UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL FRUTO EN VARIEDADES Y SELECCIONES DE ALBARICOQUERO DEL CEBAS-CSIC (*Prunus armeniaca* L.)"

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre-2024

Autor: Víctor Manuel Ferrández Ballester.

Tutores: Juan Alfonso Salazar Martínez.

Santiago García Martínez.

“Evaluación de la calidad del fruto en variedades y selecciones de albaricoquero del CEBAS-CSIC (*Prunus armeniaca* L.)”

"Evaluation of Fruit Quality in Apricot Varieties and Selections from CEBAS-CSIC (*Prunus armeniaca* L.)"

RESUMEN

A lo largo de este trabajo se ha realizado el fenotipado de caracteres de calidad del fruto de un total de 40 genotipos pertenecientes a la colección de variedades y selecciones del CEBAS-CSIC. Los principales objetivos específicos que se persiguen en este trabajo son, por un lado, la evaluación de los principales caracteres de la calidad del fruto en dicha colección de variedades y selecciones de albaricoquero, y por otro lado, el análisis de la variabilidad fenotípica mostrada, lo que servirá para estudios posteriores de asociación carácter-marcador, combinando los caracteres de calidad del fruto evaluados con la secuenciación del genoma de los genotipos evaluados.

ABSTRACT

Throughout this study, the phenotyping of fruit quality traits was carried out on a total of 40 genotypes belonging to the varieties and selections collection of CEBAS-CSIC. The main specific objectives pursued in this study are, on the one hand, the evaluation of the key fruit quality traits in this collection of apricot varieties and selections, and on the other hand, the study of the phenotypic variability observed, which will serve for future studies on marker-trait associtions, combining the evaluated fruit quality traits with the genome sequencing of the evaluated genotypes.

Palabras clave:

Albaricoquero, Mejora genética, Variabilidad fenotípica, Calidad del fruto

Key words:

Apricot, Plant breeding, Phenotipic variablility, Fruit quality

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a todas las personas que han estado apoyándome desde que inicié este trabajo fin de grado, mención especial para el **Dr.Juan Alfonso Salazar Martínez** que siempre estuvo ahí para hacer posible este trabajo, apoyándome y animándome durante tanto tiempo. También a todo el grupo del departamento de mejora genética y demás compañeros que he tenido el placer de conocer expresamente a :

Dr. Pedro Martínez Gómez por su simpatía, su ayuda y su forma de ser.

Dr. Santiago García Martínez por ayudar en lo posible siempre que ha podido.

A **María** por integrarme en el CEBAS-CSIC y por su ayuda y simpatía.

A mi compañero de universidad y amigo **Javier Martínez Brinquis** por ser un gran apoyo y un gran consejero.

A mi familia, especialmente a mi **madre** por apoyarme siempre en todo el camino hasta aquí.

A todas las personas que nunca se rindieron conmigo hasta el final y gracias a ellos soy lo que soy. Gracias.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 6
1.1.DESCRIPCION BOTÁNICA Y ORÍGEN DE LA ESPECIE 6
1.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO 7
1.3. PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO 11
1.4. PÁRAMETROS DE COSECHA Y CALIDAD DEL FRUTO. 13
1.5. MEJORA GENÉTICA Y PERSPECTIVA FUTURA 15
2. OBJETIVOS 18
3. MATERIAL Y MÉTODOS 19
3.1. LOCALIZACIÓN Y MATERIAL VEGETAL. 19
3.2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL FRUTO 19
3.2.1. PESO DEL FRUTO 19
3.2.2. DIÁMETRO DEL FRUTO 20
3.2.3. COLOR DE PIEL, CHAPA Y PULPA 21
3.2.4. ÍNDICE DE CLOROFILA 22
3.2.5. FIRMEZA 23
3.2.6. CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ 23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 26
5. CONCLUSIÓN 40
6. BIBLIOGRAFÍA 41
Anexo 1. Análisis de grupos homogéneos entre las distintas variedades y selecciones de albaricoquero según el test de Tukey. 44

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCION BOTÁNICA Y ORÍGEN DE LA ESPECIE

El albaricoquero (*Prunus armeniaca L.)* es una de las especies más relevantes dentro de los frutales de hueso, pertenece a la familia *Rosaceae* y a la subfamilia *Amygdaloideae*, y se encuentra dentro del género *Prunus* y subgénero *Prunus*. Además, esta especie se caracteriza por su carácter diploide con ocho pares de cromosomas (2n=16) (Rodrigo y Hormanza, 2005; Agustí, 2010).

El albaricoquero es un árbol de gran tamaño, que puede llegar a medir hasta 8 metros de altura. Es una especie caducifolia, vigorosa y de porte abierto, con un tronco grueso y madera oscura. Las hojas, al comenzar a desarrollarse, son de color rojizo y se tornan verde oscuro al madurar. Estas hojas tienen una forma alargada, ovalada o redonda, con el haz y el envés ligeramente cubiertos de pelos. Su pecíolo es largo y robusto, presentando algunas glándulas en la base del limbo, que es acorazonado y ligeramente aserrado. Las flores suelen agruparse en ramos mixtos, con pedúnculos cortos y brácteas de cinco partes, además de numerosos estambres y sépalos. El fruto del albaricoquero es una drupa con un surco ventral diferenciado y una superficie ligeramente vellosa. La pulpa es carnosa, con un color que varía del blanquecino al anaranjado, y es dulce. El endocarpo es duro, lignificado y de forma oblonga, con dos surcos característicos que contienen la semilla, la cual está formada por dos cotiledones blancos cubiertos por una envoltura de color marrón (Agustí Fonfría, 2010).

La especie *P. armeniaca* tiene su origen en Asia Central, particularmente en China. Desde allí, se extendió por medio del comercio internacional durante el imperio de Alejandro Magno en el siglo IV a.C. Su hábitat natural se encuentra en las montañas Tien-shan, ubicadas en el Turkestán chino.

(Vavilov & Dorofeev, 1992) identificó varios centros de origen de la especie en tres zonas diferentes:

- **Los primeros centros en China**: Estas son las regiones donde aparecieron los primeros cultivos, incluyendo las montañas del oeste, centro y noroeste de China.
- **Asia Central**: Esta zona abarca desde las montañas Tien-shan hasta el norte de la India.
- **Centros secundarios diversos**: Estos se encuentran alejados de los centros principales y están localizados en Oriente Medio.

En el caso de Europa, el albaricoquero fue introducido a través de dos rutas: en el siglo I a.C., los romanos lo trajeron desde Irán y Armenia, pasando por Grecia e Italia. Posteriormente, en el siglo VII, los árabes lo llevaron a España desde Oriente Medio (Rodrigo y Hormanza, 2005).

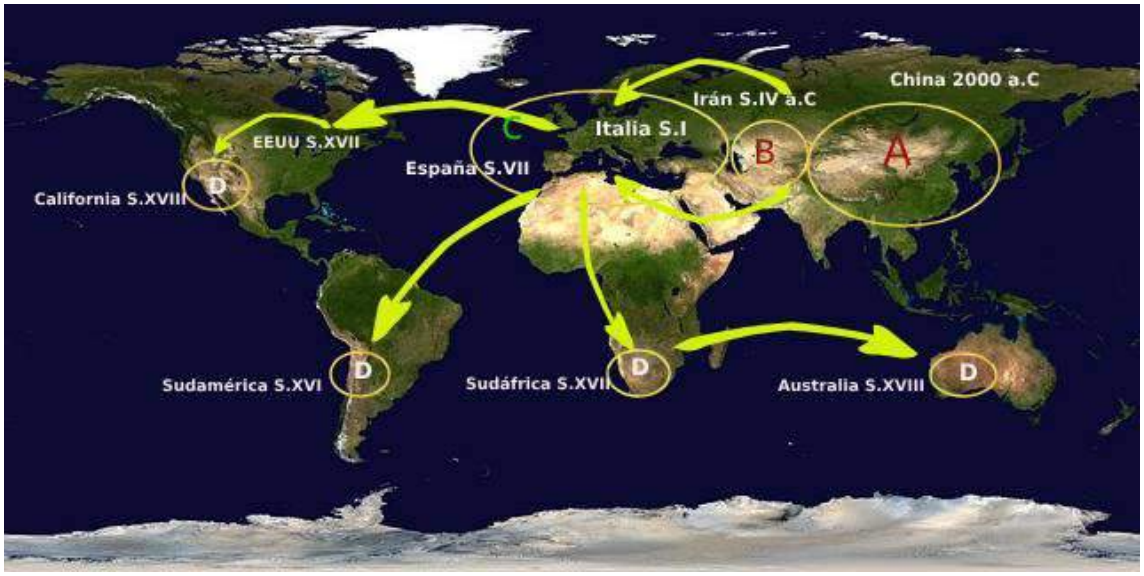

Figura 1. Centros de orígen (A y B), diversificación (C) y Dispersión (D) del albaricoquero. Imagen del globo terráqueo Fuente: Pixabay, Elaboración propia

1.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO

Los frutales de hueso más cultivados en el mundo según datos estimados de la FAO, en relación a la superficie cosechada en el año 2022 en ha son en primer lugar los ciruelos (2.599.624 ha), seguido de melocotoneros (1.542.648 ha), albaricoqueros (558.381 ha) y por último cerezos (454.664 ha).

Sin embargo, los datos de área cultivada no se correlacionan con los datos de producción ya que el melocotón es el más producido y en relación al área cultivada se encuentra en el segundo lugar.

El albaricoquero se encuentra dentro de los frutales de hueso más importantes del mundo, según datos registrados de la FAO es el tercer grupo más importante en cuanto a producción en toneladas después del melocotonero (24,5 M) y el ciruelo (11,5). La producción mundial de albaricoquero fue de aproximadamente 4,1 millones de toneladas en el año 2022, seguido de los cerezos (3,4 M) (Fig. 2).

En la gráfica se muestra la producción de las principales frutas de hueso entre los años 2020 y 2022, según datos de la FAO.

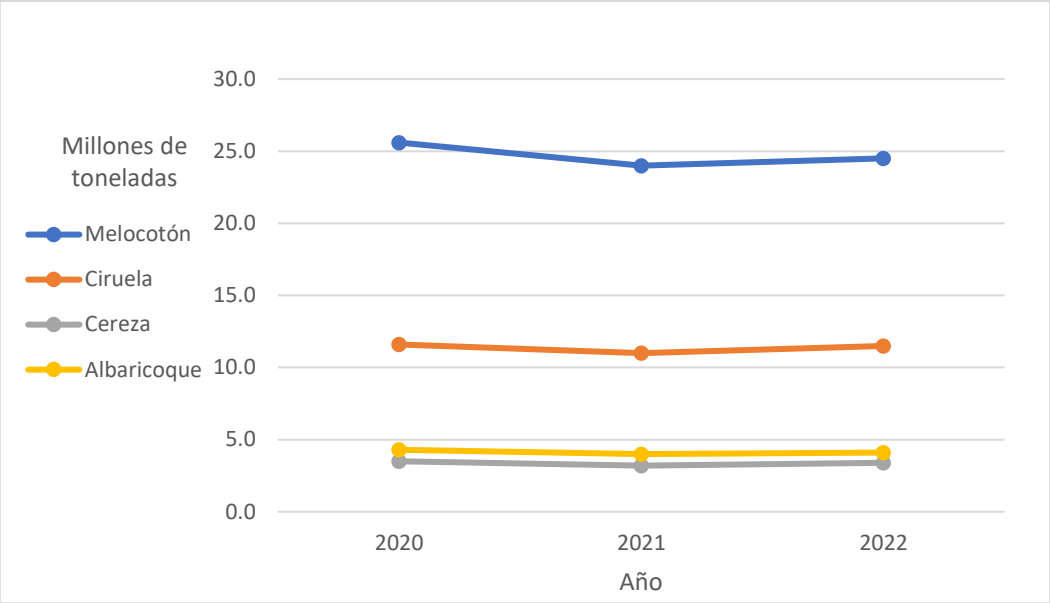

Figura 2. Producción mundial de frutales de hueso según la FAO

Los principales países productores de albaricoque en todo el mundo se muestran en la Figura 3, los cuales son principalmente países de la cuenca Mediterránea, que se caracteriza por su clima templado con unas condiciones ideales para el cultivo de éste frutal.

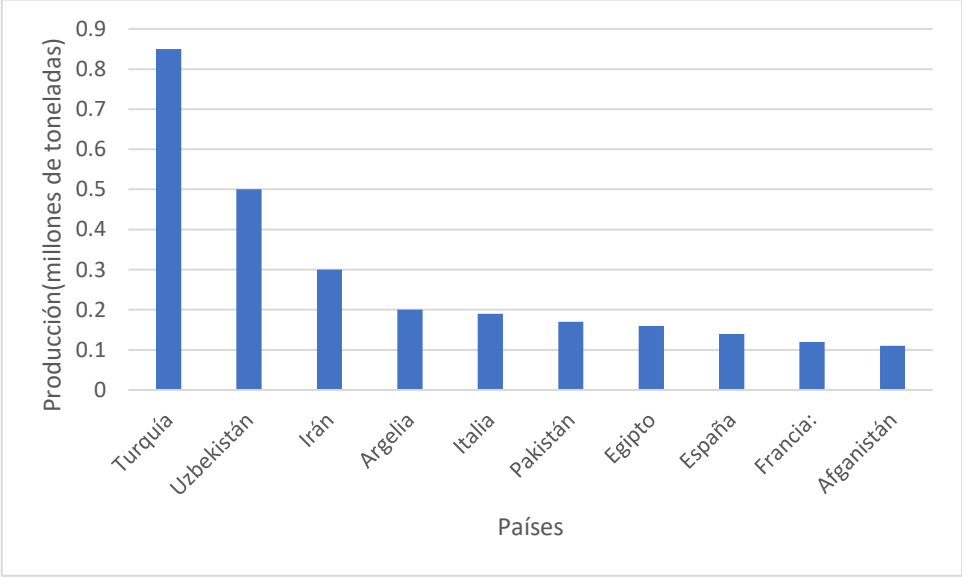

Figura 3. Principales países productores de albaricoque en el mundo según datos de la FAO

Como podemos observar, Turquía es el país con más producción de albaricoque con 0,85 M de toneladas, seguido de Uzbekistán con 0,5 M e Irán con 0,3 M. España se encuentra en el octavo lugar con 0,14 M de toneladas en el mundo.

La importancia económica del albaricoque en España ha sido considerable, especialmente en las regiones mediterráneas. Según datos del MAPA entre los años 2010 y 2022 se pueden destacar varios aspectos relevantes:

Superficie cultivada: La superficie dedicada al cultivo de albaricoque ha fluctuado a lo largo de los años. Sin embargo, regiones como Murcia y la Comunidad Valenciana han mantenido una superficie considerable, reflejando la importancia de este cultivo en sus economías agrícolas.

Producción: La producción de albaricoque en España ha variado anualmente debido a factores como las condiciones climáticas y plagas. A pesar de estas variaciones, España ha mantenido una producción significativa, consolidándose como uno de los principales productores de Europa.

Exportaciones: El país exporta una cantidad considerable de su producción a otros países de la Unión Europea y mercados internacionales, lo que aporta ingresos significativos a la economía agraria.

Valor económico: El valor económico del albaricoque ha sido sustancial, tanto en el mercado interno como en el mercado externo. Los precios varían dependiendo de la calidad de la cosecha y el mercado, pero en general, el albaricoque ha contribuido de manera importante al sector agrícola.

Innovación y mejora de variedades: En la última década, ha habido esfuerzos continuos en la investigación y el desarrollo de nuevas variedades y selecciones de albaricoquero que sean más resistentes a enfermedades y tengan mejores características comerciales. Estos avances han ayudado a mantener la competitividad del albaricoque español en el mercado global.

En cuanto a datos se refiere, en términos de superficie cultivada y producción, el albaricoquero ha ido fluctuando a lo largo de los últimos 20 años. Sin embargo, en estos últimos años la superficie cultivada se ha mantenido entre las 18.000 y las 25.000 ha cultivadas (Fig. 4). En 2018 había cultivadas un total de 20.567 ha y se obtuvo una producción de 175.573 toneladas siendo este año uno de los más destacables en cuanto a rendimiento productivo. En los últimos años ha habido una disminución en la superficie de área cultivada y en la producción.

