



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

Evaluación para características de calidad de una
colección de entradas de tomate De penjar en invernadero
en condiciones de cultivo ecológico.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Biotecnología

AUTOR/A: Sivera Criado, Pau

Tutor/a: Soler Aleixandre, Salvador

Cotutor/a: Raigón Jiménez, M^a Dolores

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica
i del Medi Natural

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR

DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

EVALUACIÓN PARA CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE
UNA COLECCIÓN DE ENTRADAS DE TOMATE ‘DE PENJAR’
EN INVERNADERO EN CONDICIONES DE CULTIVO
ECOLÓGICO

TRABAJO FINAL DE GRADO

GRADO EN BIOTECNOLOGÍA

Autor:
Sivera Criado, Pau

Tutor:
Dr. Salvador Soler Aleixandre

12 de septiembre de 2022

Resumen

El tomate 'De Penjar' (*Solanum lycopersicum* L.) es un tipo varietal tradicional de la región mediterránea española, caracterizado por ser portador del alelo alc en el locus NOR.NAC, que proporciona una larga vida útil postcosecha. El cultivo de estos tomates tradicionales en invernadero se está expandiendo debido a su creciente demanda en el mercado. Se han evaluado, bajo cultivo ecológico, una colección de 62 entradas de tomate 'De Penjar' de la Comunidad Valenciana en invernadero. Se han incluido en el trabajo 5 variedades control (2 híbridos F1, 2 selecciones comerciales y 1 línea de mejora). En esta colección se han evaluado las características de calidad de contenido en sólidos solubles (^oBrix), pH, porcentaje de acidez (% de ácido cítrico), índice de sabor, licopeno, carotenoides totales, polifenoles y antioxidantes. En este trabajo, se ha partido de una colección de tomate 'De Penjar' que presenta una gran diversidad tanto para caracteres cualitativos como cuantitativos. Por ejemplo, presenta entradas con color del fruto rojo, rosa, rojo anaranjado y naranja-rosa, así como para la forma del fruto, con morfologías variadas (ligeramente achatada, circular, obovadas, elipsoide o en forma de pera). La evaluación de esta colección, diversa a nivel morfoagronómico, para características de calidad, proporcionará resultados concluyentes que permitirá poner de manifiesto el valor tanto genético como nutricional de este tipo de variedad local.

PALABRAS CLAVE: Calidad Nutricional; Variedad Tradicional; De Penjar; Diversidad Genética

Abstract

The tomato 'De Penjar' (*Solanum lycopersicum* L.) is a traditional varietal type of the Spanish Mediterranean region, characterized by carrying the alc allele at the NOR locus. NAC, which provides a long post-harvest service life. The cultivation of these traditional tomatoes in greenhouse is expanding due to their growing demand in the market. A collection of 62 'De Penjar' tomato entries from the Valencian Community in greenhouse have been evaluated under organic farming. 5 control varieties (2 F1 hybrids, 2 commercial selections and 1 improvement line) have been included in the work. In this collection, the quality characteristics of soluble solids content ($^{\circ}$ Brix), pH, percentage of acidity (% citric acid), flavor index, lycopene, total carotenoids, polyphenols and antioxidants have been evaluated. In this work, we have started from a tomato collection 'De Penjar' that presents a great diversity for both qualitative and quantitative characters. For example, it presents entries with red, pink, orange-red and orange-pink fruit color, as well as for the shape of the fruit, with varied morphologies (slightly flattened, circular, obovate, ellipsoid or pear-shaped). The evaluation of this collection, diverse at the morphoagronomic level, for quality characteristics, will provide conclusive results that will allow to highlight the genetic and nutritional value of this type of local variety.

KEY WORDS: Nutritional Quality; Traditional Variety; 'De Penjar'; Genetic diversity

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Importancia económica	1
1.1.1. Nivel mundial	1
1.1.2. Unión Europea	2
1.1.3. Nivel nacional	2
1.1.4. Comunitat Valenciana	4
1.2. Las variedades tradicionales en el contexto agrícola actual	4
1.2.1. El tomate en la C. Valenciana	5
1.2.2. El tomate 'De Penjar	7
1.3. Importancia de la calidad nutricional en la revalorización de productos tradicionales	8
2. Objetivos	10
3. Materiales y métodos	11
3.1. Material vegetal	11
3.2. Condiciones de cultivo	13
3.3. Obtención de datos fenotípicos	14
3.4. Procesado de la muestra	14
3.5. Obtención de datos de calidad	15
3.5.1. Contenido en sólidos solubles	16
3.5.2. Determinación de pH y acidez	16
3.5.3. Índice de sabor	16
3.5.4. Antioxidantes	17
3.5.5. Contenido en carotenoides	18
3.5.6. Contenido en polifenoles	19
3.6. Análisis estadístico	20
4. Resultados y discusión	21
4.1. Análisis en base a los descriptores de fruto	21
4.2. Análisis en base a los descriptores morfoagronómicos de calidad	24
4.3. Análisis conjunto	27
4.4. Análisis de correlaciones	28
5. Conclusión	31
6. Bibliografía	32

Índice de figuras

1.1.1.Representación de los 10 países principales productores de tomate en 2020 Fuente: FAOSTAT 2022	1
1.1.2.Producción de tomates por autonomía en España en 2020. Fuente: STATISTA, 2022	3
1.2.1.Foto de los distintos tipos de tomate de tipo varietal “Valenciano”. En la izquierda tipo “Rotllo”, en el centro tipo “Femella” y en la derecha tipo “Masplet”. Obtenido de Alcubierre Pueyo, L. (2016).	6
1.2.2.Tomates “De Penjar” colgados y trenzados según la manera tradicional. Fuente: tomatadepenjar.com	7
3.4.1.Muestras ordenadas por bloque junto a los tubos falcon antes de su procesado. .	15
3.5.1.Refractómetro digital HI 96801. Fuente: HANNA Instruments.	16
3.5.2.Recta de calibrado para patrón de TROLOX obtenida durante los análisis. . . .	17
3.5.3.Recta de calibrado para patrón de ácido gálico obtenida durante los análisis. . . .	20
4.1.1.Representación gráfica de la distribución obtenida tras el análisis ACP para los 62 materiales con los descriptores de fruto.	23
4.2.1.Representación gráfica de la distribución obtenida tras el análisis ACP para los 62 materiales con los descriptores de calidad.	26
4.3.1.Representación gráfica de la distribución obtenida tras el análisis ACP para los 62 materiales con los descriptores de fruto y de calidad.	28

Índice de cuadros

1.1.1.Países a los que España exportó tomate durante el año 2020.Fuente: PRODUCE-PAY, 2022	3
1.1.2.Superficie, rendimiento y producción de tomate en las provincias de la Comunitat Valenciana en 2013. Fuente: www.magrama.org.es	4
3.1.1.Listado de las diferentes entradas de la colección evaluada con su correspondiente código, tipo varietal y origen.	11
3.1.1.Listado de las diferentes entradas de la colección evaluada con su correspondiente código, tipo varietal y origen.	12
3.1.1.Listado de las diferentes entradas de la colección evaluada con su correspondiente código, tipo varietal y origen.	13
3.3.1.Descriptores de fruto y sus correspondientes unidades de medida usados en la caracterización de las diferentes entradas de la colección evaluada.	14
3.5.1.Descriptores de evaluación referentes a la calidad y sus correspondientes unidades de medida usados en la caracterización de las diferentes entradas de la colección evaluada.	15
4.1.1.Análisis estadístico de los descriptores de fruto evaluados en la colección de tomate “De Penjar”.	21
4.1.2.Valores principales para las dos primeras componentes principales (PCs) de los descriptores de fruto evaluados en los 5 controles y las variedades de la colección ‘De Penjar’.	22
4.1.3.Comparativa de medias de los descriptores de fruto evaluados entre los controles y las variedades.	23
4.2.1.Análisis estadístico de los descriptores de calidad evaluados en la colección de tomate “De Penjar”.	24
4.2.2.Valores principales para las dos primeras componentes principales (PCs) de los descriptores de calidad evaluados en los 5 controles y las variedades de la colección ‘De Penjar’.	25
4.2.3.Comparativa de medias de los parámetros de calidad evaluados entre los controles y las variedades.	26
4.3.1.Valores principales para las dos primeras componentes principales (PCs) de los descriptores de fruto y de calidad evaluados en los 5 controles y las variedades de la colección ‘De Penjar’.	27
4.4.1.Análisis de correlaciones entre los diferentes parámetros de calidad y morfológicos de fruto evaluados durante el estudio.	30

Índice de ecuaciones

3.5.1.	Obtención índice de sabor 3.5.1	16
3.5.2.	Cuantificación licopeno 3.5.2	18
3.5.3.	Cuantificación β -caroteno 3.5.3	18
3.5.4.	Cuantificación carotenoides totales 3.5.4	19

1 | Introducción

1.1. Importancia económica

1.1.1. Nivel mundial

El tomate es una planta cuyo origen ha sido muy discutido, pero que se sitúa en América del Sur. Esta teoría se apoya en el hecho que en dicha zona existen 13 especies silvestres emparentadas con el tomate cultivado (Peralta et al., 2006). De ahí es de donde los españoles lo introdujeron en Europa después del descubrimiento del continente americano. En un principio fue introducido como una planta ornamental. Sin embargo, desde mediados del siglo XVI, será cultivado y consumido en Europa del sur, fundamentalmente en España e Italia, difundiéndose por el noroeste de Europa a finales del siglo XVIII (Costa y Heuvelik, 2005). Centrándonos en España, en el siglo XVIII ya estaba extendido por toda la Península Ibérica (Quer, 1762-1784; Alcubierre Pueyo, L. 2016).

En la actualidad, el tomate es el segundo cultivo más importante a nivel económico después de la patata con una producción en el año 2020 de 186.821.216 toneladas, obtenidas en una superficie cosechada de 5.051.983 hectáreas.

En ese mismo año, China fue el principal productor de tomate, en el mundo, con 64.768.158 toneladas (34,7%). Le siguió India con 20.573.000 toneladas (11,0%) y Turquía con 13.204.015 toneladas (7,1%). Estos tres países representaron el 52,7% de la producción mundial (FAOSTAT, 2022).

En cuanto al comercio de esta hortaliza, en 2020, México lideró la exportación de tomate con 1.826.715 toneladas y un valor de 2.606 millones de dólares, lo que representó el 23,5% del volumen total y el 26,4% del valor total de las exportaciones mundiales.

En segundo y tercer lugar quedaron Países Bajos y España con 1.024.069 y 734.223 toneladas, que representaron el 13,2% y el 9,4% del volumen total de tomate exportado en el mundo, respectivamente; completaron las primeras cinco posiciones, Marruecos con el 7,7% y Turquía con el 6,6% (PRODUCEPAY, 2022).

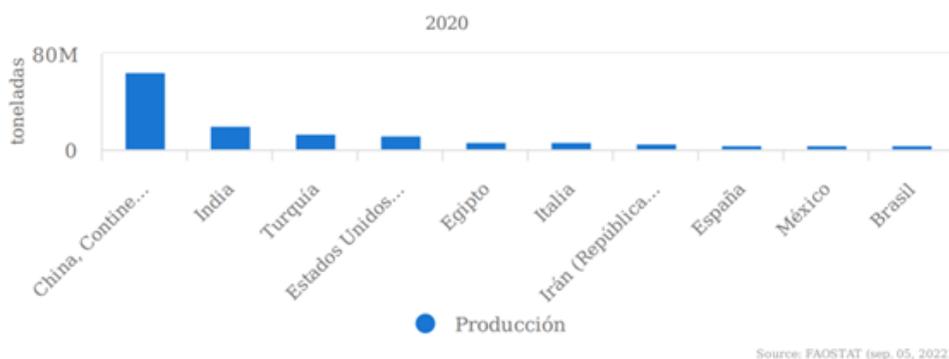


Figura 1.1.1. Representación de los 10 países principales productores de tomate en 2020 Fuente: FAOSTAT 2022

1.1.2. Unión Europea

En la actualidad el comercio internacional del tomate está localizado en dos áreas concretas con alto poder adquisitivo: La Unión Europea y Estados Unidos. Los países que suministran a la Unión Europea son: España, Países Bajos y Marruecos. Por otro lado, Estados Unidos recibe las exportaciones de México (INFOAGRO, 2003).

