

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
Máster Universitario en Ingeniería Agronómica



**CARACTERIZACIÓN POMOLÓGICA Y
APTITUD POSTCOSECHA DE NUEVAS
SELECCIONES DE CIRUELO JAPONÉS
DEL PROGRAMA DE MEJORA DEL
CEBAS-CSIC/IMIDA**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Septiembre – 2019

AUTOR: Estefanía Guardiola Martínez

TUTOR/ES: Santiago García Martínez

David Ruiz González

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Caracterización pomológica y aptitud postcosecha de nuevas selecciones de ciruelo japonés del programa de mejora del CEBAS-CSIC/IMIDA

Title: Pomological characterization and post-harvest fitness of new Japanese plum selections from the CEBAS-CSIC/IMIDA improvement program

Modalidad (proyecto/experimental): Trabajo experimental

Type (Project/research): Experimental work

Autor/Author: Estefanía Guardiola Martínez

Director/es/Advisor: Santiago García Martínez y David Ruiz González

Convocatoria: Septiembre 2019

Month and year: September 2019

Número de tablas/Number of tables:10

Número de figuras/Number of figures:18

Número de fotos/Number of photos:11

Palabras clave (5 palabras): Ciruelo japonés, postcosecha, ‘Santa Rosa’, firmeza, ‘Red Beaut’.

Key words (5 words): Japanese plum, postharvest, ‘Santa Rosa’, firmness, ‘Red Beaut’.

MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

RESUMEN:

España es uno de los principales países productores de ciruela en todo el mundo. Destaca la buena adaptación del ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) a nuestras condiciones climáticas y la posibilidad de cultivar variedades de maduración temprana que pueden ser cosechados en mayo y junio. En este contexto, un programa de mejora genética de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) se desarrolla desde el año 2011 de forma coordinada por el CEBAS-CSIC y el IMIDA de Murcia. Los principales objetivos perseguidos en este programa de mejora para la obtención de nuevas variedades son: maduración temprana (mayo-junio), elevada calidad del fruto, buena aptitud postcosecha, autocompatibilidad floral y resistencia al virus de la sharka (PPV). Hasta la fecha se han generado en torno a 4.000 descendientes procedentes de más de 40 cruzamientos intervarietales. Todos ellos se encuentran plantados y en fase de evaluación en una finca experimental localizada en Calasparra (Murcia).

Como resultado de los primeros años de evaluación, se ha preseleccionado un conjunto de genotipos de interés por sus buenas características de fecha de maduración, productividad y calidad del fruto.

El presente trabajo tiene como objetivo la caracterización de un conjunto de genotipos preseleccionados del programa de mejora de ciruelo japonés en lo relativo a fecha de maduración, caracteres asociados a la calidad del fruto (color de piel, color de pulpa, peso del fruto, firmeza, contenido en sólidos solubles (azúcares totales) y acidez) y aptitud postcosecha, a fin de seleccionar los genotipos más interesantes susceptibles de convertirse en nuevas variedades comerciales. Esta evaluación se realizará en primer lugar en fresco. Para evaluar la aptitud postcosecha, después de recolección se utilizó un periodo de conservación en frío de 28 días a 1°C y 90% de humedad relativa. Posteriormente se evaluarán todos los parámetros de calidad del fruto señalados con anterioridad a fin de evaluar su conservación o pérdida de la calidad del fruto con relación al fresco.

De ello Tal como nos muestran los resultados, hemos obtenido un amplio rango de calendario de maduración, destacando selecciones excepcionalmente extra tempranas con maduración desde los primeros días de mayo. Por otra parte, debemos destacar un conjunto de selecciones con pulpa roja muy atractiva (parámetro muy demandado entre los consumidores) así como selecciones que presentan un buen equilibrio entre brix, ph y acidez haciéndolas excepcionales desde el punto de vista organoléptico.

En cuanto al análisis post-cosecha, para la mayoría de caracteres analizados no hay diferencias significativas para cada genotipos comparando entre fresco y un periodo de conservación en cámara frigorífica de 28 días. Sólo en el caso de la firmeza, siendo uno de los aspectos más destacables a conservar tras el periodo post-cosecha, hay diferencias significativas en todos los genotipos a excepción '1112-137' y '1112-31'.

ABSTRACT:

Spain is one of the leading plum-producing countries worldwide. It highlights the good adaptation of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) to our climatic conditions and the possibility of growing early ripening varieties that can be harvested in May and June. In this context, a genetic improvement program of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) has been developed since 2011 in a coordinated manner by CEBAS-CSIC and IMIDA de Murcia. The main objectives pursued in this improvement programme for obtaining new varieties are: early maturation (May-June), high fruit quality, good post-harvest fitness, floral self-compatibility and sharka virus resistance (PPV). To date, around 4,000 descendants have been generated from more than 40 intervarietal crossings All of them are planted and under evaluation in an experimental farm located in Calasparra (Murcia). As a result of the first years of evaluation, a set of interest genotypes has been preselected for their good ripening date characteristics, productivity and fruit quality. This work aims to characterize a set of pre-selected genotypes from the Japanese plum improvement program in terms of ripening date, characteristics associated with fruit quality (skin color, pulp color, weight of the fruit, firmness, content in soluble solids (total sugars) and acidity) and post-harvest fitness, in order to select the most interesting genotypes that can become new commercial varieties. This evaluation will be carried out first in fresh. To assess post-harvest fitness, after harvesting a cold shelf life of 28 days at 1oC and 90% relative humidity was used. Subsequently, all the quality parameters of the fruit indicated above will be evaluated in order to evaluate its preservation or loss of the quality of the

fruit in relation to the freshness. From this As the results show us, we have obtained a wide range of maturation schedule, highlighting exceptionally extra early selections with maturation since the first days of May. On the other hand, we must highlight a set of selections with very attractive red pulp (parameter very demanding among consumers) as well as selections that have a good balance between brix, ph and acidity making them exceptional from the point of view Organoleptic. As for post-harvest analysis, for most of the characters analyzed there are no significant differences for each genotypes comparing between fresh and a 28-day cold room shelf life. Only in the case of firmness, being one of the most noteworthy aspects to be preserved after the post-harvest period, there are significant differences in all genotypes except '1112-137' and '1112-31'.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer a todo el equipo del CEBAS-CSIC por facilitarme todas las herramientas y enseñarme las técnicas para poder realizar este estudio, especialmente a Lola por todos parámetros que me ayudo a obtener y a mi tutor David Ruiz por su dedicación, comprensión y sobre todo paciencia. Así mismo al IMIDA por permitirme realizar los análisis en sus laboratorios y su ayuda.

También tengo que dar las gracias a mi tutor Santiago por su premura en las correcciones y consejos sabiendo mis situaciones.

En segundo lugar, dar las gracias a mi familia, mis padres, mi hermano y sobre todo a mi abuela Anita por su constante apoyo.

Por último agradecer todo a mi futuro marido Fernando, sin él no hubiera llegado a mis metas y siempre me ayuda a superarme un poco más.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Origen del cultivo	1
1.2. Taxonomía.....	3
1.3. Descripción morfológica de la especie.....	4
1.4. Exigencias climáticas, edáficas y de fertirrigación.	7
1.5. Importancia del cultivo de ciruelo.....	8
1.5.1. Importancia del cultivo de ciruelo en el mundo.	8
1.5.2. Importancia del cultivo de ciruelo en Europa.....	10
1.5.3. Importancia del cultivo de ciruelo en España.....	11
1.5.4. Importancia del cultivo de ciruelo en la Región Murcia.	13
1.6. Variedades cultivadas.....	14
1.7. Calidad del fruto	17
1.8. Programa de mejora genética de ciruelo japonés del CEBAS-CSIC/IMIDA	18
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO	20
3. MATERIAL Y MÉTODOS	21
3.1. Parcela experimental.	21
3.2. Material vegetal	22
3.3. Diseño experimental.....	22
3.4. Fecha de maduración y recolección.	23
3.5. Determinación de caracteres físicos.	23
3.5.1. Peso de los frutos.....	24
3.5.2. Color de piel y pulpa.	24
3.5.3. Firmeza de los frutos.	26
3.6. Determinación de caracteres bioquímicos.....	27
3.6.1. Contenido en azúcares.	27
3.6.2. Acidez y pH.....	28
3.7. Evaluación de la aptitud postcosecha	29
3.8. Análisis estadístico.	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Fecha de maduración y recolección.	30
4.2. Evaluación de caracteres físicos.....	32
4.2.1. Peso de los frutos.....	32
4.2.2. Color de piel y pulpa	33
4.2.3. Firmeza de los frutos	37
4.3. Evaluación de caracteres bioquímicos.....	39
4.3.1. Contenido de azúcares.....	39
4.3.2. pH.....	40
4.3.3. Acidez.....	41
4.4. Aptitud postcosecha. Análisis comparativo de calidad en fresco y después de su conservación.	43
4.4.1. Peso de frutos.	43
4.4.2. Color de piel y pulpa	43
4.4.3. Firmeza	44
4.4.4. Contenido en azúcares	45
4.4.5. pH y acidez.....	46
4.4.6. Daños y podredumbres	48
5. CONCLUSIONES.....	49
6. BIBLIOGRAFÍA	52

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Figura 1. Centros de origen (A), diversificación (C y D) y dispersión (D) de los principales frutales del género *Prunus* cultivados
- Tabla 1. Clasificación taxonómica del ciruelo japonés
- Foto 1. Árbol de ciruelo japonés
- Foto 2. Detalle de follaje
- Foto 3. Flores de ciruelo
- Foto 4. Fruto de ciruela
- Tabla 2. Composición nutritiva del ciruelo
- Figura 2. Producción y superficie cultivada mundial de ciruela en el periodo 2007-2017
- Figura 3. Los 10 principales productores mundiales de ciruela 2017
- Figura 4. Producción y superficie cultivada europea de ciruela en el periodo 2007-2017
- Figura 5. Los 10 principales productores europeos de ciruela en 2017
- Figura 6. Producción española de ciruela en el periodo 2007-2017
- Figura 7. Principales regiones productoras españolas de ciruela en 2017
- Figura 8. Distribución de la superficie total de cultivos leñosos en 2017
- Figura 9. Producción de ciruela en la Región de Murcia en el periodo 2012-2018
- Figura 10. Detalle de la finca experimental
- Foto 5. Balanza digital BlueScale Serie AH-600.
- Foto 6 y 7. Medida de color con colorímetro Minolta Chroma Meter CR-400.
- Figura 11. Diagrama C.I.E. $L^*a^*b^*$
- Foto 8. Prensa hidráulica TA XT plus Texture Analyser junto al programa Texture exponent 32.
- Foto 9. Posición del fruto en la prensa hidráulica
- Foto 10. Refractómetro digital Atago gama PAL-1.
- Foto 11. Valorador Metrom, modelo Titrino plus 848, junto con un agitador modelo 869 Compact Sample Changer
- Tabla 3. Fechas de maduración de los diferentes genotipos y variedades de ciruela

- Tabla 3 (continuación). Fechas de maduración de los diferentes genotipos y variedades de ciruela
- Tabla 4. Peso medio de frutos
- Tabla 5. Color de fondo de la piel (sistema de coordenadas L^*, a^*, b^*)
- Tabla 6. Color de pulpa (sistema de coordenadas L^*, a^*, b^*)
- Tabla 7. Firmeza del fruto
- Tabla 8. Contenido de azúcares
- Tabla 9. pH del fruto
- Tabla 10. Acidez del fruto
- Figura 12. Gráfica comparativa de peso medio de fruto en fresco y postcosecha
- Figura 13. Gráfica comparativa de color de fondo medio de fruto en fresco y postcosecha
- Figura 14. Gráfica comparativa de color de pulpa medio de fruto en fresco y postcosecha
- Figura 15. Gráfica comparativa de firmeza en frutos de ciruela en fresco y postcosecha
- Figura 16. Gráfica comparativa de sólidos solubles en frutos de ciruela en fresco y postcosecha.
- Figura 17. Gráfica comparativa de pH en frutos de ciruela en fresco y postcosecha.
- Figura 18. Gráfica comparativa de acidez en frutos de ciruela en fresco y postcosecha.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Origen del cultivo

El origen de los frutales del género *Prunus* se localiza en las zonas centrales (el área del Cáucaso) y orientales (China) de Asia. Su expansión hacia Oriente próximo y el Mediterráneo fue en paralelo con las rutas comerciales y los procesos históricos que pusieron en contacto al Imperio Persa con Europa, como tuvo lugar en el siglo IV A.C. con los ejércitos de Alejandro Magno. Esta primera llegada a Europa se produciría a través de Armenia o Irán hasta llegar a Grecia e Italia. En una posterior expansión en la segunda mitad del siglo VII desde Oriente Próximo, llegan las especies también a través del Mediterráneo Sur hasta España mediante los árabes. Finalmente, la expansión de estos frutales hacia Norte América, México y Sudáfrica se produciría desde Europa (fundamentalmente desde España) entre los siglos XVI y XVII. Es hasta el siglo XVIII que llegan estos frutales a Australia (Figura 1)

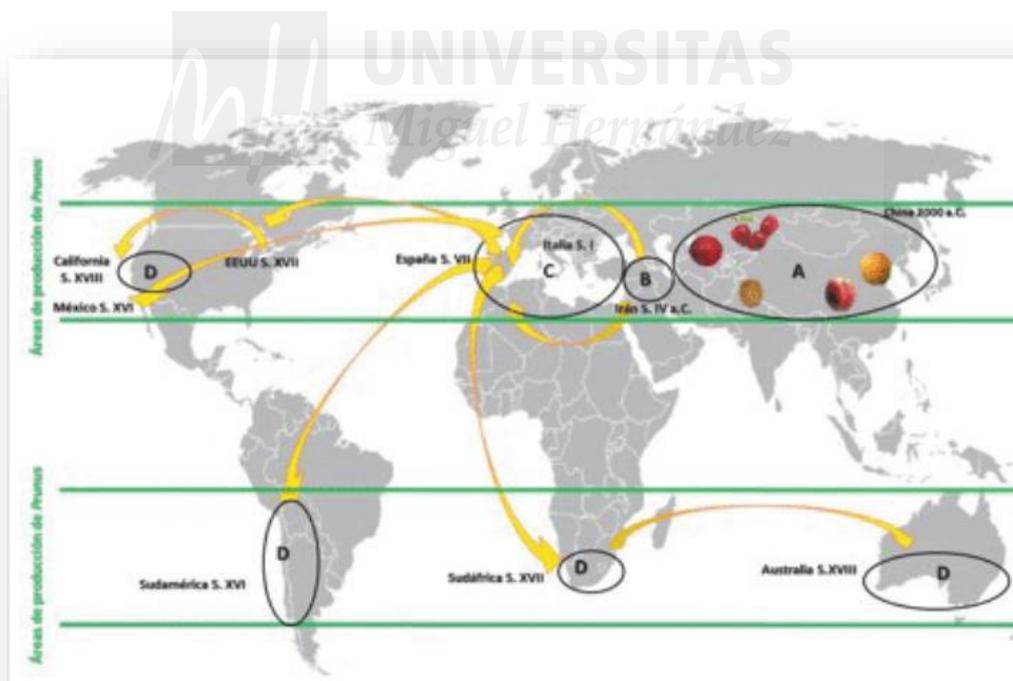


Figura 1. Centros de origen (A), diversificación (C y D) y dispersión (D) de los principales frutales del género *Prunus* cultivados. Fuente: Martínez Gómez, 2017

El ciruelo es una especie cuyo origen se sitúa en distintas áreas geográficas, debido principalmente a que con este apelativo se incluyen de 19 a 40 especies diferentes del

género *Prunus* dependiendo de la clasificación que se use (Hedrick, 1911; Rehder, 1940; Blazek, 2007), originaros de Europa, Asia y América, de las cuales las dos más importantes en Europa son el *Prunus doméstica* (ciruelo europeo) y el *Prunus salicina* (ciruelo japonés). Estas dos especies se cultivan en áreas diferentes, según sus requerimientos de frío invernal, en las zonas más frías el ciruelo europeo y en las más cálidas el ciruelo japonés (Topp et al., 2012).

El origen del *Prunus doméstica* o ciruelo europeo se sitúa en el Turquestán, aunque su cultivo se conocía desde la más remota antigüedad en Siria, Persia y el Cáucaso (Mataix y Villarrubia, 1999). Su introducción en Italia se sitúa en el año 149 antes de Cristo en tiempos de Catón el Antiguo, desde donde se extendió a toda Europa, cultivándose desde hace quinientos años en la parte Sur del Danubio, Bosnia y Yugoslavia, así como en el Continente Americano.

El *Prunus salicina*, llamado también ciruelo japonés, es probablemente originario de China, en la cuenca del río Yangtze, donde se ha cultivado desde tiempos muy antiguos (Yoshida, 1987). *Prunus salicina* se introdujo en Japón, hace más de 2.000 años. Desde Japón fue importada a California en Norteamérica por Hough en 1870, siendo la variedad Kelsey el primer cultivar conocido, y desde EE. UU. se ha extendido por todo el mundo como ciruela japonesa (Hedrick, 1911). Desde finales del siglo XIX, la ciruela japonesa se cultiva ampliamente en diferentes áreas de clima templado en todo el mundo (Faust y Surányi, 1999). Hoy en día, la mayoría de las ciruelas japonesas modernas son predominantemente *P. salicina*, pero también incluyen variedades de ciruelas desarrolladas por la hibridación de varias especies diploides con *P. salicina* (Okie y Weinberger, 1996). La especie se cultiva principalmente en regiones más cálidas debido a sus menores necesidades de frío invernal. Un notable número de cultivares de esta especie fueron generados en EE. UU durante la segunda mitad del siglo XX e introducidos en Europa desde EE. UU. Por las características de alta calidad de sus frutos, la implantación del ciruelo japonés es cada día mayor especialmente en zonas cálidas de clima mediterráneo, como es el caso de España, sustituyendo en muchos casos al ciruelo europeo (Mataix y Villarrubia, 1999). Todos los cultivares de ciruelas japonesas y sus híbridos son diploides ($2n = 2x = 16$).

1.2. Taxonomía

El ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl), es un árbol frutal perteneciente a la familia *Rosaceae* y la subfamilia *Amygdaloideae*, que se encuentra dentro del género y subgénero *Prunus*.

La familia *Rosaceae* es una familia monofilum perteneciente al orden de las *Rosales*, con gran interés a nivel botánico debido al gran número de especies de uso agrícola que posee. De entre casi un centenar de géneros que componen esta familia cabe destacar los géneros *Malus* (manzanas), *Pyrus* (perales), *Fragaria* (fresas), *Rosa* (rosas) y *Prunus* (frutales de hueso). El género *Prunus* también es uno de los más importantes desde el punto de vista agrícolas, con más de 20 especies ampliamente cultivadas en todo el mundo de las 120 descritas (Bailey y col., 1975). Este género se divide en 5 grandes subgéneros: *Prunus* (albaricoqueros y ciruelos), *Amygdalus* (melocotoneros y almendros) y *Cerasus* (cerezos) con gran interés desde el punto de vista agrícola, además de los subgéneros *Laurocerasus* y *Padus* que no poseen especies de interés agrícola (Lee y Wen, 2001).

El ciruelo cultivado se clasifica en dos grandes grupos, el ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.) y el ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl), con distintos centros de diversidad, como ya indicamos anteriormente.