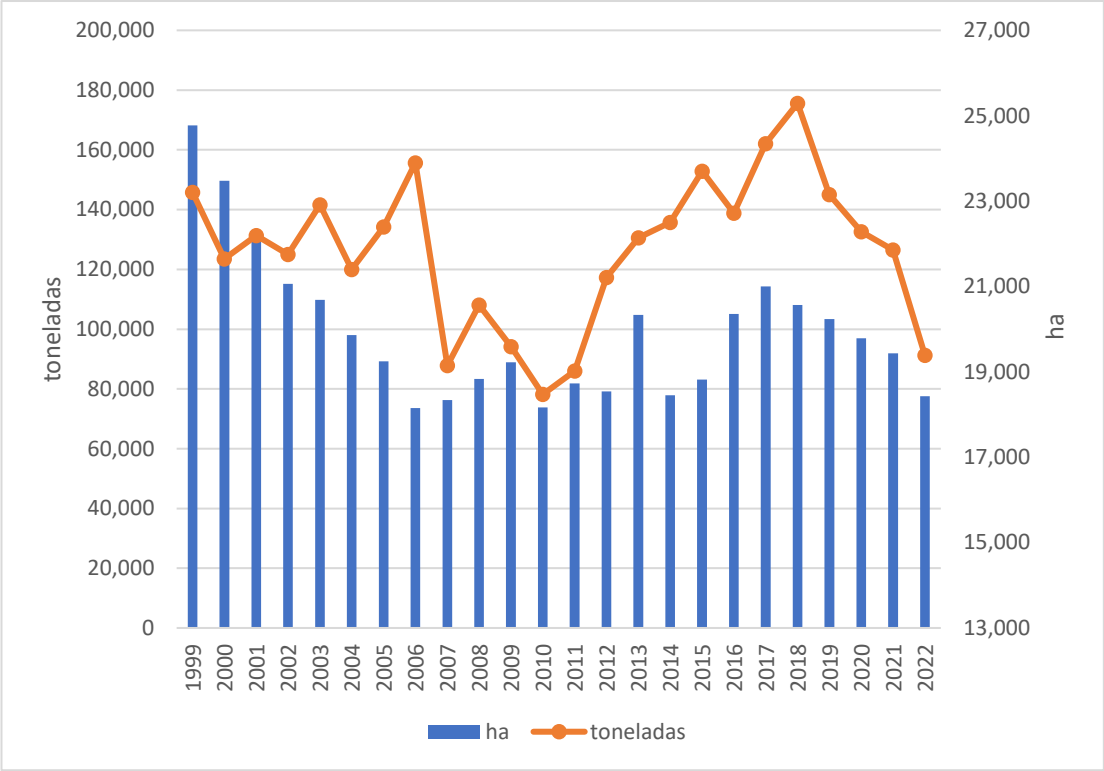

Figura 4. Evolución de la superficie y la producción nacional del albaricoquero en España. Fuente: MAPA

Respecto a la distribución geográfica de la producción en las distintas comunidades autónomas españolas, según las estadísticas recogidas en el MAPA, en la Figura 5 podemos observar que en el año 2022 la comunidad más importante es la Región de Murcia con una producción de 40.778,3 toneladas representando un 45% de la producción total de España (91.262,5 t) seguido de la región de Aragón (15.493,7 t) y la Comunidad Valenciana (14.966,6 t).

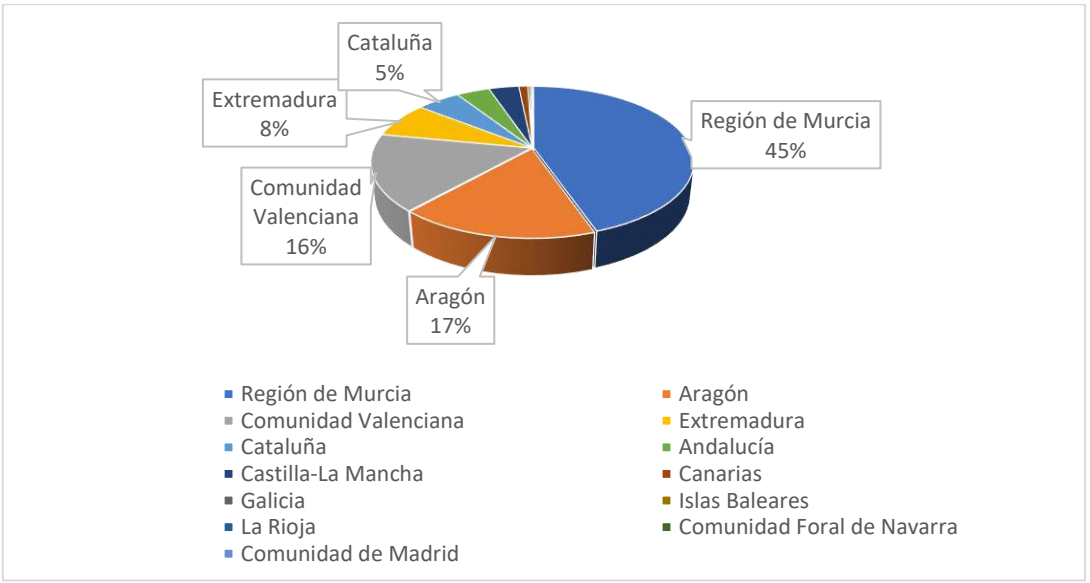

Figura 5. Distribución geográfica de la producción en España del Albaricoquero. Fuente: MAPA.

1.3. PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO

El albaricoquero es un cultivo con buenas expectativas a nivel europeo por no ser excedentario en la UE, por tanto, admitiría producciones superiores a las actuales. En los actuales programas de mejora genética de albaricoquero, se están desarrollando variedades que se adaptan de una manera más eficiente tanto a las necesidades climatológicas como a las necesidades actuales de mercado, tratando así de satisfacer la demanda de agricultores y consumidores. A continuación, describiremos algunos de los aspectos más relevantes a tener en cuenta en cuanto a plagas y enfermedades, vida postcosecha, y calidad del fruto.

Plagas y enfermedades:

- **Pulgones (*Brachycaudus persicae, Hyalopterus pruni y Myzus persicae)*:** estos áfidos atacan las hojas por su envés, enrollándolas, llenándolas de melaza, decolorándolas y provocando su abscisión. Los daños también son indirectos, ya que debilitan el árbol, afectan al desarrollo del fruto y son transmisores de virus y enfermedades (Agustí, 2010).
- **Mosca de la fruta *(Ceratitis Capitata)*:** el daño es provocado por las hembras, las cuales, están dotadas de un puntiagudo oviscapto y realizan la puesta sobre distintos frutos. Posteriormente, las larvas que nacen causan la descomposición de la pulpa. Al cabo de unos días las larvas se dejan caer al suelo transformándose en pupas, de las que nacen los insectos adultos (Agustí, 2010).
- **Gusano cabezudo *(Capnodis tenebrionis)*:** penetra en el tronco a la altura del cuello y excava galerías tanto por éste como por la raíz, lo que origina periódicamente orificios hacia el exterior de la madera atacada. Con ello debilita tanto al árbol que puede llegar a romperse. Su acción se desarrolla, sobre todo, por la zona del cambium, con lo que obstaculiza el transporte vascular, debilitando fisiológicamente al árbol.
- **Oídio *(Sphaeroteca pannosa)*:** los frutos pueden ser atacados cuando son pequeños, cubriéndose de manchas circulares de 1 a 2 cm de diámetro, que alteran la piel y la resquebrajan (Agustí, 2010).
- **Cribado *(Stigmina carpohilla)*:** provoca la destrucción de los botones de flor y las yemas de madera. Forma pequeñas manchas en las hojas,

a las que perforan, y pequeños chancros redondeados y con exudaciones gomosas en los ramos; también pueden verse afectadas las yemas y los frutos, sobre los que aparecen pequeñas punteaduras rojizas (Agustí, 2010).

- **Roya *(Tranzschelia pruna-spinosae)***: es un hongo que ataca a las hojas del albaricoquero, produciendo pequeñas manchas amarillentas en el haz que se corresponden con las fructificaciones esporígenas del envés y que se muestran a modo de pústulas; puede provocar la abscisión de hojas (Agustí, 2010).
- **Viruela (*Apple Chlorotic Leaf Spots Virus, ACLSV)*:** los frutos afectados presentan en la superficie unas depresiones y abultamientos más o menos acentuados, acompañados o no de cambio de color. Internamente la pulpa se reseca, endurece y oscurece más o menos intensamente. El único procedimiento eficaz está encaminado a evitar su propagación y el desarrollo de variedades resistentes (Agustí, 2010).
- **Sharka *(Plum Pox Virus, PPV)*:** produce bandas y anillos cloróticos en las hojas y en los frutos; estos últimos, además, se deforman y presentan gran cantidad de depresiones, más o menos lineales, de trazado irregular sobre la superficie; en el albaricoquero las deformaciones alcanzan al hueso. La sharka es especialmente importante en el albaricoquero, cuyos frutos también presentan manchas y anillos cloróticos en el hueso (Agustí, 2010).

Vida postcosecha:

Otro de los grandes problemas derivados de los frutales de hueso y especialmente en el fruto del albaricoquero es su breve vida útil debido a su rápido ablandamiento y deterioro. Los frutos climatéricos como el albaricoque son muy perecederos debido a su arquitectura celular e intensa actividad metabólica (Dos Santos *y col*., 2015). Esta circunstancia hace que los frutos de variedades climatéricas como el albaricoquero sólo puedan ser almacenados en frío durante periodos de 2 semanas, dándose en algunos casos un deterioro irreversible de su calidad sensorial. Esto conlleva una gran dificultad para la exportación de esta fruta a grandes distancias, haciendo necesario que sea cosechada en un estado más inmaduro para que pueda llegar al destino con una mínima calidad del fruto, en detrimento de algunas cualidades organolépticas.

Además, otros procesos que dan lugar al deterioro del fruto, se dan durante la manipulación y comercialización del fruto, debido a una recolección no cuidadosa, un trasporte inadecuado, o el uso de equipos y materiales inadecuados, lo que puede causar pérdidas de hasta el 40% del valor de la cosecha antes de que lleguen al consumidor (Kitinoja *y col*., 2011).

1.4. PÁRAMETROS DE COSECHA Y CALIDAD DEL FRUTO.

Una buena calidad del fruto es uno de los principales parámetros que se deben de tener en cuenta a la hora de la comercialización de los frutos.

En 1999, Shewfelt sugirió que la calidad es determinada por una combinación de atributos del fruto, y que la apreciación y respuesta a esas características por parte de los consumidores determina la aceptabilidad. Pese a ello, y debido a la subjetividad que presenta, existen atributos específicos evaluados mediante métodos instrumentales que permiten establecer valores objetivos que determinan la calidad del fruto (Abbot, 1999). Algunos de los parámetros más destacables son los siguientes:

- **Peso:** El peso que tiene una relación directa con el tamaño, es importante a la hora de comercializar la fruta de cara al consumidor, ya que los albaricoques de mayor tamaño suelen ser más valorados para su consumo en fresco.
- **Diámetro:** El diámetro en sus tres ejes (polar, sutural y ecuatorial) define la forma del fruto, lo cual es un factor importante, ya que frutos con formas más homogéneas favorecen una mejor percepción por parte del consumidor.
- **Color**: El estudio de la variabilidad del color del albaricoque es importante para determinar el momento de la cosecha, así como la calidad organoléptica del fruto, siendo una de las características más influyentes en la aceptación por parte del consumidor.

  Según Ruiz y *col.,* (2005), un color naranja intenso está relacionado con un mayor contenido en carotenoides, dándose un mayor contenido en la piel que en la pulpa del fruto.

En un ensayo realizado por Petrisor (2014), se determinó el índice de color (ángulo hue) y el contenido en carotenoides en 3 cultivares de albaricoque ('Rares', 'Carmela' y 'Excelsior') en dos estados de maduración. Los resultados obtenidos mostraron una disminución del ángulo hue (hº) con el avance de la maduración, produciéndose un cambio del color verde del fruto por un color naranja o naranja-rojizo. Además, se obtuvo una buena correlación (R^2= 0.90) entre el ángulo hue y el contenido en carotenoides. Debido a la correlación lineal entre el ángulo hue y el contenido en carotenoides, hº se utiliza como criterio de calidad para seleccionar nuevas variedades con un contenido más alto en carotenoides (Ruiz y *col.,* 2005).

- **Índice de colorofila (I_{AD}):** se trata de una ratio de clorofila estimada en el fruto a través del equipo DA-meter, lo que permite monitorizar la degradación de clorofila en el fruto. Esta medición nos aporta información sobre el momento de cosecha del fruto (Salazar *y col.* 2020).

- **Firmeza:** La firmeza, al igual que el contenido en clorofila, son caracteres muy vinculados a la vida útil del fruto, y nos pueden ayudar a seleccionar el momento óptimo de la cosecha. Durante la postcosecha del fruto se produce una pérdida acusada de la firmeza, lo que se traduce en lo que conocemos como tasa de ablandamiento, la cual, si es muy elevada reducirá la vida postcosecha y aumentará la susceptibilidad a enfermedades microbianas (Handa y *col.,* 2012).

  La firmeza de la fruta es un indicador del estado de madurez del fruto y de su momento óptimo de recolección. Además, la firmeza del fruto es de gran importancia en los procesos de manipulación, aptitud industrial y en la aceptación del consumidor.
- **Sólidos solubles y acidez.** El contenido en sólidos solubles y acidez es de gran importancia en la adquisición del sabor característico del fruto cuando se completa su maduración. Según Moreau-Rio (2006), la relación sólidos solubles-acidez tiene influencia en la aceptación por el consumidor, por lo que es importante mantener un buen equilibrio entre sólidos solubles y acidez.

Los azúcares predominantes en frutales de hueso incluyen fructosa, glucosa, sacarosa y el alcohol azúcar sorbitol. En el albaricoque, la sacarosa y la glucosa son los azúcares predominantes (Bae *y col.,* 2014; Xi *y col*., 2016), comenzando a acumularse en estadios iniciales de desarrollo del fruto, y alcanzando el máximo nivel de concentración en fruta madura.

El ácido málico, cítrico y quínico son los principales ácidos orgánicos en albaricoque (Xi *y col.,* 2016). Para llevar a cabo la biosíntesis de malato, se requiere la fijación de CO_2 en un esqueleto de carbono derivado del catabolismo de hexosas, que se logra mediante la carboxilación de fosfoenolpiruvato (PEP), catalizada por la 8 fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC), reacción que ocurre en el citosol de la célula (Etienne *y col.,* 2013).

1.5. MEJORA GENÉTICA Y PERSPECTIVA FUTURA

Para conseguir una mejor comercialización y adaptación del albaricoquero a las condiciones climáticas, se desarrollan programas de mejora vegetal públicos y privados. Estos programas de mejora tienen como objetivo obtener nuevas variedades mediante cruzamientos intraespecíficos utilizando los mejores genitores para, posteriormente, seleccionar los genotipos deseados en cuanto a su carácter temprano o tardío, calidad del fruto, postcosecha, resistencia a estreses bióticos y abióticos, etc.

Además, los programas de mejora genética actuales cuentan con herramientas moleculares como la selección asistida mediante marcadores, que aceleran el proceso de selección. Los principales centros nacionales que desarrollan programas de mejora genética de albaricoquero en España son: el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura – Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CEBAS-CSIC) y el Instituto Valenciano de Investigación Agraria (IVIA).

Algunos de los objetivos específicos que pretenden estos programas de mejora del albaricoquero son la obtención de variedades que reúnan los siguientes requisitos:

- Resistentes a la enfermedad de la sharka (*Plum Pox Virus; PPV*) y al virus de la Viruela (*Apple Chlorotic Leaf Spot Virus; ACLSV*).
- Tener pocas necesidades de frío invernal.

- Auto-compatibles en la floración.
- Muy buena calidad organoléptica.

Algunos ejemplos de variedades desarrolladas por el IVIA son: “Rafael”, “Bélgida” y “Moixent”, entre otros; destacando la característica de que son resistentes a sharka (Martínez-Calvo *y col*., 2010 y 2011).

Algunos ejemplos de variedades desarrolladas por el CEBAS-CSIC son: ”Rojo pasión”, “Mirlo blanco” , “Mirlo anaranjado” y “Mirlo rojo” entre otras, que están teniendo una amplia comercialización en España (Egea *y col*., 2012).

