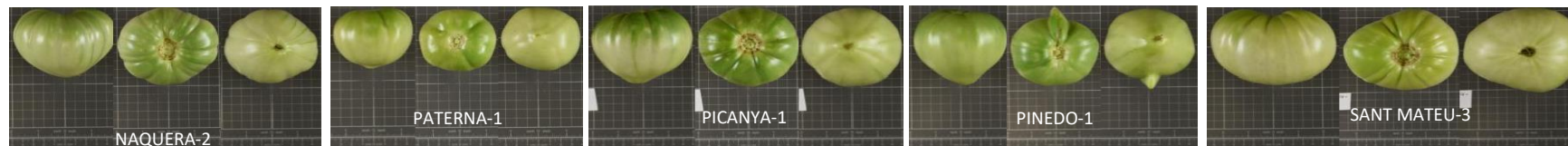
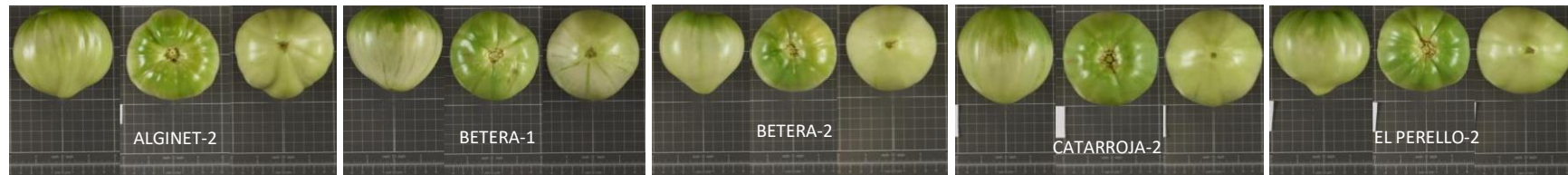


Figura 30. Entradas tipo blanca.

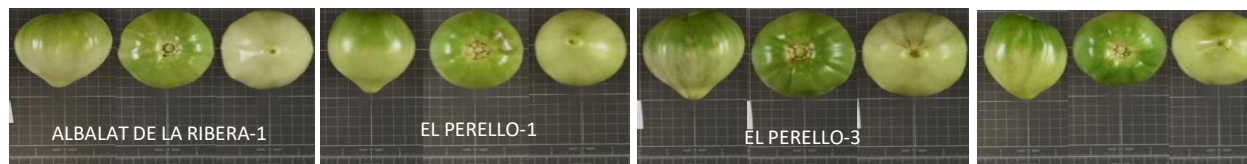


Figura 31. Entradas tipo intermedio.

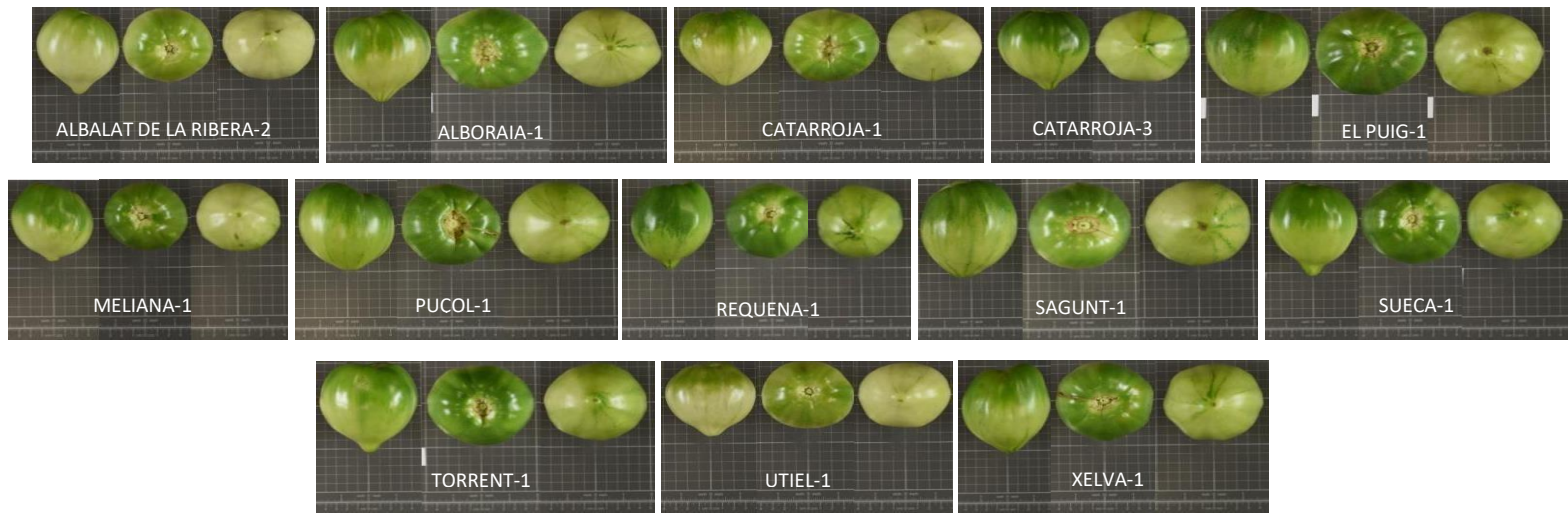


Figura 32. Entradas tipo masclet.