Centrándonos en la especie que compete este trabajo, *Prunus salicina* fue descrita por John Lindley (1828) y publicado en la revista *Transactions of the Horticultural Society of London* con la siguiente taxonomía:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del ciruelo japonés. Fuente: Lindley, 1828.

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Subdivisión	<i>Angiosperma</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Género	<i>Prunus</i>
Subgénero	<i>Prunus</i>
Especie	<i>Salicina</i> (Lindl.)

1.3. Descripción morfológica de la especie.

El ciruelo es un **árbol caducifolio** (Foto 1) de tamaño medio que puede alcanzar los 5 a 6 metros de altura (7 metros para ciruelos europeos y 5 metros para japoneses según Zeven y de Wet, 1993, con un sistema radical superficial y un tronco que se agrieta conforme envejece (Calvo, 2009).



Foto 1. Árbol de ciruelo japonés

El **tronco** posee una corteza pardo-azulada, brillante, lisa o agrietada longitudinalmente, el cual produce ramas alternas, pequeñas y delgadas, algunas veces lisas y glabras, otras veces pubescentes y vellosas. El **sistema radicular** presenta raíces largas, fuertes, flexibles, onduladas, poco ramificadas y profundas, las cuales emiten brotes nuevos con frecuencia (Calvo, 2009).

Hojas caducas, con glándulas en el pecíolo, aserradas, lisas en el haz y ligeramente pubescentes en el envés, y de color, forma y tamaño variables, según la variedad (Foto 2). El color varía entre verde, más o menos claro, a morado, más o menos intenso; la forma varía entre ovalado-lanceoladas, en las especies europeas, a lanceoladas, en las japonesas (Agusti, 2004).



Foto 2. Detalle de follaje

En esta especie las **yemas florales** producen inflorescencias cimosas que se resuelven dicasios, y a veces, tricasios, y se encuentran en estructuras cortas, dando lugar a brotes multiflorales, o en ramos mixtos (Agusti, 2004).

Presenta **flores** que aparecen en pequeños ramos cortos de un año. Son blancas, solitarias, pentámeras, alternas, la disposición de la inflorescencia en umbela con elevado número de estambres (Foto 3). La mayoría de los cultivares son auto incompatibles por lo que necesitan polinización cruzada (Mataix et al., 1991).



Foto 3. Flor del ciruelo

Su **fruto** es una drupa carnosa redonda, oblonga o achatada con la línea de unión más o menos aparente, recubierta por una cera blanquecina (pruina), de color amarillo, rojo o violáceo, con pedúnculo mediano (Foto 4). La pulpa es jugosa y puede ser de color ámbar, verde, ocre, amarillo, rosa o rojo. Con hueso oblongo, alargada y aplastada, con

surco marcado (almendra amarga) comprimido, algo áspero y que por un lado presenta una sola costilla.

Dentro del **hueso** se encuentra frecuentemente una sola semilla. Las semillas pierden después de un mes la facultad germinativa (Mataix et al., 1991).



Foto 4. Fruto de ciruela

Respecto a la fisiología de su maduración, las ciruelas han sido tradicionalmente clasificadas como frutos climatéricos (Calvo, 2009).

El fruto se divide en las siguientes partes:

- **Epicarpio:** Es la capa exterior, la piel del fruto. Está cubierto de ceras.
- **Mesocarpio:** Parte carnosa del fruto.
- **Endocarpio:** Parte interior, de consistencia leñosa; su función es proteger la semilla que se encuentra en su interior.

En lo que respecta a su composición nutricional, el principal componente del ciruelo es el agua, es rico en fósforo, calcio y potasio. Además, tienen hidratos de carbono, entre ellos el sorbitol, de leve acción laxante que se ve reforzado por su abundancia en fibra, tal y como se muestra en la siguiente tabla. También, se caracteriza por tener antocianinas (pigmentos de acción antioxidante y antiséptica) (Calvo, 2009).

Tabla 2. Composición nutritiva del ciruelo. Fuente: Moreiras et al.,2013

	Por 100 g de porción comestible
Energía (Kcal)	51
Proteínas (g)	0.6
Lípidos totales (g)	Tr
Hidratos de carbono (g)	11
Fibra (g)	2.1
Agua (g)	86.3
Calcio (mg)	14
Hierro (mg)	0.4
Yodo (µg)	2
Magnesio (mg)	8
Zinc (mg)	0.1
Sodio (g)	2
Potasio (mg)	214
Fosforo (mg)	19
Selenio (µg)	Tr
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.05
Equivalentes niacina (mg)	0.5
Vitamina B ₆ (mg)	0.05
Folatos (µg)	3
Vitamina C	3
Vitamina a: Eq. Retinol (µg)	49.2
Vitamina E (mg)	0.7

1.4. Exigencias climáticas, edáficas y de fertirrigación.

Desde el punto de vista climático, existen marcadas diferencias entre los ciruelos europeos y los japoneses. Los primeros son de zona templada y necesitan del frío invernal (800-1300 HF). Se adapta mejor en altitudes entre los 600 y 1000 m. Dada su floración tardía, no parecen afectarle demasiado las heladas primaverales. Los ciruelos japoneses son árboles de zona templado-cálida, aunque también pueden acusar los inviernos suaves, tras los que la vegetación se inicia con dificultad. A pesar de ello, son mucho menos exigentes de frío y por eso se adaptan bien a zonas relativamente cálidas y con menos riesgo de heladas primaverales.

El ciruelo es una de las especies frutales que mejor se adapta a diferentes tipos de suelo. Sus raíces tienden a la superficialidad, pero en terrenos arcillosos y con pH elevado la asfixia radicular y la clorosis férrica acaban siendo los factores limitantes de su cultivo. Son sensibles a la salinidad.

La densidad de plantación oscila entre 5 x 3 m y 6 x 3 m, esto es, 500-800 árboles por ha, con marcos más estrechos para los cultivares con porte erguido. Por otra parte,

dada la autoincompatibilidad de la mayoría de las variedades, se hace imprescindible intercalar árboles de otras variedades que puedan ser polinizadoras, compatibles y coincidentes en la época de floración.

Las variedades precoces pueden cultivarse, no sin algunos problemas, en el secano de climas áridos, con pluviometrías de 200-300 mm/año. Las que maduran en junio-julio pueden cultivarse en regiones con pluviometrías de 400-500 mm/año. Las tardías exigen del riego, de lo contrario el fruto se desprende del árbol y/o queda de pequeño tamaño (Agusti 2004).

Las extracciones de elementos minerales del ciruelo han sido evaluadas, por toneladas de cosecha, en 3 kg de N, 1 kg de P (como P₂O₅) y 5 kg de K (como K₂O). En general, el ciruelo es menos exigente en N que el resto de las especies frutales, pero requiere mayores contenidos foliares en K. Las necesidades de P son similares a las de otras especies. Entre ellos ciruelos, sin embargo, existen diferencias de modo que, en general, los ciruelos japoneses son más exigentes en N que los europeos.

En relación con la fertilización, se aconseja un abonado a fondo a realizar en verano-otoño anterior a la plantación, incorporando al suelo, con labor de vertedera o localizadores en profundidad, 25-30t/ha de estiércol, 200-300 kg/ha de P₂O₅ y 500-600 kg/ha de K₂O (Agusti 2004).

1.5. Importancia del cultivo de ciruelo.

1.5.1. Importancia del cultivo de ciruelo en el mundo.

Las ciruelas son la segunda producción de fruta de hueso entre los cultivos de *Prunus* en el mundo detrás de los melocotoneros y las nectarinas, con una producción mundial en torno a 11 millones de toneladas (FAOSTAT, 2010-2017). Debemos reseñar que los datos estadísticos disponibles consideran en su conjunto al ciruelo europeo y ciruelo japonés. En los últimos diez años la superficie cultivada de ciruela alrededor del mundo ha aumentado, pasando de un total de 2.372.966 ha en 2007 a 2.619.471 ha en el año 2017, suponiendo esto una expansión del área cultivada del 10,39%. En cuanto al volumen de producción mundial, podemos observar un incremento del 23% con respecto al año 2007, con una producción de 11.758.135 toneladas (FAOSTAT 2007-2017).

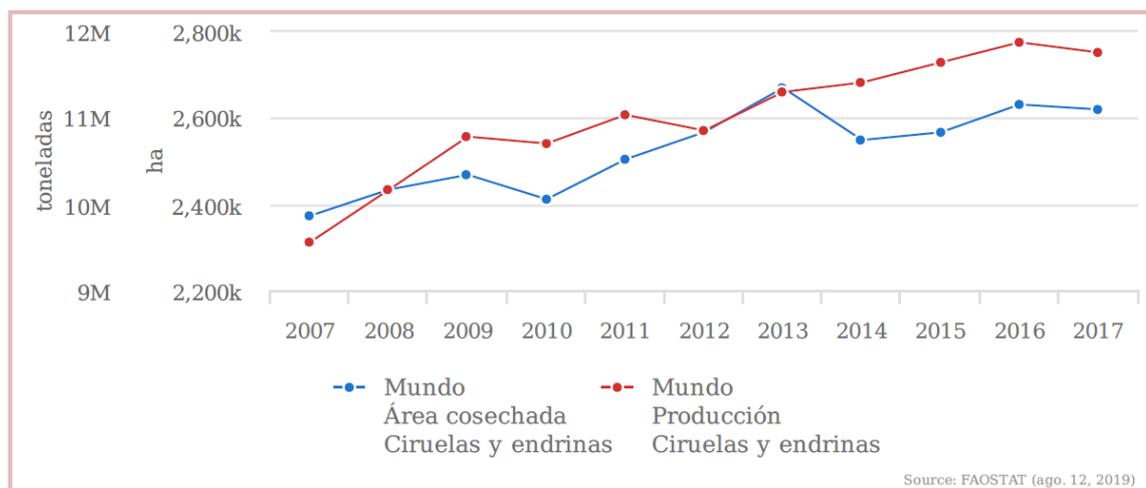


Figura 2. Producción y superficie cultivada mundial de ciruela en el periodo 2007-2017. Fuente: FAOSTAT, 2007-2017

Las especies de ciruela se cultivan en todo el mundo, pero principalmente en zonas templadas. El área productora de ciruela más importante es Asia (64.5% de producción mundial), seguida de Europa (25.5%) y América (6.7%). A nivel mundial, en 2017 (FAOSTAT, 2017), se producía un total de 11.758.135 toneladas. China es, con diferencia, el principal productor de ciruelas con la mitad de la producción mundial total (6.791.974 t). La producción china se basa en ciruelas japonesas. Europa del Este es la segunda mayor área productora de ciruelas del mundo, incluyendo Rumania (434.390 t) y Serbia (330.582 t), donde la producción se basa en ciruelas europeas. El tercer país productor es Estados Unidos con 423.200 toneladas. La producción del hemisferio sur está dominada por Chile (con 290.175 t), también basada en la producción de ciruelas japonesas. Otros países productores importantes son Turquía (291.934 t), Irán (298.893 t) e India (269.467 t), donde la producción se destina principalmente a ciruelas secas. Otra importante área productora de ciruelas incluye los países europeos que bordean el mar Mediterráneo, principalmente España (172.325 t), Francia (205.031 t) e Italia (206.966 t). La producción española se basa en ciruelas japonesas, la producción francesa en ciruelas europeas e Italia produce alrededor del 75% de ciruelas japonesas y 25% ciruelas europeas.

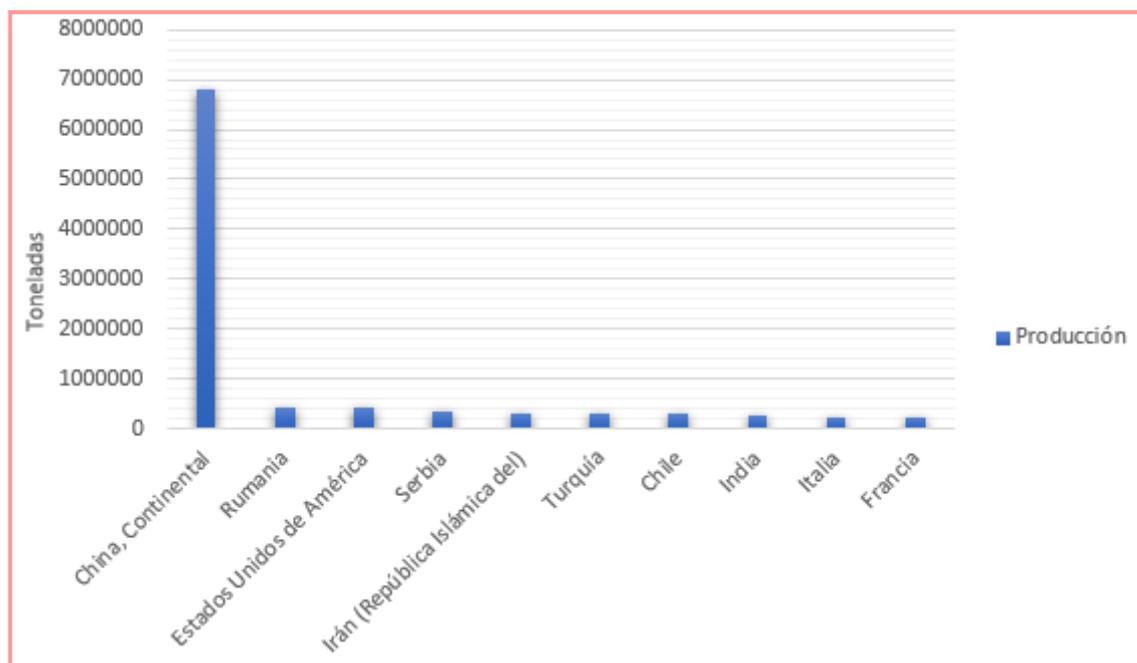


Figura 3. Los 10 principales productores mundiales de ciruela 2017. Fuente: FAOSTAT, 2017

1.5.2. Importancia del cultivo de ciruelo en Europa.

A nivel europeo y haciendo un balance desde el año 2007 hasta el 2017, según la FAO, tanto la producción como la superficie cultivada de ciruela ha disminuido con respecto al año 2007 (Figura 4). Si bien, durante este periodo de tiempo se han producido aumentos y descensos, alcanzando el máximo de área cosechada el mismo año 2007 con 572.462 ha, mientras que en la producción alcanzó su máximo en 2009 con 2.903.521 toneladas. En esta década la disminución más considerable ha sido la de la superficie con un 61,75% la cual supuso pasar de las 572.462 ha en 2007 a las 353.919 ha en 2017. Mientras que la producción supuso una disminución de 35,14% pasando de 2.551.435 toneladas en 2007 a 2.199.521 ha en 2017.

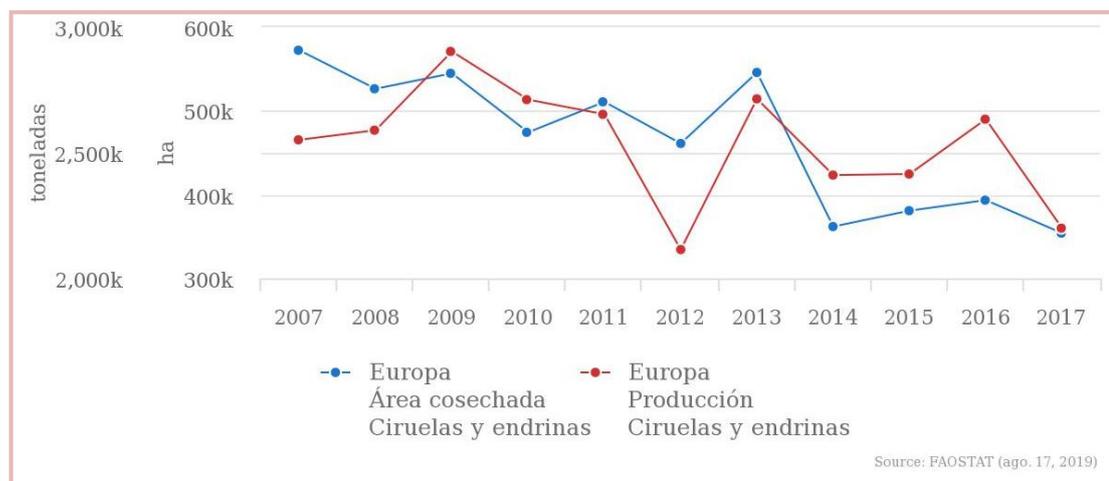


Figura 4. Producción y superficie cultivada europea de ciruela en el periodo 2007-2017. Fuente: FAOSTAT, 2017

En el año 2017 Rumanía encabeza los principales productores de ciruela a nivel mundial después de China, por lo que también se encuentra el primero en Europa, con 434.390 toneladas. En segunda posición se encuentra Serbia con un volumen de producción de 330.582 toneladas, seguido de Italia, ocupando ésta el tercer lugar, con una producción total de 206.966 toneladas (Figura 5).

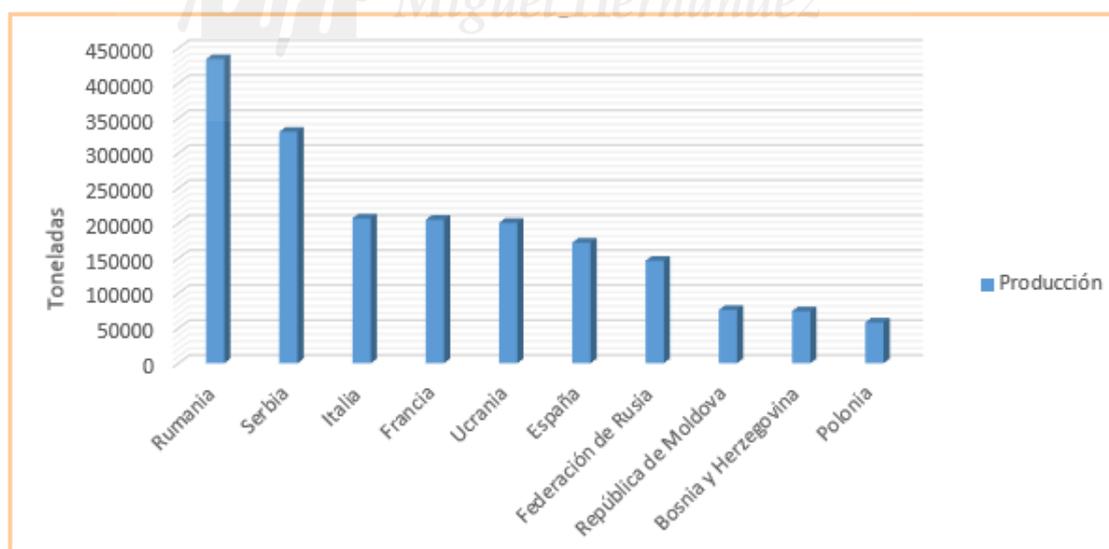


Figura 5. Los 10 principales productores europeos de ciruela en 2017. Fuente: FAOSTAT, 2017

1.5.3. Importancia del cultivo de ciruelo en España.

En España, la producción desde 2007, ha presentado un descenso moderado, siendo esta bajada de un 10,89%, pasando de 191.100 toneladas en 2007 a 172.325

toneladas en 2017, por lo que prácticamente se ha mantenido la producción en este intervalo de tiempo, aunque presentando en algunos años un ligero aumento, como son los años 2009 y 2014. Por otro lado, como se puede observar en la Figura 6, la superficie cultivada experimentó una disminución del 30,21%. Esto ha sucedido progresivamente en este periodo de tiempo, produciéndose desde 2007 un gran descenso, pasando de 19.791 ha a 15.199 ha en 2017.