Figura 6. Algunas de las variedades de CEBAS-FRUIT. Fuente: Cebas Fruit

Uno de los mejoradores privados más importantes del sector frutícola es COT Internacional que ha desarrollado una gran cantidad de variedades entre las que destacan Magic COT, Lilly COT y Maya COT (Catálogo de Variedades 2021 de COT Internacional). En el proceso de mejora genética, la evaluación de las principales características fenológicas de las nuevas selecciones de albaricoquero es un requisito fundamental para seguir en el proceso de mejora, considerando que la calidad del fruto es uno de los objetivos fundamentales para obtener nuevas variedades en el futuro. Por tanto, una caracterización pomológica rigurosa nos permitirá describir y diferenciar los distintos fenotipos desde el punto de vista del fruto, permitiendo así, la selección de los descendientes más interesantes y su potencial para convertirse en nuevas variedades de albaricoquero.

Sin embargo, la mejora genética en los últimos tiempos ha estado muy orientada a la calidad intrínseca del fruto sin tener en cuenta el comportamiento postcosecha de los mismos, por tanto, hoy en día es cada vez más necesario que los programas de mejora genética incorporen dentro de sus objetivos una buena aptitud postcosecha de los frutos, generando poblaciones de híbridos a través de genotipos parentales que aúnen estas características.

En la actualidad, el uso de los marcadores moleculares para la selección asistida de genotipos es primordial para mejorar la eficiencia de los programas de mejora genética de especies como el albaricoquero. Sin embargo, a excepción del melocotonero, son pocos los marcadores moleculares disponibles para la selección asistida en albaricoquero. Por ello, en los programas de mejora de estas especies es esencial analizar y explorar en la medida de lo posible toda la variabilidad genética posible mediante el fenotipado y genotipado de diferentes variedades, lo que nos permitirá con las actuales plataformas de secuenciación la búsqueda de marcadores tipo SNP ligados a caracteres de interés. Este análisis de asociación del genoma completo (GWAS) es una poderosa metodología que nos permite identificar polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs) asociados con caracteres específicos a través del análisis de todo el genoma. Además, este enfoque supera varias limitaciones del mapeo genético, proporcionando una resolución más alta a nivel de gen (Brachi y *col.,* 2011). Así pues, en el presente trabajo, nos centraremos en el fenotipado de genotipos que proporcionen un fondo genético amplio y representativo de la especie albaricoquero.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es el fenotipado de una amplia colección de variedades y selecciones del CEBAS-CSIC. Así pues, se pretende dilucidar la variabilidad fenotípica disponible en el programa de mejora genética de esta especie para posteriores estudios de asociación de genoma completo. Por tanto, se definen 2 objetivos específicos:

1. Evaluación de los principales caracteres de la calidad del fruto en una colección de variedades y selecciones de albaricoquero del CEBAS-CSIC.

2. Estudio de la variabilidad fenotípica mostrada en esta colección de genotipos del CEBAS-CSIC para estudios posteriores de análisis genómico.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y MATERIAL VEGETAL.

La finca experimental del CEBAS-CSIC, situada a 310 metros sobre el nivel del mar, se ubica en la Región de Murcia, en el término municipal de Cieza (38º16'12.7''N, 1º34'03.3''O).

El material vegetal utilizado para el estudio fueron 40 variedades y selecciones de albaricoquero de la colección del CEBAS-CSIC. Se recolectaron de 20 a 25 frutos por árbol y se seleccionaron los 12 frutos más homogéneos por cada variedad. Los frutos se recolectaron en su estado de madurez fisiológica con sus características sensoriales y de color óptimas.

Moniquí	Currot	Capricho	Fransa	Pepito del Rubio	Dorada	Canino	Tardif de Bordanell	Rojo Pasión	Búlida
Búlida Precoz	Rojo Pasión Precoz	Selección 18_2	Mirlo Rojo	Primorosa	Valorange	Murciana	Mirlo Blanco	Bergeron	Deseo
Palsteyn	Mirlo anaranjado	Lito	Selección 906-12	Micaelo	Goldrich	Selección Z-211-18	Orange Red	Selección 5_26	Lady cot
Cebas Red	Colorao	Selección 11_1	Flopría	Estrella	Selección 3_47	Tardorange	Totem	Fuego	Cheyenne

Tabla 1. Variedades y selecciones de albaricoquero de la colección del CEBAS-CSIC.
Fuente: Elaboración propia

3.2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL FRUTO

3.2.1. PESO DEL FRUTO

El peso del fruto fue expresado en gramos, determinado mediante una balanza (Sartorious ™) (Fig. 7). Los frutos fueron pesados de manera individual por cada genotipo para obtener posteriormente su peso promedio.

Figura 7. Balanza de precisión para medición de peso.

3.2.2. DIÁMETRO DEL FRUTO

Para la medición se utilizó un calibre digital (Mitutoyo) (Fig. 8). Se hicieron tres mediciones de diámetro del fruto. En el eje *x*, el diámetro sutural y el diámetro ecuatorial, y en el eje *y* se midió el diámetro polar, lo que nos da una idea de la forma del fruto de una manera objetiva.

Figura 8. Calibre digital para medición de diámetro.

En relación a los diámetros del eje *x* e *y*, se calculó el índice de polaridad. El cálculo de este índice se basó en la relación de aspecto del fruto (R_a) (Fayed y *col.,* 2020), dónde el índice de polaridad se calculó como el cociente entre el diámetro polar (eje *y*) y el promedio de los diámetros ecuatorial y sutural (eje *x*), siendo así la fórmula:

$$\frac{eje\ y(eje\ polar)}{eje\ x(promedio\ de\ eje\ ecuatorial\ y\ eje\ sutural)} = índice\ polar$$

Si el índice es mayor que uno significará que el eje *y* es mayor que el *x*, por lo tanto, podemos decir que el fruto es más alargado, mientras que si el índice

es menor que 1 significa que el eje *x* es mayor que el eje *y*, por lo tanto, podemos decir que el fruto es más achatado.

3.2.3. COLOR DE PIEL, CHAPA Y PULPA

Para la determinación del color de fondo y chapa de la piel, así como el color de pulpa de cada uno de los frutos, se utilizó un colorímetro Konica Minolta Chroma Meter (CR-400, Konica Minolta, Ramsey, NJ) (Figura 9), tomando lecturas en tres posiciones diferentes de la región ecuatorial del fruto, obteniendo así tres repeticiones por fruto. En el caso del color de fondo se evitaron las zonas coloreadas de chapa, mientras que para el color de chapa se midieron las zonas del fruto con cobertura más rojiza, evitando las zonas de color de fondo. Además, también se evaluó el porcentaje de cobertura de chapa de forma visual. Para la determinación del color de pulpa, se hizo un corte transversal en cada fruto y se tomaron, también, tres medidas en diferentes puntos de la pulpa.

El sistema utilizado para la determinación del color del fruto fue el espacio de color "*Commission Internationale de lÈclairage"* (CIE) L*a*b*, el cual es ampliamente utilizado debido a la buena correlación de sus valores numéricos con la percepción visual (Konica Minolta, 1994). En este método la luminosidad viene definida por la letra L*, indicando el color negro una luminosidad 0 mientras que el color blanco indica una luminosidad de 100. Por el contrario, a* y b* son las coordenadas cromáticas. El parámetro a* se usa para evaluar la saturación, lo que nos muestra la pureza de un color. Además, a* representa la variable que va de rojo a verde; cuando el parámetro es positivo representa la aportación al rojo mientras que si es negativo representa al verde. El parámetro b* se emplea para evaluar el tono y muestra la variable que va del amarillo al azul; cuando el parámetro es positivo representa la aportación al color amarillo y cuando es negativo representa la aportación al color azul. A partir de estas coordenadas podemos calcular el ángulo de color (ºh) y de intensidad (*C) (Hunter, 1942 y Little, 1975), los cuales son más útiles para medir el color desde un punto de vista cuantitativo. El ángulo de color (ºh) es el parámetro que mejor refleja el color en el sistema espacial de coordenadas, calculándose como el arco tangente de b y a.

Figura 9. Colorímetro para medición de color.

3.2.4. ÍNDICE DE CLOROFILA

El índice de colorofila I_{AD} o índice ΔA es un índice relacionado con el estado de maduración del fruto. Este índice se basa en le absorbancia diferencial entre la absorción por parte de la clorofila de tipo a y otra de referencia. El I_{AD} es proporcional a la cantidad de clorofila presente en el fruto, el cual, tiene la tendencia a disminuir constantemente durante la maduración. La medición de este parámetro se ha llevado a cabo con el equipo Da-Meter (Sinteleia, Bolonga, Italy) (Fig.10).

Figura 10. DA-Meter para medición de la clorofila

3.2.5. FIRMEZA

La evaluación de la firmeza del fruto se llevó a cabo mediante un penetrómetro de 7,9 mm de diámetro, para ello se utilizó el analizador de textura TA.XT Plus (Fig. 11). El programa Texture Exponent 32 fue utilizado para visualizar gráficamente la deformación de los frutos. Para obtener un dato homogéneo de la medición de la firmeza, todos los frutos se colocaron con su sentido paralelo al plano, evitando así sobredimensionar los valores de firmeza debido a la posición del hueso de forma interna.

Figura 11. Analizador de textura para determinar la firmeza del fruto.

3.2.6. CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES Y ACIDEZ

El contenido en sólidos solubles fue determinado mediante la medida del índice refractométrico del triturado de la pulpa de albaricoque. Esto es debido a que el zumo azucarado desvía la luz por refracción, propiedad que aprovechamos para medir los sólidos solubles de dicho triturado, ya que el 80% de la materia seca está constituida por azúcares. Su valoración se hizo con un refractómetro manual digital Atago gama PAL-1 (Figura 12). Dicho refractómetro indica su valor en ºBrix, los cuales representan el porcentaje de concentración de todos los sólidos solubles contenidos en la muestra a 20ºC. De cada variedad y selección se obtuvieron tres valores correspondientes a tres réplicas compuestas por cuatro frutos.

Figura 12. Refractómetro manual para determinar sólidos solubles.

La valoración de pH y acidez se realizó a partir de las muestras de zumo obtenidas previamente para la determinación del contenido en sólidos solubles, utilizando tres réplicas de cuatro frutos por variedad y selección. Ambas determinaciones se llevaron a cabo en un valorador automático METHROM, modelo 786 DMP TITRINO, junto con un agitador modelo 760 SC CONTROLLER (Figura 13) utilizando 2 g de la muestra previamente triturada y diluida en 30 ml de agua destilada. La acidez se obtuvo mediante valoración ácido-base con NaOH 0,1 N hasta alcanzar pH 8,1, siendo expresada en gramos de ácido málico/100 ml de zumo.

Figura 13. Valorador automático ácido-base para determinar la acidez.

3.3. ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos, además de la estadística descriptiva en la que se muestran los valores promedio, desviación estándar y valores máximos y mínimo, todos los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) de un factor (genotipo). El valor utilizado para considerar diferencias significativas fue de al menos de 0,05. Además, también se llevó a cabo un análisis de grupos homogéneos mediante el test de Tukey (p-valor < 0,05). Por último, para visualizar mejor el peso de las variables (caracteres) se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) considerando como variable de clasificación el genotipo. El análisis descriptivo y estadístico de los datos se llevó a cabo en INFOSTAT v2018, mientras que los gráficos y figuras fueron elaboradas utilizando este mismo programa y Excel (Microsoft Office 2019).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de los frutos de distintas variedades y selecciones de albaricoquero del CEBAS-CSIC nos ha permitido obtener una información valiosa que demuestra la variabilidad y el amplio fondo genético disponible en el programa de mejora genética de esta especie, lo que se pone de manifiesto en la Tabla 2, donde se observan diferencias significativas para todos los caracteres evaluados entre las distintas variedades, así como también se diferencian diferentes grupos homogéneos para cada carácter evaluado según el test de Tukey (Anexo 1).

Variable	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fecha de cosecha	Modelo	93383,7	39	2394,45	1,6749E+15	<0,0001
	Variedad	93383,7	39	2394,45	1,6749E+15	<0,0001
	Error	6,30E-10	440	1,40E-12		
Índice de clorofila	Modelo	9,23	39	0,24	29,37	<0,0001
	Variedad	9,23	39	0,24	29,37	<0,0001
	Error	3,52	437	0,01		
Peso de fruto	Modelo	132457	39	3396,34	81,72	<0,0001
	Variedad	132457	39	3396,34	81,72	<0,0001
	Error	18162,8	437	41,56		
Diámetro polar	Modelo	10544,6	39	270,37	66,26	<0,0001
	Variedad	10544,6	39	270,37	66,26	<0,0001
	Error	1783,08	437	4,08		
Diámetro ecuatorial	Modelo	9311,48	39	238,76	77,26	<0,0001
	Variedad	9311,48	39	238,76	77,26	<0,0001
	Error	1350,43	437	3,09		
Diámetro sutural	Modelo	12117,1	39	310,69	69,55	<0,0001
	Variedad	12117,1	39	310,69	69,55	<0,0001
	Error	1952,05	437	4,47		
Índice de polaridad	Modelo	1,8	39	0,05	39,79	<0,0001
	Variedad	1,8	39	0,05	39,79	<0,0001
	Error	0,51	437	1,20E-03		
Cobertura de chapa	Modelo	183975	39	4717,3	54,7	<0,0001
	Variedad	183975	39	4717,3	54,7	<0,0001
	Error	37686,8	437	86,24		
Color de piel	Modelo	34574,8	39	886,53	115,43	<0,0001
	Variedad	34574,8	39	886,53	115,43	<0,0001
	Error	3240,97	422	7,68		
Color de chapa	Modelo	91120,1	39	2336,41	44,59	<0,0001
	Variedad	91120,1	39	2336,41	44,59	<0,0001
	Error	22424,7	428	52,39		
Color de pulpa	Modelo	20825,2	39	533,98	126,95	<0,0001
	Variedad	20825,2	39	533,98	126,95	<0,0001
	Error	1787,68	425	4,21		
Firmeza	Modelo	16268,2	39	417,13	10,17	<0,0001
	Variedad	16268,2	39	417,13	10,17	<0,0001
	Error	14312	349	41,01		
Sólidos solubles	Modelo	300,16	39	7,7	8,49	<0,0001
	Variedad	300,16	39	7,7	8,49	<0,0001
	Error	72,56	80	0,91		
Acidez	Modelo	18,45	39	0,47	61,42	<0,0001
	Variedad	18,45	39	0,47	61,42	<0,0001
	Error	0,6	78	0,01		

Tabla 2. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

A continuación, analizaremos de forma pormenorizada cada uno de los parámetros evaluados, representando esta variabilidad genética a través de la expresión de su fenotipo. Así pues, en primer lugar, podemos observar que las 40 variedades y selecciones evaluadas cubren un amplio periodo productivo, incluyendo 2 meses de producción (mayo y junio) (Figura 14).

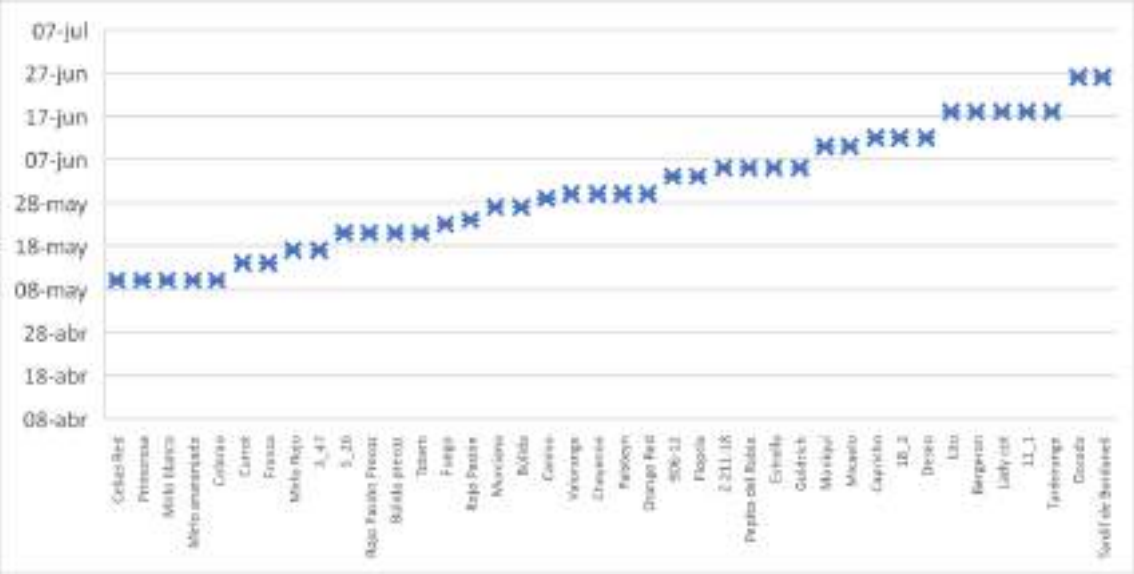

Figura 14. Fechas de cosecha de variedades y selecciones de albaricoquero del año 2024.