Figura 33. Entradas tipo valenciana rosa.



Figura 34. Entradas control.



Figura 35. Entradas tipo no valenciana.

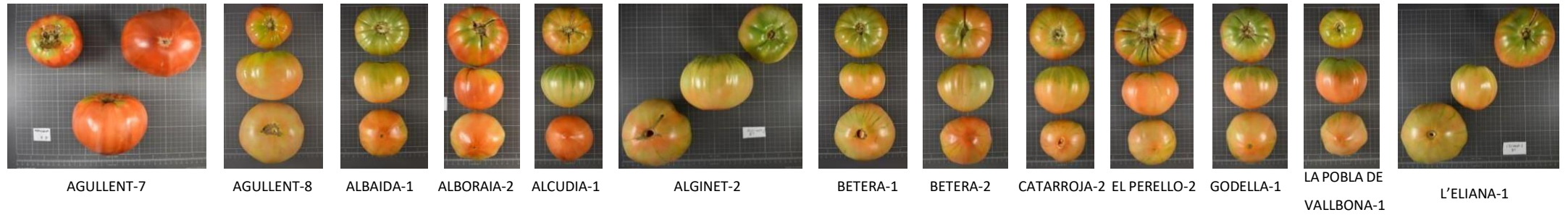


Figura 36. Frutos maduros tipo blanca.



Figura 37. Frutos maduros tipo intermedio.

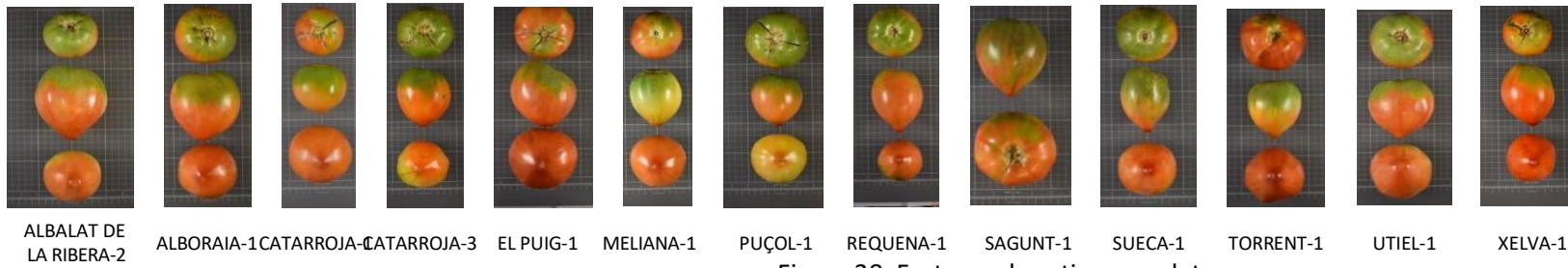


Figura 38. Fruto maduro tipo masclat.



Figura 39. Frutos maduros tipo valenciano rosa.

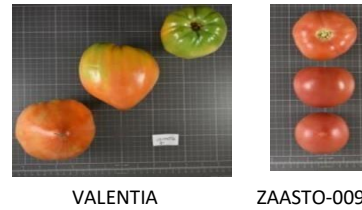


Figura 40. Frutos maduros control.



Figura 41. Frutos maduros tipo no valenciano.

4.3. Caracterización de composición

Al realizar el análisis de varianza simple (ANOVA simple) para cada característica de composición, se han observado diferencias significativas en 4 de ellas. Es decir, la variabilidad existente en la colección de entradas empleadas parece ser mucho menor en cuanto a características de composición (teniendo valores similares en variación y rangos que, en los estudios: Soler et al., 2017, Figàs, 2018 y Casanova et al., 2021). De entre las características significativas, cabe destacar la acidez, ya que presenta un p-valor inferior a 0,001. En cuanto a antioxidantes, la colección presenta valores similares que los mostrados en otros estudios (Soler et al., 2017 y Figàs 2018). En cuanto a polifenoles, los valores son ligeramente inferiores que los mostrados en el estudio anterior (Soler et al., 2017).

Tabla 10. Valor medio, coeficiente de variación, rango y significación para los caracteres de composición evaluados en la colección.