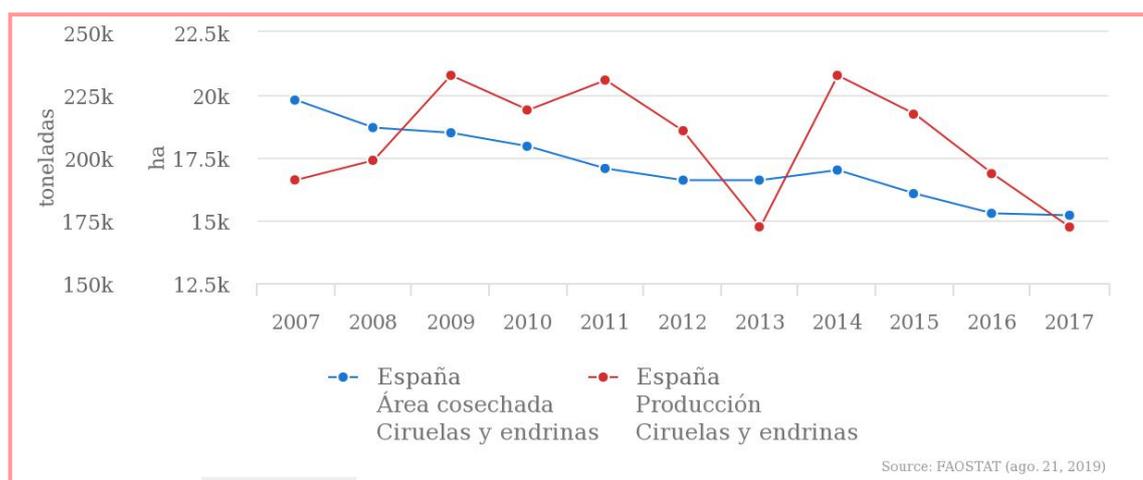


Figura 6. Producción española de ciruela en el periodo 2007-2017. Fuente: FAOSTAT, 2007-2017

En cuanto a las principales comunidades autónomas productoras de ciruela, Extremadura ocupa el primer lugar en producción de ciruela en España con aproximadamente 78.150 toneladas, (Figura 7), seguida de Andalucía (30.663 tn) y en tercer lugar se encuentra la Región de Murcia con 16.492 toneladas (MAPA, 2017). Debemos reseñar que en los últimos años se ha producido una reducción muy significativa de la superficie y producción de ciruela en zonas tradicionalmente muy productoras como la Región de Murcia. La incidencia del virus de la sharka y otros virus, así como diversos problemas y deficiencias del cultivo de esta especie explican este notable descenso del cultivo, especialmente en la Región de Murcia y Comunidad Valenciana. Ello ha conducido en estas regiones a la sustitución de parte de la superficie cultivada de ciruelo por el cultivo del albaricoquero y fundamentalmente del melocotonero.

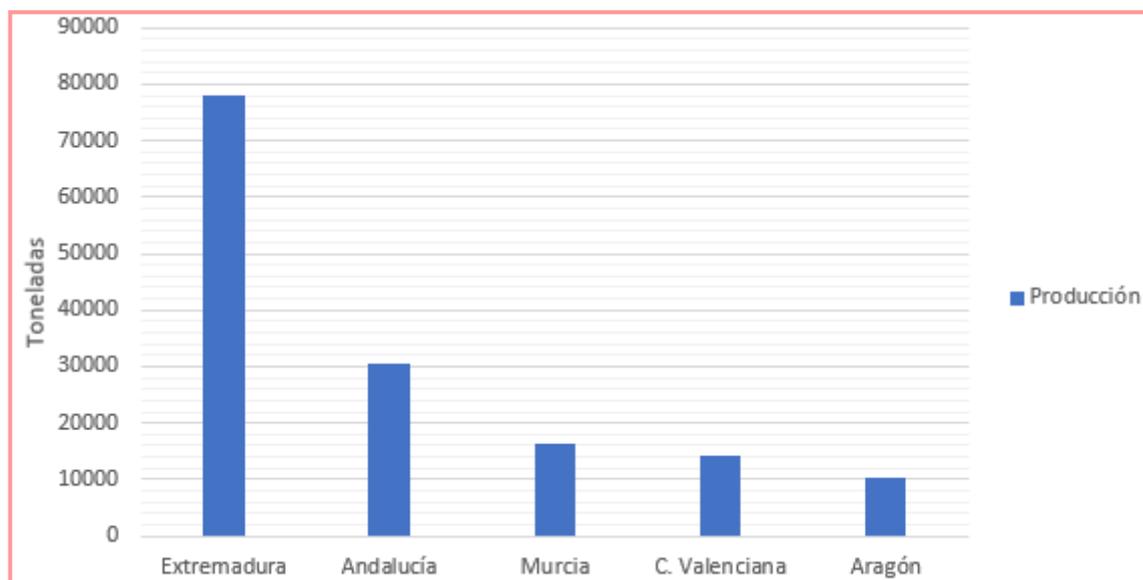


Figura 7. Principales regiones productoras españolas de ciruela en 2017 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados de Avances de Superficies y Producciones de Cultivo. S.G. Análisis, Coordinación y Estadística. MAPA.

1.5.4. Importancia del cultivo de ciruelo en la Región Murcia.

Los frutales de hueso en la Región de Murcia son de gran importancia debido a las condiciones óptimas para su desarrollo, ocupando el primer lugar dentro de la distribución de los frutales no cítricos (Figura 8).

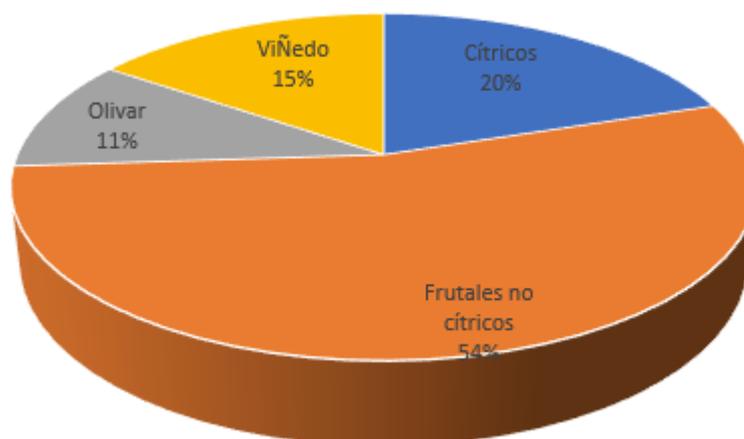


Figura 8. Distribución de la superficie total de cultivos leñosos en 2017. Fuente: centro regional de estadística de Murcia, CREM

Como se ha podido observar en el Figura 7, Murcia es la tercera comunidad autónoma productora de ciruela. En los últimos 7 años, que son de los que actualmente

se tiene constancia, según la web oficial de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM), la producción de ciruela ha disminuido considerablemente. La producción en 2012 fue de 26.463 toneladas y esa producción fue disminuyendo hasta 2018 con 12.307 toneladas, lo que se considera un descenso significativo (Figura 8). Este descenso viene ligado fundamentalmente a la incidencia del virus de la sharka y otros virus, así como diversos problemas y deficiencias del cultivo de esta especie.

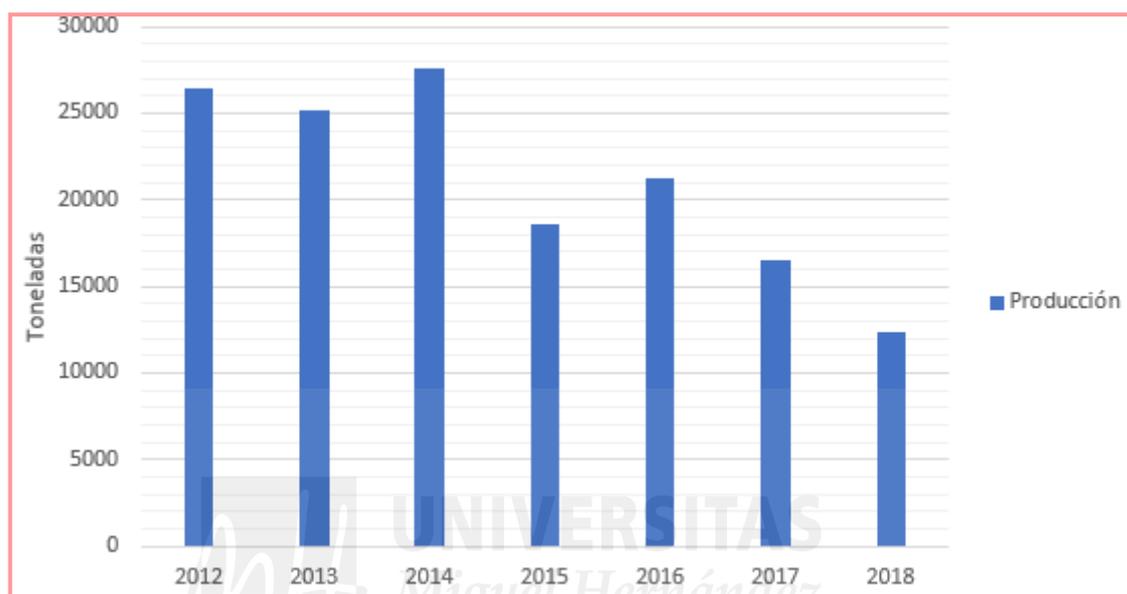


Figura 9. Producción de ciruela en la Región de Murcia en el periodo 2012-2018. Fuente: CARM

1.6. Variedades cultivadas.

Desde el punto de vista varietal, gran parte de la producción de ciruela japonesa en España se sigue basando en las variedades utilizadas tradicionalmente: ‘Red Beaut’, ‘Golden Japan’, Serie Black, ‘Santa Rosa’, etc..., y sólo unas pocas variedades foráneas introducidas en los últimos años están teniendo un relativo auge en nuestro país, sin demasiado éxito en satisfacer las necesidades de los productores y consumidores (Ruiz y col. 2011). Así pues, podemos decir que el ciruelo japonés es la especie dentro de los frutales de hueso con un menor dinamismo y renovación varietal, en comparación con el albaricoquero o el melocotonero.

Atendiendo a una clasificación por fecha de maduración, algunas de las principales variedades cultivadas en nuestro país son (Ruiz y col. 2011):

Variedades precoces: fecha de maduración entre el 15 de mayo y el 15 de junio. La más representativa y también la más ampliamente cultivada de este grupo es la variedad 'Red Beaut', que madura en la segunda quincena de mayo, siendo la variedad de maduración más precoz. Sin embargo, su sensibilidad al virus de la sharka, androesterilidad (ausencia de polen) dificultad de polinización y una moderada calidad de fruto, están propiciando una notable disminución de su cultivo. En los últimos años se han introducido algunas nuevas variedades, tales como 'Gaia', 'Songría 15', 'Sonrisa 25', 'Earlqueen' o 'Black Splendor', si bien su cultivo es todavía limitado, y actualmente debe confirmarse su verdadero potencial. Completarían este grupo de variedades precoces, 'Golden Japan' y 'Royal Garnet', dos variedades utilizadas tradicionalmente, cuya maduración se sitúa en fechas más tardías, en torno al 10-15 de junio.

Variedades de media estación: con fecha de maduración entre el 15 de junio y el 15 de julio. En este grupo podemos encuadrar a la variedad tradicional 'Santa Rosa'. A pesar de que en los últimos años ha disminuido el cultivo de esta variedad, en la actualidad sigue siendo una de las variedades más cultivadas, poniendo en valor algunas de sus características destacadas tales como su autocompatibilidad floral (Egea, y García-Brunton, 1994) y elevada calidad de fruto. En este grupo también encontramos la mayoría de las variedades de la serie Black ('Black Beaut', 'Black Star', 'Black Amber', 'Black Gold', 'Black Diamond'), que tuvieron un importante auge motivado fundamentalmente por la demanda de ciruelas de piel negra-violácea. La rapidez de su coloración ha conducido a un manejo inadecuado de la recolección que ha incidido muy negativamente en su aceptación. Variedades como Ambra (utilizada frecuentemente como polinizador de 'Red Beaut') o 'Queen Rose' también pertenecerían a este grupo, si bien su cultivo es muy minoritario.

Variedades tardías: a partir del 15 de julio. En general se siguen cultivando las variedades tardías tradicionales, tales como 'Fortuna', 'Friar', 'Royal Diamond', 'Son Gold', 'Laetitia' o 'Angeleno', apreciándose una escasa renovación varietal en este segmento.

El cultivo del ciruelo en España presenta una serie de deficiencias y problemas. Por una parte, el elenco de variedades utilizadas tradicionalmente es reducido y muchas de las nuevas variedades proceden de programas de mejora foráneos, lo que implica generalmente royalties notables, falta de información, disponibilidad limitada y tardía de

las mejores variedades y restricciones en la movilidad de las nuevas obtenciones. Muchas de las variedades introducidas por esta vía, no han sido en general útiles para paliar las dificultades. Su inadaptación a nuestras condiciones, generalmente por elevadas necesidades de frío invernal, su autoincompatibilidad frecuente y no explicitada, su mediocre calidad gustativa, etc. han, incluso, aumentado las dificultades. Además, la disponibilidad de variedades de maduración temprana es muy escasa, limitándose prácticamente a la variedad 'Red Beaut' y algunas de sus mutaciones y descendientes. Debemos reseñar que la inmensa mayoría de las variedades presentan autoincompatibilidad, es decir necesitan ser polinizadas por otra variedad. La identificación de los alelos de incompatibilidad polen-pistilo de un amplio grupo de variedades ha posibilitado el establecimiento de hasta 13 grupos de incompatibilidad floral en la especie (Guerra y col. 2012).

Otro grave problema que afecta fundamentalmente a la Región de Murcia y Comunidad Valenciana es la incidencia del virus de la sharka, que causa importantes daños en esta especie frutal afectando la producción y la calidad (Llácer y Cambra, 1986). Además, el ciruelo, es una fuente de infección para otras especies frutales, como el melocotonero y especialmente el albaricoquero, donde la afección de la sharka es también un problema crucial. Se trata de un grave problema de difícil solución, ya que no se dispone de variedades de ciruelo japonés resistentes a esta devastadora enfermedad, y la práctica totalidad de las variedades cultivadas de ciruelo japonés son susceptibles al mismo (Ruiz y col. 2011), siendo especialmente sensible la variedad temprana 'Red Beaut'.

La mediocre calidad comercial de parte de las variedades cultivadas constituye otro de los problemas que se hacen presentes en el ciruelo japonés. La creciente competitividad de los mercados unida a las nuevas exigencias de los consumidores lleva a la necesidad de producir una ciruela de gran calidad caracterizada por un aspecto atractivo, adecuada textura y firmeza, y elevada calidad gustativa.

En este contexto, se pone en marcha el programa de mejora genética del ciruelo japonés desarrollado de forma coordinada entre el CEBAS-CSIC y el IMIDA de Murcia, con la finalidad de dar respuesta a las deficiencias mencionadas y satisfacer las necesidades del sector. La generación de nuevas variedades de maduración temprana, elevada calidad de fruto y en la medida de lo posible, autocompatibilidad floral y

resistencia al virus de la sharka, se hace indispensable para asegurar el futuro y la rentabilidad de este cultivo frutal (Ruiz y col. 2012).

1.7. Calidad del fruto

La ciruela japonesa (*Prunus salicina* Lindl) es muy apreciada por los consumidores, por su sabor, su apariencia atractiva, firmeza y diversidad de tipologías.

La calidad de la fruta es fundamental para la aceptación de la ciruela por los consumidores, especialmente por la gran competencia de mercados con nuevos cultivares. Abbot (1999) estableció que la calidad del fruto es un concepto humano que incluye propiedades sensoriales (apariencia, textura, gusto y aroma), valores nutricionales, compuestos químicos y propiedades tanto mecánicas como funcionales. Por ello, los nuevos cultivares de ciruela se deben caracterizar en referencia a los atributos de calidad que demandan los consumidores. Actualmente, los atributos más demandados en los mercados de ciruela en fresco son las características visuales, la firmeza y el sabor equilibrado de la fruta.

La calidad del fruto es uno de los objetivos prioritarios de los programas de mejora de ciruela. El atractivo, fundamentalmente ligado a color de piel y de pulpa, la calidad gustativa y la firmeza, son las principales cualidades para considerar. También la presencia de compuestos beneficiosos para la salud (antioxidante y diurético). En los últimos años se ha incrementado el interés por las ciruelas de coloración roja, violácea o negra, asociado a un elevado contenido en antocianos. La cianidin-3-galactosidasa es la principal antocianina responsable de la coloración de los frutos de ciruela durante la maduración (Paliyath et al., 2008).

La aptitud para la manipulación y postcosecha es otro aspecto fundamental que deben contemplar las nuevas variedades, ya que el sector productivo y exportador, y los consumidores, requiere de variedades que no tengan problemas durante el proceso de manipulación y tengan un periodo de conservación prolongado a fin de prolongar las características organolépticas de la fruta el mayor tiempo posible.

1.8. Programa de mejora genética de ciruelo japonés del CEBAS-CSIC/IMIDA

Este trabajo se engloba dentro del programa de mejora genética de la especie ciruelo japonés (*Prunus salicina Lindl.*) que se está desarrollando en la Región de Murcia, coordinado entre los centros de investigación CEBAS-CSIC e IMIDA de Murcia. Este programa pretende poner solución a algunos de los principales problemas del cultivo de ciruelo, marcándose como objetivos la obtención de nuevas variedades con las siguientes características (Ruiz y col., 2010):

- Época de maduración temprana (Mayo – Junio). La obtención de variedades con escasas necesidades de frío invernal y maduración precoz (Mayo-Junio) es uno de los objetivos fundamentales, considerando el potencial de nuestras zonas de cultivo para este tipo de producción, que nos sitúa en una posición ventajosa para su comercialización en los mercados nacionales e internacionales.
- Autocompatibilidad floral. Es un objetivo muy importante para el productor, ya que permitiría cultivar variedades sin necesidad de polinización y asegurar un nivel alto de producción.
- Productividad. Un nivel óptimo de producción debe ser un requisito indispensable de las nuevas variedades.
- Calidad del fruto. Es otro de los objetivos prioritarios, siendo conscientes de que la creciente competitividad de los mercados requiere de nuevos materiales caracterizados fundamentalmente por su elevada calidad gustativa, aspecto atractivo (aumentando las combinaciones de color de la pulpa y la piel), resistencia a la manipulación y conservación postcosecha.
- Resistencia al virus de la sharka (PPV). Para ello se están realizando cruzamientos interespecíficos con parentales de albaricoquero resistentes a dicho virus con el objetivo de obtener plumcots resistentes.

Para conseguir estos objetivos se están desarrollando las siguientes líneas de actuación:

- Creación de una colección de variedades potencialmente utilizable como parentales.
- Evaluación de aspectos clave en variedades comerciales.

- Búsqueda de fuentes de resistencia al virus de la sharka.
- Realización de cruzamientos, germinación “in vitro” y plantación de las descendencias.
- Evaluación de las descendencias y selección de individuos de interés.