En este caso, vemos como las variedades más tempranas fueron ‘Cebas red’ y ‘Primorosa’ (principios de mayo) con bajas necesidades de frío, al contrario que variedades como ‘Dorada’ y ‘Tardif de Bordaneil’ (finales de junio), que se caracterizan por sus elevadas necesidades de frío invernal. Además, el CEBAS-CSIC cuenta con un amplio abanico de variedades y selecciones propias que cubren el periodo productivo, desde ‘Cebas red’ (temprana-inicio de mayo), pasando por ‘Valorange’ (media temporada-inicio de junio) y ‘Dorada’ o ‘Tardorange’ (tardías-final de junio) (Egea *y col.,* 2005; Ruiz *y col.,* 2018; Salazar *y col.,* 2022) . En este sentido, los objetivos del programa siguen siendo la ampliación del calendario productivo incluso con la obtención de nuevas variedades extra-tempranas de finales de abril, así como también explorar la posibilidad de obtención de variedades más tardías de alta calidad gustativa.

En cuanto al índice de clorofila (I_{AD}), como hemos visto es un parámetro que nos aporta información sobre el momento de cosecha de una variedad. Sin embargo, debemos de tener en cuenta que este valor es diferente para cada variedad. Así pues, variedades como 'Cheyenne' (0,62) o 'Totem' (0,42) de color completamente rojo alcanzaron el mayor I_{AD} en la cosecha, así como también 'Goldrich' (0,42) y la selección '906-12' (0,4), ambas de tipología naranja (Figura 15). Por otro lado, variedades como 'Primorosa', 'Fransa' o 'Mirlo rojo' fueron cosechadas con valores en torno a 0, siendo las dos primeras variedades de tipología amarilla.

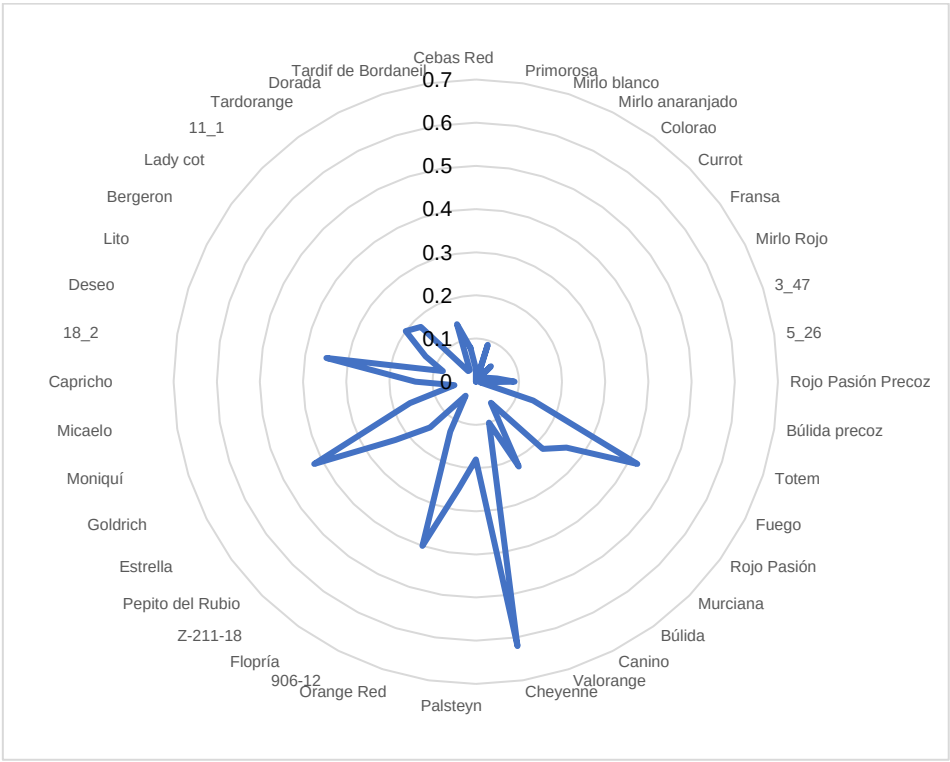

Figura 15. Índice de clorofila (I_{AD}).

Además, debemos de tener en cuenta que la mayoría de variedades (29) registraron valores inferiores a 0,2, lo que indica valores muy bajos de clorofila, estando todas ellas por debajo de 0,5 a excepción de 'Cheyenne' (0,62). Por tanto, esto justifica que en otros trabajos se haya reportado un contenido en clorofila muy bajo a veces casi imperceptible en esta especie, lo que se relaciona con una rápida degradación de la clorofila durante la maduración del fruto y con una vida útil muy corta (Velardo *y col.,* 2021). Sin embargo, el uso de equipos para estimar el índice de clorofila en albaricoque puede ser de utilidad para fijar un criterio de cosecha mediante un método no destructivo objetivo, que se

corresponderá con valores cercanos a 0 en unas variedades y entre 0,2 y 0,5 en otras, lo que asegurará el máximo potencial organoléptico y la máxima vida útil posible para cada variedad (Costa *y col.,* 2010).

En cuanto a parámetros relacionados con el tamaño como el peso del fruto, se observa un amplio rango, oscilando entre los 30 g y los 100 g (Figura 16). En este caso, podemos destacar variedades como 'Rojo pasión precoz', 'Totem' o 'Deseo' que alcanzan valores de peso entre 30 y 40 g, mientras que variedades como 'Moniquí' o 'Goldrich' alcanzan entre 80 y 90 g, siendo la variedad griega 'Lito' la de mayor tamaño, superando incluso los 100 g.

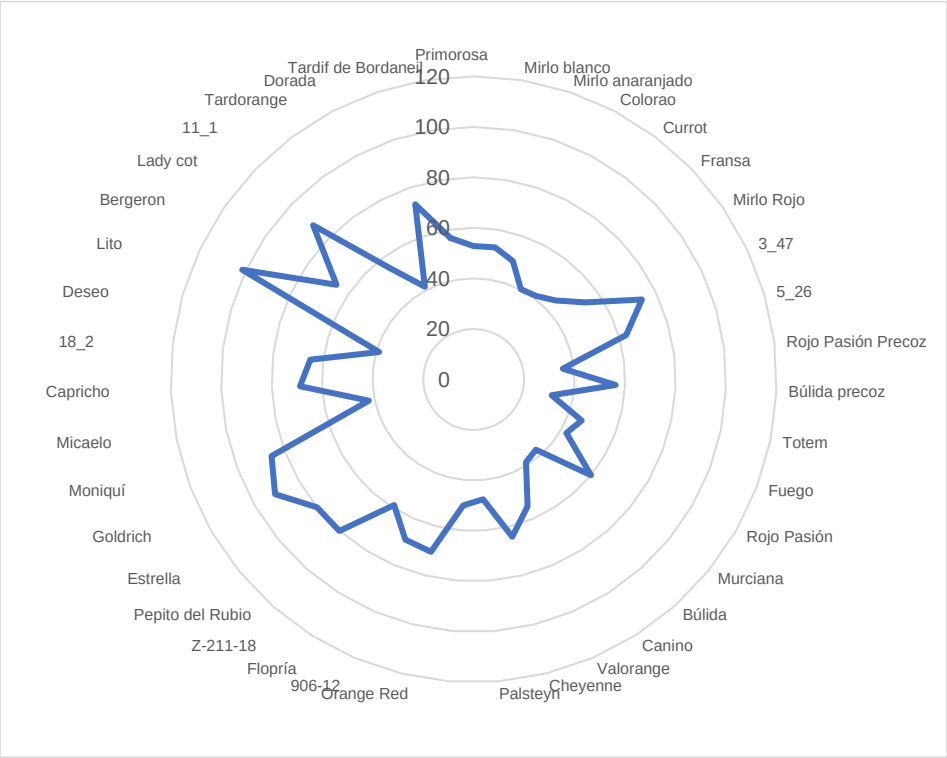

Figura 16. Peso del fruto de las distintas variedades y selecciones.

Hay que destacar, que los datos obtenidos, son de una sola temporada, y aunque el peso del fruto tiene una componente genética importante, el tamaño va a depender de una floración adecuada, lo que también dependerá de las necesidades de frío acumuladas (Ruiz *y col.,* 2007), la intensidad de floración y el cuajado del fruto, los cuales dependen de las fluctuaciones interanuales de las temperaturas. Otros factores serían los relacionados con el manejo del cultivo como son la poda, fertilización, riego, etc. Además, en este caso, curiosamente, las variedades de mayor tamaño y por tanto de mayor peso como 'Lito', 'Moniquí'

y ‘Goldrich’ se caracterizan por ser variedades de altas necesidades de frío, lo que ha propiciado en este año en concreto una baja intensidad de floración y un menor cuajado, por lo que probablemente estos factores han dado lugar a una menor producción favoreciendo un mayor peso del fruto.

En cuanto al diámetro del fruto, mediante las mediciones del fruto en sus ejes *y* (polar) y *x* (ecuatorial y sutural), mostramos el índice de polaridad de todo el elenco varietal evaluado (Figura 17). En este caso, podemos ver que la variedad ‘Totem’ (1,14) junto con ‘Orange red’ (1,11) son las que presentan los mayores índices, por lo que son las más alargadas. Por el contrario, ‘Currot’ (0,84) y ‘Valorange’ (0,92) presentaron los índices más bajos lo que las relaciona con variedades de aspecto más achatado.

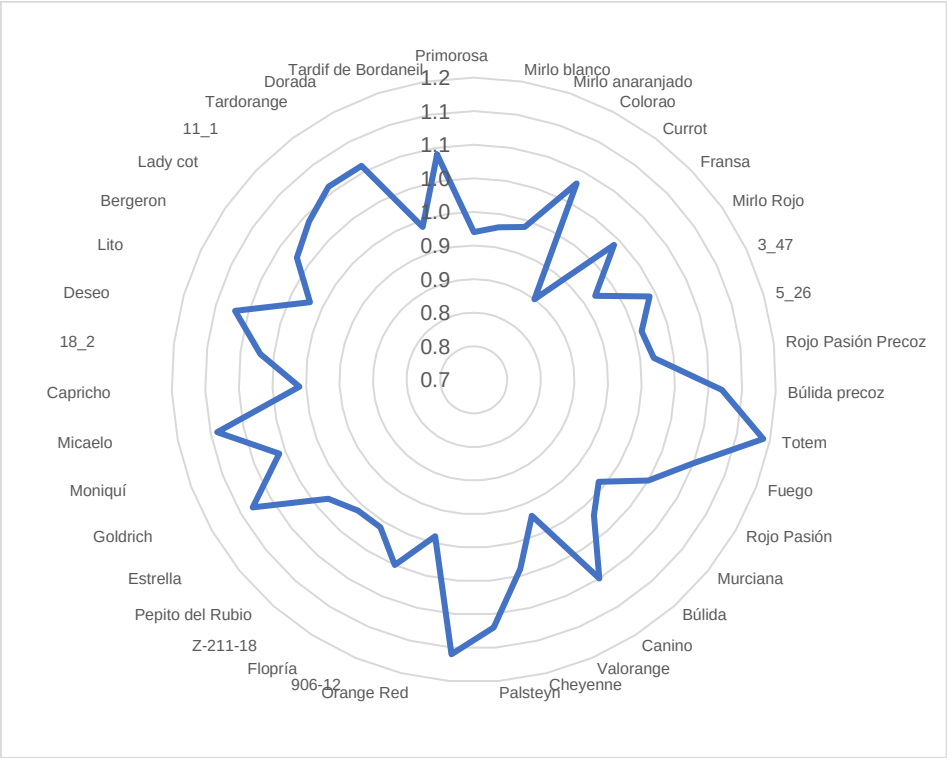

Figura 17. Índice de polaridad

Sin embargo, como hemos podido observar, los valores en cuanto al índice de polaridad son muy cercanos a 1 (± 0,15) por lo que en general el fruto tiende a formas más redondeadas, si bien es cierto que estas pequeñas diferencias son apreciables visualmente. Otros aspectos que podrían abarcarse sería la relación entre el diámetro ecuatorial y el sutural, lo que podría resultar en frutos más o menos aplanados con respecto al eje polar. Así pues, aunque

una forma redondeada del fruto es la más común (Miloević *y col.,* 2014), a veces la percepción sensorial del sabor es mucho más importante que el aspecto externo, siempre y cuando no se muestren irregularidades tales como un crecimiento desigual de las mejillas u otras irregulares debidas a un crecimiento no homogéneo del fruto.

En cuanto al color del fruto, un aspecto importante relacionado con el atractivo del fruto es el porcentaje de chapa, o cobertura de chapa roja (Figura 18). En este caso, variedades como ‘Cheyenne’ (88,33 %), ‘Fuego’ (87,5 %) y ‘Totem’ (79,58 %) mostraron un elevado porcentaje de chapa rojiza con respecto a las demás variedades, cubriendo casi la totalidad del fruto de color rojo. Sin embargo, el resto de variedades oscilan entre el 20 % y el 40 % salvo algunas variedades y selecciones como ‘Canino’ (5 %), ‘Goldrich’ (6,25 %), la selección ‘906-12’ (6,67 %) y ‘Dorada’ (7,92 %) que tienen un porcentaje menor llegando sólo a apreciarse un leve rubor rojizo.

Por tanto, variedades con alto porcentaje de chapa como es el caso de ‘Cheyenne’, ‘Fuego’ y ‘Totem’, podrían ser más atractivas y llamativas para el consumidor, ya que son variedades poco frecuentes en tanto en cuanto cubren casi la totalidad del color de piel en rojo. Sin embargo, a veces, variedades con tonalidades de piel más anaranjada con un porcentaje de chapa roja intensa son también muy apreciadas por el consumidor.

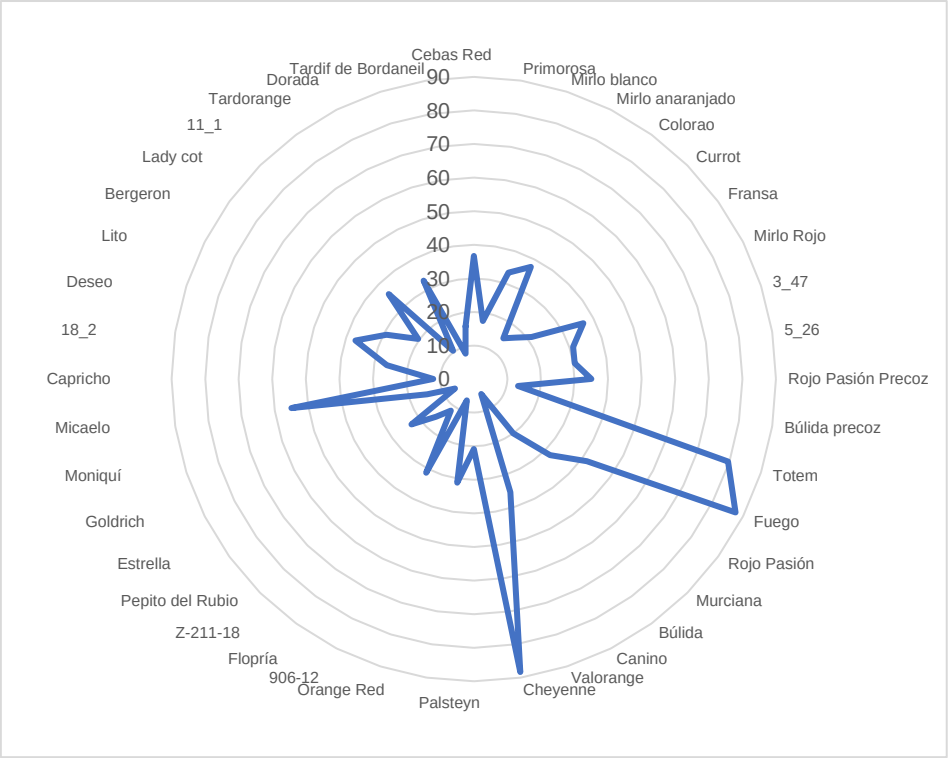

Figura 18. Porcentaje de chapa de las variedades y selecciones

En relación al color Hue (hº) o ángulo de tono de color del color de chapa, podemos observar como ‘Cheyenne’, ‘Fuego’ y ‘Totem’ mencionadas anteriormente, además de presentar la mayor cobertura de chapa, mostraron el color rojizo más intenso (hº ≈ 20-30) (Figura 19). También es interesante destacar, que variedades con menos cobertura de chapa como ‘Tardorange’, ‘Cebas red’ o ‘Micaelo’ también presentaron un color rojo intenso en su chapa (hº ≈ 30-40). Por otro lado, variedades con mayores valores de H como ‘Dorada’ (80,2) ‘Canino’ (79,71) y ‘Capricho’ (72,98) presentaron tonalidades más naranja rojizas.