La producción de tomate fresco en la UE en 2022 se situará en 6,2 millones de toneladas, lo que supone una reducción del 3% respecto al año 2021, según dicta el Informe sobre perspectivas a corto plazo para los mercados agrícolas en 2022, de la Comisión Europea (AGRONEWS CASTILLA Y LEÓN, 2022). Los principales factores causantes son la menor producción en los invernaderos debido al alto coste de energía, así como un cambio en las variedades plantadas, que se están orientando a la variedad Cherry (FINANCIAL FOOD, 2022).

A nivel de rendimientos, Bélgica, Países Bajos y Finlandia fueron los países con el mayor rendimiento promedio, con 502,4, 486,6 y 412,5 toneladas por hectárea, respectivamente. Cabe destacar que estos países obtienen rendimientos tan elevados gracias a un uso de prácticas culturales muy avanzadas y la inversión realizada en investigación. Sus climas no son tan favorables para este tipo de cultivo, sensible a los cambios de temperatura y la humedad, como el clima de países como España e Italia, que se sitúan a la cabeza en producción hortícola y frutícola de la Unión Europea. Estos obtuvieron una producción de 4.312.900 y 6.247.910 toneladas respectivamente.

El mayor exportador dentro del continente es Países Bajos. En 2020 su principal destino fue Alemania, a donde se enviaron 427.193 toneladas, dejando un ingreso de 952,6 millones de dólares (PRODUCEPAY, 2022).

1.1.3. Nivel nacional

En España, se cultiva tomate en prácticamente toda ella, aunque a nivel importante destacan las comunidades de Andalucía, Región de Murcia, Comunidad Valenciana y Cataluña en producción de tomate para consumo en fresco, mientras que Canarias y Extremadura destacan en la producción de tomate para industria.

Dentro de estas comunidades, Extremadura fue el principal productor de esta hortaliza en el año 2020 al generar un total de 1,7 millones de toneladas. Andalucía, le siguió en segunda posición con unas 31.300 toneladas de diferencia.

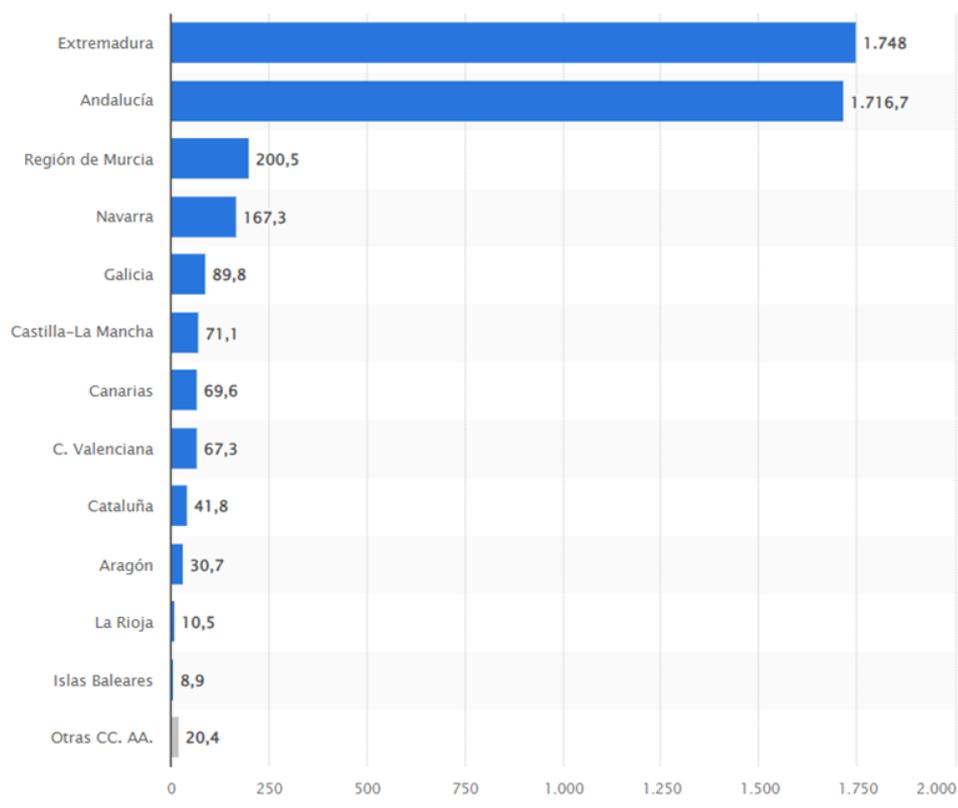


Figura 1.1.2. Producción de tomates por autonomía en España en 2020. Fuente: STATISTA, 2022

España se ha consolidado como el tercer mayor exportador del mundo. En 2020 el principal destino para el tomate español fue Alemania, a donde se enviaron 185.620 toneladas, lo que representó el 25.4 % del volumen total exportado, dejando un ingreso de 326,4 millones de dólares. El segundo y tercer destino fue Francia y Reino Unido, a donde se envió el 15.4 % y 13.4 % del volumen exportado, respectivamente.

Tabla 1.1.1. Países a los que España exportó tomate durante el año 2020. Fuente: PRODUCEPAY, 2022

País	Volumen(Tm)	Volumen(%)	Valor(mdd)	Valor(%)
Alemania	185.620	25,4	326,4	30,5
Francia	113.027	15,4	133,9	12,5
Reino Unido	98.274	13,4	138,3	12,9
Otros países	335.152	45,8	472,3	44,1
Total	732.073	100	1.070,9	100

Algo que llama la atención es que Alemania es el principal destino tanto de las exportaciones de Países Bajos como de España, razón por la cual se ha consolidado como el segundo mayor importador de tomate en el mundo.

1.1.4. Comunitat Valenciana

En el caso de la C. Valenciana, la producción ascendió a 67.300 toneladas en el año 2020, destacando sobre todo por su producción para consumo en fresco (STATISTA, 2022).

En los distintos territorios valencianos se dedican al cultivo del tomate unas 1.200 ha. De estas, 544 ha pertenecen al territorio de Castelló, con más del 80 % del total a cultivo al aire libre, llegando a obtener una producción de 10.750 Tm. La provincia de Alacant ocupa 534 ha de tomate dedicados la mayoría al cultivo bajo invernadero (89%), con una producción de 56.391 Tm . Finalmente en el territorio de València solamente se destinan 122 ha a este cultivo, obteniendo una producción de 5.108 Tm (Alcubierre Pueyo, L. 2016).

Tabla 1.1.2. Superficie, rendimiento y producción de tomate en las provincias de la Comunitat Valenciana en 2013. Fuente: www.magrama.org.es .

Provincias	Superficie(ha)		Rendimiento(kg/ha)		Producción(Tm)
	Secano	Regadío	Secano	Regadío	
Castelló	64	544	10.000	53.651	10.750
València	-	122	-	66.678	5.108
Alacant	-	534	-	147.277	56.391
Total	64	1.200	10.000	122.606	72.249

Las diferentes condiciones climáticas son las que explican los distintos tipos de cultivo que se dan principalmente en cada provincia. De esta forma, en Castelló donde se mantiene el cultivo de secano, encontramos un mayor número de entradas de nuestra colección de variedades tradicionales. Esto se explica por el hecho de que este tipo de variedades locales, han evolucionado y están adaptados a condiciones de campo abierto bajo condiciones de bajo consumo de recursos. Sin embargo, el cultivo bajo invernadero se está expandiendo debido al aumento de su demanda y la necesidad de producción fuera de temporada (Moreno, 2019).

1.2. Las variedades tradicionales en el contexto agrícola actual

La necesidad de la conservación de la biodiversidad esta universalmente aceptada. Las distintas especies cultivadas y la diversidad entre ellas y dentro de ellas, tienen un importante valor socioeconómico y patrimonial. La mayor parte de la diversidad genética en las especies domesticadas se encuentra en variedades tradicionales mantenidas por los sistemas agrícolas tradicionales (Villa et al., 2005).

Las variedades tradicionales, locales o autóctonas son el resultado del cultivo de una variedad por el agricultor en un determinado ambiente. Se definen como poblaciones dinámicas de una planta cultivada con un origen histórico, una identidad distinta, a menudo genéticamente diversa y adaptada localmente. Estas variedades también se encuentran asociadas con un conjunto de prácticas de selección de semillas y manejo del campo de cultivo, así como con una base de conocimientos de los agricultores asociados al cultivo de una variedad concreta. Estos procesos de selección se realizaban atendiendo a criterios que no tenían por qué coincidir con los usados por las casas comerciales de semillas.(Azeez et al., 2018)

Al contrario de las variedades comerciales, las variedades autóctonas locales de cultivos hortícolas como el tomate, a menudo han sido descuidadas y poco estudiadas (Hurtado et al., 2014). Existe poca información científica sobre sus características y propiedades únicas, por lo que los productores suelen optar por el cultivo de híbridos en lugar de variedades debido a que las ventajas asociadas a este tipo de variedades son de orden variado y de indudable interés. Una de las principales ventajas es que los híbridos incorporan resistencias a múltiples enfermedades, además de tener producciones aumentadas y ser uniformes a nivel genético, entre otras (UNIVERSIDAD AGRÍCOLA, 2022; Cortés Olmos, C. 2015). Por contra, las variedades tradicionales tienen genotipos esenciales para la mejora de cultivos debido a su alto potencial para adaptarse a condiciones ambientales específicas y la gran fuente de variabilidad genética que proporcionan. Es por esto que los últimos años se han vuelto tan importantes en la búsqueda de genes para la tolerancia o resistencia a factores bióticos y abióticos de interés en la agricultura (Araújo et al., 2002).

De esta manera, la recuperación del cultivo de las variedades autóctonas locales pasa por realizar inversiones dirigidas a su caracterización, selección y cruzamiento. Esto comportará poner las bases para conseguir una mejora en su producción, calidad o ambas (Hurtado et al., 2014). La determinación de características nutritivas o de composición de interés en las variedades locales, posibilitan visualizarlas como productos de calidad diferenciada. Esto contribuye a valorizarlas y que el agricultor pueda posicionarlas en el mercado a precios más interesantes que compensen los gastos de producción más elevados de este tipo de variedades.

1.2.1. El tomate en la C. Valenciana

En los diferentes territorios valencianos a lo largo de los siglos los agricultores fueron generando un valioso patrimonio constituido por gran diversidad de variedades tradicionales de hortalizas. Las variedades desarrolladas se fueron diferenciando dependiendo de las diferentes condiciones agroclimáticas valencianas y los diversos tipos de selección aplicada por los agricultores en cada localidad o zona de cultivo (Figàs et al., 2015). En el caso concreto del tomate, la Comunidad Valenciana ha sido históricamente una zona productora y en ella encontramos un gran número de variedades tradicionales, aunque en la actualidad la producción a gran escala se concentra en otras autonomías como Extremadura y Andalucía.

En la actualidad, las zonas de la huerta con más tradición histórica de Valencia se localizan en las comarcas de L' Horta (alrededores de la capital), la Plana Alta (Vinaròs), Baix Vinalopó (alrededores de Elx) y Baix Segura (Zona de Oriola). Estas cuatro zonas se caracterizan por poseer pequeñas propiedades agrarias con elevados niveles de minifundismo. La mayoría de estas propiedades son cultivadas por agricultores de avanzada edad y con riesgo muy elevado de desaparición a corto plazo (Ferrer Ripollés y Zaragoza Rovira, 1980). Desde hace años, los propietarios de estos minifundios han pasado al cultivo de semillas procedentes de casas productoras, empujados por los mayores rendimientos que estas prometen (Cortés Olmos, C. 2015). Esto, junto con otros factores, esta llevando a que se produzca la erosión genética de las variedades tradicionales. El trabajo de ciertas instituciones, como pueda ser el Grup de Conservació i Millora de Varietats Tradicionals Valencianes y del Banco de Germoplasma del Institut Universitari de Conservació i Millora de l' Agrodiversitat Valenciana (COMAV), que se dedican a la conservación de nuestros recursos fitogenéticos no supone una solución total frente a este fenómeno que hace peligrar nuestra biodiversidad. Hay consenso en la necesidad de fomentar e incentivar el cultivo de estas variedades tradicionales por parte de los agricultores locales, ya que la conservación ex situ es insuficiente. En este sentido, ya se están tomando medidas por parte de las instituciones. El Plan Valenciano de la Producción Ecológica plantea un cambio hacia la sostenibilidad, donde los recursos locales, y en concreto los recursos fitogenéticos, que formen parte de otra manera

de producir, comercializar y consumir. El PVPE contempla una línea específica para el Plan de la Diversidad Agraria, que pretende aumentar el uso, la conservación en finca, la valorización comercial y el conocimiento entre los consumidores de estas variedades tradicionales (J.Roselló 2017).