En el año 2010 se inició la colección de variedades y desde el año 2011 se han realizado numerosos cruzamientos intervarietales, obteniéndose mediante germinación ‘in vitro’ en torno a 5.000 descendientes. El proceso de evaluación de híbridos y selección de genotipos de interés se inició en 2014 y hasta el año 2018 se han preseleccionado en torno a 76 genotipos por sus buenas cualidades.



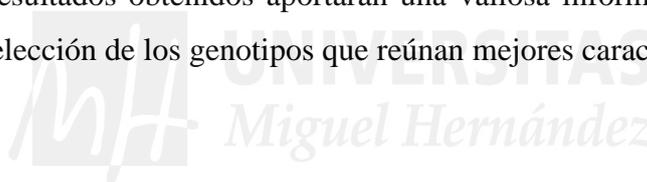
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El presente trabajo tiene como objetivo principal el estudio de las principales características pomológicas asociadas a la calidad del fruto en una población de 76 genotipos de ciruela japonesa, que incluyen 73 selecciones avanzadas procedentes del programa de mejora genética del CEBAS-CSIC/IMIDA y 3 variedades de referencia.

Se estudiarán los siguientes caracteres en fresco: época de maduración, peso del fruto, color de fondo de la piel, color de pulpa, firmeza, contenido en azúcares, pH y acidez en el momento de recolección.

Además, se evaluará la aptitud postcosecha de los genotipos considerados. Para ello se realizará un análisis de calidad del fruto tras un periodo de conservación de 28 días y se realizará un análisis comparativo con los valores en fresco. Del los 76 genotipos estudiados, solo 15 serán aquellos que se estudien en postcosecha, seleccionados por ser aquellos con las mejores características de interés.

Los resultados obtenidos aportarán una valiosa información que ayudará en el proceso de selección de los genotipos que reúnan mejores características.



3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Parcela experimental.

El ensayo se llevó a cabo en una finca localizada entre Cieza y Calasparra (Murcia), ($38^{\circ}16'12,7''$ N, $1^{\circ}34'03,3''$ W) (Figura 9). La finca está situada a 310 m de altitud, no muy cercana a la ribera del río Segura limitando al norte con un macizo montañoso.

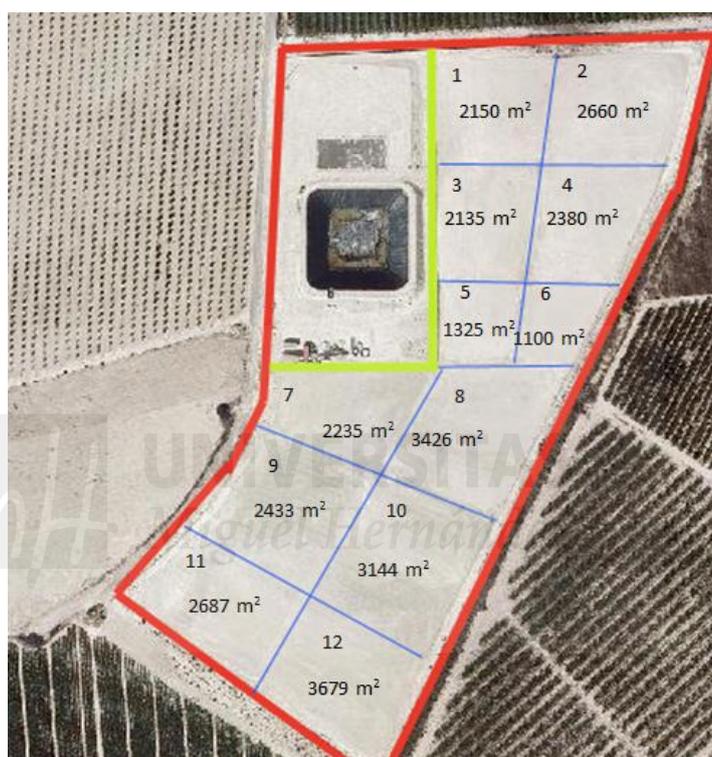


Figura 10. Detalle de la finca experimental (Fuente: Sede electrónica del Catastro, 2018).

El marco de plantación en la colección de variedades es de 5 x 3 m, mientras que en las parcelas de descendencias el marco es de 5 x 1,5 m al utilizarse alta densidad debido al elevado número de genotipos.

El sistema de riego utilizado es el riego por goteo, y se realiza un programa de fertirrigación y manejo agronómico convencional para ciruelo japonés.

3.2. Material vegetal

El material vegetal evaluado consistió en 76 genotipos de ciruela japonesa, que incluyó 73 selecciones avanzadas procedentes del programa de mejora genética del CEBAS-CSIC/IMIDA y 3 variedades de referencia ('Red Beaut', 'Black Splendor' y 'Santa Rosa'). Los árboles de las variedades de referencia fueron plantados en 2011. Por su parte, las selecciones de ciruela evaluadas proceden de diferentes cruzamientos intervarietales realizados entre los años 2010 y 2013, por lo que fueron plantados en campo entre 2011 y 2014.

Como ya comentamos de los 76 genotipos, 15 fueron los evaluados en postcosecha por resultar los más interesantes. Estos genotipos son:

- 0112-11
- 0112-14
- 0112-17
- 0112-2
- 0112-26
- 1112-137
- 1112-151
- 1112-220
- 1112-31
- 1112-56
- 1212-169
- 1214-222
- Black Splendor
- Red Beauty
- Santa Rosa

3.3. Diseño experimental

La evaluación de los diferentes caracteres pomológicos se realizó en el momento óptimo de madurez para cada uno de los genotipos analizados. La combinación de color de fondo de la piel y firmeza fue el criterio adoptado para determinar el momento idóneo de maduración de la fruta y por tanto de recolección para su análisis.

La toma de muestras se llevó a cabo manualmente en la parcela experimental, recolectando los frutos de diferentes puntos cardinales y posiciones en el árbol. Inmediatamente después de la recolección, los frutos fueron transportados en un vehículo con aire acondicionado hasta el laboratorio (60 Km. de distancia) para su evaluación en

laboratorio. En el análisis pomológico en fresco se utilizaron tres réplicas de cuatro frutos cada una, evitando los frutos sobremaduros o todavía inmaduros. Por tanto, dispondremos de tres repeticiones para cada uno de los caracteres examinados. Para la evaluación postcosecha se utilizaron otras tres réplicas de cuatro frutos cada una, que fueron sometidos a las condiciones de conservación detalladas en el apartado correspondiente.

La metodología utilizada en cada uno de los caracteres analizados se detalla a continuación.

3.4. Fecha de maduración y recolección.

La determinación de la fecha de maduración media se realizó individualmente para cada genotipo en el momento de recolección ideal de la fruta, cuando las características organolépticas y fisicoquímicas de la ciruela son las idóneas para su distribución en el mercado. El criterio adoptado para determinar la fecha de maduración de la fruta de cada uno de los genotipos examinados fue la combinación de color de fondo de la piel y firmeza (Sims y Comin, 1963; Varady-Burghetti y col., 1983; Visagie 1984, 1985). Para ello, durante los meses de Mayo y Junio se supervisó cada 2-3 días la colección de descendientes y variedades con el fin de realizar dicha determinación de la manera más precisa posible. La fecha de maduración fijada para cada una de las selecciones examinadas coincide con la toma de muestra realizada para la evaluación pomológica.

3.5. Determinación de caracteres físicos.

La caracterización del fruto en fresco ha de realizarse en el momento óptimo de madurez.

Algunos de los criterios utilizados tradicionalmente para determinar el momento idóneo de recolección son el color de fondo de la piel (Delwiche y Baumgardner, 1985, 1985; Torman, 1983), el color de la pulpa (Fuleki y Cook, 1976), la firmeza (Rood, 1957), y combinaciones de firmeza con color de fondo (Sims y Comin, 1963; Varady-Burghetti *et al.*, 1983; Visagie 1984, 1985), color de la piel, firmeza y contenido de azúcares (Torman y Van Zyl, 1982).

3.5.1. Peso de los frutos.

El peso (P) medio de los frutos expresado en gramos, se midió con una balanza digital BlueScale Serie AH-600, con una precisión de 0,01g (Foto 5). Se pesaron cada uno de los frutos de forma individual para obtener posteriormente el peso promedio.



Foto 5. Balanza digital BlueScale Serie AH-600.

3.5.2. Color de piel y pulpa.

El color junto con otros parámetros es imprescindible para determinar la calidad del fruto debido a que se encuentra íntimamente ligado a la percepción de lo atractivo por parte de los consumidores (Abbott, 1999).

Para la medición del color de piel (color de fondo) y color de pulpa de los frutos se utilizó un colorímetro Minolta Chroma Meter (CR-400, Minolta, Ramsey, NJ) (Foto 6), tomando lecturas en tres posiciones diferentes de la región ecuatorial del fruto, obteniendo seis repeticiones para cada una de las 12 ciruelas de cada genotipo.



Foto 6 y 7. Medida de color con colorímetro Minolta Chroma Meter CR-400.

El sistema utilizado fue el Espacio de Color C.I.E. $L^*a^*b^*$, también referido como CIELAB, el cual es ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana (Konica Minolta, 2014).

- La luminosidad viene definida por L^* indicando el color negro una luminosidad de 0 mientras que el blanco es 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, también representada la variación rojo-verde; cuando el parámetro es positivo representa la aportación al rojo y cuando es negativo al verde.
 - El parámetro b^* se emplea para evaluar el tono y muestra la variación amarillo-azul; cuando el parámetro es positivo contribuye al color amarillo y cuando es negativo al azul (Figura 9).

A partir de estas coordenadas podemos calcular el ángulo de color (h°) y de intensidad (C^*) (Hunter, 1942; Little, 1975), los cuales son más comprensibles para productores y consumidores (McGuire, 1992; Minolta, 1994). El ángulo de color (h°) es el parámetro que mejor refleja en el sistema espacial de coordenadas el color resultante de los valores de los ejes a^* y b^* , calculándose como $h^\circ = \arctangent(b^*/a^*)$.

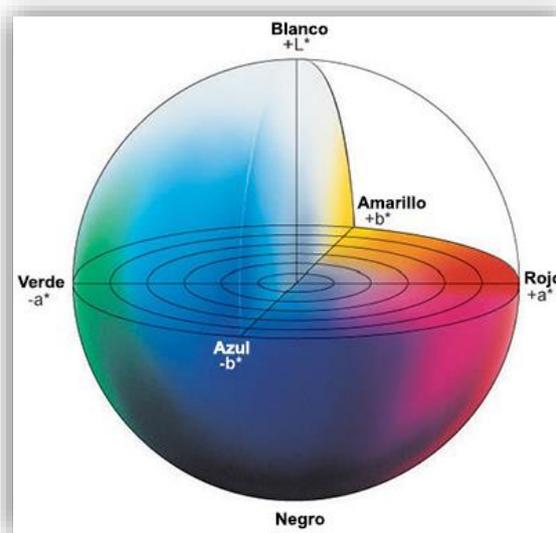


Figura 11. Diagrama C.I.E. $L^*a^*b^*$. Fuente: Konica Minolta, 2014

3.5.3. Firmeza de los frutos.

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 tiene una gran importancia en los procesos de manipulación, aptitud postcosecha y en la aceptación por parte del consumidor. El método no destructivo utilizado para evaluar la firmeza fue un test de compresión mediante una prensa hidráulica TA XT plus Texture Analyser (Foto 8), la cual mide los Newtons (N) de fuerza máxima requerida para deformar la fruta una extensión de 5 mm a una velocidad de 25 mm/min, representando dicha deformación en una gráfica gracias al programa Texture Exponent 32. La muestra utilizada para realizar esta prueba de firmeza fue de doce frutos por genotipo, obteniéndose los valores medios de cada genotipo.

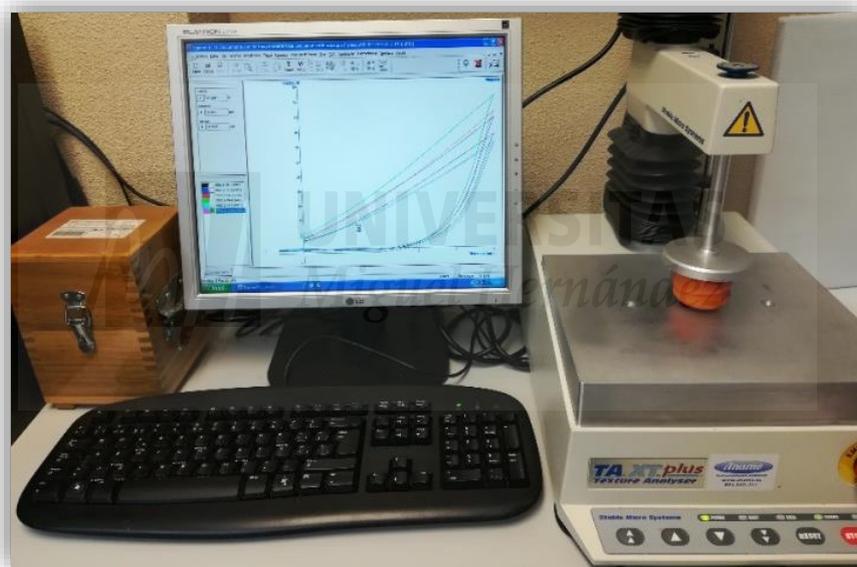


Foto 12. Prensa hidráulica TA XT plus Texture Analyser junto al programa Texture exponent 32.

La colocación del fruto en la prensa puede influir en la fuerza que ésta ejerza, por lo que todos los frutos se colocaron de igual manera, con la sutura hacia adelante y la zona del pedúnculo hacia la derecha (Foto 9)



Foto 9. Posición del fruto en la prensa hidráulica

3.6. Determinación de caracteres bioquímicos.

3.6.1. Contenido en azúcares.

El contenido total de azúcares fue determinado mediante la medida del índice refractométrico del zumo de ciruela, que indica el contenido total sólidos solubles. El zumo azucarado desvía la luz por refracción, propiedad que aprovechamos para medir los sólidos solubles de dicho zumo, ya que el 80% de la materia seca está constituida por azúcares. El aparato de valoración fue un refractómetro digital Atago gama PAL-1 (Foto 10), con un amplio rango de medición (0,0 a 53,0% Brix) y una exactitud de medición de Brix $\pm 0,2$ %. Dicho refractómetro indica su valor en grados Brix los cuales representan el porcentaje de concentración de todos los sólidos solubles contenidos en la muestra a 20°C.

Para la valoración se licuó el fruto, para posteriormente verter unas gotas del zumo obtenido sobre la lente del refractómetro, el cual, nos proporciona de forma automática la medida. De cada genotipo evaluado se obtuvieron tres valores, uno por réplica, cuya media nos da el valor del contenido de azúcares correspondiente a la fruta de cada genotipo.



Foto 10. Refractómetro digital Atago gama PAL-1.

3.6.2. Acidez y pH.

El pH de las muestras de zumo es un valor íntimamente ligado al grado de acidez, por lo que su medición nos proporciona un valor orientativo del mismo. La valoración del pH se realiza directamente en las muestras de zumo obtenidas de cada una de las tres réplicas de cuatro frutos por genotipo, mediante un pHmetro digital.

La acidez se determinó mediante una valoración ácido-base, con un sistema de valoración automático, utilizando 2 g de la muestra previamente triturada, diluido en 30 mL de agua destilada. Previamente a cada medida se procedió a la calibración del aparato con dos tampones de pH 4 y 7 para una correcta lectura. Para medir la acidez se utilizó un valorador Mettler, modelo Titrino plus 848, junto con un agitador modelo 869 Compact Sample Changer (Foto 11), neutralizando la acidez con NaOH 0,1N hasta alcanzar pH 8,1. La acidez se expresó en gramos de ácido málico/100 ml de zumo.



Foto 11. Valorador Metromh, modelo Titrino plus 848, junto con un agitador modelo 869 Compact Sample Changer

3.7. Evaluación de la aptitud postcosecha

El estudio de la aptitud postcosecha de los genotipos evaluados se realizó tras un periodo de almacenamiento de 28 días en cámara frigorífica a 1°C y 90% de humedad relativa (HR). Posteriormente, se realizó una evaluación de la calidad del fruto, analizando todos aquellos caracteres que fueron evaluados en fresco. Ello permitió hacer una comparación de la calidad del fruto en fresco y después del periodo de conservación, que nos muestra la aptitud postcosecha de los genotipos evaluados, en aspectos tales como pérdida de peso total, cambios en la textura de los frutos, pérdida de calidad organoléptica o existencia de daños y lesiones, estos últimos valorados visualmente.

3.8. Análisis estadístico.

Se ha realizado un análisis estadístico descriptivo para la evaluación y análisis de los resultados obtenidos en este trabajo. Se ha calculado el valor medio y la desviación

estándar para cada genotipo en todos los caracteres evaluados en fresco y después del periodo de conservación. Para la comparación de la calidad en fresco y después de la conservación se han realizado gráficos de barras para cada carácter mostrando los resultados obtenidos para cada genotipo.

A fin de evaluar la aptitud postcosecha de las selecciones y variedades evaluadas en este trabajo, y considerando que el valor de firmeza es el más representativo de dicha aptitud, se realizó un análisis estadístico más en profundidad para este atributo. El análisis estadístico de los datos obtenidos relativos a la firmeza medida en Newtons (N) se realizó con el programa R versión 3.4.4 (R Core Team, 2014). Se analizó la existencia de diferencias significativas entre los valores de firmeza obtenidos dentro de cada genotipo en fresco y post-cosecha mediante el test no paramétrico Kruskal-Wallis, cuya hipótesis nula estima la igualdad de medianas. Si el p valor es inferior a 0,05 rechazamos la hipótesis nula de igualdad de medianas, por lo que existen diferencias estadísticamente significativas entre fresco y postcosecha.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Fecha de maduración y recolección.

La fecha de maduración de las diferentes selecciones y variedades examinadas va a determinar su momento de recolección y comercialización, por lo que es fundamental la caracterización precisa de este parámetro para evaluar sus posibilidades de cultivo y de mercado.

La fecha de maduración de las selecciones y variedades evaluadas en este trabajo se muestra en la Tabla 3. Dependiendo de su fecha de maduración, los genotipos y variedades se pueden clasificar en tres grupos: extra tempranas (del 5 al 20 de mayo), tempranas (del 20 de mayo al 10 de junio y media temporada (del 10 al 25 de junio).

De los genotipos estudiados destacamos dos genotipos excepcionalmente tempranos el '1112-108' y '1112-231', con una fecha de maduración entre el 5 y el 10 de mayo. Como podemos observar en la Tabla 3 la mayoría de los genotipos tienen fecha comprendida entre el 15 de mayo y el 15 de junio, que son las fechas que vamos buscando en el programa de mejora. Tal y como indican los estudios, (Ruiz y col, 2011) la variedad 'Red Beauty' es la referencia de genotipo de más temprana maduración en torno al 30 de

1112-256						
1212-295						
1112-59						
0614-3						
1112-51						
1212-297						
0112-2						
1112-102						
0413-2						
0912-61						
0112-11						
Red Beauty						
1112-100						
1112-127						
1112-129						
1112-92						
1212-159						
1112-326						
0213-15						
1112-151						
0114-28						
0114-20						
0413-1						
0413-4						
0912-60						
1112-132						
1112-293						
1012-59						
0112-14						
0114-6						
0314-32						
0313-26						
0413-5						
1313-26						
0912-117						
Black						
1212-169						
0214-119						
1214-222						
Santa Rosa						

4.2. Evaluación de caracteres físicos.

4.2.1. Peso de los frutos

El tamaño del fruto es un atributo de gran importancia tanto para el consumidor, dada su influencia en la apariencia y atractividad de la fruta, como para el agricultor al estar ligado a la productividad y rentabilidad del cultivo.