Característica	Unidad o Escala de medida	Media	Coeficiente de variación	Rango
°Brix	Medido en zumo de fruto	4,19308	5,98%	3,63 – 4,63 ^{n.s.}
pH	Medido en zumo de fruto	4,10558	2,57%	3,88 – 4,32 ^{n.s.}
Acidez	g ácido / 100g	0,540962	14,33%	0,37 – 0,73***
Índice de sabor		0,935019	4,21%	0,87 – 1,02*
Polifenoles	mg equivalentes ácido gálico/ 100 g peso fresco	21,6165	13,74%	15,11 – 28,86**
Antioxidantes	µmoles equivalentes Trolox/ 100 g peso fresco	197,163	16,51%	101,72 – 264,77*
Licopeno	mg / 100 g peso fresco	4,01759	18,92%	2,75 – 6,32 ^{n.s.}
β-Caroteno	mg / 100 g peso fresco	1,2569	16,10%	0,83 – 1,70 ^{n.s.}
Carotenoides totales	mg / 100 g peso fresco	7,66944	17,37%	5,24 – 11,93 ^{n.s.}
Ácido ascórbico	mg / L zumo	129,853	21,39%	69,35 – 182,40 ^{n.s.}
Ácido dehidroascórbico	mg / L zumo	73,4558	34,33%	33,21 – 142,55 ^{n.s.}
Total de vitamina C	mg / L zumo	193,565	12,19%	148,07 – 248,94 ^{n.s.}
Fructosa	mg / L zumo	16,7056	12,27%	13,47 – 22,18 ^{n.s.}
Glucosa	mg / L zumo	15,6663	15,27%	11,83 – 24,56 ^{n.s.}
Azúcares totales	mg / L zumo	32,113	11,88%	25,76 – 42,93 ^{n.s.}

Nota: n.s. significa no significativo, * significa significativo con un p-valor comprendido (0,01 – 0,05], * significa significativo con un p-valor comprendido (0,001 – 0,01] y *** significa significativo con un p-valor inferior a 0,001.

Al realizar un análisis de componentes principales (ACP) con los caracteres de la tabla 10, se pueden observar de forma más clara las diferencias entre las entradas de la colección y los controles. En este caso no hay caracteres monomórficos. Para este análisis la primera componente explica un 24,671% de la variación observada y la segunda explica un 19,203% de la misma, acumulando entre ambas un 43,874% (Tabla 11). Para la componente 1, los caracteres que más afectan positivamente son: °Brix, acidez, índice de sabor, ácido ascórbico, fructosa, glucosa y azúcares totales. Para la segunda componente, afectan de forma positiva: pH, ácido dehidroascórbico, fructosa, glucosa y azúcares totales. También para la segunda componente afectan de forma negativa los caracteres: Licopeno, carotenoides totales y ácido ascórbico.

Tabla 11. Valores principales para las dos primeras componentes principales (CPs) de los caracteres de composición de la colección caracterizada.

Componente	Eje CP ^a	
	CP1	CP2
<i>Valores propios</i>	3,701	2,881
Porcentaje de la variación que explica	24,671	19,203
Porcentaje acumulado de variación explicada	24,671	43,874
<i>Carácter (vectores principales)</i>		
° Brix	0,3620	0,0206
pH	-0,0344	0,3496
Acidez	0,2642	-0,3632
INDICE DE SABOR	0,3900	-0,1828
Polifenoles	0,1446	0,0607
Antioxidantes	-0,0132	-0,1999
Licopeno	0,1617	-0,2668
B-Caroteno	0,0960	-0,1067
Carotenoides totales	0,1559	-0,2803
Ácido ascórbico	0,2722	-0,2613

Componente	Eje CP*	
	CP1	CP2
Ácido dehidroascórbico	-0,0883	0,3725
Total de vitamina C	0,2272	0,0561
Fructosa	0,3456	0,3837
Glucosa	0,3908	0,2797
Azúcares	0,3993	0,2676

Nota: aparecen en negrita las características de composición de mayor peso en cada componente principal.

En la figura 27, se muestra la nube de puntos de la colección para la caracterización de la composición. En esta caracterización no se puede establecer ninguna relación entre grupos varietales y las características de composición. Hay que destacar SAG-1 que se separa del resto debido a los azúcares, tener el valor más bajo en licopeno y de los más bajos en carotenoides totales, pero tampoco son caracteres significativos.