En las distintas áreas hortícolas valencianas, fruto de la selección realizada por los agricultores durante decenios de años, se han ido generando numerosas variedades tradicionales, que se caracterizan por su amplia diversidad morfológica y una elevada calidad organoléptica. (Alcubierre Pueyo, L. 2016). Aunque para adaptarse al modelo productivo existente, en el que la productividad juega un rol principal, la mayor parte de los agricultores decidieran sustituir sus variedades tradicionales. A pesar de ello, lo cierto es que desde los años noventa se inició un posicionamiento de grupos de consumidores que se alejaban de los sistemas intensivos de producción en busca de sistemas alternativos que valorasen la calidad de los productos. Así, poco a poco se fueron expandiendo nichos de mercado asociados a productos de calidad generados en sistemas de cultivo tradicionales, surgiendo lo que se conoce como mercado de calidad. En este tipo de mercado se valora la mayor calidad organoléptica de las variedades tradicionales que la de los híbridos mejorados de las explotaciones intensivas. Además se valoran aspectos como el impacto del sistema de producción empleado sobre el medioambiente y el origen de los productos (Cortés Olmos, C. 2015). Esto supone una oportunidad de encontrar un nicho de mercado para aquellos productores que conservan las variedades tradicionales de tomate presentes en la Comunidad Valenciana en sus explotaciones.

Dentro de estas variedades tradicionales valencianas, destaca principalmente la variedad de tomate ‘Valenciano’, la cual no es una variedad uniforme. Existe cierta variación entre plantas e incluso en la misma planta, y dependiendo de la forma del fruto se puede distinguir entre sus distintos tipos. Los “rotllos” son tomates achatados y deformes, procedentes de flores fasciadas que suelen aparecer con mayor frecuencia en los primeros racimos. Los de tipo “femella” son frutos entre ligeramente achatados y acorazonados, pero sin presentar de forma pronunciada el alargamiento de la zona estilar. Por último, el “masclet” es el tipo de fruto más valorado, de forma acorazonada y con la región estilar alargada. Es la existencia de esta región estilar más o menos apuntada (en frutos “masclet” o “femella” respectivamente) lo que caracteriza de forma general a este tipo de tomate tradicional de la Comunidad Valenciana. Dependiendo de cada selección, realizada por los agricultores, se presenta de forma predominante la forma “femella” o “masclet” lo que ocasiona, muchas veces, que los agricultores se refieran a sus selecciones con distintos nombres en función de la forma o formas de fruto predominante en las plantas. Diversas causas pueden explicar esta variación como son la existencia de cruzamientos espontáneos entre distintas variedades, dada la exorción estigmática frecuente, o la mezcla de semillas (Cortés-Olmos, 2015; Díez et al., 2020).



Figura 1.2.1. Foto de los distintos tipos de tomate de tipo varietal “Valenciano”. En la izquierda tipo “Rotllo”, en el centro tipo “Femella” y en la derecha tipo “Masclet”. Obtenido de Alcubierre Pueyo, L. (2016).

1.2.2. El tomate 'De Penjar'

El tipo de tomate 'De Penjar' (que literalmente significa "para colgar") es una variedad de tomate autóctona de las Islas Baleares, Catalunya y la Comunitat Valenciana, en España. Son llamados así porque antiguamente, cuando el tomate era un alimento exclusivo de la temporada estival, los tomates recolectados al final del verano eran cosidos y trenzados en ristra (figura 4), para su conservación colgados de los techos de las casas. Se compone principalmente de variedades locales conservadas por generaciones de pequeños agricultores.



Figura 1.2.2. Tomates "De Penjar" colgados y trenzados según la manera tradicional. Fuente: tomatadepenjar.com

Las plantas de tomate 'De Penjar' generalmente producen frutos redondos a planos, de tamaño mediano (30-90 g) con mayor acidez y contenido en sólidos solubles que el tomate estándar; sin embargo, las variedades 'De Penjar' muestran una gran variabilidad en las características morfoagronómicas y de calidad de los frutos, según su zona de cultivo tradicional y sus usos (Cebolla-Cornejo et al., 2013; Casals et al., 2015; Figàs et al., 2015). Por ejemplo, la colección objeto de estudio cuenta con entradas que presentan color del fruto rojo, rosa, rojo anaranjado y naranja-rosa, así como para la forma del fruto, con morfologías variadas (ligeramente achatada, circular, obovadas, elipsoide o en forma de pera). Además de estas diferencias a nivel fenotípico, también se ha podido observar variación en los perfiles de calidad de las distintas entradas de la colección.

A pesar de esta gran variabilidad, la variedad 'De Penjar' se caracteriza sobre todo por presentar una larga vida útil, controlada por un solo gen (Cebolla-Cornejo et al., 2013). Así, el tomate 'De Penjar' se caracteriza distintivamente por la presencia de la mutación *alc* en el locus *NOR.NAC*, que se asocia con una larga vida útil de sus frutos, hasta 6-12 meses después de la

cosecha. Esto significa que el conjunto de variedades de tomate conocidas como 'De Penjar' se compone de diversas variedades que presentan dicha mutación pero que tienen distintos fondos genéticos. De esta forma, el cruce espontáneo entre una población "De colgar" y una población de otra variedad generaría segregantes, entre los que el agricultor aplicaría presión de selección sobre el carácter de conservación postcosecha, resultando en distintos morfotipos con el alelo alel fijado (Cortés-Olmos, 2015).

Esta mutación monogénica, junto con otras como rin (ripening inhibitor), nor (no ripening) o Nr (never ripe), abren las puertas de la manipulación genética con el objetivo de aumentar la vida útil de los frutos. Es por ello, que la aparición espontánea de esta mutación en este grupo de variedades las hace poseedoras de un gran valor a nivel genético (Casals et al., 2012). Hay que tener en cuenta que el período de conservación de un tomate comercial estándar puede prolongarse desde unos pocos días hasta un máximo de 2-3 semanas, según el grado de maduración (FRUTAS Y HORTALIZAS, 2022).

1.3. Importancia de la calidad nutricional en la revalorización de productos tradicionales

Los alimentos tradicionales reflejan la herencia cultural y han dejado sus huellas en las dietas actuales. Son elementos clave para los patrones dietéticos en diferentes países y, en consecuencia, son importantes para estimar con precisión los patrones de consumo de la población. Sin embargo, la información acerca de la composición de estos productos falta en la mayoría de las bases de datos nacionales actuales de alimentos (Trichopolou et al. 2007).

Esta serie de análisis de calidad son de gran importancia debido a que la producción comercial de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en las regiones desarrolladas del mundo se basa principalmente en variedades modernas, con frecuencia híbridos F1. Estos proporcionan claras ventajas productivas (genéticamente uniformes, alto rendimiento, resistencia múltiple a enfermedades y larga vida útil), pero no logran satisfacer los estándares de calidad organoléptica que se asocian a las variedades tradicionales de producción local. Estas variedades 'reliquia' se asocian a un mejor sabor, el conocido como 'sabor del pasado', además de a un mayor contenido de compuestos bioactivos, aspectos que cada vez son más valorados por el consumidor, por lo que su valor en mercado suele superar notablemente al de las variedades comerciales estándar (Díez y Nuez, 2008; Figàs et al., 2015).

Por lo que respecta al sabor, su apreciación es compleja y en gran parte subjetiva, ya que una variedad tiene buen sabor cuando hay un elevado número de personas que así lo consideran y están dispuestas a pagar más por ella. Abarca aspectos distintos del producto, tales como la textura y el aroma, además del sabor propiamente dicho. La textura indica la firmeza, consistencia de la carne y la jugosidad. Cuenta también el grosor de la piel, la harinosidad y la presencia de zonas fibrosas. El sabor dulce depende del contenido en azúcares, fructosa, glucosa y sacarosa y la acidez de los ácidos cítrico y málico. La apreciación más objetiva del sabor comprende dos índices, el equilibrio entre azúcares solubles y acidez; y la intensidad, que se refiere exclusivamente al grado de acidez. Además de la variedad, la recolección es de la máxima importancia para el sabor: si se recolecta antes de la madurez, la producción de aromas es menor, el fruto es menos dulce, más ácido y tiene poco sabor a tomate. También la temperatura de conservación del fruto, una vez recolectado, influye sobre el sabor. La conservación a 5°C o menos, estropea la calidad.

Una caracterización detallada es esencial para evaluar la diversidad de germoplasma de variedades tradicionales en cuanto a características de calidad. Esto permite proporcionar infor-

mación sobre los rasgos de composición y las propiedades que pueden ser de interés para los consumidores. De esta manera, para tener un producto atractivo para el consumidor puede ser muy interesante asociar a este características saludables como un elevado contenido en carotenoides o sustancias antioxidantes beneficiosas para la salud(Figàs et al., 2015).

Un ejemplo de este tipo de propiedades son los beneficios asociados a alimentos con alto contenido en carotenoides, ya que según diversos estudios ayudan a prevenir ciertos tipos de cáncer, previenen la aparición de enfermedades cardiovasculares, fortalecen el sistema inmunológico, protegen las membranas de nuestras células, etc. El licopeno, es un tipo de carotenoide que ha sido identificado como un agente antioxidante con potenciales propiedades anticancerígenas, en concreto se estudia como agente preventivo del cáncer de próstata (Chen et al., 2015).

Un compuesto evaluado y de gran interés también son los polifenoles. En los últimos años numerosos estudios han avalado los efectos beneficiosos de la ingesta de polifenoles sobre la salud, especialmente sobre el sistema cardiovascular. Los efectos de los polifenoles son fundamentalmente consecuencia de sus propiedades antioxidantes. *'Estos compuestos presentan efectos vasodilatadores, son capaces además de mejorar el perfil lipídico y atenúan la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Presentan claros efectos antiinflamatorios y estos compuestos son a su vez capaces de modular los procesos de apoptosis en el endotelio vascular'* (Quiñones et al., 2012).

Esta información puede permitir determinar las características de composición distintivas entre grupos de cultivares locales específicos, la diversidad para la composición química dentro de cada grupo, así como identificar accesiones dentro de cada grupo de cultivares con valores mejorados para los rasgos de composición objeto de estudio. Esto recalca la importancia de disponer de información sobre el contenido en compuestos saludables en colecciones de germoplasma de la tomata 'De Penjar'. En este sentido se plantea el presente trabajo final de grado.

2 | Objetivos

El objetivo de este estudio es la obtención resultados que puedan ser usados para la diferenciación, mejora y selección de variedades locales de tomate ‘de penjar’ atendiendo especialmente a sus propiedades organolépticas y su calidad funcional, así como para poner de manifiesto el valor tanto genético como nutricional de este tipo de variedad local. Para ello se plantean los siguientes subobjetivos:

1. Determinar el contenido de azúcares, ácidos orgánicos, carotenoides totales, polifenoles, licopeno, β -caroteno, antioxidantes totales y pH en muestras de tomate de las distintas entradas.
2. Disponer de información para seleccionar los mejores materiales de tomate ‘De Penjar’ en cuanto a sus características morfológico agronómicas y sobre todo de calidad para poder seleccionar los materiales más prometedores para ser recomendados a los agricultores, así como para su mejora genética.
3. Evaluar la existencia de correlaciones entre las características morfológico agronómicas y los caracteres de calidad que puedan ser útiles en la la ejecución de programas de mejora en el tomate ‘De Penjar’.

3 | Materiales y métodos

3.1. Material vegetal

Se emplearon 57 variedades locales de tomate del tipo ‘De Penjar’ procedentes del Grup de Conservació i Millora de Varietats Tradicionals Valèncianes y del Banco de Germoplasma del Institut Universitari de Conservació i Millora de l’ Agrodiversitat Valenciana (COMAV), procedentes de la Comunitat Valenciana. Además, se utilizaron cinco controles, conformados por dos híbridos comerciales (Manacor F1 y Palamos F1), dos variedades comerciales (Domingo y Mallorquin) y una línea pura experimental (Jorba). Tanto las variedades locales como los controles se presentan en la tabla 3.1.1.