La Tabla 4 resume los valores de todos los cultivares evaluados respecto al peso del fruto, lo que nos sirve para ver las diferencias existentes entre los diferentes genotipos y variedades.

Los resultados relativos al peso muestran una gran variabilidad entre los genotipos examinados, desde un valor máximo de 139,68 gramos ‘0912-117’ hasta un mínimo de 34.71 gramos ‘0111-23’. Por lo general, la mayoría de los genotipos se caracterizan por producir fruta de un tamaño considerable, predominando los frutos grandes. Un peso de fruto comprendido entre 60 y 75 gramos se corresponde con un tamaño de fruta mediano, que representa casi 37% de los cultivares.

En el grupo de genotipos de peso superior a ‘Black Splendor’ se engloban aquellos frutos de categoría muy grande como son ‘0313-26’, ‘0912-61’ o ‘1112-326’.

Frutos superiores a 70 gramos como es la variedad ‘Santa Rosa’ están considerados frutos de gran tamaño como son ‘1112-243’, ‘0114-6’ o ‘1012-59’. Entre 70 y 60 gramos encontramos frutos medianos, mientras que frutos por debajo de los 60 gramos de referencia de ‘Red Beauty’ se pueden considerar de tamaño pequeño como son ‘1112-6’ o el genotipo ‘0214-261’.

Tabla 4. Peso medio de frutos

Genotipo	Peso medio	Genotipo	Peso medio
0912-117	139,68 (8,85)	0213-15	67,65 (6,31)
1112-102	103,08 (8,69)	1112-137	67,54 (6,46)
0912-60	102,08 (5,86)	0614-3	67,14 (12,95)
0112-11	101,01 (9,69)	1112-256	66,01 (9,64)
1112-326	100,58 (10,81)	1112-253	65,17 (7,18)
0912-61	93,23 (11,34)	0413-2	65,02 (6,16)
0313-26	93,12 (14,89)	0112-2	64,76 (12,01)
BLACK SPLENDOR	91,46 (10,40)	1112-231	64,10 (9,82)
1212-159	91,41 (8,33)	0112-26	63,94 (10,33)
1212-169	90,66 (6,17)	1112-267	63,23 (7,03)
1112-373	90,25 (11,36)	1112-56	63,02 (8,63)
0112-14	90,14 (12,30)	1112-193	62,73 (7,88)
1112-92	85,46 (6,65)	1112-59	61,15 (6,87)
0114-20	85,31 (6,68)	1112-166	60,74 (6,06)
0314-32	83,34 (7,25)	RED BEAUTY	60,56 (4,88)
1313-26	82,18 (8,81)	1112-24	60,22 (7,22)
1012-59	81,34 (6,69)	1112-31	58,33 (4,80)
1112-100	80,11 (8,34)	1112-360	58,16 (9,66)
0114-28	79,44 (7,56)	1112-220	57,97 (6,36)
1112-119	79,11 (11,07)	1112-197	57,72 (9,62)
0214-119	79,03 (10,59)	1212-297	57,17 (8,01)
1112-174	79,03 (7,71)	0112-17	57,02 (8,74)
1112-151	77,76 (3,43)	1212-295	56,57 (5,36)
1112-127	77,75 (8,69)	1112-308	56,05 (7,42)
1112-132	77,49 (4,12)	1112-191	55,66 (7,45)
0114-6	76,90 (8,46)	0912-56	55,12 (8,78)
1112-293	75,86 (7,32)	1112-22	55,03 (11,13)
1112-51	75,56 (9,61)	1112-42	54,10 (5,60)
0413-4	73,61 (5,06)	1112-78	49,72 (6,45)
1112-243	72,39 (5,76)	0112-20	48,92 (4,18)
SANTA ROSA	71,67 (9,89)	1112-202	48,28 (5,64)
0413-5	71,67 (6,57)	1112-333	46,37 (5,99)
1112-107	71,25 (9,76)	1112-6	43,91 (6,10)
0413-1	69,12 (7,19)	0214-261	43,62 (6,41)
1214-222	68,97 (5,34)	1112-108	42,38 (4,13)
0112-198	68,89 (7,88)	0511-4	41,93 (3,64)
1112-129	68,51 (5,27)	0912-93	41,58 (3,82)
1112-136	67,99 (5,42)	0111-23	34,70 (2,48)

^a Desviación estándar en paréntesis.

4.2.2. Color de piel y pulpa

El color de fondo de la piel y el color de la pulpa de los frutos están íntimamente ligados a la apariencia y atractividad de la fruta, por lo que estos caracteres influyen notablemente en la decisión de compra por parte del consumidor.

Como se ha comentado anteriormente la caracterización del color se ha realizado utilizando el sistema de Espacio de Color CIELAB, donde L^* , a^* , b^* pertenecen a las coordenadas, h° al ángulo de color y C^* la intensidad, a fin de obtener una valoración objetiva de este carácter. No obstante, tal como corroboran algunos autores (McGuire, 1992; Minolta, 1994), el ángulo de color (h°) es el parámetro más adecuado para describir la coloración del fruto y establecer las diferencias existentes entre los genotipos y variedades evaluados.

La Tabla 5 y Tabla 6 muestran los datos correspondientes al color de fondo de piel y el color de pulpa, respectivamente, donde los genotipos y variedades evaluados aparecen caracterizados por los valores L^* , a^* , b^* , h° y C^* , atribuyendo colores más claros a valores de h° próximos a 90, mientras que una disminución del ángulo h° refleja gradualmente una mayor coloración: amarillo, naranja claro, naranja, rojo, granate, violáceo.

En cuanto a los valores del color de fondo de la piel, relativos a la Tabla 5, aquellos genotipos con ángulo de color (h°) superior a 90 se caracterizan por presentar una piel color amarillo ligera o verdosa incluso algo blanquecina, siendo el genotipo '0111-23' ($h^\circ = 103.89$) el que posee la coloración más blanca entre todos los examinados, debiéndose esto a que es el único genotipo con las características más similares a la variedad 'Golden Japan'. Valores con un ángulo inferior a 50°, los cuales son la mayoría, se caracterizan por tener el color de fondo de la piel de tono rojizo, siendo gradualmente más intenso según disminuye el valor de h° . Tomando como referencia la variedad 'Red Beauty' y 'Santa Rosa' ($h^\circ = 17,24$ y $15,43$ respectivamente)) con una coloración roja, los descendientes por debajo de está son los que presentan colores más intensos pasando del rojo al púrpura o violáceo. La variedad de referencia 'Black Splendor' se caracteriza por poseer una piel de coloración negra ($h^\circ = 8,44$), si bien los genotipos '0313-26' y '1212-169' son los que presentan un color más intenso, con valores cercanos a $h^\circ=5$, con una coloración de piel negra.

La Tabla 6 resume los datos obtenidos en la medición del color de la pulpa del fruto. Los resultados revelan la existencia de diversas coloraciones de pulpa en los genotipos analizados, observándose dos grupos de genotipos. Por una parte, los resultados revelan un amplio grupo de genotipos con un descenso gradual del ángulo de color h° desde un máximo de 98,34°, que se corresponde con un color blanco-amarillento ('1112-

102'), hasta valores próximos a $h^{\circ} = 78^{\circ}$, los cuales son indicativo de una coloración de pulpa naranja-rojiza, como es el caso de la variedad 'Santa Rosa' ($h^{\circ} = 77,93$) y genotipos como '1112-137' o el '1212-169'. Por otra parte, encontramos otro grupo de genotipos con coloraciones de pulpa rojas, con valores de h° inferiores a 38. Al igual que en el caso de la coloración de la piel, la variedad 'Black Splendor' es la que presenta el h° más bajo de las 3 variedades de referencia siendo los cultivares por debajo de $h^{\circ} = 20$. Asimismo, encontramos genotipos de pulpa roja muy intensa, como son este último caso los genotipos '1214-222', '0413-2' y '0413-5'.

Tabla 5. Color de fondo de la piel (sistema de coordenadas L*, a*, b*)

Genotipo	Color de Fondo					h°
	L*	a*	b*	C*		
0111-23	56,48 (2,04)	-8,70 (0,78)	35,17 (1,52)	36,26 (1,48)	103,89 (1,41)	
0912-61	37,20 (4,98)	14,66 (3,35)	12,53 (4,05)	20,10 (2,16)	40,18 (13,90)	
1112-51	37,07 (6,46)	18,12 (5,82)	13,64 (6,01)	24,56 (3,17)	36,25 (18,77)	
0114-28	35,63 (2,42)	14,37 (1,57)	10,41 (1,88)	18,03 (1,93)	35,79 (5,10)	
1112-119	37,48 (3,53)	20,66 (3,60)	12,41 (4,00)	24,67 (3,16)	30,61 (10,44)	
1112-243	34,89 (4,03)	18,12 (3,43)	10,78 (4,00)	21,45 (4,81)	29,10 (7,43)	
1112-127	32,03 (4,69)	18,39 (2,57)	10,69 (4,65)	22,17 (4,31)	28,45 (9,91)	
1112-59	35,74 (2,68)	20,88 (1,72)	11,27 (2,79)	23,94 (2,66)	27,48 (4,68)	
1112-100	32,07 (2,70)	21,37 (2,62)	11,33 (2,61)	24,34 (3,06)	27,47 (5,04)	
1112-174	36,56 (4,21)	20,46 (4,14)	11,27 (3,93)	23,66 (5,259)	27,36 (6,80)	
1112-78	39,66 (3,02)	22,04 (3,19)	11,21 (2,18)	25,10 (2,65)	27,18 (6,22)	
1112-231	33,81 (1,45)	19,41 (1,37)	9,50 (1,19)	21,67 (1,67)	25,79 (1,90)	
0511-4	37,35 (3,64)	24,86 (2,41)	12,09 (3,09)	27,86 (3,17)	25,56 (5,34)	
1112-360	32,03 (4,40)	14,69 (4,21)	7,56 (4,23)	16,69 (5,62)	24,67 (7,60)	
0112-198	32,25 (2,16)	18,25 (2,40)	8,66 (2,13)	20,29 (3,04)	24,61 (3,13)	
(1112-326)	31,01 (3,16)	19,52 (1,95)	9,15 (2,69)	21,69 (2,67)	24,45 (5,44)	
1112-92	30,73 (2,88)	22,56 (4,00)	10,38 (2,75)	24,99 (4,52)	24,37 (4,45)	
1112-308	35,36 (4,05)	19,21 (2,49)	9,04 (3,33)	21,43 (3,49)	24,35 (6,41)	
1112-293	32,22 (2,72)	23,87 (2,29)	10,64 (3,30)	26,31 (3,23)	23,54 (5,50)	
1112-373	28,91 (4,34)	22,72 (3,72)	9,97 (3,79)	24,96 (4,67)	22,71 (6,09)	
1112-166	31,07 (2,70)	17,91 (1,86)	7,94 (2,71)	19,80 (2,79)	22,41 (4,92)	
0912-56	33,68 (3,66)	18,17 (4,87)	7,88 (3,00)	20,06 (5,49)	21,98 (5,51)	
1212-297	29,24 (2,32)	19,65 (2,71)	8,14 (3,10)	21,38 (3,84)	21,66 (3,92)	
1313-26	38,11 (2,15)	15,49 (1,18)	5,98 (1,54)	16,75 (1,40)	20,86 (4,44)	
1112-108	31,84 (2,45)	17,46 (2,97)	6,62 (2,28)	18,72 (3,58)	20,06 (3,37)	
0213-15	29,05 (3,17)	16,20 (3,71)	6,28 (2,98)	17,48 (4,53)	19,89 (4,71)	
1112-56	26,65 (1,90)	16,17 (4,45)	6,30 (2,99)	17,45 (5,17)	19,76 (5,16)	
1112-333	34,92 (4,97)	17,35 (2,85)	6,77 (4,32)	19,02 (3,94)	19,72 (10,26)	
1112-253	28,20 (2,24)	15,17 (1,90)	5,42 (1,83)	16,24 (2,25)	19,23 (4,97)	
1212-295	31,22 (3,54)	16,09 (4,54)	5,97 (3,49)	17,28 (5,48)	18,53 (6,30)	
0112-20	28,17 (2,65)	20,15 (4,37)	7,17 (3,08)	21,46 (5,13)	18,38 (4,34)	
0912-93	28,44 (1,71)	15,23 (2,36)	4,88 (1,29)	16,01 (2,64)	17,28 (1,80)	
RED	27,93 (1,88)	17,36 (3,23)	5,62 (1,87)	18,31 (3,62)	17,24 (3,03)	
BEAUTY						
1112-129	26,84 (2,05)	11,04 (2,84)	3,69 (2,31)	11,76 (3,48)	16,71 (5,16)	
1112-22	26,12 (1,77)	15,97 (4,93)	5,02 (2,32)	16,76 (5,40)	16,69 (2,60)	
1112-151	27,40 (0,90)	11,04 (1,41)	3,38 (0,93)	11,57 (1,60)	16,55 (2,53)	
0112-17	31,07 (3,14)	14,70 (3,50)	4,82 (2,64)	15,58 (4,17)	16,43 (4,85)	
1112-107	25,37 (1,75)	16,63 (4,80)	5,34 (3,15)	17,54 (5,56)	16,32 (4,65)	
1112-24	29,71 (2,58)	15,13 (3,75)	4,62 (2,16)	15,86 (4,20)	15,82 (4,05)	
0112-11	27,40 (2,67)	17,52 (3,14)	5,28 (2,35)	18,38 (3,71)	15,73 (3,74)	
1112-256	27,56 (1,24)	11,80 (2,00)	3,52 (1,22)	12,35 (2,24)	15,66 (3,17)	
1112-220	23,54 (1,549)	13,83 (2,96)	4,04 (1,40)	14,43 (3,23)	15,59 (2,20)	
1214-222	32,44 (1,86)	17,10 (1,17)	4,94 (1,73)	17,90 (1,58)	15,48 (4,39)	
SANTA ROSA	27,71 (2,07)	18,68 (4,10)	5,60 (2,25)	19,59 (4,54)	15,43 (3,49)	
1112-31	26,08 (1,64)	13,63 (3,30)	3,96 (1,70)	14,22 (3,62)	15,39 (3,17)	
1112-6	27,49 (1,92)	16,69 (2,12)	4,69 (1,31)	17,36 (2,35)	15,30 (2,64)	
1112-197	27,72 (1,22)	13,57 (2,84)	3,97 (1,62)	14,18 (3,16)	15,25 (3,44)	
0912-117	26,54 (1,41)	8,21 (0,88)	2,18 (0,44)	8,53 (0,91)	14,28 (2,32)	

0214-261	28,53 (1,72)	15,16 (3,91)	4,10 (1,76)	15,74 (4,24)	14,23 (2,67)
0112-26	29,16 (1,25)	15,94 (2,48)	4,22 (1,09)	16,52 (2,64)	14,15 (2,37)
0413-4	27,60 (1,29)	18,85 (1,58)	4,83 (1,47)	19,51 (1,83)	13,97 (3,48)
0614-3	26,04 (1,59)	13,32 (2,74)	3,44 (1,56)	13,79 (3,05)	13,70 (3,07)
1112-42	25,80 (1,13)	12,54 (3,98)	3,31 (1,94)	13,01 (4,34)	13,45 (3,64)
1112-267	25,91 (1,03)	14,30 (2,00)	3,64 (1,00)	14,79 (2,17)	13,05 (2,12)
1112-202	27,68 (2,31)	10,29 (4,62)	2,89 (2,22)	10,74 (5,05)	12,80 (5,24)
1112-191	30,21 (3,66)	17,19 (5,42)	4,54 (3,79)	17,90 (6,30)	12,70 (6,07)
1112-102	24,39 (1,57)	11,02 (2,64)	2,72 (1,42)	11,41 (2,89)	11,97 (3,69)
0214-119	27,39 (1,95)	10,60 (1,54)	2,70 (2,31)	11,15 (2,22)	11,89 (7,88)
0413-2	26,16 (0,34)	14,21 (2,20)	2,94 (0,80)	14,52 (2,30)	11,53 (1,51)
1112-132	24,07 (0,81)	5,40 (0,83)	1,10 (0,48)	5,53 (0,89)	11,02 (3,59)
0112-2	25,46 (2,55)	13,71 (5,22)	2,92 (2,32)	14,09 (5,619)	10,57 (4,01)
1112-193	27,41 (1,52)	9,14 (2,61)	1,80 (0,96)	9,34 (2,75)	10,34 (2,25)
1112-136	30,94 (1,88)	14,70 (3,13)	2,87 (1,52)	15,04 (3,36)	10,02 (3,52)
0912-60	24,39 (0,93)	8,95 (3,05)	1,69 (1,14)	9,15 (3,15)	9,97 (4,75)
0114-20	24,84 (0,92)	9,10 (2,26)	1,70 (0,68)	9,28 (2,34)	9,70 (1,71)
0112-14	24,07 (1,42)	8,89 (2,30)	1,69 (0,93)	9,08 (2,40)	9,62 (3,63)
1012-59	25,01 (1,45)	6,08 (1,98)	1,04 (0,52)	6,18 (2,03)	9,34 (2,02)
1112-137	23,01 (1,05)	10,52 (1,72)	1,76 (0,69)	10,69 (1,82)	9,09 (2,34)
0413-1	24,82 (1,54)	8,75 (3,03)	1,57 (1,15)	8,92 (3,18)	8,78 (4,25)
0114-6	25,99 (0,70)	9,11 (2,67)	1,52 (0,92)	9,26 (2,79)	8,46 (2,89)
BLACK	24,49 (1,34)	8,88 (2,83)	1,57 (1,36)	9,05 (3,03)	8,44 (4,82)
SPLENDOR					
0413-5	26,42 (1,15)	8,13 (2,32)	1,34 (0,85)	8,26 (2,41)	8,10 (4,17)
0314-32	24,80 (1,13)	8,96 (3,22)	1,21 (1,00)	9,07 (3,33)	6,42 (3,13)
1212-169	23,75 (1,34)	7,47 (1,54)	0,85 (0,50)	7,52 (1,58)	6,11 (2,44)
1212-159	24,73 (0,92)	6,62 (1,66)	0,74 (0,49)	6,67 (1,70)	6,02 (2,84)
0313-26	26,44 (2,09)	9,60 (2,84)	0,97 (0,64)	9,67 (2,86)	5,44 (3,43)

^a Desviación estándar en paréntesis.

^b h°: Valor del color (Hue) = arc tg (b*/a*).

^c C*: Intensidad de color (Cromo) = (a*²+b*²)^{1/2}.