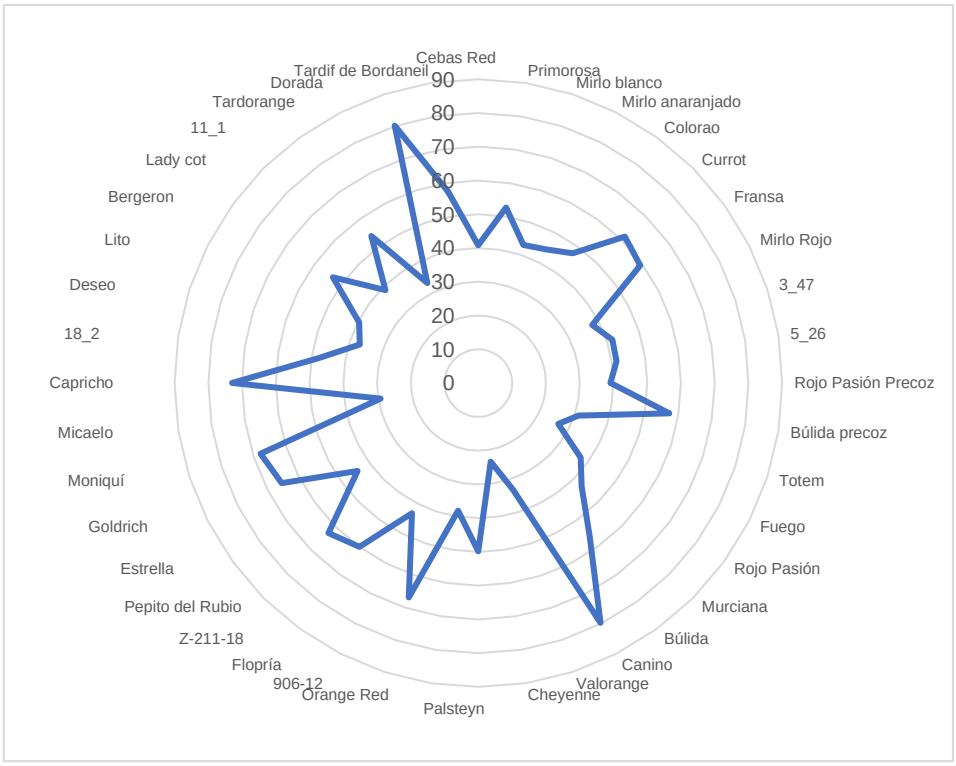

Figura 19. Color (H) de la chapa de las variedades y selecciones.

En relación con el color (hº) de piel, en el siguiente gráfico (Figura 20) podemos ver que los resultados obtenidos en la medición son aparentemente más parecidos entre variedades, sin embargo podemos apreciar una amplia variabilidad de color desde el amarillo pasando por el naranja y el rojo (Figura 21). Las variedades con mayor ángulo hº son 'Moniquí' (96,05), 'Currot' (91,45) y 'Capricho' (90,04), las cuales se corresponden con tonalidades de color amarillo. En cambio, las variedades con menor valor de ángulo hº son 'Totem' (59,92) y 'Fuego' (59,15), las cuales presentan tonalidades de color rojo. En este sentido, las tonalidades de naranja más intenso, se relacionan con un mayor contenido en carotenoides (Ruiz y *col*., 2005), mientras que tonalidades más rojizas se atribuyen a niveles más altos de antocianinas (Bureau *y col.,* 2009). Además, colores de naranja y rojo más intensos pueden estar asociados a un sabor más apetecible, que es lo que se intenta buscar en el mercado para que la fruta sea más atractiva para el consumidor.

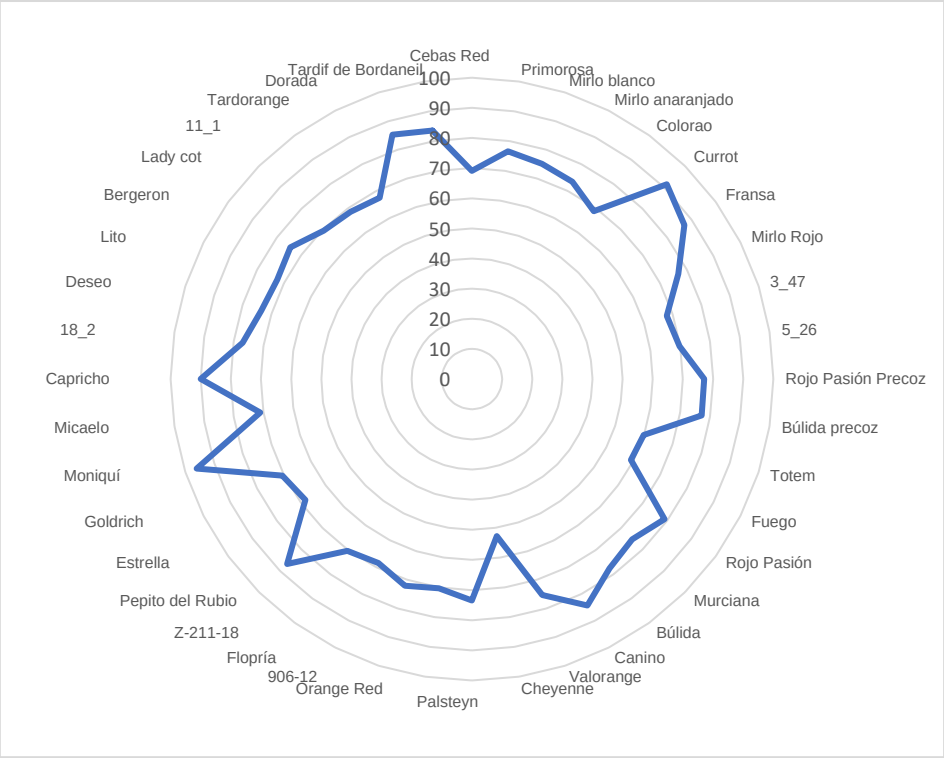

Figura 20. Color (H) de la piel de las variedades y selecciones.

Figura 21. Detalle de diferentes tipologías de color de variedades comerciales de albaricoque. Fuente: PSV Producción vegetal y CebasFruit.

En cuanto al color de pulpa, este suele tener una alta correlación con la piel, aunque siempre se pueden diferenciar ciertos matices (Figura 22). Por un lado, podemos observar que las variedades 'Moniquí' (95,66), 'Fransa' (91,19) y 'Pepito del Rubio' (89,17) son las que tienen un elevado grado de color (hº) por lo que la pulpa tiende a ser amarilla ya que está en torno a los 90º, mientras que las variedades con menor ángulo hº son la selección '11_1' (69) y las variedades 'Lito' (69,16), 'Goldrich' (69,24), 'Estrella' (69,72) y 'Bergeron' (69,92) tienden a tener la pulpa con un tono de color más anaranjado intenso.

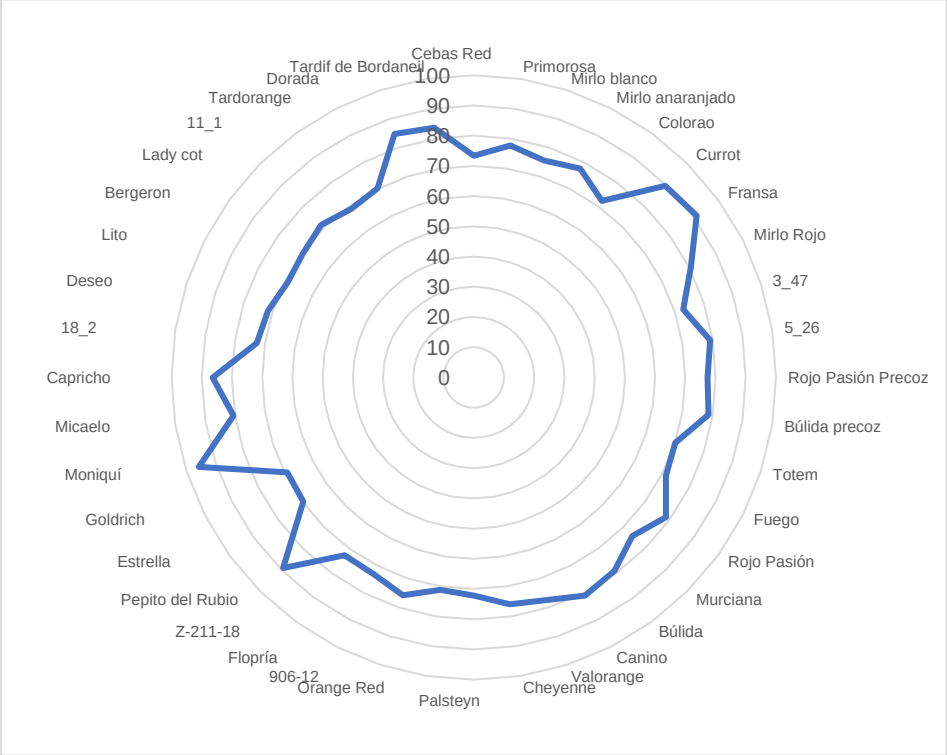

Figura 22. Color (H) de pulpa de las variedades y selecciones.

En relación a los resultados obtenidos en cuanto a firmeza se refiere, podemos observar que las variedades con más firmeza (N) en el momento de cosecha son: 'Fuego' (34,19 N), 'Fransa' (32,96 N), 'Búlida precoz' (28,7 N) y 'Mirlo rojo' (28,52 N). Por el contrario, las variedades como 'Moniquí' (5,42 N) y 'Totem' (6,09), mostraron valores de firmeza menores (Figura 23). Debemos de tener en cuenta, que este dato es importante a la hora de la postcosecha, relacionándose un mayor índice de firmeza con una mayor vida útil. Sin embargo, en este caso, la firmeza no se consideró como criterio de cosecha, y por ello hay una alta variabilidad. Esto se debe a que el criterio de cosecha empleado fue por el viraje de color característico de cada variedad (amarillo-naranja-rojo) lo que

dio lugar a cosechar la fruta con diferentes texturas, considerando el color de cada una de ellas como el momento de madurez óptima para su consumo, donde el fruto alcanza su máximo potencial de consumo. En el caso de estudios relacionados con la vida útil del fruto, sería necesario recolectar la fruta más verde (≈ 40N) en detrimento de su calidad sensorial y evaluar las semanas de almacenamiento en frío que aguanta la fruta hasta su madurez de consumo (≈ 10N). Sin embargo, es cierto que en general, las variedades de tipología de color amarillo como 'Moniquí' se caracterizan por una vida útil muy corta debido a su alta emisión de etileno (Ortuño-Hernández y *col*., 2024).

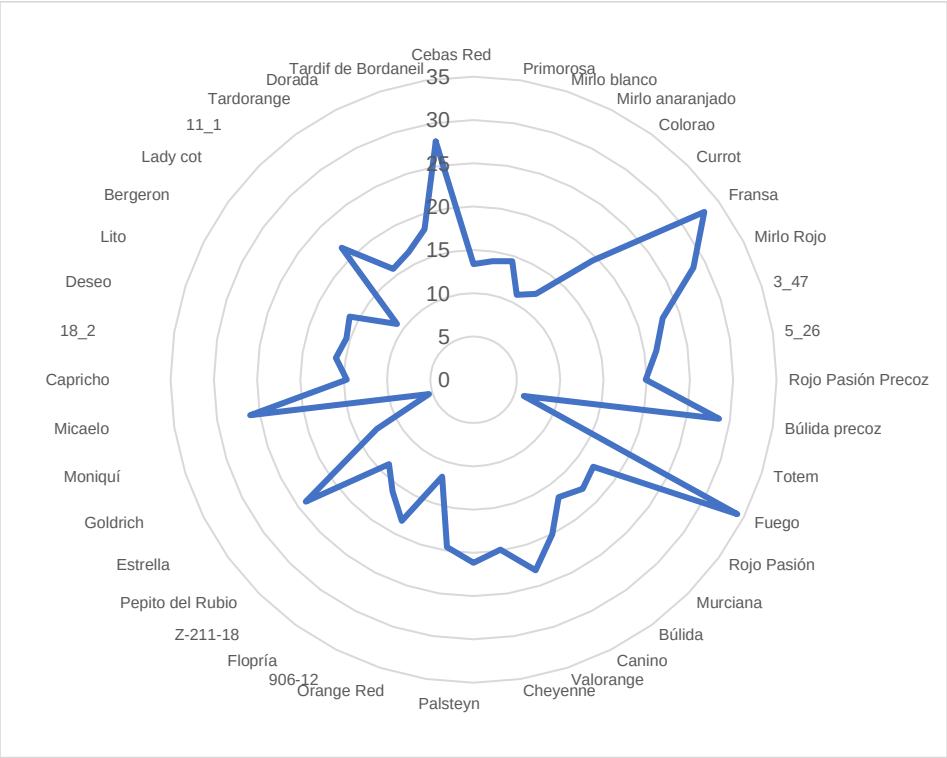

Figura 23. Firmeza (N) de las variedades y selecciones evaluadas.

En cuanto a los sólidos solubles (SS), podemos decir que las variedades que se relacionan con un mayor contenido en azúcares y, por tanto, con un mejor potencial de sabor (mayor dulzor) son 'Moniquí' (17,73 ºBrix), 'Currot' (16,37 ºBrix) y 'Fransa' (16,07 ºBrix) (Figura 22). El resto de variedades se encuentran por lo general entre 10 ºBrix y 18 ºBrix. Por otro lado, las variedades y selecciones con menor contenido en sólidos solubles son la selección '3_47' (10,37 ºBrix), 'Cebas Red' (10,93 ºBrix) y 'Primorosa' (11,13 ºBrix), las cuales curiosamente se caracterizan por su carácter temprano en la recolección (Ruiz *y col.,* 2007).