Del total de variedades locales, atendiendo a su provincia de origen, encontramos un total de 34 que vienen de Castelló, 12 de Valencia y 10 de Alacant, sumando un total de 56 entradas. Además encontramos una variedad que no procede de la Comunitat Valenciana, esta viene de Creu de Molla en Cuenca, Castilla la Mancha.

Tabla 3.1.1. Listado de las diferentes entradas de la colección evaluada con su correspondiente código, tipo varietal y origen.

Nombre de Entrada	Código	Tipo de Variedad	Origen
SL-ALCALADEXIVERT-1	AX1	Variedad local	Alcalà de Xivert, Castelló
SL-ALCALADEXIVERT-2	AX2	Variedad local	Alcalà de Xivert, Castelló
SL-ALCALADEXIVERT-3	AX3	Variedad local	Alcalà de Xivert, Castelló
SL-ALCALADEXIVERT-4	AX4	Variedad local	Alcalà de Xivert, Castelló
SL-ALCORA-1	AC1	Variedad local	Alcora, Castelló
SL-ARANYUEL-1	AY1	Variedad local	Arañuel, Castelló
SL-AREDELSOLMS-1	AD-1	Variedad local	Ares dels Olms, València
SL-BENLLOCH-1	BL1	Variedad local	Benlloch, Castelló
SL-BORRIOL-1	BR1	Variedad local	Borriol, Castelló
SL-CASESALTES-1	CA1	Variedad local	Cases Altes, València
SL-CASTELLFORT-3	CF3	Variedad local	Castellfort, Castelló
SL-CASTILLODEVILLAMALEFA-1	CV1	Variedad local	Castillo de Villamalefa, Castelló
SL-CHELVA-1	CH1	Variedad local	Chelva, València
SL-CINCTORRES-2	CI2	Variedad local	Cinctorres, Castelló
SL-COCENTAINA-1	CO1	Variedad local	Cocentaina, Alacant
SL-CREUEMOLLA-1	CM1	Variedad local	Creu de Molla, Cuenca, Castilla la Mancha
SL-FANZARA-1	FA1	Variedad local	Fanzara, Castelló
SL-FANZARA-2	FA2	Variedad local	Fanzara, Castelló
SL-FIGUEROLES-1	FI1	Variedad local	Figueroles, Castelló

Tabla 3.1.1. Listado de las diferentes entradas de la colección evaluada con su correspondiente código, tipo varietal y origen.

Nombre de Entrada	Código	Tipo de Variedad	Origen
SL-GATA DE GORGOS-1	GG1	Variedad local	Gata de Gorgos, Alacant
SL-GATA DE GORGOS-2	GG2	Variedad local	Gata de Gorgos, Alacant
SL-GATA DE GORGOS-3	GG3	Variedad local	Gata de Gorgos, Alacant
SL-LAJANA-1	LA1	Variedad local	La Jana, Castelló
SL-LAJANA-2	LA2	Variedad local	La Jana, Castelló
SL-LLIRIA-1	LL1	Variedad local	Liria, València
SL-LLIRIA-2	LL2	Variedad local	Liria, València
SL-LUDIENTE-1	LU1	Variedad local	Ludiente, Castelló
SL-MONTAN-1	MO1	Variedad local	Montán, Castelló
SL-MONTAN-2	MO2	Variedad local	Montán, Castelló
SL-MONTROI-1	MT1	Variedad local	Montroy, València
SL-NAQUERA-1	NA1	Variedad local	Náquera, València
SL-PEGO-1	PG1	Variedad local	Pego, Alacant
SL-QUATRETONDA-1	QU1	Variedad local	Quatretonda, , Alacant
SL-SALZADELLA-2	SA2	Variedad local	Salsadella, Castelló
SL-SANTMATEU-2	SN2	Variedad local	San Mateo, Castelló
SL-SERRA-1	SE1	Variedad local	Serra, València
SL-SERRA-2	SE2	Variedad local	Serra, València
SL-SERRADENGALCERAN-1	SG1	Variedad local	Serra d'en Galceran, Castelló
SL-SONEJA-1	SO1	Variedad local	Soneja, Castelló
SL-TEULADA-2	TE2	Variedad local	Teulada, Alacant
SL-TORREBAIXA-1	TO1	Variedad local	Torrebaja, València
SL-TORREDENDOMENECH-1	TR1	Variedad local	Torre d'Endoménech, Castelló
SL-TRAIGUERA-1	TA1	Variedad local	Traiguera, Castelló
SL-VALLDALBA-1	VA1	Variedad local	Vall d'Alba, Castelló
SL-VILLAHERMOSADELRIO-1	VH1	Variedad local	Villahermosa del Río, Castelló
SL-VILLAHERMOSADELRIO-2	VH2	Variedad local	Villahermosa del Río, Castelló
SL-VINAROS-1	VI1	Variedad local	Vinarós, Castelló
SL-VINAROS-2	VI2	Variedad local	Vinarós, Castelló
SL-VINAROS-3	VI3	Variedad local	Vinarós, Castelló
SL-VISTABELLA-1	VT1	Variedad local	Vistabella del Maestrazgo, Castelló

Tabla 3.1.1. Listado de las diferentes entradas de la colección evaluada con su correspondiente código, tipo varietal y origen.

Nombre de Entrada	Código	Tipo de Variedad	Origen
SL-VIVER-1	UV1	Variedad local	Viver, Castelló
SL-XABIA-1	XA1	Variedad local	Xàbia, Alacant
SL-XABIA-2	XA2	Variedad local	Xàbia, Alacant
SL-XABIA-3	XA3	Variedad local	Xàbia, Alacant
SL-XERACO-1	XE1	Variedad local	Xeraco, , València
SL-XERICA-1	XR1	Variedad local	Xérica, Castelló
MANACOR F1	C1	Híbrido comercial	Semillas Fitó, España
PALAMOS F1	C2	Híbrido comercial	Semillas Fitó, España
DOMINGO	C3	Selección comercial	Semillas Batlle, España
MALLORQUÍN	C4	Selección comercial	Semillas Batlle, España
JORBA	C5	Línea experimental	COMAV

3.2. Condiciones de cultivo

El ensayo fue establecido al aire libre, en una parcela ubicada en el municipio de Borbotó perteneciente a la provincia de València de la Comunitat Valenciana (coordenadas 39,515423° N, -0,3907714° E). La parcela presentaba un suelo de estructura franco-arcillosa. Se utilizó un sistema de cultivo ecológico. El cultivo convencional se basa en el manejo de fertilizantes y control de plagas y enfermedades mediante la aplicación de productos químicos, mientras que el cultivo ecológico o cultivo protegido pretende solventar estos problemas mediante el manejo adecuado de los componentes que puede ofrecer el propio agrosistema, es por ello por lo que la agricultura ecológica va incrementando numerosos avances (Rodríguez-Romero y López-Cepero, 2006; Terry y Ruiz, 2008).

Se estudiaron un total de 62 entradas (57 variedades locales de tomate ‘De Penjar’ y 5 controles) (tabla 3). Se cultivaron para cada entrada un total de 12 plantas, distribuidas en 3 bloques de 4. Los bloques de las 68 entradas y los 5 controles se distribuyeron al azar.

El trasplante se realizó el 15 de marzo de 2021. Las plantas se dispusieron en cultivo bajo invernadero de plástico de polietileno, con una estructura modular. Las plantas se cultivaron entutoradas a una guía con rafia que se fijaba a guías de acero prefijadas a la estructura del invernadero. Se utilizó un sistema de riego por goteo. La fertilización consistió en un aporte en vertedera en julio de 2020 de materia orgánica consiste en estiércol de oveja a una dosis de 42.000 kg/ha. Esta fertilización se utilizó para hacer biosolarización. Este fertilizante se utilizó para el ciclo de otoño-invierno de 2020 y el ciclo de primavera-verano de 2021 que es el ciclo en el que se realizó el cultivo de la colección evaluada.

3.3. Obtención de datos fenotípicos

Esta evaluación se ha realizado en primera instancia determinando los descriptores de caracterización de cada entrada, los cuales permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. En el presente estudio se determinaron únicamente una serie de descriptores morfológicos de fruto. Entre estos encontramos el acostillado del fruto, el peso del fruto, el número de lóculos, el espesor del pericarpio, la amplitud del fruto, la longitud del fruto y la forma del hombro del fruto. Para ello se hizo uso de un pie de rey y una báscula analítica.

Tabla 3.3.1. Descriptores de fruto y sus correspondientes unidades de medida usados en la caracterización de las diferentes entradas de la colección evaluada.

Descriptor	Unidad o escala de medida
Acostillado del fruto	1 Muy leve
	1 Leve
	2 Intermedio
	3 Fuerte
Longitud del fruto	mm
Amplitud del fruto	mm
Espesor del pericarpio	mm
Peso del fruto	g
Forma del músculo del fruto	1 Aplanada
	3 Ligeramente hundida
	5 Moderadamente hundida
	7 Muy hundida
Número de lóculos	Nº

3.4. Procesado de la muestra

Para el muestreo de los frutos se seleccionaron entre 5 y 10 frutos representativos por bloque de cada entrada, en madurez comercial. Estos tomates no debían presentar daños de tipo mecánico causados por plagas y enfermedades, como los que se observan en la Figura 3.4.1. Para el análisis de la acidez titulable, el contenido en sólidos solubles, en azúcares reductores, ácidos y vitamina C, los frutos seleccionados fueron partidos por la mitad, una mitad de cada fruto se utilizó para triturar utilizando batidora de mano eléctrica (Taurus, Oliana, España), obteniendo una mezcla homogénea. El extracto obtenido fue filtrado con muselina para eliminar la parte sólida.

Posteriormente, se almacenó en tubos falcon de 15 ml a una temperatura de -20°C hasta el momento de su análisis



Figura 3.4.1. Muestras ordenadas por bloque junto a los tubos falcon antes de su procesado.

3.5. Obtención de datos de calidad

Por tal de identificar diferencias en la calidad de las distintas entradas, después de la caracterización fenotípica de las entradas, se determinaron una serie de descriptores de evaluación. Muchos de los descriptores de esta categoría son susceptibles a las diferencias ambientales, pero son generalmente útiles en la mejora de un cultivo. Ellos incluyen rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés y caracteres bioquímicos y citológicos. Para ello se estimaron los valores de las características de calidad de contenido en sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), pH, porcentaje de acidez (% de ácido cítrico), índice de sabor, licopeno, β -caroteno, carotenoides totales, polifenoles y antioxidantes.

Tabla 3.5.1. Descriptores de evaluación referentes a la calidad y sus correspondientes unidades de medida usados en la caracterización de las diferentes entradas de la colección evaluada.

Descriptor	Unidad o escala de medida
Contenido en sólidos solubles	$^{\circ}$ Brix
pH	
Porcentaje de acidez	g de ácido/100g muestra
Índice de sabor	
Licopeno	mg/100g muestra
β -Caroteno	mg/100g muestra
Carotenoides totales	mg/100g muestra
Polifenoles	μ mol E.A.G./100g muestra
Antioxidantes	μ molE.T./100g muestra

3.5.1. Contenido en sólidos solubles

Para la cuantificación de los sólidos solubles se utilizó el zumo, extraído previamente, de las muestras de tomates. La medición se hizo con ayuda de un refractómetro digital (HI 96801, HANNA, España) (Figura 3.5.1). Para ello se aplicaron unas gotas de zumo rellenando la superficie de la lente del instrumento, el cual mide el índice de refracción de la solución en base al ángulo crítico en el que la luz, proyectada por un LED, no refracta a través de la muestra. Finalmente aplica automáticamente una compensación de temperatura y convierte el índice de refracción de sacarosa en unidades de porcentaje (por peso) Brix.



Figura 3.5.1. Refractómetro digital HI 96801. Fuente: HANNA Instruments.

3.5.2. Determinación de pH y acidez

La determinación de la acidez (en gramos de ácido en 100 gramos de muestra) y el pH se valoró con una disolución alcalina NaOH a una concentración de 0,1 M hasta un pH de 8,01 utilizando el pHmetro CRISON PH-Matic 23 . Se utilizó 1 g del zumo con 10 ml de agua destilada.