Tabla 6. Color de pulpa (sistema de coordenadas L*, a*, b*)

Genotipo	Color de Pulpa				
	L*	a*	b*	C*	h°
1112-102	56,52 (2,51)	-3,60 (0,72)	24,76 (1,27)	25,04 (1,22)	98,34 (1,83)
0314-32	49,70 (3,24)	-2,30 (0,74)	18,22 (2,09)	18,38 (2,13)	97,18 (1,85)
1112-253	53,92 (2,20)	-2,08 (0,47)	22,31 (2,78)	22,42 (2,77)	95,53 (1,33)
1112-231	49,97 (3,79)	-2,08 (0,90)	21,33 (2,85)	21,45 (2,88)	95,49 (2,16)
0912-117	52,28 (1,97)	-2,50 (0,67)	27,78 (1,81)	27,94 (1,79)	95,42 (1,42)
1112-373	54,97 (2,08)	-1,94 (0,41)	21,90 (1,88)	21,99 (1,87)	95,19 (1,19)
1112-51	49,74 (4,28)	-1,83 (0,45)	22,06 (3,91)	22,15 (3,89)	95,14 (1,63)
1112-119	53,90 (2,34)	-2,10 (0,83)	25,48 (2,26)	25,59 (2,27)	94,93 (1,79)
1112-108	55,06 (1,86)	-2,09 (0,75)	27,16 (3,42)	27,26 (3,42)	94,61 (1,55)
1112-78	49,63 (3,07)	-1,21 (1,01)	19,89 (2,44)	19,99 (2,43)	94,26 (2,42)
1112-243	53,32 (3,29)	-1,71 (1,11)	30,89 (2,26)	30,99 (2,28)	93,70 (1,65)
1112-326	54,38 (3,02)	-0,88 (1,26)	18,51 (3,39)	18,60 (3,38)	93,52 (3,96)
1112-6	49,14 (2,84)	-1,17 (1,53)	25,85 (2,53)	26,00 (2,53)	93,46 (2,97)
1112-100	52,92 (2,81)	-1,33 (1,03)	23,53 (2,94)	23,61 (2,95)	93,38 (2,51)
0111-23	45,60 (2,11)	-1,48 (1,16)	28,11 (2,08)	28,22 (2,09)	93,28 (2,45)
1112-24	53,31 (2,05)	-1,45 (0,61)	28,08 (2,46)	28,13 (2,449)	93,18 (1,43)
1112-56	50,15 (3,58)	-1,11 (0,42)	22,06 (2,86)	22,10 (2,86)	93,01 (1,29)
1112-256	54,36 (1,09)	-1,68 (0,68)	33,69 (2,75)	33,75 (2,73)	92,94 (1,23)
1212-297	51,81 (3,23)	-1,19 (0,65)	26,87 (3,14)	26,92 (3,13)	92,92 (1,44)
1112-59	56,11 (3,42)	-1,28 (1,16)	28,61 (2,32)	28,68 (2,30)	92,76 (2,30)
0912-60	59,52 (0,89)	-0,91 (0,75)	30,73 (2,59)	30,77 (2,57)	91,88 (1,52)
1112-220	54,81 (2,29)	-0,62 (0,90)	24,50 (3,17)	24,53 (3,16)	91,70 (2,10)
1212-295	49,35 (3,52)	-0,46 (1,09)	28,96 (3,45)	29,00 (3,46)	91,52 (2,02)
1112-174	54,01 (3,29)	-0,55 (2,82)	28,09 (2,43)	28,27 (2,43)	91,34 (5,73)
1112-197	50,36 (3,17)	-0,43 (1,89)	25,52 (2,65)	25,66 (2,61)	91,13 (4,11)
1112-92	53,17 (4,31)	-0,38 (0,96)	25,08 (2,25)	25,12 (2,25)	90,98 (2,21)
1112-193	54,06 (4,06)	-0,24 (2,51)	28,76 (2,63)	28,98 (2,59)	90,69 (5,08)
0112-20	55,63 (1,96)	-0,29 (1,27)	35,54 (2,18)	35,60 (2,18)	90,62 (1,92)
1112-267	52,51 (1,87)	-0,14 (1,18)	25,40 (2,06)	25,49 (2,15)	90,47 (2,64)
1112-360	53,81 (3,74)	0,09 (1,32)	35,89 (5,39)	35,96 (5,38)	90,28 (2,00)
1112-293	57,98 (3,17)	0,21 (0,88)	27,05 (3,35)	27,10 (3,37)	90,27 (1,83)
1112-107	54,09 (1,29)	-0,05 (0,86)	28,15 (2,06)	28,17 (2,07)	90,22 (1,59)
0313-26	62,12 (2,71)	0,05 (1,43)	27,51 (1,63)	27,58 (1,63)	90,05 (2,84)
0614-3	50,25 (3,12)	0,15 (0,96)	15,57 (2,27)	15,61 (2,28)	89,86 (2,99)

0912-93	48,59	(2,60)	0,63	(0,92)	31,40	(2,92)	31,50	(2,94)	89,49	(1,80)
1112-333	51,21	(3,00)	0,77	(1,44)	28,40	(2,32)	28,53	(2,26)	89,31	(2,75)
1112-202	47,85	(3,07)	0,68	(1,33)	29,22	(3,11)	29,31	(3,11)	89,18	(2,61)
1112-166	51,45	(1,07)	0,60	(1,36)	30,95	(2,20)	31,03	(2,23)	89,17	(2,39)
1112-42	50,71	(2,53)	1,15	(0,98)	31,71	(3,60)	31,80	(3,56)	88,78	(1,66)
0214-261	52,96	(2,57)	0,90	(1,09)	31,49	(2,65)	31,55	(2,67)	88,66	(1,80)
1112-308	49,66	(3,22)	1,21	(1,13)	33,77	(3,45)	33,91	(3,44)	88,59	(1,81)
1112-136	53,00	(2,51)	0,93	(1,10)	26,08	(2,30)	26,15	(2,33)	88,25	(2,30)
1212-159	45,64	(3,88)	1,15	(1,21)	29,35	(3,18)	29,43	(3,20)	88,04	(2,22)
1112-127	53,29	(5,09)	1,20	(0,91)	27,58	(3,75)	27,65	(3,77)	87,89	(1,52)
1112-31	47,10	(2,97)	1,40	(1,27)	26,57	(3,46)	26,65	(3,50)	87,21	(2,45)
0112-198	51,57	(1,84)	2,11	(2,23)	31,46	(3,04)	31,66	(3,16)	87,17	(3,54)
1112-151	49,60	(2,54)	1,83	(0,78)	30,38	(2,73)	30,46	(2,75)	86,90	(1,16)
1112-132	55,68	(2,39)	1,65	(0,69)	28,19	(1,58)	28,26	(1,61)	86,83	(1,29)
0511-4	46,25	(3,00)	2,07	(2,03)	27,98	(3,08)	28,18	(3,17)	86,32	(3,67)
0114-6	50,74	(2,04)	3,08	(1,39)	35,46	(3,32)	35,62	(3,39)	85,21	(1,89)
RED BEAUTY	50,62	(3,11)	2,90	(1,12)	31,08	(3,16)	31,29	(3,18)	84,75	(1,86)
1012-59	49,00	(5,69)	1,82	(4,79)	24,73	(3,66)	25,50	(3,73)	84,65	(10,32)
1112-22	46,93	(2,52)	3,53	(1,75)	32,44	(2,85)	32,69	(2,92)	84,51	(3,18)
1112-129	49,01	(2,12)	3,24	(0,75)	29,66	(1,93)	29,87	(1,98)	83,96	(1,13)
0214-119	50,39	(1,66)	3,78	(1,21)	28,80	(1,76)	29,09	(1,82)	82,69	(2,16)
1112-191	54,83	(2,66)	3,92	(1,41)	28,77	(3,45)	29,09	(3,49)	82,45	(2,65)
1212-169	56,35	(1,60)	5,06	(0,61)	34,16	(2,11)	34,56	(2,11)	81,65	(0,99)
1112-137	52,81	(1,44)	5,38	(1,11)	35,26	(2,11)	35,71	(2,09)	81,31	(1,83)
SANTA ROSA	47,70	(5,08)	5,86	(2,86)	28,33	(5,09)	29,26	(4,53)	77,93	(7,73)
0413-1	41,42	(6,59)	27,54	(4,17)	21,58	(4,32)	35,32	(4,63)	38,12	(6,73)
0213-15	35,06	(4,65)	23,44	(2,98)	14,90	(2,79)	28,01	(3,44)	32,31	(5,00)
0112-17	40,54	(3,45)	28,26	(3,05)	17,80	(3,30)	33,58	(4,21)	31,01	(2,88)
0912-56	39,47	(5,41)	30,38	(3,70)	18,87	(4,44)	35,91	(4,97)	31,00	(5,19)
0112-26	39,60	(2,45)	31,15	(2,62)	17,96	(2,19)	36,02	(3,08)	29,53	(2,46)
0112-11	30,62	(2,50)	34,91	(1,91)	18,86	(2,42)	39,72	(2,71)	28,16	(2,12)
0912-61	28,73	(3,29)	30,04	(3,13)	14,04	(2,75)	33,19	(3,93)	24,79	(2,49)
0112-2	26,67	(2,98)	27,77	(3,99)	12,74	(3,94)	30,65	(5,27)	23,81	(3,55)
0413-4	28,26	(2,80)	29,69	(4,20)	13,38	(3,40)	32,61	(5,19)	23,67	(2,72)
0114-20	26,57	(2,75)	29,94	(4,01)	12,60	(3,40)	32,57	(4,96)	22,04	(3,41)
1313-26	23,89	(1,89)	24,95	(3,48)	10,31	(2,47)	27,03	(4,14)	21,97	(2,11)
0112-14	24,06	(2,25)	26,56	(5,04)	11,32	(3,72)	28,94	(6,10)	21,92	(2,83)
0114-28	24,52	(1,91)	23,29	(2,90)	9,45	(1,87)	25,16	(3,38)	21,67	(1,63)
BLACK SPLENDOR	26,14	(1,67)	28,07	(2,84)	10,97	(1,92)	30,16	(3,34)	20,92	(1,57)
1214-222	22,51	(1,64)	19,09	(3,32)	7,16	(1,95)	20,41	(3,80)	19,95	(1,90)
0413-2	23,81	(2,58)	19,12	(4,68)	6,78	(3,26)	20,35	(5,58)	18,38	(2,91)
0413-5	23,45	(1,99)	22,06	(3,03)	6,85	(1,94)	23,12	(3,45)	16,80	(2,57)

^a Desviación estándar en paréntesis.

^b h°: Valor del color (Hue) = arc tg (b*/a*).

^c C*: Intensidad de color (Cromo) = (a*²+b*²)^{1/2}.

4.2.3. Firmeza de los frutos

Como anteriormente se ha comentado la firmeza del fruto es un indicador del estado de madurez del fruto, de su momento óptimo de recolección e importante en los procesos de manipulación. Pero, además, influye notablemente en la aceptación del producto por parte del consumidor, siendo rechazados los frutos excesivamente blandos, así como los que sobrepasan ciertos niveles de dureza. Asimismo, se hace necesario unos valores mínimos de este parámetro en lo relativo a los procesos de manipulación, distribución y aptitud industrial de la ciruela.

La Tabla 7 muestra los valores medios obtenidos para todos los cultivares evaluados estando en un rango con valor mínimo de 18,57 N y un máximo de 54,12 N, lo que supondría que hay genotipos con exceso de blandeado y dureza.

La mayoría de las variedades y genotipos tienen valores comprendidos entre 20 y 50 N, observándose algunos casos ('1212-169' y '0112-11') con una firmeza superior a 50 N que podría considerarse excesiva para el consumidor y otros ('0614-3' y '1112-193') que podrían ser considerados como demasiado blandos.

Tabla 7. Firmeza del fruto

Genotipo	Firmeza(Newton)	Genotipo	Firmeza(Newton)
1212-169	54,12 (8,04)	0112-14	31,04 (10,24)
0112-11	50,80 (6,99)	0313-26	30,53 (5,59)
BLACKSPLENDOR	49,53 (7,64)	1112-166	29,70 (3,95)
1112-256	47,05 (11,02)	1313-26	29,67 (3,15)
SANTA ROSA	45,54 (10,18)	1112-129	29,34 (5,31)
0413-1	42,44 (16,42)	1112-136	28,91 (4,28)
1112-174	42,13 (12,95)	0213-15	28,77 (5,74)
0912-56	39,70 (12,48)	1112-42	28,73 (8,29)
1112-132	39,50 (4,46)	1112-151	28,38 (3,88)
1112-59	39,37 (5,75)	0912-93	28,16 (5,03)
0214-119	39,23 (11,36)	1112-253	27,99 (3,07)
0114-20	38,10 (14,10)	1112-6	27,98 (5,98)
0112-20	37,88 (10,68)	1112-197	27,89 (6,95)
1112-92	37,58 (4,46)	1212-159	27,67 (5,98)
0912-117	37,32 (5,16)	1112-137	27,57 (7,98)
0214-261	37,03 (9,11)	0112-198	27,33 (2,61)
RED BEAUTY	36,14 (5,61)	0912-60	27,09 (4,05)
1112-243	36,12 (9,38)	0111-23	27,04 (4,69)
0413-5	35,53 (6,58)	1112-267	26,99 (3,35)
1112-293	34,39 (5,56)	1112-107	26,82 (7,44)
1112-102	34,38 (4,45)	0413-2	26,79 (5,89)
0314-32	33,96 (5,15)	1112-56	26,73 (7,57)
1214-222	33,64 (5,64)	0112-17	26,20 (5,15)
1112-308	33,39 (11,23)	1212-297	26,17 (4,65)
0413-4	33,31 (9,08)	1112-191	25,94 (10,50)
1112-108	33,08 (8,22)	1012-59	25,48 (11,82)
0112-26	33,01 (12,34)	1212-295	25,41 (9,85)
0112-2	33,01 (12,34)	1112-220	24,52 (6,36)
0114-28	32,77 (7,44)	1112-51	24,15 (5,22)
1112-326	32,39 (6,65)	1112-373	24,00 (3,27)
1112-231	32,33 (3,07)	1112-202	23,69 (6,53)
1112-100	32,31 (6,07)	1112-119	22,64 (4,68)
1112-333	32,18 (6,39)	1112-22	21,85 (5,78)
0114-6	31,98 (7,71)	1112-78	21,63 (3,87)
0912-61	31,61 (7,69)	1112-127	21,43 (4,01)
0511-4	31,33 (5,08)	1112-31	20,71 (4,39)
1112-24	31,24 (6,30)	1112-193	19,91 (4,35)
1112-360	31,13 (11,47)	0614-3	18,57 (3,33)

^aDesviación estándar en paréntesis.

4.3. Evaluación de caracteres bioquímicos.

4.3.1. Contenido de azúcares.

El contenido en azúcares es un factor determinante en el sabor de la ciruela, siendo categórico en la calidad gustativa al fruto y por tanto influye en la aceptación por parte del consumidor. La determinación de los azúcares presentes en la ciruela se realiza mediante la valoración del contenido en sólidos solubles, medido con un refractómetro y expresado en °Brix, debido a la alta correlación existente entre los sólidos solubles y el contenido en azúcares (Souty *et al.*, 1967; Audergon *et al.*, 1991; Gurrieri *et al.*, 2001).

En la Tabla 8, quedan reflejados los valores obtenidos concernientes a las variedades y genotipos evaluados, con resultados que van desde máximos, como se trata del genotipo '0614-3' con 16,90 °Brix, hasta mínimos, como es el caso del genotipo '1112-59' con 7,60 °Brix. La variabilidad presente en el conjunto de genotipos examinados es muy elevada, existiendo diferencias significativas entre genotipos. Esta circunstancia ha sido descrita por diversos autores (Medina, 2017).

La mayoría de las selecciones y variedades mostraron valores superiores a 11 °Brix, lo cual es indicativo de una buena calidad gustativa. Un importante número de híbridos se caracterizan por producir frutos con un elevado contenido en azúcares, superando los 14 °Brix ('1112-151', '0413-2', '1212-295' y 'Santa Rosa'), que poseen unas cualidades organolépticas excepcionales (Tabla 8).

Otra parte de los genotipos y variedades poseen valores inferiores a 11 °Brix, lo que denota una calidad gustativa inferior a los descendientes mencionados con anterioridad, si bien representan unas cualidades organolépticas suficientes para su aceptación en el mercado.

Algunas de las seleccionadas evaluadas en este trabajo, tales como '0912-117', 'Red Beauty', '1214-222' o 'Santa Rosa', presentan unas características organolépticas excepcionales, superando su contenido de azúcares a variedades ya catalogadas previamente como de elevada calidad del fruto (Pérez Romero, 2015)

Tabla 8. Contenido de azúcares

Genotipo	°Brix	Genotipo	°Brix
0614-3	16,90 (0,61)	0213-15	11,73 (1,07)
0912-117	16,05 (0,35)	1112-92	11,60 (0,28)
1214-222	15,53 (0,92)	1112-102	11,60 (0,17)
1212-295	14,87 (0,59)	1112-333	11,53 (0,67)
0114-6	14,80 (0,42)	1112-119	11,43 (0,469)
0114-20	14,75 (0,07)	1112-373	11,35 (0,21)

0314-32	14,75	(0,35)	1112-22	11,30	(1,59)
1112-293	14,70	(1,91)	1112-56	11,23	(0,12)
0413-2	14,50	(0,53)	1012-59	11,23	(0,55)
1313-26	14,47	(0,84)	1112-267	11,10	(0,80)
1112-129	14,33	(0,06)	0112-2	11,00	(0,17)
SANTA ROSA	14,20	(0,87)	0912-61	11,00	(0,31)
1112-151	14,00	(0,30)	1112-42	10,97	(0,76)
1212-297	13,93	(0,72)	1112-107	10,93	(0,45)
0214-119	13,90	(0,28)	1112-127	10,93	(0,65)
RED BEAUTY	13,60	(0,89)	1112-197	10,90	(0,79)
0114-28	13,60	(1,73)	1112-256	10,90	(0,46)
1112-51	13,50	(0,20)	1112-360	10,80	(1,99)
1212-159	13,30	(1,06)	1112-100	10,67	(0,15)
1112-31	13,27	(0,67)	0214-261	10,65	(0,21)
0413-5	13,27	(0,49)	1112-231	10,40	(0,60)
1112-220	13,03	(0,34)	0112-14	10,27	(0,55)
0111-23	12,95	(0,64)	0112-26	9,97	(0,51)
0413-4	12,90	(0,14)	1112-137	9,85	(0,33)
0511-4	12,77	(0,239)	1112-191	9,67	(0,76)
0912-60	12,73	(0,15)	0413-1	9,53	(1,52)
1112-6	12,63	(0,38)	1112-136	9,50	(0,79)
0313-26	12,53	(0,51)	1112-326	9,43	(0,75)
1112-78	12,50	(0,26)	1112-253	9,37	(0,61)
0912-93	12,47	(0,38)	1112-308	9,33	(2,19)
0112-20	12,33	(0,84)	1112-193	8,90	(2,12)
1212-169	12,33	(1,08)	0912-56	8,77	(0,32)
1112-243	12,30	(0,62)	0112-11	8,73	(0,81)
BLACK SPLENDOR	12,20	(0,28)	1112-202	8,30	(1,47)
1112-132	12,20	(0,20)	1112-166	8,23	(0,45)
0112-17	11,88	(0,29)	1112-108	8,10	(0,75)
1112-174	11,87	(0,38)	0112-198	8,10	(2,26)
1112-24	11,77	(0,42)	1112-59	7,60	(0,14)

^a Desviación estándar en paréntesis.

4.3.2. pH.