ACP COMPOSICIÓN

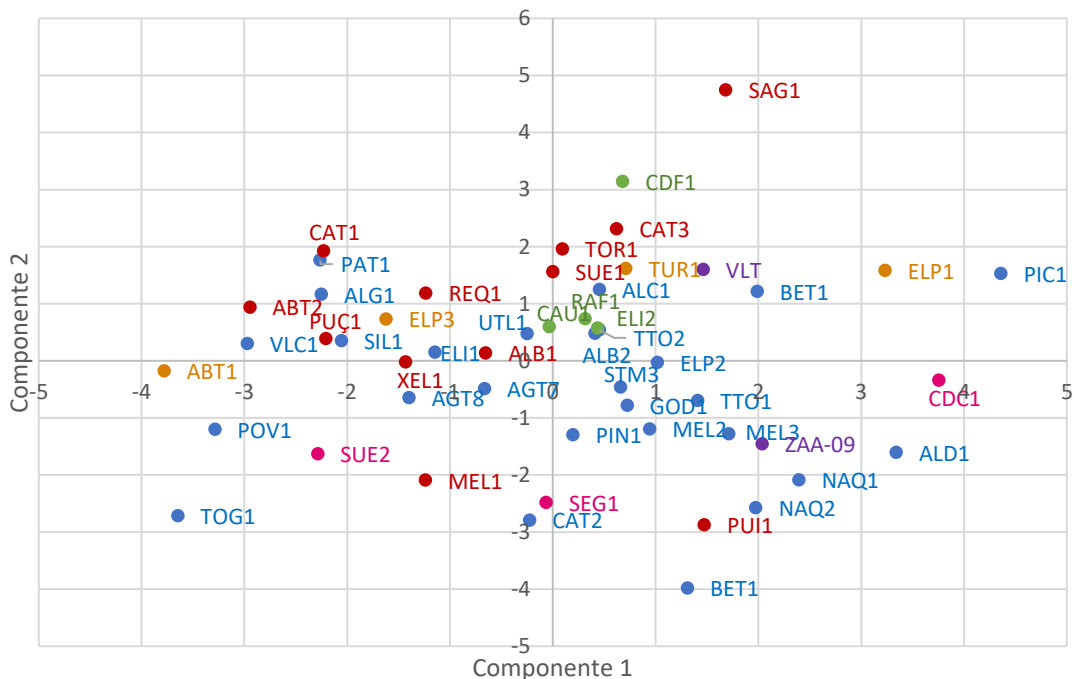


Figura 42. ACP de composición. Los colores indican distintos tipos de variedades (círculo azul, ‘Tomata Valenciana’ tipo ‘Blanca’; círculo naranja, ‘Tomata Valenciana’ tipo ‘Intermedia’; círculo rojo, ‘Tomata Valenciana’ tipo ‘Masclat’; círculo rosa, tomate ‘Rosa’ valenciano; círculo verde, otra tipología de tomate; círculo morado, control).

4.4. Consideración conjunta

Al realizar un análisis de componentes principales (ACP) conjunto con los caracteres de planta, fruto y de composición, se pueden observar de forma más clara las diferencias entre las entradas de la colección de ‘Tomata Valenciana’ (incluyendo la línea mejorada VLT) y el control comercial y entradas que se han considerado fuera de tipo. Para este análisis la primera componente explica un 16,250% de la variación observada y la segunda explica un 12,995% de la misma, acumulando entre ambas un 29,246% (Tabla 11). Para la componente 1, los caracteres que más afectan positivamente son: número de frutos en los racimos 4 a 6, hombro verde y apuntamiento del fruto. Para la segunda componente, afectan de forma positiva: hábito de crecimiento, tipo de inflorescencia, posición del estilo y agrietado radial. También para la segunda componente afectan de forma negativa los caracteres: L y a de hombro verde.

Tabla 12. Valores principales para las dos primeras componentes principales (CPs) de todos los caracteres de la colección caracterizada.

Componente	Eje CP ^a	
	CP1	CP2
<i>Valores propios</i>	11,700	9,357
Porcentaje de la variación que explica	16,250	12,995
Porcentaje acumulado de variación explicada	16,250	29,246
<i>Carácter (vectores principales)</i>		
Hábito de crecimiento	0,0605	0,2535
Densidad de follaje	-0,0578	-0,0372
Inclinación de la hoja	0,1397	0,1446
Densidad de la pubescencia del tallo	0,0646	0,2002
Longitud del entrenudo	-0,0337	-0,0476
Tipo de inflorescencia	-0,0050	0,2494
Hoja/brote en inflorescencia	0,0791	-0,0048
Posición del estilo	0,0069	0,2546
Vigor de la planta	0,0160	0,0617
Diámetro tallo	0,0596	0,1038
Índice SPAD	-0,0396	-0,0613
Dualex N	-0,0950	-0,0345
Dualex Clorofila	0,0115	0,0465
Dualex Antocianos	0,0491	-0,0624
Dualex Flavonoides	0,0856	0,0737
Precocidad	-0,0810	0,0979
Secuencia del cuajado	0,1234	0,0365
NFR1	-0,0003	-0,2677
NFR2	0,1104	0,0108
NFR3	0,1764	-0,0052
NFR4	0,2003	-0,0415
NFR5	0,2003	-0,0365
NFR6	0,2092	-0,0373
NFR7	0,1544	0,0278
nº total de frutos por planta	0,1900	-0,2079
PRODUCCIÓN	-0,0222	0,0177
Ángulo del bulbo radicular	0,0481	-0,0424
Diámetro raíz principal	0,1443	0,0474
Densidad de barbada (D<0,05mm)	-0,0651	0,0099
Color del fruto inmaduro	0,2126	0,0464
L F.I.	-0,1811	-0,0693
a F.I.	-0,2024	-0,0615
b F.I.	0,1888	-0,0412
Hombro verde	0,2017	0,0997
L H.V.	-0,1723	-0,2105
a H.V.	-0,1544	-0,2078
b H.V.	0,0066	-0,0148
Color exterior del fruto	0,0858	-0,0621
L F.M.	-0,1312	-0,0635
a F.M.	-0,0370	-0,1658
b F.M.	-0,0893	-0,1418
Apuntamiento del fruto	0,2083	0,1008
Forma predominante del fruto	0,1067	0,0171
Acostillado	-0,0944	0,2008
Número de lóculos	-0,1669	0,2082
Anchura del fruto	-0,2183	0,1559
Altura del fruto	-0,0609	0,0934
RATIO ALT/ALNC	0,1683	-0,1272
Durómetro	-0,0144	-0,1338
Grosor del pericarpio	-0,0134	-0,1606
Ahuecado	-0,0907	0,0964
Agrietado radial	-0,0125	0,2455
Agrietado concéntrico	0,0522	0,0965
Fasciación del fruto	-0,0709	0,1501
VER	0,0661	0,0047
Peso del fruto	-0,2188	0,1762
º Brix	-0,0535	-0,0486
pH	0,0498	-0,1510
Acidez	-0,0813	0,0218
INDICE DE SABOR	-0,0926	-0,0673
Polifenoles	0,0922	-0,0361
Antioxidantes	-0,0265	0,0806