3.5.3. Índice de sabor

El índice de sabor se calcula a partir de las siguientes formulas con los datos previamente obtenidos.

$$IS = I + E \qquad E = \frac{10 - (10 - \frac{SS}{A})}{20} \qquad I = E + A \qquad (3.5.1)$$

Donde:

- A = %Ácido

- SS = Sólidos Soluble s= °Brix
- IS = Índice de sabor

Los resultados obtenidos se encuentran entre 1 y 2, siendo el óptimo aproximadamente 1.

3.5.4. Antioxidantes

La determinación del contenido en antioxidantes totales (AOT) se basó en la reducción de 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH) como radical libre (Brand-Williams et al., 1995).

Para analizar las muestras primero se pesaron 0,150 g de material liofilizado en tubos falcón de 15 ml, posteriormente se agregaron 5 ml de MetOH:HCl (99:1 v/v) a cada tubo. Los tubos se cerraron y sellaron con Parafilm para evitar pérdidas y se pusieron a agitar en oscuridad a 200 rpm durante 1 hora.

Pasada la hora de agitación, las muestras se centrifugaron a 1.000 rpm durante tres minutos. Se tomó 0,1 ml de sobrenadante de cada muestra a un nuevo tubo de vidrio de 12x75 mm y se diluyó a 1 ml con MetOH. Luego se pasó 0,1 ml de la nueva solución de cada muestra a otro nuevo tubo de vidrio de 12x75mm y se agregaron 3,9ml de una solución DPPH (6×10^{-5} mol DPPH /L MetOH) preparada previamente. Se cerraron los tubos, se agitaron y se incubaron en oscuridad durante una hora. Transcurrida la hora, se procedió a medir la absorbancia de cada muestra en el espectrofotómetro a 515 nm.

La cuantificación de la AOT se realizó en base a una curva de calibrado con TROLOX (Figura 3.5.2). El compuesto TROLOX (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) es un antioxidante análogo de la vitamina E vendido por Hoffman-LaRoche, utilizado en aplicaciones biológicas o bioquímicas para reducir el daño o estrés oxidativo. Este método se basa en la eliminación de DPPH mediante la adición de este compuesto que decolora la solución de DPPH. La actividad antioxidante se mide luego por la disminución de la absorción a 515 nm.

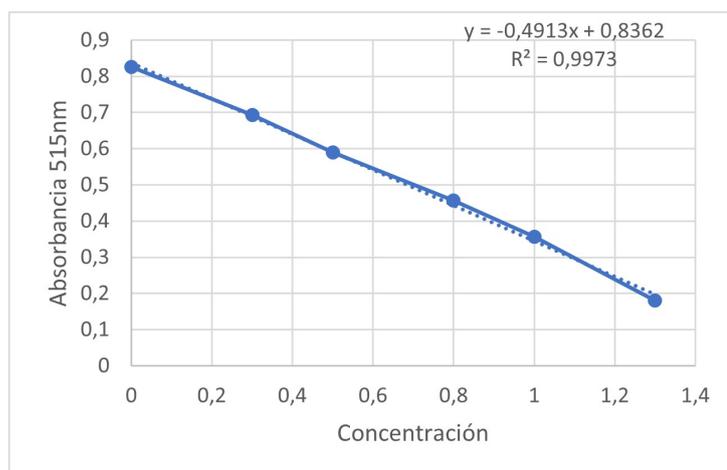


Figura 3.5.2. Recta de calibrado para patrón de TROLOX obtenida durante los análisis.

Se tomó 0,1 ml de cada patrón preparado en un tubo de 12x75 mm y se agregaron 3,9 ml de la solución DPPH. Después de 6 minutos, se leyó la absorbancia a 515 nm. Tanto la solución DPPH como la curva patrón de TROLOX se debían preparar cada día y mantener en oscuridad

ya que son compuestos muy inestables y fotosensibles. Los resultados se expresaron en mg de equivalentes TROLOX por 100 g de materia fresca.

3.5.5. Contenido en carotenoides

El contenido en carotenoides (licopeno, β -caroteno y carotenoides totales) se determinó espectrofotométricamente basándose en el método propuesto por Zscheile y Porter (1947), y posteriormente modificado por Rousseaux et al. (2005).

Se pesaron 0,1 g de las muestras liofilizadas en un tubo de vidrio de 15 ml, además se agregó un tubo extra sin material que se utilizaría como el blanco. A cada tubo se añadieron 7 ml de la solución de extracción etanol:hexano (4:3 v/v) y se mantuvieron en oscuridad y agitación a 200 rpm durante una hora.

Una vez pasado el tiempo de extracción (1 hora aproximadamente) se añadió a cada tubo 1 ml de agua destilada, mezclando manualmente y dejándolo reposar durante 10 minutos a 4°C, para permitir la separación de las dos fases. Posteriormente se midió la absorbancia de la fase en suspensión (fase de hexano más carotenoides) a 452, 485 y 510 nm utilizando un espectrofotómetro UV/VIS (“Uvi Line 9400”, SI Analytics, Mainz, Germany).

La cuantificación de licopeno, β -caroteno y carotenoides totales se realizó según las siguientes fórmulas:

$$C_{licopeno} \left(\frac{mg}{100g} \right) = \frac{Abs_{510} \cdot 537 \cdot 2,7}{Peso(mg) \cdot 172} \quad (3.5.2)$$

Donde:

- 537: peso molecular del licopeno (g/mol).
- 2,7: volumen de la fase hexano (ml).
- 172: coeficiente de extinción molar del licopeno en solución de hexano (mM⁻¹·l).

Para la cuantificación del contenido de caroteno se partió de la fórmula:

$$C_{\beta-caroteno} \left(\frac{mg}{100g} \right) = \frac{[Abs_{452} - (Abs_{510} \cdot 0,9285)] \cdot 533 \cdot 2,7}{Peso(mg) \cdot 139} \cdot 100 \quad (3.5.3)$$

Donde:

- 533: peso molecular de β -caroteno (g / mol)
- 2,7: volumen de la fase hexano (ml).
- 139: coeficiente de extinción molar de β -caroteno en solución de hexano (mM⁻¹).

Por último, para la cuantificación del licopeno y caroteno total, es decir, los carotenoides totales, se partió de la fórmula:

$$C_{total} = \frac{Abs_{485} \cdot 2,7}{Peso(g) \cdot 181} \cdot 100 \quad (3.5.4)$$

Donde:

- 2,7: volumen de la fase hexano (ml).
- 181: coeficiente de extinción molar de mezcla de carotenoides (mM-1).

Los resultados se expresaron como miligramos de licopeno, β -caroteno, o carotenoides totales por 100 gramos de materia fresca.

3.5.6. Contenido en polifenoles

Para la determinación de los polifenoles totales, se realizó el ensayo Folin-Ciocalteu. Este se basa en que los compuestos fenólicos reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 750 nm. Este reactivo contiene una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico y reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico (formado por las dos sales en el medio ácido), de color amarillo, al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es la que medimos para evaluar el contenido en polifenoles. (García Martínez, EM.; Fernández Segovia, I.; Fuentes López, A. (2015).)

El procedimiento se realiza teniendo en cuenta que se utilizan muestras de triturado congeladas. Se dejan las muestras descongelando en oscuridad y se centrifugan a 2000 rpm durante 2-3 minutos. Después de la centrifuga se consigue separar en dos fases la muestra, una líquida y una sólida. Se cogen 100 μ l del sobrenadante, se ponen en tubos de ensayo, se añaden 900 μ l de agua destilada y se agitan manualmente. Se preparan 27 cubetas de plástico (18 muestras + 1 blanco + 7 curva de ácido gálico) donde se añaden 50 μ l de la dilución de la muestra, en el blanco 50 μ l de agua destilada y, para la curva, 50 μ l de cada dilución de ácido gálico previamente preparada. Para la reacción se añade a cada cubeta 500 μ l de Folin (10%) . Se deja en oscuridad y en reposo durante 5 minutos. Se añade a cada cubeta 500 μ l de Na₂CO₃ (60 g/L). Se deja en oscuridad y en reposo 1 hora. En el espectrofotómetro se mide la absorbancia a una longitud de onda de 765 nm, de forma que primero se hace el cero para calibrar la máquina, seguido de la curva con las diluciones ordenadas de menos a más concentradas y por último las distintas muestras.

En cuanto a la preparación de reactivos, el FOLIN concentrado se diluye al 10% con agua destilada; el Na₂CO₃ se pesan 6 g y en un vaso de precipitados se pone a agitar hasta que se disuelva en 100 ml de agua destilada. Para la preparación de la curva de ácido gálico se parte de la solución patrón madre a una concentración de 1000 ppm. Se utilizan 7 matraces aforados a 10 ml. Dependiendo de los puntos de la recta, se realizara la dilución correspondiente aforando con agua destilada los matraces.

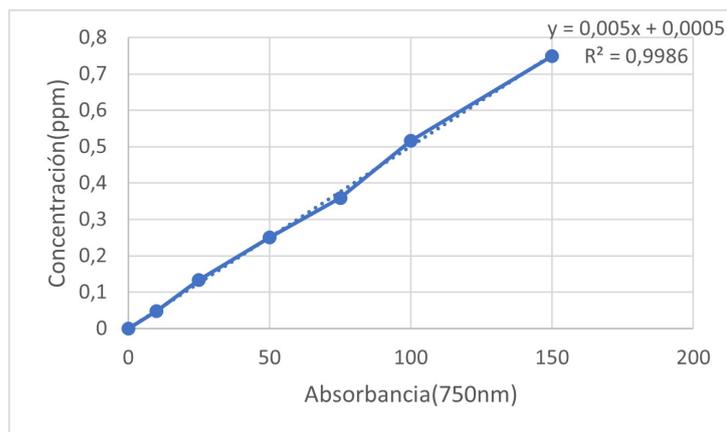


Figura 3.5.3. Recta de calibrado para patrón de ácido gálico obtenida durante los análisis.

3.6. Análisis estadístico

Una vez realizados todos los ensayos y tras haber recopilado una gran cantidad de datos, se procedió al tratamiento estadístico de estos.

Para el análisis estadístico se calcularon para cada carácter analizado la media, el mínimo, el máximo, el rango, coeficiente de variación, y se hizo un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial; se realizaron comparaciones de medias entre las variedades tradicionales y los controles; se analizaron correlaciones entre los parámetros estudiados; y se efectuó un análisis multivariado de componentes principales para las distintas entradas en función de los descriptores de fruto por un lado y los de calidad por otro, además de uno conjunto. El análisis se hizo con el programa STATGRAPHICS Centurión versión XVIII.

4 | Resultados y discusión

4.1. Análisis en base a los descriptores de fruto

Al realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos en la caracterización fenotípica de los frutos (Tabla 4.1.1) se observa que todos los descriptores de fruto han mostrado diferencias estadísticamente significativas, lo que significa que hay variabilidad en la colección evaluada. Esta gran diversidad fenotípica ya ha sido reportada en otras evaluaciones de colecciones de variedades tradicionales de tomates, como en las de Bota et al., (2014) o Alcubierre Pueyo, L. (2016).

Tabla 4.1.1. Análisis estadístico de los descriptores de fruto evaluados en la colección de tomate “De Penjar”.

Descriptor	Unidad o escala de medida	Media	Rango	Coefficiente de variación
Acostillado del fruto	1 Muy leve	1,3871	1-3,33**	44,1984 %
	1 Leve			
	2 Intermedio			
	3 Fuerte			
Forma del hombro del fruto	1 Aplanada	2,15339	1-3,17**	20,2337 %
	3 Ligeramente hundida			
	5 Moderadamente hundida			
	7 Muy hundida			
Espesor del pericarpio	mm	7,77468	5,22-9,89**	14,6281 %
Anchura del fruto	mm	55,9106	40,89-73,44**	10,4753 %
Longitud del fruto	mm	50,5189	38,44-127,89**	22,4601 %
Número de lóculos		2,93011	2-9,55556**	46,4847 %
Peso del fruto	g	90,1549	50,3-140,53**	24,3084 %

*,** y ns indican la significancia del valor $P < 0,05$, $0,01$ ó no significancia, respectivamente.