La Tabla 9 expone los resultados obtenidos en los diferentes genotipos objeto de la caracterización pomológica respecto a su pH. Los valores de pH oscilan entre un mínimo de 3,06 ('0112-11') y un máximo de 3,68 ('1112-129'), observándose diferencias muy notables entre los diferentes genotipos y variedades evaluados. En función del pH del zumo podemos diferenciar tres grupos de cultivares: aquellos con valores de pH inferiores a 3,25 (acidez alta); cultivares con un pH comprendido entre 3,25 y 3,45 (acidez media) y las selecciones con pH superior a 3,45 (acidez baja).

Entre las selecciones evaluadas podemos observar que el 74% de ellas presentan una acidez media, mientras que el 16% presenta una acidez alta, encontrándose en este porcentaje los genotipos '0912-53' y '0413-5' y las variedades 'Black Splendor' y 'Santa Rosa' y, por otro lado, representando un 10% del total, se hayan los genotipos con una acidez baja entre los que destacan '0912-117', '1112-51' y '1112-100'.

Tabla 9. pH del fruto

Genotipo	pH	Genotipo	pH
1112-129	3,68 (0,21)	1112-119	3,33 (0,02)
0912-117	3,56 (0,01)	0912-61	3,33 (0,03)
1112-51	3,50 (0,14)	1112-108	3,33 (0,01)
1112-100	3,50 (0,07)	1012-59	3,32 (0,08)
0614-3	3,50 (0,07)	1112-166	3,32 (0,06)
1112-191	3,47 (0,07)	1112-24	3,31 (0,10)
1212-295	3,45 (0,03)	1112-78	3,31 (0,04)
1112-151	3,45 (0,03)	1112-360	3,31 (0,04)
1112-6	3,44 (0,04)	1112-193	3,31 (0,03)
1212-169	3,44 (0,04)	1313-26	3,31 (0,03)
0214-119	3,43 (0,01)	0912-56	3,31 (0,03)
1112-92	3,42 (0,03)	1112-243	3,31 (0,07)
0912-60	3,41 (0,10)	0112-198	3,31 (0,09)
1112-31	3,41 (0,09)	0413-1	3,30 (0,07)
1112-56	3,41 (0,05)	1112-42	3,30 (0,10)
1112-253	3,40 (0,01)	1214-222	3,30 (0,05)
0112-26	3,40 (0,02)	1112-137	3,29 (0,10)
1212-297	3,39 (0,09)	1112-333	3,29 (0,02)
1112-267	3,39 (0,03)	SANTA ROSA	3,28 (0,03)
0112-14	3,39 (0,03)	1112-197	3,27 (0,03)
0111-23	3,39 (0,06)	1112-202	3,27 (0,04)
1112-107	3,38 (0,04)	1112-59	3,27 (0,11)
RED BEAUTY	3,38 (0,02)	0214-261	3,26 (0,03)
1112-373	3,38 (0,03)	0511-4	3,25 (0,04)
0213-15	3,37 (0,07)	1112-132	3,25 (0,15)
1112-102	3,37 (0,03)	0114-20	3,25 (0,04)
0313-26	3,37 (0,08)	0413-2	3,24 (0,06)
1112-231	3,36 (0,07)	0912-93	3,24 (0,20)
1212-159	3,36 (0,07)	0314-32	3,24 (0,16)
0114-6	3,36 (0,06)	BLACK SPLENDOR	3,23 (0,04)
0114-28	3,35 (0,05)	0112-17	3,22 (0,03)
1112-174	3,34 (0,04)	0112-2	3,21 (0,04)
1112-308	3,34 (0,01)	0413-4	3,21 (0,08)
1112-22	3,34 (0,03)	0413-5	3,20 (0,06)
1112-220	3,34 (0,03)	1112-326	3,19 (0,38)
1112-127	3,34 (0,05)	0112-20	3,18 (0,01)
1112-293	3,33 (0,07)	1112-256	3,17 (0,07)
1112-136	3,33 (0,01)	0112-11	3,06 (0,22)

^aDesviación estándar en paréntesis.

4.3.3. Acidez.

Al igual que el resto de los parámetros, la acidez juega un papel importante en la aceptación de una variedad de ciruela. Valores bajos o medios generalmente son sinónimo de un sabor agradable, incluso un cierto grado de acidez ligado a un contenido de azúcares medio o alto potencia la calidad gustativa del fruto. Sin embargo, valores de acidez excesivamente altos pueden provocar el rechazo de la fruta por parte del consumidor.

Los principales ácidos orgánicos presentes en la ciruela son el ácido málico y el cítrico, por lo que habitualmente la valoración de acidez del fruto puede ser expresada como miliequivalentes de ácido málico por mililitro de zumo (mEq H⁺ / ml) (Visagie, 1985; Byrne *et al.*, 1991) o bien como gramos de ácido málico por 100 mililitros de zumo (Visagie, 1985; Vénien, 1998).

En la Tabla 10 se pueden observar los valores relativos a la acidez del fruto en fresco. La mayoría de las selecciones de ciruela se caracterizan por presentar una acidez media (entre 2,5 y 3,5 gr. ác. málico / 100 ml de zumo). En cambio, también se puede observar que un 10,5% de los individuos está caracterizado por una acidez muy baja, inferior a 2,5 gr. ác. málico / 100 ml de zumo ('1112-100', '1112-9', '1112-326'), mientras que un 25% tienen una acidez superior a 3,5 gr. ác. málico / 100 ml de zumo es el caso de 'Black Splendor', 'Santa Rosa' o '0112-20', lo que podría repercutir en una depreciación de sus características organolépticas por exceso de acidez.

Tabla 10. Acidez del fruto

Genotipo	Acidez (málico)	Genotipo	Acidez (málico)
0112-20	5,28 (0,19)	0313-26	3,05 (0,23)
0413-4	4,77 (0,22)	1112-102	3,01 (0,06)
0112-11	4,68 (0,31)	0114-6	3,00 (0,13)
0114-20	4,47 (0,30)	1112-132	3,00 (0,15)
0112-17	4,46 (0,17)	1112-127	2,98 (0,12)
0413-2	4,38 (0,12)	1112-6	2,96 (0,14)
0112-2	4,31 (0,63)	1214-222	2,95 (1,97)
0413-5	4,30 (0,26)	1112-293	2,94 (0,32)
BLACK SPLENDOR	4,25 (0,18)	1112-59	2,93 (0,05)
1112-256	4,13 (0,22)	1212-159	2,92 (0,12)
SANTA ROSA	4,03 (0,20)	0112-14	2,92 (0,03)
1112-22	3,92 (0,30)	1112-166	2,91 (0,17)
0314-32	3,79 (0,19)	0214-119	2,90 (0,21)
0214-261	3,77 (0,01)	1112-267	2,90 (0,09)
1112-197	3,76 (0,26)	0413-1	2,89 (0,20)
0511-4	3,61 (0,35)	1112-31	2,87 (0,27)
1112-137	3,61 (0,20)	0213-15	2,86 (0,21)
1112-202	3,54 (0,46)	1112-308	2,82 (0,42)
1112-24	3,51 (0,10)	1112-136	2,81 (0,31)
1012-59	3,48 (0,32)	0614-3	2,79 (0,18)
1313-26	3,48 (0,21)	1112-78	2,75 (0,22)
0912-56	3,48 (0,01)	1112-373	2,73 (0,11)
1112-174	3,42 (0,15)	1112-253	2,68 (0,09)
1112-42	3,37 (0,14)	1112-151	2,66 (0,08)
1112-108	3,33 (0,10)	1112-107	2,65 (0,19)
1112-193	3,29 (0,57)	1112-56	2,57 (0,17)
1112-220	3,27 (0,04)	0912-117	2,57 (0,12)
0112-26	3,25 (0,12)	1112-231	2,57 (0,10)
1112-119	3,24 (0,08)	0111-23	2,53 (0,10)
1112-333	3,22 (0,20)	0112-198	2,51 (0,60)
RED BEAUTY	3,20 (0,06)	1112-191	2,48 (0,31)
1112-360	3,18 (0,43)	1212-169	2,48 (0,24)
0114-28	3,15 (0,26)	1112-326	2,45 (0,13)
1112-243	3,13 (0,16)	0912-60	2,43 (0,05)
1212-295	3,11 (0,13)	1112-92	2,30 (0,05)
0912-93	3,08 (0,17)	1112-129	2,28 (0,01)
0912-61	3,08 (0,02)	1112-51	2,21 (0,15)
1212-297	3,07 (0,03)	1112-100	1,97 (0,07)

^a Desviación estándar en paréntesis.

4.4. Aptitud postcosecha. Análisis comparativo de calidad en fresco y después de su conservación.

4.4.1. Peso de frutos.

Como se puede apreciar en la Figura 12 tras un periodo de conservación en cámara a 1°C durante 28 días, los pesos de los frutos disminuyeron en prácticamente todos los genotipos evaluados, debido a la pérdida de agua por deshidratación, si bien las diferencias no son significativas.

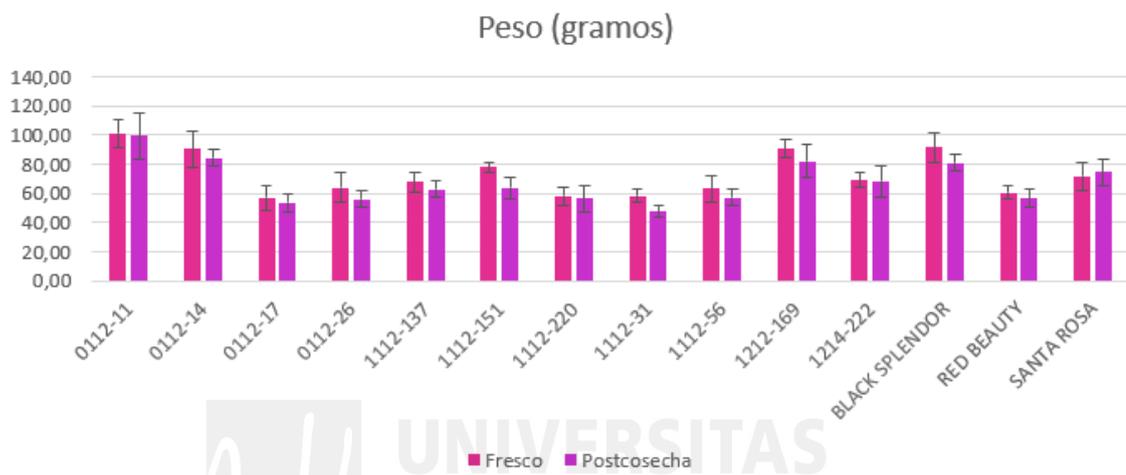


Figura 12. Gráfica comparativa de peso medio de fruto en fresco y postcosecha

4.4.2. Color de piel y pulpa

Por lo general y como se puede observar en la Figura 13, el color de fondo tras el periodo de conservación en cámara frigorífica aumenta en prácticamente todos los genotipos (disminuye el valor de h°), consecuencia de una cierta continuación del proceso de maduración y por la oxidación de las ciruelas. El genotipo que más destaca entre los analizados es el '1214-222' el cual presenta un aumento de coloración de fondo de piel bastante elevado, presentando las mismas condiciones de aumento de coloración en las tres variedades de referencia.

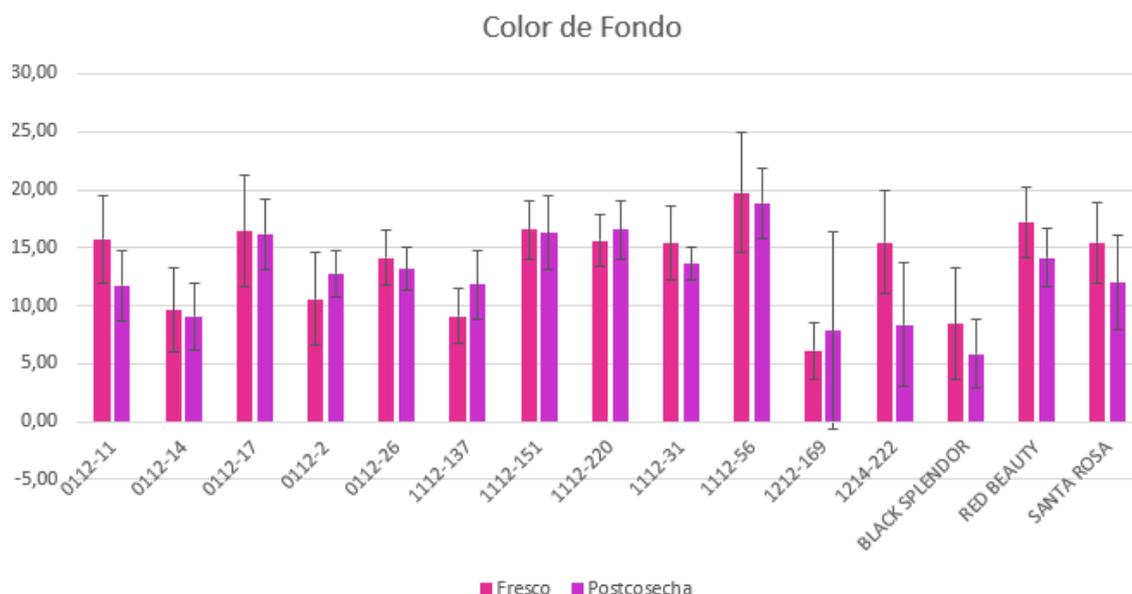


Figura 13. Gráfica comparativa de color de fondo medio de fruto en fresco y postcosecha

En cuanto al color de pulpa tras el periodo de postcosecha la mayoría de genotipos y variedades aumentan la coloración en poca medida o la mantiene igual sin diferencias significativas en el análisis estadístico (Figura 14). Esto nos da a entender que los frutos suelen cambiar más su aspecto exterior que el interior con el paso del tiempo y la oxidación y pardeo pasados esos 28 días no excesivo y a veces inapreciable.

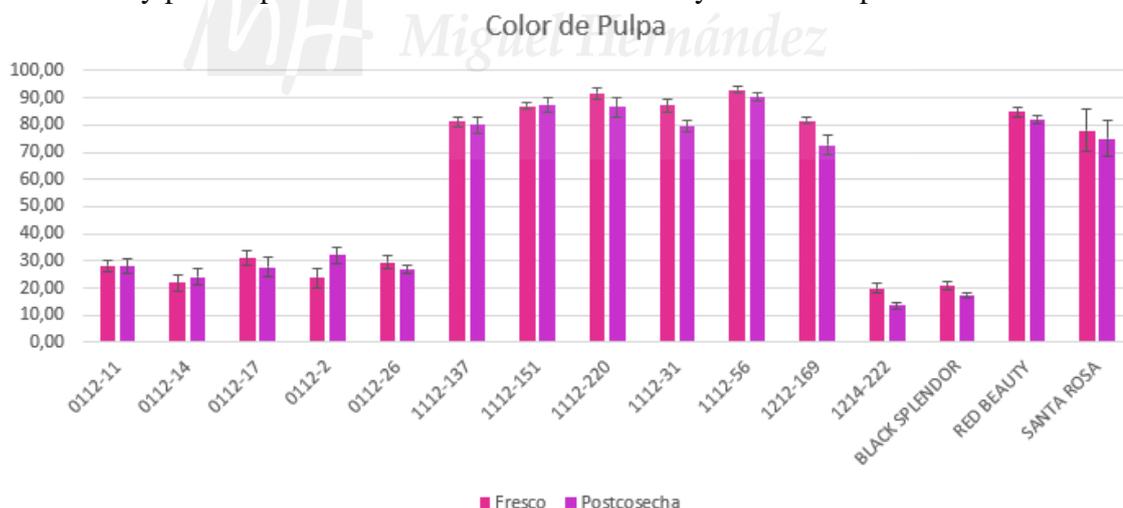


Figura 14. Gráfica comparativa de color de pulpa medio de fruto en fresco y postcosecha

4.4.3. Firmeza

Los resultados relativos a la firmeza antes y después del periodo de conservación revelan comportamientos diferentes dependiendo del genotipo, denotando por tanto diferencias en su aptitud a la postcosecha. De acuerdo al análisis estadístico realizado y cuya representación gráfica se muestra en la Figura 15, en la mayoría de selecciones y

variedades evaluadas, los valores de firmeza muestran diferencias significativas entre los valores de fresco y postcosecha (p valor inferior a 0,05) de acuerdo al tratamiento estadístico realizado (test no paramétrico Kruskal-Wallis). Sólo los genotipos ‘0112-2’ y ‘1112-137’ no mostraron diferencias significativas en relación a la firmeza antes y después de la conservación (p valor superior a 0,05), lo que da idea de su buena aptitud postcosecha. Los otros genotipos evaluados sí mostraron diferencias significativas, si bien estas diferencias fueron más o menos acusadas dependiendo del genotipo. Debemos reseñar que la selección ‘0112-26’ y la variedad ‘Santa Rosa’ mostraron p valor de 0,03, por lo que las diferencias entre fresco y postcosecha, aunque significativas, fueron menos acusadas que en el resto de genotipos, lo que indica que su comportamiento postcosecha fue aceptable.

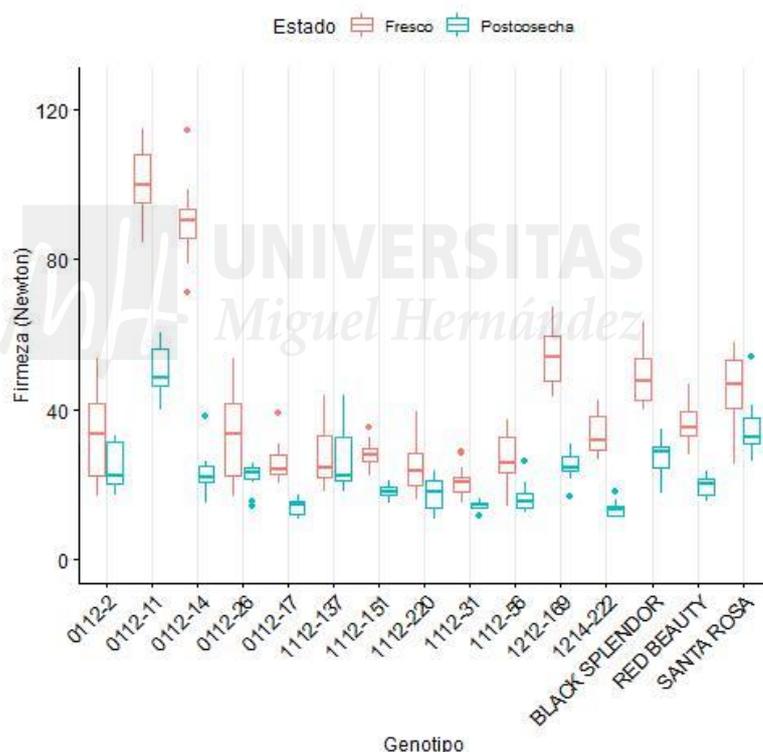


Figura 15. Gráfica comparativa de firmeza en frutos de ciruela en fresco y postcosecha

4.4.4. Contenido en azúcares

El contenido en sólidos solubles, medido como °Brix, es un indicador del contenido total de azúcares, cualidad muy importante que influye notablemente en el sabor del fruto. Por ello, es importante que en el período de conservación en cámara frigorífica conserve esta propiedad.