Componente	Eje CP*	
	CP1	CP2
Licopeno	-0,1871	-0,0238
B-Caroteno	-0,0444	0,0582
Carotenoides totales	-0,1820	0,0214
Ácido ascórbico	-0,0918	-0,0564
Ácido dehidroascórbico	0,0944	-0,1021
Total de vitamina C	0,0156	-0,1585
Fructosa	0,0102	-0,0491
Glucosa	-0,0451	-0,0619
Azúcares	-0,0554	-0,0608

Nota: aparecen en negrita las características de composición de mayor peso en cada componente principal.

En el caso de la consideración conjunta, al igual que en fruto, se pueden apreciar las diferencias entre las diferentes tipologías. Los tomates que no son de otras tipologías se encuentran separados del resto. De entre ellos destaca la entrada CDF-1, la más alejada del resto de entradas, debido a su hábito de crecimiento (siendo la única determinada), tipo de inflorescencia ya que es más simple, estilo de la flor inserto, agrietado radial casi nulo, elevado valor en L y a de hombro verde. En cuanto a RAF-1, CAU-1 y ELI-2, se encuentran en valores negativos de la componente 2 debido al tipo de inflorescencia (más simples), excepto ELI-2. También es debido a un valor más elevado en la a del hombro verde. En cuanto a los controles, ZAA-009 se aleja debido a su bajo agrietado radial, inflorescencia más sencilla, posición del estilo inserto y un hábito de crecimiento semideterminado. Por otra parte, VLT, se encuentra próximo a la tipología 'Tomata valenciana' y de forma más cercana al tipo 'masclet' debido a su gran apuntamiento.

Los tomates valencianos 'Rosa', se encuentran en valores negativos de la primera componente y positivos en la segunda. En el caso de la primera es debido principalmente a su bajo hombro verde, apuntado casi nulo, y bajo número de frutos en los racimos 5 y 6. En cuanto a hábito de crecimiento son indeterminadas, sus inflorescencias son más complejas, presentan una posición del estilo al mismo nivel y un agrietado radial mayor. Todas estas últimas características son similares a la tipología 'Tomata Valenciana'. En cuanto a 'Tomata Valenciana', como se ha explicado en el apartado 4.2. que la tipología 'Intermedia' y 'Masclet' se separa de la 'Blanca' debido a apuntamiento del fruto, hombro verde y color del fruto inmaduro, obteniendo valores más elevados la tipología 'Masclet' que la 'Intermedia'. También se puede apreciar que la tipología 'Masclet' tiene un mayor número de frutos entre los racimos 4 a 6 que los de tipología 'Intermedia' y 'Blancas'.

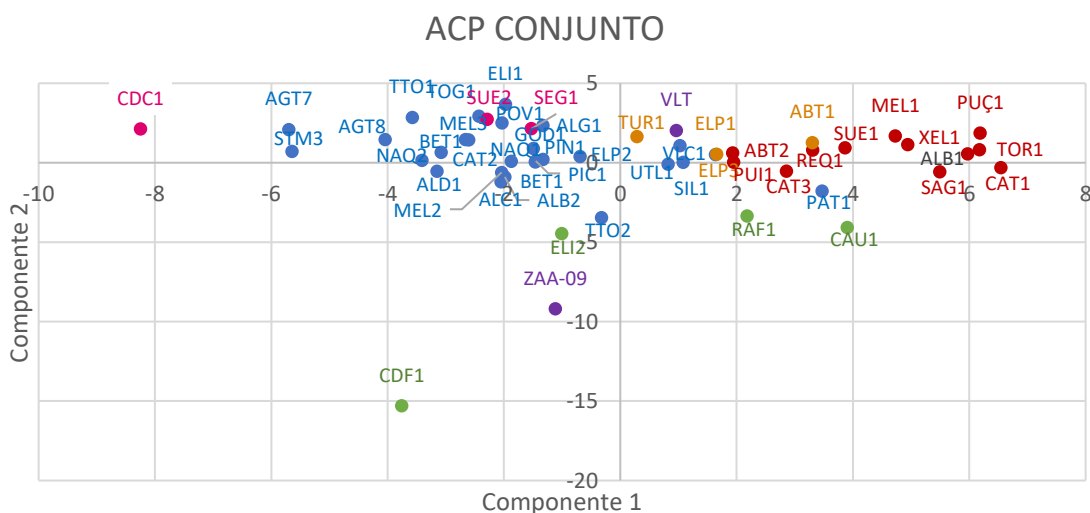


Figura 43. ACP conjunto. Los colores indican distintos tipos de variedades (círculo azul, 'Tomata Valenciana' tipo 'Blanca'; círculo naranja, 'Tomata Valenciana' tipo 'Intermedia'; círculo rojo, 'Tomata Valenciana' tipo 'Masclet'; círculo rosa, tomate 'Rosa' valenciano; círculo verde, otra tipología de tomate; círculo morado, control).