Para ver con más claridad como se agrupan los materiales evaluados, a partir de los descriptores de fruto, realizamos el Análisis de Componentes Principales (ACP) (Tabla 4.1.). La componente principal 1, explicó el 46,65 % de la variación observada en la colección probada y la componente principal 2, el 23,29 %. Las dos componentes explicaron en conjunto el 69,95 % de la variación. Los tres caracteres que afectaron más positivamente a la componente 1, fueron

anchura del fruto, forma del hombro del fruto y el número de lóculos; mientras que el carácter longitud del fruto influyó de forma negativa. Para la componente 2, los tres caracteres que más influyeron positivamente fueron espesor del pericarpio, peso del fruto y anchura del fruto; y los dos que afectaron de forma negativa principalmente fueron acostillado del fruto y número de lóculos.

Tabla 4.1.2. Valores principales para las dos primeras componentes principales (PCs) de los descriptores de fruto evaluados en los 5 controles y las variedades de la colección ‘De Penjar’.

	Componente 1	Componente 2
Acostillado del fruto	0,38754	-0,340951
Anchura del fruto	0,494497	0,283102
Espesor del pericarpio	0,00582431	0,687942
Forma del hombro del fruto	0,455463	-0,0815296
Número de lóculos	0,445598	-0,24126
Longitud del fruto	-0,200828	0,24192
Peso del fruto	0,398643	0,454931

Después se representó gráficamente la posición de dichos materiales en base a los dos componentes principales descritos previamente. Gracias a esta representación en 2D (Figura 4.1.1) podemos observar, por una parte, entradas que en base a características morfológicas del fruto se posicionan de forma clara en 2 grupos distintos ambos ubicados entorno al 0.

Por otra parte, vemos aquellas variedades que se alejan más del 0 como son FI1, GG1, LU1 o MT1. Estas variedades destacan sobre las otras por tener características del fruto distintivas del resto, como el fruto de mayor longitud (MT1) o el más ancho (FI1).

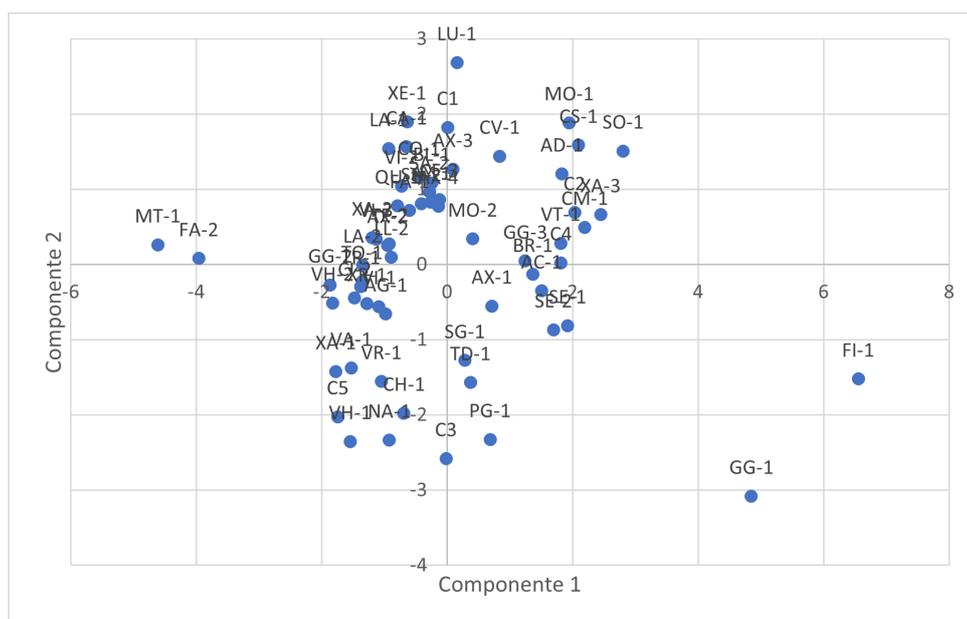


Figura 4.1.1. Representación gráfica de la distribución obtenida tras el análisis ACP para los 62 materiales con los descriptores de fruto.

Por tal de ver con mayor claridad las diferencias entre los controles y las variedades tradicionales, se realizó una tabla comparativa de medias de los parámetros morfológicos del fruto evaluados entre estos.

Como se observa en la tabla 4.1.3, por un lado, el valor medio de estos parámetros no difiere de forma significativa entre los dos grupos, obteniendo valores muy parecidos para todos ellos.

Destaca la media obtenida para el carácter número de lóculos por parte de las variedades tradicionales. Con un valor de 5,47 contrasta con lo establecido por Cebolla, (2005), que estipula un máximo de 2-3 lóculos para este tipo de variedades.

Tabla 4.1.3. Comparativa de medias de los descriptores de fruto evaluados entre los controles y las variedades.

Característica	Controles		Variedades	
	Media	Error estándar	Media	Error estándar
Acostillado del fruto	1,6	0,244	1,37	0,08
Forma del hombro del fruto	2,47	0,22	2,13	0,05
Espesor del pericarpio	7,58	0,83	7,79	0,14
Anchura del fruto	56,71	2,46	55,84	0,78
Longitud del fruto	46,51	1,75	50,87	1,55
Número de lóculos	2,69	0,2	5,47	0,18
Peso del fruto	84,7524	9,6	90,6288	2,92

4.2. Análisis en base a los descriptores morfoagronómicos de calidad

Para la evaluación de la calidad, se han analizado nueve parámetros químicos, como muestra la tabla 9; donde se ha realizado el análisis estadístico de los resultados obtenidos. Se han detectado diferencias estadísticamente significativas para seis componentes. Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas tanto para el contenido en carotenoides totales, como en antioxidantes, ni para la acidez titulable.

Encontramos características que presentan un elevado coeficiente de variación y un amplio rango, como son el contenido en β -caroteno y en licopeno. Estos dos compuestos bioactivos son de gran interés como ya se ha comentado. De forma que si seleccionamos los frutos en función de estas características, se podrían obtener buenos resultados en programas de mejora genética.

Tabla 4.2.1. Análisis estadístico de los descriptores de calidad evaluados en la colección de tomate “De Penjar”.

Características de la calidad del fruto evaluadas				
Característica	Unidad o escala de medida	Media	Rango	Coefficiente de variación
Sólidos solubles	$^{\circ}$ Brix	5,41516	3,87-7,97**	12,5876 %
pH		4,9271	4,51-5,46**	4,492 %
Acidez	g.ác./100g muestra	0,346774	0,22-0,59 ns	19,5777 %
Índice de sabor		1,15871	0,95-1,5**	10,4028 %
Antioxidantes	μ molE.T./100g muestra	0,870336	0,419-0,868 ns	25,5261 %
β -Caroteno	Mg/100g muestra	1,82581	0,764-6,972**	45,4355 %
Licopeno	Mg/100g muestra	2,69429	0,565-7,277**	64,3617 %
Carotenoides totales	Mg/100g muestra	5,99822	2,073-17,123 ns	53,9495 %
Polifenoles	μ molE.A.G./100g muestra	43,4878	28,53-63,81**	18,7495 %

*,** y ns indican la significancia del valor P <0,05 0,01 ó no significancia, respectivamente.

Si analizamos, los datos obtenidos de composición química de los materiales mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Tabla 4.2.2) y representamos gráficamente (Figura 4.2.1), podemos ver como se estructura la variabilidad en cuanto a composición química y características de calidad.

Atendiendo a los resultados del ACP, la componente principal 1, explicó el 38,37% de la

variación observada en la colección probada y la componente principal 2, el 28,81 %. Las dos componentes explicaron en conjunto el 67,18 % de la variación. Los tres caracteres que afectaron más positivamente a la componente 1, fueron el contenido en licopeno, los polifenoles y los sólidos solubles ($^{\circ}$ BRIX); mientras que el pH influyó de forma negativa. Para la componente 2, los dos caracteres que más influyeron positivamente fueron el índice de sabor y el pH ; y los tres que afectaron de forma negativa principalmente fueron la acidez, los antioxidantes y los polifenoles.

Tabla 4.2.2. Valores principales para las dos primeras componentes principales (PCs) de los descriptores de calidad evaluados en los 5 controles y las variedades de la colección ‘De Penjar’.

	Componente 1	Componente 2
$^{\circ}$ Brix	0,424022	0,119853
Acidez	0,210065	-0,532725
Antioxidantes	0,0668822	-0,180416
Carotenoides totales	0,334085	0,0569952
Índice de sabor	0,202573	0,511873
Licopeno	0,480269	0,136954
ph	-0,0463523	0,589592
Polifenoles	0,460706	-0,194015
β-caroteno	0,417013	0,00325784

Si atendemos a la figura 4.2.1, vemos como la mayor parte de las entradas de la colección en las posiciones más cercanas a 0, a excepción de algunos materiales.

Vemos una serie de puntos con valores altos para la componente 1 que se sitúan en la zona derecha de la gráfica. El punto correspondiente CA1 es el que se ubica en la parte más hacia la derecha de la gráfica, justificando esa posición el alto contenido en carotenoides (17,123 mg/100g de muestra), casi tres veces superior al valor medio obtenido para la colección.

Por otra parte, tenemos BL1, LU1 y AY1, en puntos cercanos a CA1 y separados de la agrupación entorno al 0, situándose en el cuadrante superior derecho. Estos puntos destacan por tener valores elevados para ambas componentes, es decir, tienen valores elevados para compuestos bioactivos de interés (componente 1, el contenido en licopeno, los polifenoles y los sólidos solubles) y tienen un mayor índice de sabor (componente 2).

Estas variedades son muy interesantes para seleccionar materiales, así como por constituir materiales híbridos interesantes en cuanto al contenido en carotenoides y/o polifenoles.

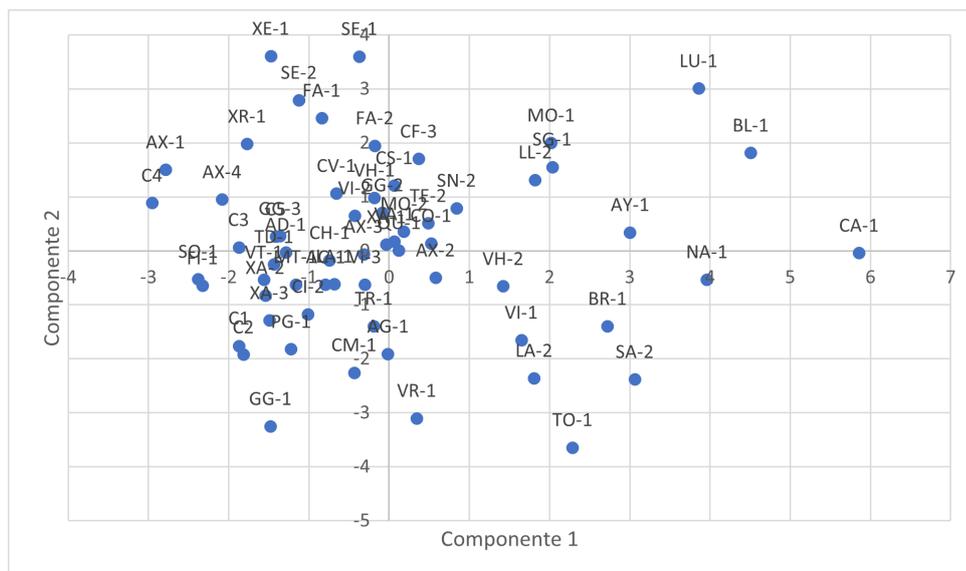


Figura 4.2.1. Representación gráfica de la distribución obtenida tras el análisis ACP para los 62 materiales con los descriptores de calidad.

Por tal de ver con mayor claridad las diferencias entre los controles y las variedades tradicionales, se realizó una tabla comparativa de medias de los parámetros de calidad evaluados entre estos.

Como se observa en la tabla 4.2.3, por un lado, el valor medio de algunos de estos parámetros no difiere de forma significativa entre los dos grupos, obteniendo valores muy parecidos para la acidez, antioxidantes, índice de sabor, pH y β -caroteno. En cambio, se puede observar como las variedades tradicionales tienen medias superiores para el resto de los parámetros respecto a los controles, siendo de prácticamente el doble en algunos casos (contenido en carotenoides totales). Esto concuerda con lo observado en trabajos anteriores, donde las variedades tradicionales presentan valores aumentados para estos compuestos relacionados con la calidad organoléptica.(Figàs et al., 2015; Cortés-Olmos, 2015)

Tabla 4.2.3. Comparativa de medias de los parámetros de calidad evaluados entre los controles y las variedades.