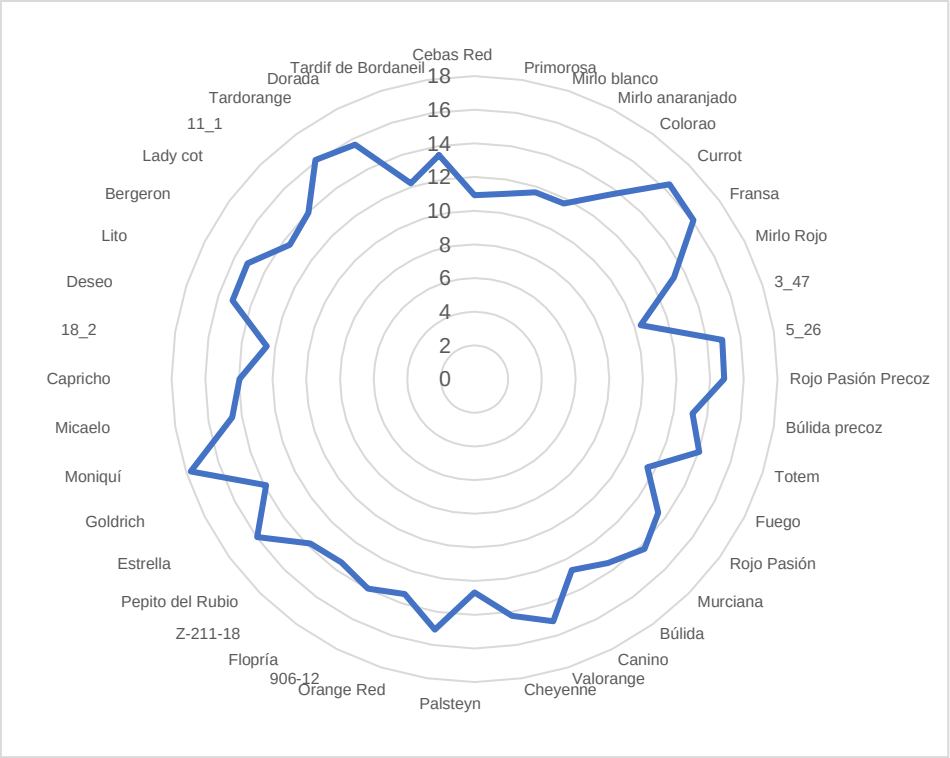

Figura 24. Sólidos solubles (ºBrix) de las variedades y selecciones evaluadas.

En cuanto al contenido de ácido málico (g/ 100 ml), los valores oscilaron entre 0,85 y 2,54 g/100 ml. En este caso, 'Goldrich' (2,54 g/100 ml), 'Colorao' (2,36) y 'Fransa' (2,35) presentaron los valores de mayor acidez (Figura 25). Por otro lado, las variedades de menor acidez fueron 'Tardorange' (0,85), 'Orange Red' (0,87) y 'Valorange' (0,93). Hay que destacar que la acidez aporta un sabor fresco a las frutas, por lo que es importante que se dé cierto nivel de acidez. Sin embargo, este nivel de acidez debe estar equilibrado con el contenido en azúcares del fruto, ya que por un lado una fruta excesivamente dulce con bajo nivel de acidez puede resultar empalagosa, mientras que al contrario podría resultar en un sabor insípido (Bassi y *col.,* 1990).

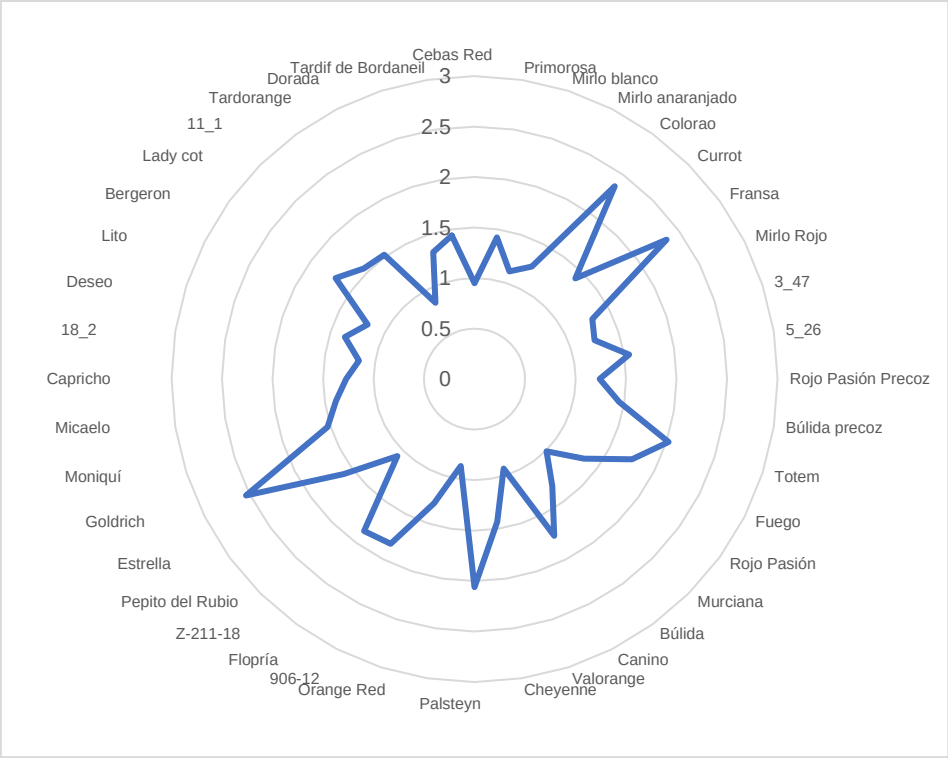

Figura 25. Ácido Málico (g/100 ml) de las variedades y selecciones evaluadas.

Finalmente, con la intención de reflejar toda la variabilidad fenotípica en las 40 variedades y selecciones del CEBAS-CSIC, se ha realizado un análisis de componentes principales, considerando todos los caracteres evaluados (Figura 26). En este caso, el eje x llega a explicar el mayor porcentaje de la varianza fenotípica (31,9%). En este gráfico, se puede observar de forma clara como las variedades 'Dorada', 'Capricho', 'Pepito del Rubio' y 'Moniquí' se agrupan de forma clara debido a su color de pulpa y piel amarilla, situándose en el lado opuesto las variedades de piel roja 'Totem', 'Fuego' y 'Cheyenne'. Por otro lado, las variedades 'Lady Cot', 'Goldrich', 'Lito' de mayor tamaño, se agruparon juntas siendo el peso del fruto su característica más diferenciadora.

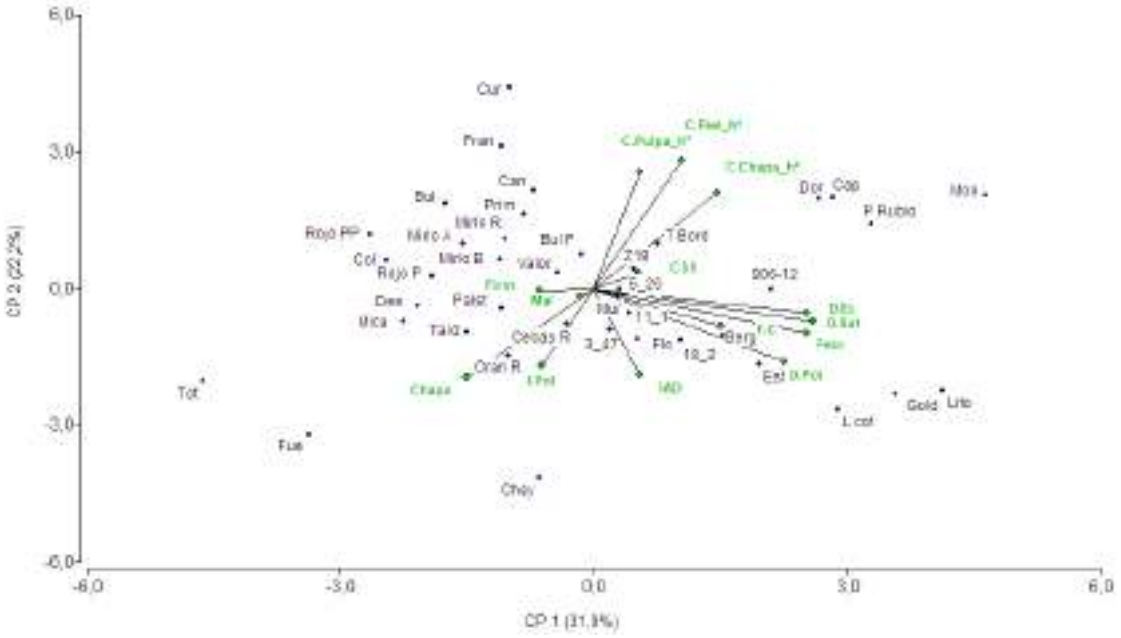

Figura 26. Análisis de componentes principales de las variedades y selecciones evaluadas.

Bergeron (Berg), Búlida (Bul), Búlida precoz (Bul P), Canino (Can), Capricho (Cap), Cebas red (Cebas R), Cheyenne (Chey), Colorao (Col), Currot (Cur), Deseo (Des), Dorada (Dor), Estrella (Est), Flopria (Flo), Fransa (Fran), Fuego (Fue), Goldrich (Gold), Lady cot (L cot), Lito (Lito), Micaelo (Mica), Mirlo blanco (Mirlo B), Mirlo anaranjado (Mirlo A), Mirlo rojo (Mirlo R), Moniquí (Mon), Murciana (Mur), Orange Red (Oran R), Palstein (Palstein), Pepito del rubio (P Rubio), Primorosa (Prim), Rojo pasión (Rojo P), Rojo pasión precoz (Rojo PP), selección 5-26 (5_26), selección 3-47 (3_47), selección 18-2 (18_2), selección Z-211-18 (Z18), selección 11-1 (11_1), selección 906-12 (906-12), Tardif de Bordaneil (T Bord), Tardorange (Tard), Totem (Tot) y Valorange (Valor). Fecha de Cosecha (F.C.), Peso (Peso), IAD (IAD), Diámetro polar (D.Pol), Diámetro ecuatorial (D.Ec), Diámetro sutural (D.Sut), Índice Polar (I.Pol), Chapa (Chapa), Color de piel_h (C.Piel_hº), Color de chapa_h (C.Chapa_hº), Color de pulpa_h (C.Pulpa_hº), Firmeza (Firm), Contenido en Sólidos Solubles (C.S.S.), Ácido Málico (Mal).

5. CONCLUSIÓN

El estudio de fenotipado de 40 variedades y selecciones de albaricoquero del CEBAS-CSIC, ha servido para mostrar la variabilidad fenotípica de este grupo de genotipos, los cuales representan la mayor parte del fondo genético del programa de mejora genética de esta especie. Por un lado, este grupo de variedades cubre un calendario de 2 meses (mayo y junio), sin embargo, en la actualidad el programa de mejora trata de ampliar este calendario productivo con variedades extra tempranas e incluso variedades tardías de alta calidad gustativa y resistencia a enfermedades. Además, los parámetros de calidad del fruto muestran también una amplia variabilidad en cuanto a peso del fruto, contenido en clorofila, forma, color del fruto, firmeza, sólidos solubles y acidez. Por tanto, esta variabilidad fenotípica nos permitirá llevar a cabo estudios de asociación carácter-marcador, combinando por un lado los datos fenotípicos obtenidos con la secuenciación del ADN de estas variedades, lo que nos permitirá establecer el análisis de asociación del genoma completo del albaricoquero (GWAS) para encontrar posibles marcadores vinculados algunos de los caracteres evaluados.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agustí Fonfría, M. (2010). Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa.

Bae, H., Yun, S. K., Yoon, I. K., Nam, E. Y., Kwon, J. H., & Jun, J. H. (2014). Assessment of organic acid and sugar composition in apricot, plumcot, plum, and peach during fruit development. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *87*.

Bassi, D., & Selli, R. (1990). Evalutation of fruit quality in peach and apricot. *Advances in Horticultural Science (Italy)*(2).

Brachi, B., Morris, G. P., & Borevitz, J. O. (2011). Genome-wide association studies in plants: the missing heritability is in the field. *Genome biology*, *12*, 1-8.

Bureau, S., Renard, C. M., Reich, M., Ginies, C., & Audergon, J.-M. (2009). Change in anthocyanin concentrations in red apricot fruits during ripening. *LWT-Food Science and Technology*, *42*(1), 372-377.

dos Santos, R. S., Arge, L. W. P., Costa, S. I., Machado, N. D., de Mello-Farias, P. C., Rombaldi, C. V., & de Oliveira, A. C. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*, *8*(2).

Costa, G., Noferini, M., Fiori, G., Ziosi, V., Berthod, N., & Rossier, J. (2010). Establishment of the Optimal Harvest Time in Apricot ('Orangered'and 'Bergarouge') by Means of a New Index Based on Vis Spectroscopy. *Acta horticulturae, 533-538.*

Egea, J., Ruiz, D., & Burgos, L. (2005). 'Dorada'apricot.

Egea, J., Rubio, M., Dicenta, F., & Ruiz, D. (2011). New early ripening, sharka resistant apricot cultivars at cebas-csic (Murcia, Spain). XV International Symposium on Apricot Breeding and Culture 966,

Fayed, M. I. A. E.-G. (2020). Determination of some apricot seed and kernel physical and mechanical properties. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, *22*(4), 229-237.

Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbeguié-A-Mbéguié, D., & Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of experimental botany*, *64*(6), 1451-1469.

FAOSTAT. (2024). Retrieved 14/07/2024 from https://www.fao.org/statistics/es

Handa, A. K., Tiznado-Hernández, M.-E., & Mattoo, A. K. (2012). Fruit development and ripening: a molecular perspective. In *Plant biotechnology and agriculture* (pp. 405-424). Elsevier.

Hunter, R. S. (1942). Photoelectric tristimulus colorimetry with three filters. *JOSA*, *32*(9), 509-538.

Kurita, T. (2019). Principal component analysis (PCA). *Computer vision: a reference guide*, 1-4.

Kitinoja, L., Saran, S., Roy, S. K., & Kader, A. A. (2011). Postharvest technology for developing countries: challenges and opportunities in research, outreach and advocacy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*,*91*(4), 597-603.

Martínez-Calvo, J., Badenes, M. L., & Llácer, G. (2010). Variedades de albaricoquero y melocotonero obtenidas en los programas de mejora genética del IVIA. V Congreso de mejora genética de plantas,

Milosevic, T., Milosevic, N., Glisic, I., & Glisic, I. S. (2014). Determination of size and shape properties of apricots using multivariate analysis. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, *13*(5).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2024). Retrieved 14/07/2024 from https://www.mapa.gob.es/es/

Ortuño-Hernández, G., Fernández, M., Martínez-Gómez, P., Ruiz, D., & Salazar, J. A. (2024). Ripening-related gene expression analysis revealed the molecular impact of 1-MCP application on apricot fruit softening, color, aroma, and antioxidant capacity. *Postharvest Biology and Technology*, *216*, 113037.

Petrisor, C. (2014). Physical and chemical traits of new apricot fruit selections.

Rodrigo, J., & Hormaza, J. (2005). El albaricoquero. Diversidad genética y situación actual del cultivo. *El Director*, 333.

Ruiz, D., Egea, J., Tomás-Barberán, F. A., & Gil, M. I. (2005). Carotenoids from new apricot (Prunus armeniaca L.) varieties and their relationship with flesh and skin color. *Journal of agricultural and food chemistry*, *53*(16), 6368-6374.

Ruiz, D., & Egea, J. (2007). Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in apricot (Prunus armeniaca L.) germplasm.

Ruiz, D., Campoy, J. A., & Egea, J. (2007). Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany*, *61*(3), 254-263.

Ruiz, D., Rubio, M., Martínez-Gómez, P., López-Alcolea, J., Dicenta, F., Ortega, E., Nortes, M. D., Molina, A., & Egea, J. (2018). 'Cebasred'and 'Primorosa'apricots: Two new self-compatible, Plum pox virus (Sharka)–resistant, and very early ripening cultivars for the fresh market. *HortScience*, *53*(12), 1919-1921.

Salazar, J. A., Martínez-Gómez, P., & Ruiz, D. (2022). Varietal evaluation of postharvest behavior in apricot fruits.

Vavilov, N. I., & Dorofeev, V. F. (1992). *Origin and geography of cultivated plants*. Cambridge University Press.

Velardo-Micharet, B., Agudo-Corbacho, F., Ayuso-Yuste, M. C., & Bernalte-García, M. J. (2021). Evolution of some fruit quality parameters during development and ripening of three apricot cultivars and effect of harvest maturity on postharvest maturation. *Agriculture*, *11*(7), 639.

Xi, W., Zheng, H., Zhang, Q., & Li, W. (2016). Profiling taste and aroma compound metabolism during apricot fruit development and ripening. *International journal of molecular sciences*, *17*(7), 998.

Anexo 1. Análisis de grupos homogéneos entre las distintas variedades y selecciones de albaricoquero según el test de Tukey.