4.5. Selección de variedades

Se ha realizado una selección de las mejores entradas de ‘Tomata Valenciana’. Primeramente, se ha jerarquizado por una elevada producción y vigor de planta. En segundo lugar, se ha valorado el elevado cuajado, peso de fruto y contenido en polifenoles y antioxidantes (Tabla 13).

Tabla 13. Variedades seleccionadas, según los caracteres de la primera fila.

ENTRADA	TIPO	PRODUCCIÓN	Vigor de la planta	Secuencia del cuajado	Peso del fruto	Polifenoles	Antioxidantes
ALD1	BLANCA	6545,05	5	5	350,01	23,68	234,27
MEL3	BLANCA	5685,69	6	4	473,37	24,66	246,27
BET1	BLANCA	5405,48	5	4	435,16	21,54	216,65
PIN1	BLANCA	5381,51	5	5	385,70	25,01	160,51
PAT1	BLANCA	4662,18	7	6	213,11	19,54	176,41
ALB1	MASCLET	4658,13	5	5	214,69	27,21	199,76
VLC1	BLANCA	4613,86	6	6	312,89	16,42	160,61
SIL1	BLANCA	4469,40	5	6	316,91	21,90	134,52
ELP1	INTERMEDIO	4468,23	6	6	281,12	25,04	207,50
TOR1	MASCLET	4187,34	6	6	227,87	20,92	175,71
CAT1	MASCLET	4185,88	5	5	200,07	21,78	138,85

En la tabla anterior encontramos de la tipología ‘Intermedia’ la entrada ELP-1, ya que es la que mayor producción, vigor y secuencia de cuajado presenta. En el caso de la tipología ‘Mascllet’, se han seleccionado las 3 entradas más productivas, las cuales son ALB-1, TOR-1 y CAT-1. Estas entradas tienen una menor producción que la tipología ‘Blanca’. En el caso de la tipología ‘Blanca’, las entradas ALD-1, MEL-3 y BET-1 presentan las mayores producciones con secuencias de cuajado menos elevadas que las de tipología ‘Mascllet’, pero debido a su mayor peso de fruto han resultado tener mayor producción. También estas dos entradas son las que presentan valores más elevados en antioxidantes de esta tipología. En cuanto a la entrada PIN-1 se ha seleccionado debido a su elevado contenido de polifenoles conservando una elevada producción. Por otra parte, las entradas restantes (PAT-1, VLC-1, SIL-1) se han seleccionado por una mayor secuencia de cuajado en el grupo ‘Blancas’.

4.6. Estudio de correlaciones entre caracteres

El análisis de correlaciones mostró, mediante los coeficientes de Pearson, que algunos caracteres estudiados se encuentran fuertemente correlacionados, presentando una dependencia lineal. Las correlaciones muy significativas y fuertemente relacionadas son 16 positivas y 7 negativas. Entre las positivas tenemos: la posición del estilo con tipo de inflorescencia, NFR 5 con NFR 6, L fruto inmaduro con a de fruto inmaduro, hombro verde con color del fruto inmaduro, L de hombro verde con a de hombro verde, color del fruto inmaduro con apuntamiento, hombro verde con apuntamiento, número de lóculos con anchura de fruto, número de lóculos con peso del fruto, peso del fruto con la anchura del fruto, °Brix con el índice de sabor, la acidez con el índice de sabor, Licopeno con carotenoides totales, Fructosa con glucosa, fructosa con azúcares totales y glucosa con azúcares totales. De las negativas, encontramos: ratio altura/anchura con la anchura del fruto, número de total de frutos con el peso de frutos, anchura del fruto con el número total de frutos, el número de lóculos con el número total de frutos, a del fruto inmaduro con b del fruto inmaduro, Dualex N con Dualex flavonoides y hábito de crecimiento con NFR 1. (Figura 43).

Entre las correlaciones más interesantes destacaríamos los grados Brix y el índice de sabor, anchura del fruto con peso del fruto, hombro verde con apuntamiento, a y b de fruto inmaduro, a y L de fruto inmaduro, Dualex N con Dualex flavonoides, peso del fruto con número total de frutos, carotenoides totales con licopeno, fructosa con glucosa y fructosa y glucosa con azúcares totales.