Característica	Controles		Variedades	
	Media	Error estándar	Media	Error estándar
$^{\circ}$ Brix	4,726	0,17	5,475	0,088
Acidez	0,346	0,084	0,347	0,02
Antioxidantes	0,908	0,03	0,867	0,009
Carotenoides totales	3,353	0,01	6,23	0,015
Índice de sabor	1,099	0,07	1,168	0,03
Licopeno	1,138	0,22	2,83	0,11
ph	4,837	0,11	4,935	0,23
Polifenoles	34,872	0,31	44,243	0,43
β -caroteno	1,64	1,7	1,84	1,06

4.3. Análisis conjunto

Después de estudiar la colección en función de los descriptores de fruto por un lado y las características de calidad por otro, se procedió a realizar un análisis conjunto que comprendiera todos los datos.

Para ello se realizó un ACP a fin de determinar como se distribuían las entradas en función de todos los caracteres evaluados. Los resultados se muestran en la tabla 4.3.1., de forma que la componente principal 1, explicó el 27,39% de la variación observada en la colección probada y la componente principal 2, el 17,81%. Las dos componentes explicaron en conjunto el 45,2% de la variación. Los tres caracteres que afectaron más positivamente a la componente 1, fueron el contenido en licopeno, los carotenoides totales y los sólidos solubles ($^{\circ}$ BRIX); mientras que el acostillado del fruto, la forma del hombro del fruto y la anchura del fruto influyeron de forma negativa. Para la componente 2, los dos caracteres que más influyeron positivamente fueron el índice de sabor y el pH; y los tres que afectaron de forma negativa principalmente fueron la acidez, los antioxidantes y los polifenoles.

Tabla 4.3.1. Valores principales para las dos primeras componentes principales (PCs) de los descriptores de fruto y de calidad evaluados en los 5 controles y las variedades de la colección ‘De Penjar’.

	Componente 1	Componente 2
Acostillado del fruto	-0,316181	-0,124206
Forma del hombro del fruto	-0,320484	0,00513865
Espesor del pericarpo	0,112221	0,191419
Anchura del fruto	-0,309672	0,155622
Longitud del fruto	0,0964008	0,182237
Número de lóculos	-0,304944	-0,0107713
Peso del fruto	-0,196567	0,251423
$^{\circ}$ Brix	0,364747	-0,0319687
ph	0,0855944	0,521194
Acidez	0,0440776	-0,522436
Índice de sabor	0,262352	0,378173
Antioxidantes	0,015101	-0,20088
β -Caroteno	0,190561	-0,0677183
Licopeno	0,325968	0,0325536
Carotenoides totales	0,32541	0,0124279
Polifenoles	0,296783	-0,303926

Gracias a la representación gráfica del ACP (Figura 4.3.1) podemos observar de forma rápida y visual como se distribuye la variabilidad de nuestra colección. Si nos fijamos en este, se observa que se ha obtenido una distribución de puntos muy similar a la obtenida en el punto anterior (figura 4.2.1), aunque se observan ciertas variaciones.

De nuevo encontramos el punto correspondiente a CA1 en la derecha del gráfico, justificando esta posición su alto contenido en carotenoides. Más arriba, en el extremo superior derecho observamos otro punto que destaca correspondiente a LU1. Este ha mostrado valores elevados para diversos compuestos como carotenoides (13,125 mg/100g muestra), sólidos solubles (6,2 °BRIX) y polifenoles (52,56 $\mu\text{molE.A.G.}/100\text{g}$ muestra). También destaca por tener un elevado índice de sabor, asociado a su baja acidez y alto pH, que terminan de justificar su posición. En este sentido también destaca BL1, el cual tiene la mayor cantidad de sólidos solubles de la colección (7,97 °BRIX) y el índice de sabor más elevado (1,5).

Es por esto que CA1, BL1 y LU1 se posicionan como claros candidatos para investigaciones futuras y programas de mejora genética.

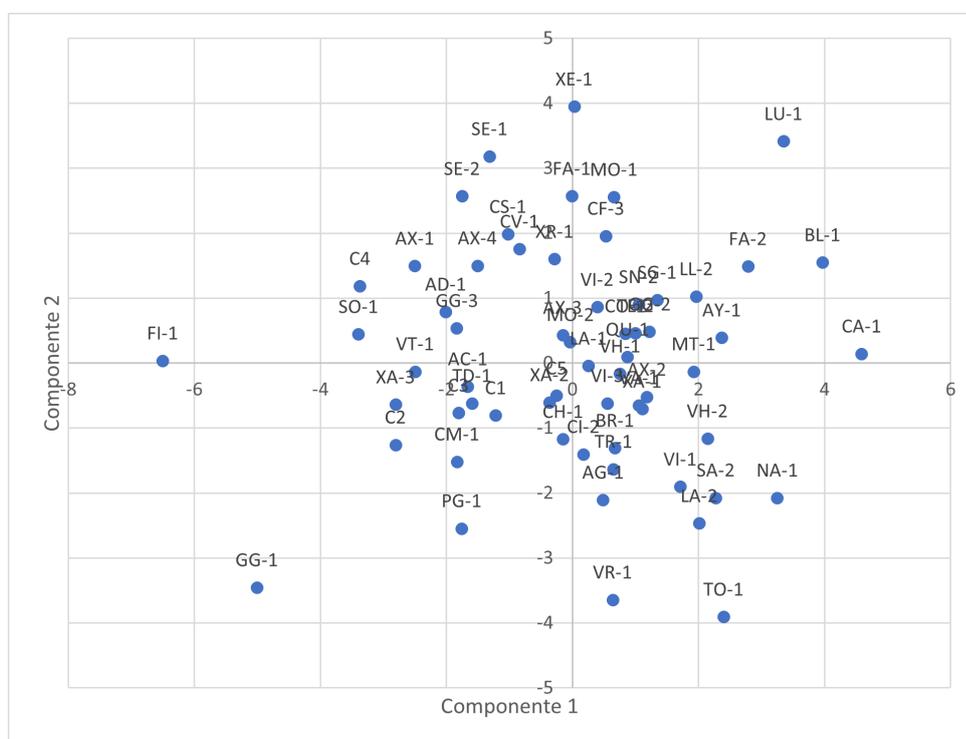


Figura 4.3.1. Representación gráfica de la distribución obtenida tras el análisis ACP para los 62 materiales con los descriptores de fruto y de calidad.

4.4. Análisis de correlaciones

En última instancia se realizó el análisis de correlaciones con el fin de determinar relaciones entre los caracteres medidos en la colección evaluada. Lo interesante en estos casos es encontrar un parámetro fácilmente medible, como pueda ser el peso del fruto, asociado a un parámetro de interés relacionado con la calidad del producto, como el contenido en carotenoides totales.

En el análisis se pueden observar asociaciones que resultan evidentes, por ejemplo existe una fuerte correlación entre la anchura del fruto y el peso de este ($r=0,836$). Es decir, cuanto más

ancho es un fruto se supone que mayor será su peso.

También existe una fuerte correlación entre los niveles de licopeno y β -caroteno con los carotenoides totales (algo lógico teniendo en cuenta que ambos compuestos son carotenoides), siendo mayor la correlación del contenido en licopeno, en comparación al contenido de β -caroteno ($r=0,974$ y $r=0,674$, respectivamente). Esto indica que el contenido de licopeno tiene un mayor impacto en el contenido de carotenoides totales que el del β -caroteno, como también reportó Alvarado Portillo L. (2020) en su trabajo.

Los carotenoides se encuentran significativamente relacionadas a su vez con la cantidad de sólidos solubles ($^{\circ}$ BRIX) y al nivel de polifenoles, todos ellos compuestos de gran interés. Esta correlación posibilita hacer aproximaciones de la cantidad de carotenoides y polifenoles presentes en un fruto mediante la medida de sus $^{\circ}$ BRIX. Este procedimiento, aunque nos da solo una aproximación, es más simple que realizar los análisis correspondientes, posibilitando una selección más rápida y completa de los materiales vegetales.

Por otro lado, encontramos correlaciones positivas entre el índice de sabor, los sólidos solubles, los carotenoides totales y el licopeno, y negativas entre este índice y la acidez. Esto se explica atendiendo a la ecuación del punto 3.5.3. ,donde se ve que este índice depende exclusivamente de estos dos parámetros. Esta relación fue reportada también por Figás et al.,(2015) siendo esta de gran relevancia ya que indica que, en la colección estudiada, la selección de accesiones con altos valores de rasgos relacionados con la mejora del sabor también tendrá un alto contenido en compuestos bioactivos.

Destacan las correlaciones negativas entre los caracteres asociados a un mayor tamaño del fruto (anchura del fruto, peso del fruto, longitud del fruto o el número de lóculos) con los caracteres asociados a la calidad (antioxidantes, carotenoides o polifenoles). Esto nos indica que los frutos más pequeños tendrán mejores perfiles de calidad. Por último, una relación de interés es la existente entre el espesor del pericarpio del fruto y la cantidad de licopeno y carotenoides totales, ya que como se ha comentado, es una forma de relacionar un carácter fácilmente medible con características de calidad.

Tabla 4.4.1. Análisis de correlaciones entre los diferentes parámetros de calidad y morfológicos de fruto evaluados durante el estudio.

	AF	FH	EP	NF	LF	NL	PF	SS	pH	AC	IS	AT	β C	LC	CT	PN
AF		0,549 ***	-0,224 ns	0,413 ***	-0,252 *	0,668 ***	0,195 ns	-0,328 **	-0,253 *	0,131 ns	-0,335 **	0,011 ns	-0,129 ns	-0,244 ns	-0,239 ns	-0,236 Ns
FH	0,549 ***		-0,04 ns	0,6704 ***	-0,345 **	0,5634 ***	0,423 ***	-0,38 **	-0,051 ns	-0,039 ns	-0,232 ns	0,2143 ns	-0,094 ns	-0,189 ns	-0,184 ns	-0,232 ns
EP	-0,224 ns	-0,04 ns		0,259 *	0,138 ns	-0,302 *	0,383 **	0,163 ns	0,135 ns	-0,019 ns	0,193 ns	-0,024 ns	0,114 ns	0,322 *	0,303 *	-0,002 ns
NF	0,413 ***	0,6704 ***	0,259 *		-0,221 ns	0,594 ***	0,836 ***	-0,433 ***	-0,002 ns	-0,138 ns	-0,225 ns	-0,033 ns	0 ns	-0,043 ns	-0,037 ns	-0,366 **
LF	-0,252 *	-0,345 **	0,138 ns	-0,221 ns		-0,147 ns	-0,064 ns	0,097 ns	0,137 ns	-0,185 ns	0,222 ns	-0,311 *	-0,081 ns	-0,099 ns	-0,103 ns	-0,057 ns
NL	0,668 ***	0,5634 ***	-0,302 *	0,594 ***	-0,147 ns		0,433 ***	-0,289 *	-0,133 ns	0,039 ns	-0,169 ns	-0,111 ns	-0,035 ns	-0,138 ns	-0,127 ns	-0,23 ns
PF	0,195 ns	0,423 ***	0,383 **	0,836 ***	-0,064 ns	0,433 ***		-0,248 ns	0,137 ns	-0,226 ns	0,002 ns	-0,069 ns	0 ns	0,101 ns	0,085 ns	-0,259 *
SS	-0,328 **	-0,38 **	0,163 ns	-0,433 ***	0,097 ns	-0,289 *	-0,248 ns		0,032 ns	0,261 *	0,645 ***	0,042 ns	0,177 ns	0,551 ***	0,511 ***	0,489 ***
pH	-0,253 *	-0,051 ns	0,135 ns	-0,002 ns	0,137 ns	-0,133 ns	0,137 ns	0,032 ns		-0,87 ***	0,69 ***	-0,166 ns	0,003 ns	0,144 ns	0,126 ns	-0,302 *
AC	0,131 ns	-0,039 ns	-0,019 ns	-0,138 ns	-0,185 ns	0,039 ns	-0,226 ns	0,261 *	-0,87 ***		-0,487 ***	0,164 ns	0,119 ns	0,081 ns	0,097 Ns	0,494 ***
IS	-0,335 **	-0,232 ns	0,193 ns	-0,225 ns	0,222 ns	-0,169 ns	0,002 ns	0,645 ***	0,69 ***	-0,487 ***		-0,109 ns	0,001 ns	0,418 ***	0,357 **	0,064 ns
AT	0,011 ns	0,2143 ns	-0,024 ns	-0,033 ns	-0,311 *	-0,111 ns	-0,069 ns	0,042 ns	-0,166 ns	0,164 ns	-0,109 ns		-0,038 ns	0,086 ns	0,06 ns	0,262 *
β C	-0,129 ns	-0,094 ns	0,114 ns	0 ns	-0,081 ns	-0,035 ns	0 ns	0,177 ns	0,003 ns	0,119 ns	0,001 ns	-0,038 ns		0,493 ***	0,674 ***	0,365 **
LC	-0,244 ns	-0,189 ns	0,322 *	-0,043 ns	-0,099 ns	-0,138 ns	0,101 ns	0,551 ***	0,144 ns	0,081 ns	0,418 ***	0,086 ns	0,493 ***		0,974 ***	0,551 ***
CT	-0,239 ns	-0,184 ns	0,303 *	-0,037 ns	-0,103 ns	-0,127 ns	0,085 ns	0,511 ***	0,126 ns	0,097 ns	0,357 **	0,06 ns	0,674 ***	0,974 ***		0,558 ***
PN	-0,236 ns	-0,232 ns	-0,002 ns	-0,366 **	-0,057 ns	-0,23 ns	-0,259 *	0,489 ***	-0,302 *	0,494 ***	0,064 ns	0,262 *	0,365 **	0,551 ***	0,558 ***	