Fecha de cosecha (Días julianos)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000
Error: 0,0000 gl: 440

Variedad	Medias	n	E.E.													
Mirlo B	129,00	12	0,00	A												
Mirlo A	129,00	12	0,00	A												
Cebas R	129,00	12	0,00	A												
Col	129,00	12	0,00	A												
Prim	129,00	12	0,00	A												
Cur	133,00	12	0,00		B											
Fran	133,00	12	0,00		B											
3_47	136,00	12	0,00			C										
Mirlo R	136,00	12	0,00			C										
Tot	141,00	12	0,00				D									
Rojo PP	141,00	12	0,00				D									
5_26	141,00	12	0,00				D									
Bul P	141,00	12	0,00				D									
Fue	143,00	12	0,00					E								
Rojo P	144,00	12	0,00						F							
Bul	147,00	12	0,00							G						
Mur	147,00	12	0,00							G						
Can	149,00	12	0,00								H					
Oran R	150,00	12	0,00									I				
Valor	150,00	12	0,00									I				
Palst	150,00	12	0,00									I				
Chey	150,00	12	0,00									I				
Flo	154,00	12	0,00										J			
906-12	154,00	12	0,00										J			
P Rubio	156,00	12	0,00											K		
Est	156,00	12	0,00											K		
Gold	156,00	12	0,00											K		
Z18	156,00	12	0,00											K		
Mica	161,00	12	0,00												L	
Mon	161,00	12	0,00												L	
Cap	163,00	12	0,00													M
Des	163,00	12	0,00													M
18_2	163,00	12	0,00													M
Tard	169,00	12	0,00														N
11_1	169,00	12	0,00														N
L cot	169,00	12	0,00														N
Lito	169,00	12	0,00														N
Berg	169,00	12	0,00														N
Dor	177,00	12	0,00															O
T Bord	177,00	12	0,00															O

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Índice de clorofila (I_{AD})

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14350
Error: 0,0081 gl: 437

Variedad	Medias	n	E.E.										
Mirlo R	0,00	12	0,03	A									
Prim	0,00	12	0,03	A									
Fran	0,00	12	0,03	A									
Mirlo A	0,01	12	0,03	A	B								
Bul P	0,01	12	0,03	A	B								
Col	0,01	12	0,03	A	B								
11_1	0,03	12	0,03	A	B	C							
Tard	0,03	12	0,03	A	B	C							
Cebas R	0,03	12	0,03	A	B	C							
3_47	0,03	9	0,03	A	B	C							
Z18	0,04	12	0,03	A	B	C	D						
Cur	0,05	12	0,03	A	B	C	D						
5_26	0,05	12	0,03	A	B	C	D						
Mica	0,05	12	0,03	A	B	C	D						
Bul	0,06	12	0,03	A	B	C	D						
T Bord	0,08	12	0,03	A	B	C	D	E					
Des	0,08	12	0,03	A	B	C	D	E					
Mirlo B	0,09	12	0,03	A	B	C	D	E					
Rojo PP	0,09	12	0,03	A	B	C	D	E					
Valor	0,10	12	0,03	A	B	C	D	E	F				
Lito	0,13	12	0,03	A	B	C	D	E	F	G			
Flo	0,13	12	0,03	A	B	C	D	E	F	G			
Tot	0,14	12	0,03	A	B	C	D	E	F	G			
Dor	0,14	12	0,03	A	B	C	D	E	F	G			
Cap	0,14	12	0,03	A	B	C	D	E	F	G			
P Rubio	0,15	12	0,03		B	C	D	E	F	G			
Mon	0,16	12	0,03			C	D	E	F	G			
L cot	0,18	12	0,03				D	E	F	G			
Palst	0,18	12	0,03				D	E	F	G			
Berg	0,20	12	0,03					E	F	G			
Mur	0,22	12	0,03					E	F	G	H		
Can	0,22	12	0,03					E	F	G	H		
Est	0,23	12	0,03						F	G	H		
Gran R	0,25	12	0,03							G	H		
Rojo P	0,26	12	0,03							G	H	I	
18_2	0,35	12	0,03								H	I	J
906-12	0,40	12	0,03									I	J
Gold	0,42	12	0,03										J
Fue	0,42	12	0,03										J
Chey	0,62	12	0,03										K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Peso (g)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,30721

Error: 41,5625 gl: 437

Variedad	Medias	n	E.E.																
Tot	31,55	12	1,86	A															
Rojo PP	35,62	12	1,86	A	B														
Bul	37,24	12	1,86	A	B														
Can	38,81	12	1,86	A	B	C													
Des	38,94	12	1,86	A	B	C													
Col	40,24	12	1,86	A	B	C	D												
Cur	41,32	12	1,86	A	B	C	D												
Tard	41,39	12	1,86	A	B	C	D												
Mica	42,29	12	1,86		B	C	D												
Rojo P	42,37	12	1,86		B	C	D												
Fran	45,20	12	1,86		B	C	D	E											
Fue	45,86	12	1,86		B	C	D	E											
Pelst	47,63	12	1,86			C	D	E	F										
Mirlo A	49,36	12	1,86				D	E	F	G									
Oran R	50,00	12	1,86				D	E	F	G	H								
Prim	52,86	12	1,86					E	F	G	H	I							
Mirlo B	53,03	12	1,86					E	F	G	H	I							
Mirlo R	53,67	12	1,86					E	F	G	H	I							
Valor	54,71	12	1,86					E	F	G	H	I	J						
11_1	55,14	12	1,86					E	F	G	H	I	J	K					
Bul P	56,26	12	1,86						F	G	H	I	J	K	L				
T Bord	56,70	12	1,86						F	G	H	I	J	K	L				
Z10	58,86	12	1,86							G	H	I	J	K	L	M			
Mur	60,03	12	1,86								H	I	J	K	L	M	N		
8_26	62,51	12	1,86									I	J	K	L	M	N	O	
Chey	64,21	12	1,86										J	K	L	M	N	O	P
18_2	65,20	12	1,86											K	L	M	N	O	P
Berg	65,91	12	1,86												L	M	N	O	P
Cebas R	66,51	12	1,86												L	M	N	O	P
Cap	68,77	12	1,86													M	N	O	P
Flo	68,95	12	1,86													M	N	O	P
506-12	70,33	12	1,86														N	O	P	Q
Dor	73,08	12	1,86															O	P	Q
3_47	73,79	9	2,15																P	Q
Est	80,04	12	1,86																	Q	R
P Rubio	80,17	12	1,86																	Q	R
Mon	85,62	12	1,86																		R	S
L cot	88,11	12	1,86																		R	S
Gold	90,82	12	1,86																			S
Lito	101,43	12	1,86																				T

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Diámetro Polar (mm)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,22950
Error: 4,0503 gl: 437

Variedad	Medias	n	E.E.												
Cur	36,01	12	0,58	A											
Rojo PP	38,46	12	0,58	A	B										
Bul	39,48	12	0,58		B	C									
Tot	40,69	12	0,58		B	C	D								
Mirlo A	41,18	12	0,58		B	C	D								
Col	41,34	12	0,58		B	C	D								
Rojo P	41,51	12	0,58		B	C	D	E							
Prim	41,52	12	0,58		B	C	D	E							
Fran	42,12	12	0,58			C	D	E	F						
Mirlo R	42,20	12	0,58			C	D	E	F						
Mirlo B	42,20	12	0,58			C	D	E	F						
Des	42,58	12	0,58			C	D	E	F						
Valor	42,81	12	0,58				D	E	F	G					
Can	42,93	12	0,58				D	E	F	G	H				
Fue	43,62	12	0,58				D	E	F	G	H	I			
Tard	44,69	12	0,58					E	F	G	H	I	J		
Mica	44,82	12	0,58						F	G	H	I	J	K	
218	44,90	12	0,58						F	G	H	I	J	K	
Mur	45,08	12	0,58						F	G	H	I	J	K	L
Palst	45,86	12	0,58							G	H	I	J	K	L
Dor	46,08	12	0,58								H	I	J	K	L
906-12	46,79	12	0,58									I	J	K	L
5_26	46,90	12	0,58										J	K	L
T Bord	47,60	12	0,58										J	K	L
Chey	47,63	12	0,58										J	K	L
Cebas R	47,90	12	0,58										J	K	L
11_1	47,91	12	0,58										J	K	L
Oran R	47,96	12	0,58											K	L
Flo	48,00	12	0,58											K	L
3_47	48,23	9	0,67												L
Bul P	48,27	12	0,58												L
Cap	48,68	12	0,58												
18_2	48,77	12	0,58												
Berg	49,78	12	0,58												
Est	50,70	12	0,58												
P Rubio	50,71	12	0,58												
Mon	54,11	12	0,58												
Lito	55,24	12	0,58												
L cot	56,10	12	0,58												
Gold	57,07	12	0,58												

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Diámetro ecuatorial (mm)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,81052

Error: 3,0902 gl: 437

Variedad	Medias	n	E.E.														
Tot	35,56	12	0,51	A													
Col	38,02	12	0,51	A	B												
Rojo PP	39,29	12	0,51		B	C											
Des	39,30	12	0,51		B	C											
Mica	39,83	12	0,51		B	C	D										
Bul	39,92	12	0,51		B	C	D										
Tard	40,17	12	0,51		B	C	D										
Fue	40,28	12	0,51		B	C	D										
Can	40,33	12	0,51		B	C	D										
Rojo P	40,37	12	0,51		B	C	D										
Oran R	41,24	12	0,51			C	D	E									
Palst	41,66	12	0,51			C	D	E									
T Bord	42,58	12	0,51				D	E	F								
Cur	42,62	12	0,51				D	E	F								
Fran	42,63	12	0,51				D	E	F								
Mirlo A	43,35	12	0,51					E	F	G							
11_1	44,40	12	0,51						F	G	H						
Bul P	44,70	12	0,51						F	G	H	I					
Prim	44,96	12	0,51						F	G	H	I					
Mirlo R	45,12	12	0,51						F	G	H	I					
Mirlo B	45,23	12	0,51						F	G	H	I					
Valor	45,53	12	0,51							G	H	I	J				
Z18	45,78	12	0,51							G	H	I	J	K			
Cebas R	46,14	12	0,51							G	H	I	J	K	L		
18_2	46,86	12	0,51								H	I	J	K	L	M	
Flo	47,05	12	0,51								H	I	J	K	L	M	N
Berg	47,13	12	0,51								H	I	J	K	L	M	N
5_26	47,47	12	0,51									I	J	K	L	M	N
Muz	47,50	12	0,51									I	J	K	L	M	N
3_47	48,31	9	0,59										J	K	L	M	N
Chey	48,54	12	0,51											K	L	M	N
906-12	48,97	12	0,51												L	M	N
Doz	48,98	12	0,51												L	M	N
Est	49,30	12	0,51													M	N
Cap	49,69	12	0,51														N
P Rubio	50,57	12	0,51														
Gold	50,81	12	0,51														
Mon	52,16	12	0,51														
L cot	52,60	12	0,51														
Lito	54,61	12	0,51														

Medias con una letra comun no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Diámetro sutural (mm)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,37906

Error: 4,4669 gl: 437

Variedad	Medias	n	E.E.																				
Tot	35,66	12	0,61	A																			
Rojo PP	40,13	12	0,61		B																		
Des	40,63	12	0,61		B	C																	
Bul	41,61	12	0,61		B	C	D																
Can	41,70	12	0,61		B	C	D	E															
Mica	42,11	12	0,61		B	C	D	E	F														
Gur	42,23	12	0,61		B	C	D	E	F														
Rojo P	42,33	12	0,61		B	C	D	E	F														
Col	42,37	12	0,61		B	C	D	E	F														
Fue	42,55	12	0,61		B	C	D	E	F														
Fran	42,63	12	0,61		B	C	D	E	F	G													
Tard	43,96	12	0,61			C	D	E	F	G	H												
Palst	44,16	12	0,61				D	E	F	G	H												
Mirlo A	44,62	12	0,61				D	E	F	G	H	I											
Oran R	45,06	12	0,61					E	F	G	H	I	J										
Mirlo B	45,12	12	0,61						F	G	H	I	J	K									
Prim	45,17	12	0,61						F	G	H	I	J	K									
Bul P	45,95	12	0,61							G	H	I	J	K	L								
11_1	46,38	12	0,61								H	I	J	K	L	M							
Mirlo R	46,65	12	0,61								H	I	J	K	L	M	N						
Valor	47,88	12	0,61									I	J	K	L	M	N	O					
Chey	47,90	12	0,61									I	J	K	L	M	N	O					
Z18	48,03	12	0,61										J	K	L	M	N	O					
Mur	48,06	12	0,61										J	K	L	M	N	O					
T Bord	48,46	12	0,61											K	L	M	N	O	P				
18_2	48,49	12	0,61											K	L	M	N	O	P				
Cebas R	48,62	12	0,61												L	M	N	O	P				
Flo	48,72	12	0,61												L	M	N	O	P				
3_47	49,45	9	0,70													M	N	O	P				
Dor	49,63	12	0,61													M	N	O	P				
5_26	49,93	12	0,61														N	O	P				
Berg	50,37	12	0,61															O	P				
906-12	51,01	12	0,61															O	P	Q			
Cap	51,67	12	0,61																P	Q	R		
Est	54,09	12	0,61																	Q	R	S	
Gold	54,87	12	0,61																		R	S	
P Rubio	54,94	12	0,61																		R	S	
Mon	55,30	12	0,61																			S	
L cot	55,66	12	0,61																			S	
Lito	60,01	12	0,61																				T

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Índice de polaridad

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05449
Error: 0,0012 gl: 437

Variedad	Medias	n	E.E.												
Cur	0,86	12	0,01	A											
Mirlo R	0,92	12	0,01		B										
Valor	0,92	12	0,01		B										
Prim	0,92	12	0,01		B										
Mirlo B	0,93	12	0,01		B	C									
Dor	0,94	12	0,01		B	C									
906-12	0,94	12	0,01		B	C									
Mirlo A	0,94	12	0,01		B	C									
Mur	0,94	12	0,01		B	C									
Z10	0,96	12	0,01		B	C	D								
P Rubio	0,96	12	0,01		B	C	D								
Cap	0,96	12	0,01		B	C	D								
5_26	0,96	12	0,01		B	C	D								
Lito	0,97	12	0,01		B	C	D								
Rojo DP	0,97	12	0,01		B	C	D	E							
Bul	0,97	12	0,01		B	C	D	E							
Est	0,88	12	0,01			C	D	E	F						
3_47	0,59	9	0,01			C	D	E	F	G					
Fran	0,99	12	0,01			C	D	E	F	G					
Chey	0,95	12	0,01			C	D	E	F	G					
Flo	1,00	12	0,01				D	E	F	G	H				
Rojo P	1,00	12	0,01				D	E	F	G	H				
Mon	1,01	12	0,01				D	E	F	G	H				
Cebas R	1,01	12	0,01				D	E	F	G	H	I			
Berg	1,02	12	0,01					E	F	G	H	I	J		
18_2	1,02	12	0,01					E	F	G	H	I	J		
Col	1,03	12	0,01						F	G	H	I	J	K	
L cot	1,04	12	0,01							G	H	I	J	K	
T Bord	1,04	12	0,01								H	I	J	K	L
Can	1,05	12	0,01								H	I	J	K	L
Fue	1,05	12	0,01								H	I	J	K	L
11_1	1,06	12	0,01								H	I	J	K	L
Tard	1,06	12	0,01									I	J	K	L	M	
Des	1,07	12	0,01										J	K	L	M	
Bul P	1,07	12	0,01										J	K	L	M	
Palst	1,07	12	0,01										J	K	L	M	
Gold	1,08	12	0,01											K	L	M	
Mica	1,09	12	0,01												L	M	N
Oran R	1,11	12	0,01													M	N
Tot	1,14	12	0,01														N

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Cobertura de chapa (%)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,84719
Error: 86,2338 gl: 437