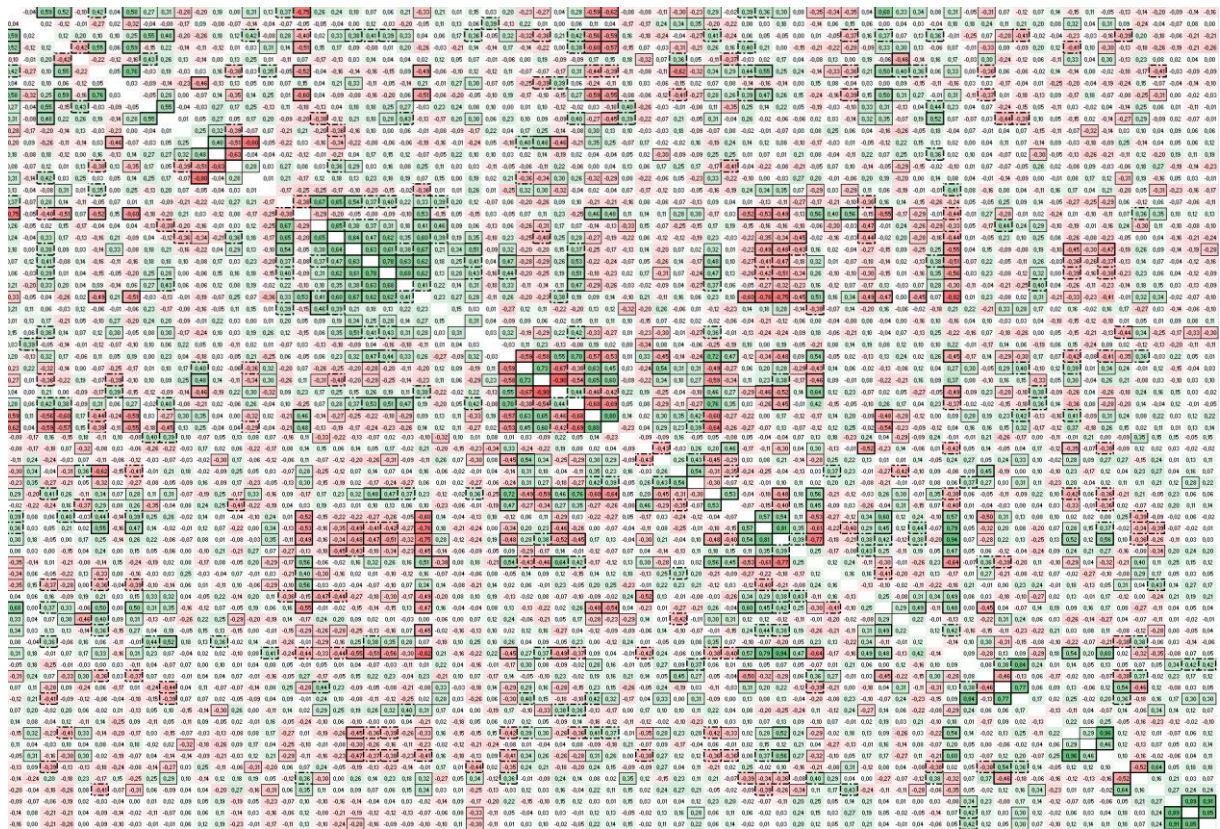


Figura 43. Correlaciones entre los caracteres de planta, fruto y composición. Manteniendo el orden de los caracteres mencionados en los apartados 4.1., 4.2. y 4.3.

Teniendo bordes gruesos los índices con un p-valor inferior a 0,001, bordes discontinuos los índices con un p-valor comprendido (0,001 – 0,01) y bordes finos los índices con un p-valor comprendido (0,01 – 0,05]. En cuanto a color, cuanto más negativo es el valor del índice, más intensidad de rojo presenta el valor y cuanto más positivo es el valor del índice, más intensidad de verde presenta el valor.

4.7. Establecimiento de repositorio de la ‘Tomata Valenciana’

Tras la extracción de semillas, se pesaron por entrada las semillas producidas. Los pesos se encuentran en la tabla 14.

Tabla 14. Pesos de semilla obtenidos.

Entrada	Peso (g)	Entrada	Peso (g)	Entrada	Peso (g)	Entrada	Peso (g)	Entrada	Peso (g)
ABT-1	1,20	BET-1	1,32	GOD-1	2,45	POV-1	1,58	TOR-1	3,46
ABT-2	1,29	BET-2	1,09	MEL-1	3,58	PUÇ-1	2,42	TTO-1	1,99
AGT-7	1,19	CAT-1	1,61	MEL-2	3,33	PUI-1	2,80	TTO-2	1,29
AGT-8	3,09	CAT-2	1,95	MEL-3	2,27	REQ-1	2,35	TUR-1	1,24
ALB-1	2,29	CAT-3	4,21	NAQ-1	5,41	SAG-1	3,31	UTL-1	1,92
ALB-2	3,30	ELI-1	2,81	NAQ-2	2,42	SIL-1	2,39	VLC-1	1,70
ALC-1	1,62	ELP-1	3,77	PAT-1	4,41	STM-3	2,54	XEL-1	2,62
ALD-1	2,10	ELP-2	5,16	PIC-1	5,74	SUE-1	2,09		
ALG-2	3,35	ELP-3	2,63	PIN-1	2,47	TOG-1	1,82		

La obtención de estas semillas ha permitido establecer un repositorio que se encuentra a disposición de los agricultores de la Associació de Productors i Comercialitzadors de la Tomata Valenciana y otros agricultores para su cultivo. Por otra parte tiene el fin de su utilización para otros estudios y, conservarse y reproducirse para el futuro.