*, **, *** y ns indican la significancia del valor P < 0,05 0,01 0,001 o no significancia, respectivamente.

Leyenda: AF = acostillado del fruto , FH = forma del hombro del fruto, EP = espesor del pericarpio, NF = ancho del fruto ,LF = longitud del fruto ,NL = número de lóculos, PF = peso del fruto, SS = sólidos solubles, AC = acidez, IS = índice de sabor, AT = antioxidantes totales, β C = β -caroteno, LC = licopeno ,CT = carotenoides totales y PN = polifenoles.

5 | Conclusión

1. La colección evaluada presenta variabilidad fenotípica para todos los descriptores de fruto, especialmente para la forma del fruto. Así pues, también existe una gran variabilidad para la mayoría de los parámetros de calidad. Esta variabilidad es especialmente elevada en el caso de los antioxidantes totales y los diferentes carotenoides. Esto podría servir para la selección de entradas con estos parámetros mejorados o que respondan a un perfil concreto.
2. Se han podido distinguir una serie de entradas (BL1, LU1 o CA1) que cumplen con los requisitos, en cuanto a sus características morfológico-agronómicas y sobre todo de calidad, para poder ser seleccionados como materiales interesantes tanto para ser recomendados a los agricultores como para su uso en programas de mejora genética.
3. Por lo que respecta a las correlaciones entre las características morfológico-agronómicas y los caracteres de calidad, destacan dos que podrían ser de utilidad. En primer lugar, la correlación entre el índice de sabor y los sólidos solubles, que a su vez están fuertemente relacionados con el β -caroteno, licopeno y carotenoides totales. Esto nos permite que la selección de accesiones con altos valores de rasgos relacionados con la mejora del sabor vaya también ligada a un mayor contenido en compuestos bioactivos. Por otro lado, la correlación existente entre el espesor del pericarpio y el contenido en licopeno y carotenoides totales. De esta forma una selección en función de un parámetro fácilmente medible como es el espesor del pericarpio, va también ligada a un mejor perfil del contenido en licopeno y carotenoides totales. Si no existiera esta correlación, estos dos parámetros tendrían que ser evaluados por los métodos químicos antes mencionados, por lo que supone una reducción de trabajo y costes..

6 | Bibliografía

AGRONEWS CASTILLA Y LEÓN, 2022. La producción de tomate en la UE descenderá este año un 3% hasta 6,2 millones de toneladas, visto el 25 de Agosto de 2022 en <https://www.agronewscastillayleon.com/la-produccion-de-tomate-en-la-ue-descendera-este-ano-un-3-hasta-62-millones-de-toneladas>

Alcubierre Pueyo, L. (2016). Caracterización morfológica y agronómica de una colección de variedades tradicionales de tomate españolas.

Azeez, M. A. , Adubi, A. O. , Durodola, F. A. (2018). Landraces and Crop Genetic Improvement. In (Ed.), *Rediscovery of Landraces as a Resource for the Future*. IntechOpen.

Araújo, Pedro Mário de e Nass, Luciano Lourenço Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. *Scientia Agricola* [online]. 2002, v. 59, n. 3 [Acessado 24 Agosto 2022] , pp. 589-593. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000300027>>. Epub 09 Ago 2002. ISSN 1678-992X. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000300027>

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. and Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), pp.25-30.

Casals, J., Pascual, L., Cañizares, J., Cebolla-Cornejo, J., Casañas, F., Nuez, F. (2012). Genetic basis of long shelf life and variability into Penjar tomato. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(2), 219-229.

Cebolla Jaime. (2005). Recuperación de variedades tradicionales de tomate y pimiento. Caracterización y mejora genética. Fernando Nuez. Universitat Politècnica de València.

Cortés Olmos, C. (2015). Puesta en valor de variedades tradicionales de tomate (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Díez, M. J. Valcárcel , J.V. Torres J. , Granell, A. Prohens , J. Soler, S. 2017. Variedades tradicionales de tomate de la Comunidad Valenciana del banco de germoplasma del COMAV. I Congrés de la Tomaca Valenciana: La Tomaca Valenciana d'El Perelló. El Perelló, Espai Cultural Ajuntament d'El Perelló, 17 de Maig de 2017

Esposito, S., Cardi, T., Campanelli, G., Sestili, S., Díez, M. J., Soler, S., Prohens, J., Tripodi, P. (2020). ddRAD sequencing-based genotyping for population structure analysis in cultivated tomato provides new insights into the genomic diversity of Mediterranean 'da serbo' type long shelf-life germplasm. *Horticulture research*, 7, 134.

Ferrer Ripollés, M.A.; Zaragoza Rovira, G.; (1980). *El país valencià*. Anaya. Madrid, España. 258 pp

FRUTASHORTALIZAS, 2022. Tomate: manejo del ambiente de posrecolección, visto el 16 de Julio de 2022 en <http://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Poscosecha-Tomate>

Figàs, M. R., Prohens, J., Raigón, M. D., Fita, A., García-Martínez, M. D., Casanova, C., Borràs, D., Plazas, M., Andújar, I., Soler, S. (2015). Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *Food chemistry*, 187, 517–524.

Figàs, M. R., Prohens, J., Raigón, M. D., Pereira-Dias, L., Casanova, C., García-Martínez, M. D., ... Soler, S. (2018). Insights into the adaptation to greenhouse cultivation of the traditional Mediterranean long shelf-life tomato carrying the alc mutation: A multi-trait comparison of landraces, selections, and hybrids in open field and greenhouse. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1774.

FINANCIAL FOOD, 2022. Desciende un 3% la producción de tomate en la Unión Europea, visto el 27 de Agosto de 2022 en <https://financialfood.es/desciende-un-3-la-produccion-de-tomate-en-la-union-europea/>

García, E., Fernandez, I., Fuentes, A. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Univ Politécnica Val; 2015.

Gomez, A.M. 2005. Producción de tomate con variedades tradicionales. Artículo del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. 58 pp

Gramazio, P., Pereira-Dias, L., Vilanova, S., Prohens, J., Soler, S., Esteras, J., Garmendia, A., Díez, M. J. (2020). Morphoagronomic characterization and whole-genome resequencing of eight highly diverse wild and weedy *S. pimpinellifolium* and *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* accessions used for the first interspecific tomato MAGIC population. *Horticulture research*, 7(1), 174.

INFOAGRO,2003. El mercado global de tomate y la existencia de competencia intercontinental: factibilidad del aumento de las exportaciones españolas hacia los EEUU (1ª parte), visto el 28 de Mayo de 2022 en https://infoagro.com/hortalizas/mercado_tomate.htm

J. Bota, M.A. Conesa, J.M. Ochogavia, H. Medrano, D.M. Francis, J. Cifre Characterization of a landrace collection for Tomàtiga de Ramellet (*Solanum lycopersicum* L.) from the Balearic Islands. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61 (2014), pp. 1131-1146

Moreno, M. D. R. F. (2019). Caracterización, tipificación, selección y mejora genética de variedades valencianas de tomate (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

IPGRI, 2022. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp) 49 pp

Peralta, I., Knapp, S. and Spooner, D., 2006. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. [online] Tomato Genetics Cooperative. University of Florida. Available at: <<https://tgc.ifas.ufl.edu/>> visto el 2 Agosto de 2022.

PRODUCEPAY, 2022. Exportación de tomate: panorama general, visto el 19 de Julio de 2022 en <https://es.producepay.com/exportacion-de-tomate-panorama-general/>

Quer, J.; (1762-1784). Flora española o Historia de las plantas que se crían en España. VI Vols. Ibarra, Madrid, España

Quiñones, M., Miguel, M., Aleixandre, A.. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89. Recuperado en 01 de septiembre de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S021216112012000100009&lng=es

Rodríguez-Romero A, López-Cepero J. (2006) Influencia del manejo ecológico sobre la fertilidad de los suelos de cultivo de tomate. VII Congreso SEAE Zaragoza 80:1-5

Rosa-Martínez, E., Adalid, A. M., Alvarado, L. E., Burguet, R., García-Martínez, M. D., Pereira-Dias, L., Casanova, C., Soler, E., Figàs, M. R., Plazas, M., Prohens, J., Soler, S. (2021). Variation for Composition and Quality in a Collection of the Resilient Mediterranean 'de penjar' Long Shelf-Life Tomato Under High and Low N Fertilization Levels. *Frontiers in plant science*, 12, 633957.

Rousseaux, M., Jones, C., Adams, D., Chetelat, R., Bennett, A. and Powell, A., 2005. QTL analysis of fruit antioxidants in tomato using *Lycopersicon pennellii* introgression lines. *Theoretical and Applied Genetics*, 111(7), pp.1396-1408

Siracusa, L., Avola, G., Patanè, C., Riggi, E., Ruberto, G. (2013). Re-evaluation of traditional Mediterranean foods. The local landraces of 'Cipolla di Giarratana' (*Allium cepa* L.) and long-storage tomato (*Lycopersicon esculentum* L.): quality traits and polyphenol content. *Journal of the science of food and agriculture*, 93(14), 3512–3519. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6199>

Siracusa, L., Patanè, C., Avola, G., Ruberto, G. (2012). Polyphenols as chemotaxonomic markers in Italian "long-storage" tomato genotypes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(1), 309–314.

Terry E, Ruiz J. (2008) Evaluación de bioproductos para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) bajo sistema de cultivo protegido. *Cultivos tropicales*, 29(3):11-15.

TOMATES VALENCIANOS, 2022. Variedades, características, propiedades, información nutricional, visto el 18 de Julio de 2022 en Tomates valencianos | Información nutricional, variedades y +

Trichopolou A, Soukara S, Vasilopoulou E (2007) Traditional foods: a science and society perspective. *Trends Food Sci Technol* 18:420–427

Vallverdú-Queralt, A., Medina-Remón, A., Martínez-Huélamo, M., Jáuregui, O., Andres-Lacueva, C., Lamuela-Raventos, R. M. (2011). Phenolic profile and hydrophilic antioxidant capacity as chemotaxonomic markers of tomato varieties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(8), 3994–4001.

Vergani, R. 2002. *Lycopersicum esculentum*: una breve historia del tomate. *Revista de industria distribución y socioeconomía hortícola*. ISSN:1132-2950, 26 pp

Villa, T., Maxted, N., Scholten, M., Ford-Lloyd, B. (2005). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*, 3(3), 373-384. doi:10.1079/PGR200591

Zscheile, F. and Porter, J., 1947. Analytical Methods for Carotenes of *Lycopersicon* Species and Strains. *Analytical Chemistry*, 19(1), pp.47-51.