Variedad	Medias	n	E.E.														
Can	5,00	12	2,68	A													
Gold	6,25	12	2,60	A	B												
906-12	6,67	12	2,68	A	B	C											
Dor	7,92	12	2,60	A	B	C											
11_1	10,42	12	2,68	A	B	C	D										
Z10	11,67	12	2,60	A	B	C	D	E									
Cap	12,08	12	2,68	A	B	C	D	E									
Bul P	13,33	12	2,60	A	B	C	D	E									
Mon	14,58	12	2,68	A	B	C	D	E	F								
Col	15,00	12	2,60	A	B	C	D	E	F								
T Bord	15,83	12	2,68	A	B	C	D	E	F	G							
P Rubio	15,83	12	2,60	A	B	C	D	E	F	G							
Drim	17,50	12	2,68	A	B	C	D	E	F	G	H						
Cur	17,50	12	2,60	A	B	C	D	E	F	G	H						
Bul	20,00	12	2,68		B	C	D	E	F	G	H	I					
Berg	20,42	12	2,60		B	C	D	E	F	G	H	I	J				
Palst	20,83	12	2,68		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K			
Fran	21,25	12	2,60			C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
Est	22,92	12	2,68				D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
10_3	26,25	12	2,60					E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Lito	29,17	12	2,68						F	G	H	I	J	K	L	M	N
5_26	30,42	12	2,60							G	H	I	J	K	L	M	N
3_47	31,11	9	3,10								H	I	J	K	L	M	N
Oran R	31,25	12	2,60								H	I	J	K	L	M	N
Flo	31,25	12	2,68								H	I	J	K	L	M	N
Mur	33,00	12	2,60								H	I	J	K	L	M	N
Tard	33,92	12	2,68									I	J	K	L	M	N
Mirlo B	33,33	12	2,60									I	J	K	L	M	N
Rojo PP	35,00	12	2,68										J	K	L	M	N
Valor	35,42	12	2,60											K	L	M	N
L oot	35,83	12	2,68												L	M	N
Cebas R	36,67	12	2,60													M	N
Mirlo R	36,67	12	2,68													M	N
Des	37,00	12	2,60													M	N
Mirlo A	37,50	12	2,68													M	N
Rojo P	41,67	12	2,60														N	O	
Mica	55,00	12	2,68															O	
Tot	75,50	12	2,60																P
Fue	87,50	12	2,68																P
Chey	88,33	12	2,60																P

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Color de piel (hº)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,52131
Error: 7,6800 gl: 422

Variedad	Medias	n	E.E.															
Chey	52,77	12	0,80	A														
Fue	59,15	12	0,80		B													
Tot	59,52	9	0,92		B													
Tard	67,58	12	0,80			C												
3_47	67,97	9	0,92			C	D											
Est	68,26	12	0,80			C	D	E										
Flo	68,47	12	0,80			C	D	E										
11_1	68,64	12	0,80			C	D	E										
Col	68,80	12	0,80			C	D	E										
Cebas R	69,08	12	0,80			C	D	E	F									
L cot	69,64	12	0,80			C	D	E	F									
5_26	69,80	9	0,92			C	D	E	F									
Oran R	70,26	12	0,80			C	D	E	F	G								
218	70,42	12	0,80			C	D	E	F	G								
Gold	70,57	12	0,80			C	D	E	F	G	H							
Mica	71,13	12	0,80			C	D	E	F	G	H	I						
906-12	72,12	12	0,80				D	E	F	G	H	I	J					
Lito	72,55	12	0,80					E	F	G	H	I	J	K				
Mirlo A	73,45	12	0,80						F	G	H	I	J	K	L			
Palst	73,50	9	0,92						F	G	H	I	J	K	L			
Des	73,54	12	0,80						F	G	H	I	J	K	L			
Berg	74,44	12	0,80							G	H	I	J	K	L			
Mirlo B	75,06	12	0,80								H	I	J	K	L	M		
Mur	75,18	12	0,80									I	J	K	L	M		
Valor	75,33	9	0,92									I	J	K	L	M		
Prim	76,54	12	0,80										J	K	L	M		
Mirlo R	76,82	12	0,80											K	L	M		
18_2	77,03	12	0,80											K	L	M		
Rojo PP	77,06	12	0,80											K	L	M		
Bul P	77,18	9	0,92												L	M		
Bul	77,60	12	0,80												L	M		
Rojo P	79,01	12	0,80													M	N	
T Bord	83,49	12	0,80														N	O
Can	84,30	12	0,80															O
Dor	85,22	12	0,80															O
P Rubio	86,68	12	0,80															O
Fran	87,09	12	0,80															O
Cap	90,04	12	0,80															
Cur	91,45	12	0,80															
Mon	96,05	12	0,80															

Variedad	P	Q	R
Chey			
Fue			
Tot			
Tard			
3_47			
Est			
Flo			
11_1			
Col			
Cebas R			
L cot			
5_26			
Oran R			
218			
Gold			
Mica			
906-12			
Lito			
Mirlo A			
Palst			
Des			
Berg			
Mirlo B			
Mur			
Valor			
Prim			
Mirlo R			
18_2			
Rojo PP			
Bul P			
Bul			
Rojo P			
T Bord			
Can			
Dor			
P Rubio	P		
Fran	P	Q	
Cap	P	Q	
Cur		Q	
Mon			R

Color de chapa (hº)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,71519

Error: 52,3941 gl: 428

Variedad	Medias	n	E.E.																				
Chey	23,62	12	2,09	A																			
Fue	26,61	12	2,09	A	B																		
Mica	29,29	12	2,09	A	B	C																	
Tot	31,18	9	2,41	A	B	C	D																
Valor	33,27	12	2,09	A	B	C	D	E															
Tard	33,27	12	2,09	A	B	C	D	E															
Des	36,95	12	2,09		B	C	D	E	F														
Rojo P	37,52	12	2,09		B	C	D	E	F														
Mirlo R	37,83	12	2,09		B	C	D	E	F														
Oran R	38,30	12	2,09		B	C	D	E	F	G													
L cot	38,91	12	2,09			C	D	E	F	G													
Rojo PP	39,10	12	2,09			C	D	E	F	G													
Lito	39,64	12	2,09			C	D	E	F	G													
Cebas R	40,83	12	2,09			C	D	E	F	G													
5_26	41,46	9	2,41				D	E	F	G	H												
3_47	41,72	9	2,41				D	E	F	G	H	I											
Mirlo B	43,02	12	2,09					E	F	G	H	I	J										
Mur	43,26	12	2,09					E	F	G	H	I	J										
Flo	43,26	12	2,09					E	F	G	H	I	J										
Est	44,30	12	2,09					E	F	G	H	I	J										
Mirlo A	44,45	12	2,09					E	F	G	H	I	J	K									
Col	47,57	12	2,09						F	G	H	I	J	K	L								
18_2	47,73	12	2,09						F	G	H	I	J	K	L	M							
Dalst	49,86	12	2,09							G	H	I	J	K	L	M	N						
Prim	52,69	12	2,09								H	I	J	K	L	M	N	O					
Berg	53,31	12	2,09									I	J	K	L	M	N	O					
11_1	53,91	12	2,09										J	K	L	M	N	O	P				
Bul	56,02	12	2,09											K	L	M	N	O	P	Q			
Bul P	57,28	9	2,41												L	M	N	O	P	Q	R		
T Bord	57,34	12	2,09												L	M	N	O	P	Q	R		
Fran	59,30	12	2,09													M	N	O	P	Q	R		
Z18	59,93	12	2,09														N	O	P	Q	R		
Cur	61,42	12	2,09														N	O	P	Q	R	S	
P Rubio	62,88	12	2,09															O	P	Q	R	S	
Gold	65,35	12	2,09																P	Q	R	S	
906-12	66,77	12	2,09																	Q	R	S	
Mon	67,82	12	2,09																		R	S	
Cap	72,98	12	2,09																			S	T
Can	75,71	12	2,09																				T
Dor	80,30	12	2,09																				T

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Color de pulpa (hº)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,33275
Error: 4,2063 gl: 425

Variedad	Medias	n	E.E.														
11_1	65,00	12	0,59	A													
Lito	69,16	12	0,59	A													
Gold	65,24	5	0,68	A													
Est	69,72	12	0,59	A	B												
Berg	65,92	12	0,59	A	B												
Tot	70,14	12	0,59	A	B	C											
Tard	70,17	12	0,55	A	B	C											
Oran R	71,14	12	0,59	A	B	C	D										
Fue	71,43	12	0,55	A	B	C	D										
L cot	71,47	12	0,59	A	B	C	D										
Des	71,53	12	0,55	A	B	C	D										
Palst	72,18	12	0,59	A	B	C	D	E									
Col	72,15	12	0,55	A	B	C	D	E									
18_2	72,66	12	0,59		B	C	D	E	F								
Z18	72,76	12	0,55		B	C	D	E	F								
3_47	72,86	9	0,68		B	C	D	E	F								
Flo	73,05	12	0,55		B	C	D	E	F								
Cebas R	73,36	12	0,59			C	D	E	F								
Mur	74,22	12	0,55				D	E	F	G							
Mirlo B	76,49	12	0,59					E	F	G	H						
506-12	75,83	12	0,55						F	G	H						
Chey	76,99	12	0,59						F	G	H	I					
Rojo PP	77,38	5	0,68							G	H	I	J				
Valor	77,42	12	0,59							G	H	I	J				
Mirlo A	77,61	12	0,55								H	I	J				
Prim	77,73	12	0,59								H	I	J	K			
Rojo P	78,57	5	0,68								H	I	J	K			
Bul P	78,63	12	0,59								H	I	J	K			
Bul	79,18	12	0,55									I	J	K			
5_26	79,20	12	0,59									I	J	K			
Mica	80,50	12	0,55										J	K	L		
Mirlo R	80,63	9	0,68										J	K	L		
Can	81,01	12	0,55											K	L		
T Bord	83,68	12	0,59												L	M	
Dor	84,74	12	0,55													M	
Cap	86,41	12	0,59													M	N
P Rubio	85,17	12	0,55														N O
Cur	89,69	12	0,59														N O
Fran	91,15	12	0,55														O
Mon	96,66	12	0,59														P

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Firmeza (N)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,42871
Error: 41,0087 gl: 349

Variedad	Medias	n	E.E.									
Mon	5,42	8	2,26	A								
Tot	6,09	8	2,26	A	B							
Berg	10,95	5	2,13	A	B	C						
Mirlo A	11,01	12	1,85	A	B	C						
906-12	11,78	8	2,26	A	B	C	D					
Col	12,27	11	1,93	A	B	C	D					
Gold	12,55	5	2,13	A	B	C	D	E				
Cebas R	13,34	12	1,85	A	B	C	D	E				
P Rubio	13,82	5	2,13	A	B	C	D	E				
Prim	13,84	12	1,85	A	B	C	D	E				
Mirlo B	14,41	12	1,85	A	B	C	D	E				
Cap	14,64	9	2,13	A	B	C	D	E				
Des	15,43	5	2,13	A	B	C	D	E	F			
11_1	15,80	9	2,13	A	B	C	D	E	F			
Z18	15,94	5	2,13	A	B	C	D	E	F			
Lito	16,07	9	2,13	A	B	C	D	E	F			
18_2	16,12	5	2,13	A	B	C	D	E	F			
Tard	16,61	9	2,13	A	B	C	D	E	F	G		
Bul	16,75	5	2,13	A	B	C	D	E	F	G		
Rojo P	17,09	9	2,13		B	C	D	E	F	G		
Mur	17,80	5	2,13			C	D	E	F	G	H	
Dor	18,27	12	1,85			C	D	E	F	G	H	
Flo	18,25	5	2,13			C	D	E	F	G	H	
Cur	19,46	12	1,85			C	D	E	F	G	H	
Oran R	15,55	5	2,13			C	D	E	F	G	H	
Chey	19,89	9	2,13			C	D	E	F	G	H	
Rojo PP	15,85	5	2,13			C	D	E	F	G	H	
Can	20,04	12	1,85			C	D	E	F	G	H	
Palst	21,14	5	2,13			C	D	E	F	G	H	
6_26	21,36	9	2,13			C	D	E	F	G	H	
L cot	21,54	5	2,13			C	D	E	F	G	H	I
3_47	22,99	9	2,13				D	E	F	G	H	I
Valor	23,15	5	2,13				D	E	F	G	H	I
Est	23,96	9	2,13					E	F	G	H	I
Mica	26,13	5	2,13						F	G	H	I
T Bord	27,86	9	2,13							G	H	I
Mirlo R	28,52	12	1,85								H	I
Bul P	28,70	9	2,13								H	I
Fran	32,96	12	1,85									I
Fue	34,19	12	1,85									J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Sólidos solubles (ºBrix)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,14309
Error: 0,9070 gl: 50

Variedad	Medias	n	E.E.								
3_47	10,37	3	0,55	A							
Cebas R	10,53	3	0,55	A	B						
Prim	11,13	3	0,55	A	B	C					
Pue	11,53	3	0,55	A	B	C	D				
Mirlo B	11,67	3	0,55	A	B	C	D				
Mirlo A	11,70	3	0,55	A	B	C	D	E			
Dor	12,23	3	0,55	A	B	C	D	E	F		
18_2	12,50	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	
Palet	12,67	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	
Can	12,73	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	
Bul P	13,10	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	H
Mirlo R	13,30	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	H	I
906-11	13,43	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	H	I
T Bord	13,47	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Z18	13,47	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Rojo P	13,50	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Bul	13,50	3	0,55	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Col	13,53	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
Berg	13,57	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
P Rubio	13,60	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
Gold	13,90	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
L cot	13,97	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
Flo	13,97	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
Cap	13,97	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
Tot	14,03	3	0,55		B	C	D	E	F	G	H	I
Chey	14,33	3	0,55			C	D	E	F	G	H	I
Mur	14,27	3	0,55			C	D	E	F	G	H	I
Mica	14,57	3	0,55				D	E	F	G	H	I
Rojo PP	14,83	3	0,55					E	F	G	H	I	J
5_26	14,90	3	0,55						F	G	H	I	J
Oran R	15,07	3	0,55						F	G	H	I	J
Des	15,13	3	0,55						F	G	H	I	J
Valor	15,13	3	0,55						F	G	H	I	J
Lito	15,13	3	0,55						F	G	H	I	J
Tard	15,63	3	0,55							G	H	I	J
Est	15,57	3	0,55								H	I	J
Fran	16,07	3	0,55								H	I	J
11_1	16,10	3	0,55								H	I	J
Cur	16,37	3	0,55									I	J
Mon	17,73	3	0,55										J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Ácido málico (g /100 ml)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29356
Error: 0,0077 gl: 79

Variedad	Medias	n	E.E.																
Tard	0,85	3	0,05	A															
Oran R	0,87	3	0,05	A	B														
Valor	0,93	3	0,05	A	B	C													
Cebas R	0,95	3	0,05	A	B	C	D												
Mur	1,01	3	0,05	A	B	C	D	E											
P Rubio	1,08	3	0,05	A	B	C	D	E	F										
Mirlo B	1,12	3	0,05	A	B	C	D	E	F	G									
10_2	1,16	3	0,05		B	C	D	E	F	G	H								
Lito	1,19	3	0,05			C	D	E	F	G	H								
Rojo PP	1,24	3	0,05				D	E	F	G	H	I							
Mirlo A	1,25	3	0,05				D	E	F	G	H	I							
3_47	1,25	3	0,05					E	F	G	H	I							
Cap	1,27	3	0,05					E	F	G	H	I	J						
906-12	1,29	3	0,05					E	F	G	H	I	J						
Mirlo R	1,31	3	0,05						F	G	H	I	J	K					
Bul	1,31	3	0,05						F	G	H	I	J	K					
Dor	1,32	3	0,05						F	G	H	I	J	K					
Rojo P	1,34	3	0,05						F	G	H	I	J	K					
Des	1,35	3	0,05						F	G	H	I	J	K					
Mica	1,39	2	0,06							G	H	I	J	K					
Cur	1,41	3	0,05							G	H	I	J	K	L				
Prim	1,42	3	0,05								H	I	J	K	L				
Chey	1,43	2	0,06								H	I	J	K	L				
T Bord	1,44	3	0,05								H	I	J	K	L				
Bul P	1,45	3	0,05								H	I	J	K	L	M			
11_1	1,52	3	0,05									I	J	K	L	M	N		
Mon	1,53	3	0,05									I	J	K	L	M	N		
5_26	1,55	3	0,05										J	K	L	M	N	O	
L cot	1,55	3	0,05										J	K	L	M	N	O	
Est	1,60	3	0,05											K	L	M	N	O	P
Berg	1,70	3	0,05												L	M	N	O	P
Can	1,74	3	0,05													M	N	O	P
Fue	1,75	3	0,05														N	O	P
Flo	1,83	3	0,05															O	P
Z18	1,86	3	0,05																P
Tot	2,02	3	0,05																
Palst	2,06	3	0,05																
Fran	2,35	3	0,05																
Col	2,36	3	0,05																
Gold	2,54	3	0,05																

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)