5. CONCLUSIONES

- 5.1. Se ha realizado la caracterización morfológica, agronómica y de composición una colección de 46 entradas de 'Tomata Valenciana'. Esta información generada será muy útil para su utilización por parte de los agricultores y mejoradores.
- 5.2. A partir de las características de fruto de intensidad del hombro de fruto, color del fruto inmaduro y el apuntamiento se han establecido las tipologías de 'Tomata Valenciana' 'Masclat' y 'Blanca'. La caracterización efectuada de fruto ha permitido identificar entradas con de tipología intermedia.
- 5.3. Las características de planta y de fruto ha permitido confirmar el agrupamiento de las entradas evaluadas en dos grupos 'Masclat' (13) y 'Blanca' (26) dentro de la colección. Las entradas denominadas 'Intermedias' (4) se posicionan como se esperaba en los dos grupos citados anteriormente.
- 5.4. El trabajo realizado de caracterización ha permitido la selección dentro de cada tipología de fruto de las entradas más prometedoras para, o bien su recomendación para cultivo por parte de los agricultores, o bien para acometer programas de mejora genética. Así se han seleccionado las entradas (ALB-1, TOR-1 y CAT-1) de la tipología 'Masclat, las entradas (ALD-1, MEL-3, BET-1, PIN-1, PAT-1VLC-1 Y SIL-1) de la tipología 'Blanca' y la entrada (ELP-1) como 'Intermedia'.
- 5.5. Se han establecido las correlaciones entre los caracteres morfológicos, agronómicos y de composición estudiados. A partir de las correlaciones más interesantes, se da pie a la realización de futuros trabajos.
- 5.6. Se ha conseguido semilla de autofecundación controlada de cada entrada de 'Tomata Valenciana'. Con esta se ha establecido un repositorio de semilla para suministrar a los agricultores, y por otra parte, para su conservación futura en el Banco de Germoplasma de la UPV.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alcubierre, L. (2016). Caracterización morfológica y agronómica de una colección de variedades tradicionales de tomate [Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València]. Riunet.

Blanca, J.; Cañizares, J.; Díez, M.J.; Montero Pau, J.; Sanchez Matarredona, D. & Van der Knaap, E. (2022). Haplotype analyses reveal novel insights into tomato history and domestication driven by long-distance migrations and latitudinal adaptations. *Horticulture Research*, 9: uhac030.

Casañas, F.; Simó, J.; Casals, J. & Prohens, J. (2017). Toward an Evolved Concept of landrace. *Frontiers in Plant Science*, 8:145.

Casanova C., Figàs M.R., Soler E., Rosa E, Prohens J. y Soler S. (2021). Caracterización morfológica, agronómica y de calidad de la colección de 'Tomata valenciana' de la "Associació de productors i comercialitzadors de tomata valenciana" en condiciones de cultivo ecológico.

Figàs, M.R. (2017). Caracterización, tipificación, selección y mejora genética de variedades valencianas de tomate [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. Riunet.

Gepts, P. & Papa, R. (2002). Evolution during domestication. *Encyclopedia of life sciences*. Macmillan publishers Ltd.

Gepts, P. (2004). Plant and animal domestication as human-made evolution. *Evolutionary science and society: educating a new generation*. American institute of biological science. Washington DC. 180-186.

Harlan, J.R. (1975). Our Vanishing Genetic Resources: Modern varieties replace ancient populations that have provide genetic variability for plant breeding programs. *Science*, 188 (4188): 618-621.

Jolliffe, I.T. (2002). *Principal Component Analysis*. Springer. New York.

Lara, M.R. (2017). Caracterización morfológica y agronómica de una colección de variedades de tomate y pimiento de la comarca de La Vall D'Albaida. [Trabajo Final de Máster, Universitat Politècnica de València]. Riunet.

Li, G.; Tierman, D. & Yang, Z. (2019). Genomics approaches to domestication studies of horticultural crops. *Horticultural Plant Journal*, 5, 240-6.

López, M.L. (2016). The history of the arrival of the tomato in Europe: an initial overview. Marone, D.; Russo, M.A.; Mores, A.; Ficco, D.B.; Laidò, G.; Mastrangelo, A.M. & Borrelli, G.M. (2021). Importance of landscapes in cereal breeding for stress tolerance. *Plants*, 10 (7): 1267.

Newton, A.C.; Akar, T.; Baresl, J.P.; Bebeli P.J.; Bettencourt, E.; Bladenopoulos, K.V. & Patto, M.C. (2011). Cereal landraces for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 237-269.

Roselló, J. & Santamarina, M.P. (2009). *Botánica agrícola para el medio rural*. Phytoma.

Soler, S.; Figàs, MR. & Prohens Tomàs, J. (2017). I Congrés de la tomaca valenciana. La tomaca valenciana d'el Perelló. Universitat Politècnica de València.

Soler, S.; Prohens, J.; López, C.; Aramburu, J. Galipienso, L. & Nuez, F. (2010). Viruses infecting tomato in Valencia, Spain: occurrence, distribution and effect of seed origin. *Journal of Phytopathology*, 158: 797 – 805.