Como se puede observar en la Figura 16 no hay diferencias significativas entre fresco y postcosecha. Los genotipos que presentaron elevados °brix y una elevada calidad gustativa (como es el caso de ‘1112-151’, ‘1112-220’, ‘1214-222’ y la variedad ‘Red Beauty’) siguen manteniéndola tras el periodo de conservación. En cambio. Los genotipos ‘1112-31’ y ‘Santa Rosa’ han pasado en la postcosecha a tener un valor algo inferior de °Brix. Aun así, no se aprecian diferencias significativas de este parámetro de calidad, el único caso en el que podemos apreciar mayor diferencia es en el genotipo ‘0112-2’ por su gran pérdida de dulzor durante este periodo lo que nos indica que no sería demasiado apto para cumplir las necesidades que precisan los consumidores.

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, la pérdida de sabor en algunos de los genotipos que se produce tras el periodo de conservación estaría motivado principalmente por una pérdida de aromas y de textura, ya que la disminución del contenido de azúcares no es significativa.

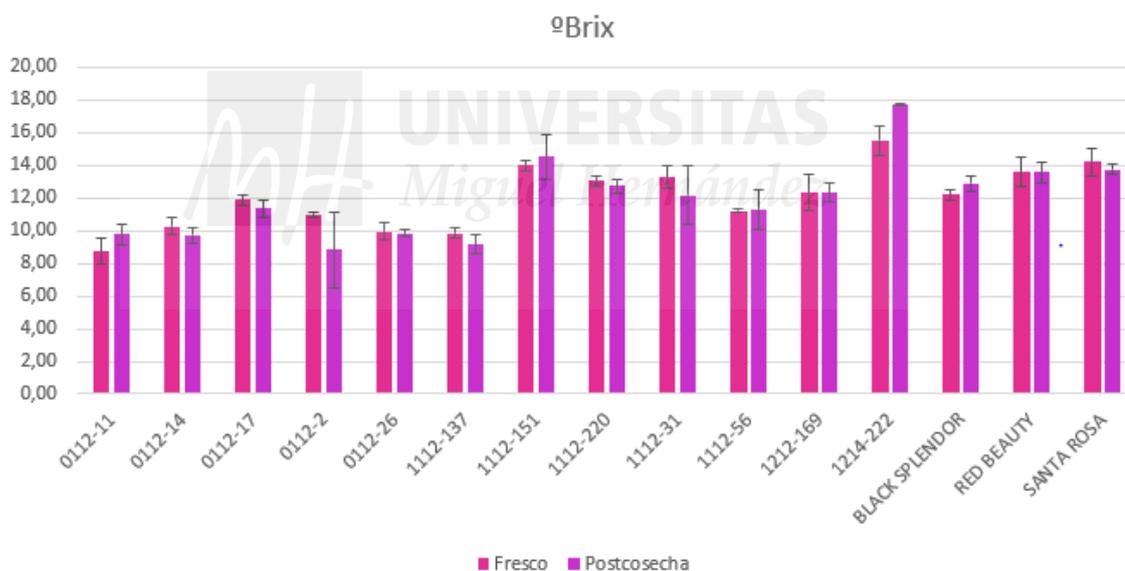


Figura 16. Gráfica comparativa de sólidos solubles en frutos de ciruela en fresco y postcosecha.

4.4.5. pH y acidez

Tras el periodo de conservación, el análisis de postcosecha reveló un ligero aumento de pH en los genotipos en comparación a estos mismos genotipos en su análisis en fresco, aunque esta diferencia es apenas significativa (Figura 17).

Por lo general, los valores obtenidos en los genotipos evaluados presentan una desviación estándar baja, a excepción del genotipo '0112-11' que presenta en su análisis de pH en postcosecha una desviación típica más elevada.



Figura 17. Gráfica comparativa de pH en frutos de ciruela en fresco y postcosecha.

Los ácidos orgánicos junto con los azúcares contribuyen el sabor del fruto. El análisis de la acidez en postcosecha mostró en la mayoría de selecciones y variedades evaluadas diferencias significativas con respecto a su análisis en fresco, produciéndose una disminución de la acidez tras el periodo de conservación (Figura 18), como es el caso de '0112-14', '1112-137', '1112-31', 'Red Beauty', '0112-17' y 'Santa Rosa'. En aquellos genotipos con elevada acidez, este descenso en postcosecha le ha permitido mostrar un sabor más apto para el consumo, por lo que no se deprecia su calidad. Caso contrario el genotipo '1212-169' que después de este periodo en la cámara frigorífica aumentó de acidez.

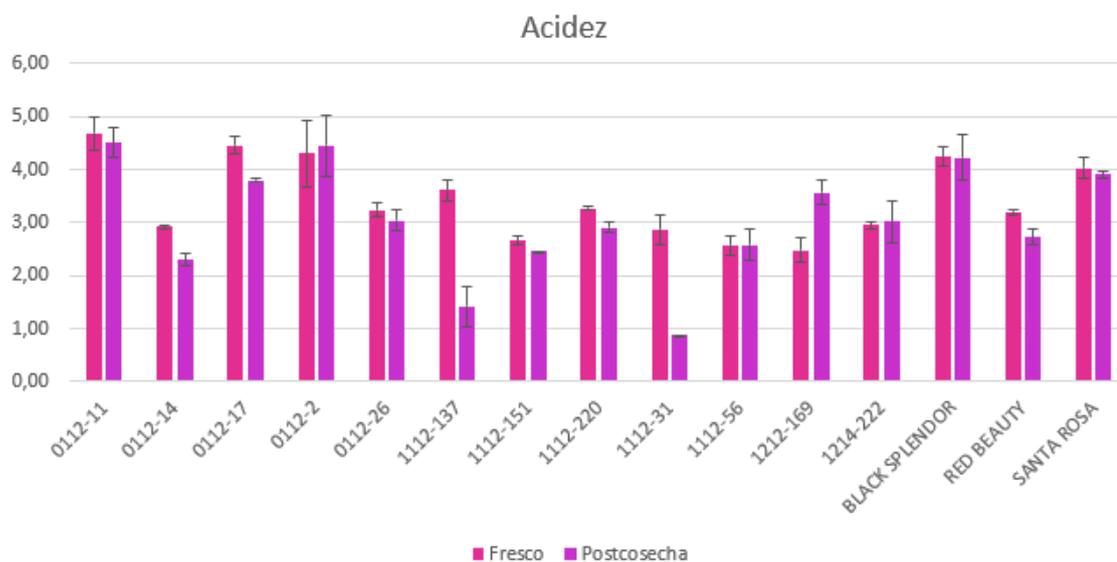


Figura 18. Gráfica comparativa de acidez en frutos de ciruela en fresco y postcosecha.

4.4.6. Daños y podredumbres

En el análisis postcosecha se observaron algunos genotipos que presentaron frutos con pardeo e incluso frutos donde era difícil pelar la piel consecuencia del avanzado estado de madurez, perteneciendo alguno de estos frutos a los genotipos ‘0112-17’, ‘1112-31’ y ‘1214-222’. Aquellos que pardeaban, pero de fácil pelado son ‘Santa Rosa’, ‘1112-137’ y ‘0112-26’. En cambio, hay otros genotipos (‘1112-151’, ‘Black Splendor’, ‘0112-11’ y ‘Red Beauty’) que no presentaron pardeo en ninguno de sus frutos.

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones derivadas del presente trabajo son las siguientes:

- En primer lugar, la caracterización pomológica realizada cumple con los objetivos propuestos de conocer las características físicas (color de piel, color de pulpa, presencia de chapa, firmeza y peso), bioquímicas (contenido en azúcares, pH y acidez) e incluso fisiológicas (fecha de maduración) del conjunto de selecciones avanzadas del programa de mejora genética del CEBAS-CSIC/IMIDA, y algunas variedades de referencia.
- En relación a la fecha de maduración, los genotipos evaluados muestran un amplio rango de calendario de maduración, destacando selecciones excepcionalmente extra tempranas con maduración desde los primeros días de Mayo ('1112-108' y '1112-231') a selecciones medio-tardías de mediados de Junio ('0214-119', '1214-222' y 'Santa Rosa'). Hay un gran interés en seleccionar aquellos genotipos con fechas de maduración tempranas (15 mayo al 15 junio), por lo que si reúnen las condiciones de calidad exigidas (como es el caso de la mayoría de los genotipos) pueden suponer una notable aportación como nuevo material varietal.
- Los resultados obtenidos en los caracteres analizados, revelan una elevada variabilidad en el conjunto de selecciones y variedades objeto de estudio. La caracterización realizada muestra genotipos caracterizados por un elevado atractivo y otros con ausencia de color de pulpa y piel. Asimismo, respecto al peso del fruto, firmeza, contenido de azúcares y acidez, las selecciones y variedades evaluadas también muestran unos amplios rangos de valores.
- En relación a la coloración de piel y pulpa, y considerando que los consumidores están demandando actualmente ciruelas de pulpa rojiza "sangre", tenemos un grupo de genotipos con coloraciones de pulpa con valores de h° inferiores a 38, lo que indica una coloración roja intensa.. Tanto para color de piel como color de pulpa, la variedad 'Black Splendor' es la que presenta el h° más bajo de las 3 variedades de referencia, por debajo de $h^{\circ} = 20$. Asimismo, encontramos genotipos de pulpa roja muy intensa, como son los genotipos '1214-222', '0413-2' y '0413-5'.
- El equilibrio entre los parámetros $^{\circ}$ Brix y acidez es básico y fundamental para que la calidad organoléptica de la ciruela se considere elevada. La mayoría de las

selecciones y variedades mostraron valores superiores a 11 °Brix, lo cual es indicativo de una buena calidad gustativa. Algunas de las selecciones evaluadas en este trabajo, tales como '0614-3', '0912-117', '1214-222', '1212-295', '0114-6', '0114-20', '0314-32', '1112-293', '0413-2', '1313-26' y '1112-129', presentaron valores superiores a 14 °Brix y unas características organolépticas excepcionales, superando su contenido de azúcares a variedades ya catalogadas previamente como de elevada calidad del fruto. Por otra parte, la mayoría de selecciones presentan un pH y acidez medios sin resultar genotipos de este tipo excesivamente ácidos o sin sabor. Las variedades de referencia 'Red Beaut' y 'Santa Rosa' confirmaron asimismo sus buenas cualidades organolépticas, si bien algunas de las selecciones las superaron en contenido en azúcares.

- En el caso de la firmeza, que consideramos el parámetro de referencia para la postcosecha, podemos observar que la mayoría de los genotipos tienen valores comprendidos entre 20 y 50 N (valor óptimo de consumo), observándose algunos casos ('1212-169' y '0112-11') con una firmeza excesiva para el consumidor, y otros ('0614-3' y '1112-193') que podrían ser considerados como demasiado blandos.
- En cuanto al análisis post-cosecha, para la mayoría de caracteres analizados no hay diferencias significativas para cada genotipo comparando fresco y un periodo de conservación en cámara frigorífica de 28 días. En el caso de la firmeza, que es el parámetro más determinante tras el periodo post-cosecha, hay diferencias significativas en todos los genotipos a excepción de '1112-137' y '1112-31', los cuales los podemos considerar los más aptos para un periodo prolongado de conservación. En cuanto al resto de parámetros estudiados, cualquier periodo en cámara supondrá siempre pérdidas de peso y de aromas. Sin embargo, en la mayoría de genotipos se produce un aumento considerable de azúcar, consecuencia de la progresiva maduración que sufre la ciruela una vez cosechada.
- El análisis integral de todos los caracteres relacionados con la calidad del fruto muestra que algunos de los genotipos cuya calidad del fruto es especialmente destacable son el '0614-3', '0912-117', '0112-14', '0214-119', '0111-23' o '0112-2'.

Por último, destacar que la evaluación de este conjunto de selecciones de ciruelo japonés debe continuar en los próximos años por parte del equipo del CEBAS/IMIDA, ya que es

imprescindible disponer de una caracterización plurianual a fin de considerar la influencia de las condiciones climáticas de los diferentes años en los caracteres de calidad del fruto. Por otra parte, para la selección final de los genotipos de mayor interés, además de los caracteres de calidad considerados en este estudio, deben ser contempladas otras características clave, como la autocompatibilidad floral y el nivel de resistencia al virus de la sharka.



6. BIBLIOGRAFÍA

- **Abbott, J.A.** (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest biology and technology*, 15: 207-225.
- **Agusti, M.** (2004). *Fruticultura*. Mundi-Prensa Libros. Madrid 493 pp
- **Audergon, J.M., Reich, M. and Souty, M.** (1991). Abricot. Les variations des critères de qualité. *L'Arboriculture fruitière*, **436**: 35-46.
- **Bailey, C.H. and Hough, L.F.**, (1975). Apricots. En: Janick J, Moore JM (EDS.) *Advances in Fruit Breeding*. Purdue University Press: Lafayette, Indiana, USA. Pp. 367-383
- **Blazek, J.**, 2007. A survey of the genetic resources used in plum breeding. *Acta Horticulturae* 734: 31-45.
- **Byrne, D.H., Nikolic, A.N. and Burns, E.E.** (1991). Variability in sugars, acids, firmness, and color characteristics of 12 peach genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116, 1004-1006.
- **Calvo Villegas, I.**(2009). El cultivo del ciruelo. Proyecto Planton-Pacayas. *Boletín Técnico n°9*.
- **CARM.** [En línea]. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia [Consultada en 2019]. Disponible en web: <http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1&IDTIPO=180>
- **CREM** [En línea]. Centro Regional de Estadística de Murcia. [Consultada en 2019]. Disponible en web: http://econet.carm.es/web/crem/inicio/-/crem/sicrem/PU_CiezaCifras/P8004/sec2.html
- **Crisosto, C. Garner, D. & Crisosto, G.** 2004. Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindell). Amsterdam: *Postharvest Biology and Technology*.
- **D. Ruiz, J. Egea, J. Cos, A. Carrillo, D. Frutos, F. García.** Título: La mejora varietal, factor crucial en el presente y futuro del ciruelo japonés en España. *Revista: Vida Rural* (2011). 338: 32-35.
- **D. Ruiz, J. Egea, A. Carrillo, D. Frutos, A. Guevara, F. García, J. Cos.** Título: Programa de mejora genética del ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) en la Región de Murcia *Revista: Horticultura Global* (2012). 305: 20-23.

- **Delwiche, M.J. and Baumgardner, R.A.** (1985). Ground colour as a peach maturity index. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110 (1): 53-57.
- **FAOSTAT** [En línea]. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS [Consultada el 20 de Julio de 2019]. Disponible en web: <http://faostat.fao.org/>
- **Faust, M. and Surányi, D.** (1999) Origin and dissemination of plums. *Horticultural Reviews*, 23, 179–231
- **Fuleki, T., and Cook F.I.** (1976). Relationship of maturity as indicated by flesh colour to quality of canned clingstone peaches. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 9(1): 43-46.
- **Guerra, M.E., Wünsch, A., López-Corrales, M., Rodrigo, J.** 2007. Determinación alélica y establecimiento de grupos de incompatibilidad polen-pistilo en ciruelo japonés mediante PCR. *Actas de Horticultura* 48: 109-112.
- **Guerra, M.E., López-Corrales, M., Wünsch, A.** 2012. Improved S-genotyping and new incompatibility groups in Japanese plum. *Euphytica* 186, 445-452.
- **Hedrick, U.P.** (1911) The plums of New York, N.Y. *Agric. Exp. Sta. 18th Ann. Rep. Vol 3, Part II, Geneva*
- **Hewett, E.** 2006. An overview of preharvest factors influencing postharvest quality of horticultural products. *Int. J. Postharv. Technol. Innov.*, 1(1): 4-15.
- **Gurrieri, F., Audergon, J.M., Albagnac, G., Reich, M.** (2001). Soluble sugars and carboxylic acids in ripe apricot fruit as parameters for distinguishing different cultivars. *Euphytica* 117:183-189
- **Llácer, G., Cambra, M.** 1986. Ocurrence of plum pox virus in Spain in a new natural host, *Prunus salicina* Lindl. (Japanese plum). *Plant Disease*, 70 (2). Disease note.
- **Lee S, Wen J.** 2001. A phylogenetic analysis of *Prunus* and the Amygdaloideae (Rosaceae) using ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. *American Journal of Botany* 88:1. 150-160 pp
- **Lindley J.** 1828. Transactions of the Horticultural Society of London. Editado por *La Real Sociedad de Horticultura de Londres*. Vol 7: 239 pp

- **Mataix, E.; Villarrubia, D.**(1999). Poda de Frutales.1° La poda del Ciruelo. Serie Divulgacion Tecnica. *Ed Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura Alimentacion y Pesca* 1999. 103 pp.
- **MAPA. (2006).** *Anuario de estadística agroambiental*. [En línea]. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. [Consultada el 30 de Julio de 2019]. Disponible en web:
<http://www.mapama.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=959>
- Medina, O; Rincón, A y Rubiano, V (2017). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tunja (Colombia). Comportamiento poscosecha de frutos de ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) en estado madurez comercial con tres dosis de CaCl₂
- Moreiras, O; Carbajal, A; Cabrera, L; Cuadrado, C.(2013). Tablas de composicion de alimentos. Ed. Piramide. Madrid. 456 pp.
- Okie, W.R. and Weinberger, J.H. (1996) Plums, In: Janick, J. and Moore, J.N. (eds), *Fruit Breeding, Volume I: Tree and Tropical Fruits*. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 559–607.
- Rubio, M., García-Ibarra, A., Dicenta, F., Martínez-Gómez, P. 2011. Plum pox virus (sharka) sensitivity in *Prunus salicina* and *Prunus cerasifera* cultivars against a Dideron-type isolate. *Plant Breeding* DOI: 10.1111/j.1439-0523.2010.01813.x
- Ortega-Farías, Samuel O., Lozano, Pedro, Moreno, Yerko, & León, Lorenzo. (2002). desarrollo de modelos predictivos de fenología y evolución de madurez en vid para vino cv. cabernet sauvignon y chardonnay. *Agricultura Técnica*, 62(1), 27-37. Paliyath, G. y. (2008). *Biochemistry of fruits.,Postharvest biology and tecnology*. Wiley-Blackwell. 19-50 p.
- Parra-Coronado, A., Hernández-Hernández, J., & Camacho-Tamayo, J. 2008. *Fisiología poscosecha de frutas y hortalizas*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, 4ª ed.
- Parra-Coronado, Alfonso, Hernández-Hernández, José Eugenio, & Camacho-Tamayo, Jesús Hernán. 2007. Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la ciruela variedad horvin. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 29(3), 431-437.

- Pérez Romero, L (2015). Universidad de Sevilla. Evaluación del cultivo ecológico del ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) y del albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.).Crecimiento, fenología, producción y calidad. 251 pp.
- **Rehder, A.** (1940). *A manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America*. The Macmillan Company. New York.
- **Rood, P.** (1957). Development an evaluation of objective maturity indices for Californian freestone peaches. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 70: 104-112.
- Rubio, M., García-Ibarra, A., Dicenta, F., Martínez-Gómez, P. 2011. Plum pox virus (sharka) sensitivity in *Prunus salicina* and *Prunus cerasifera* cultivars against a Dideron-type isolate. *Plant Breeding* 130, 283-286.
- Ruiz, D., Egea, J., Ureña, R., García, F., Carrillo, A., Frutos, D., Cos, J. 2010. Nuevo programa de mejora genética de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.). *Actas de Horticultura* 55: 243-244.
- **Sims, E.T. and Coming, D.** (1963). Evaluation of objective maturity indices for Halehaven peaches. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 82: 125-130.
- **Souty, M., Breuils, L., Reich, M. and Poggi, A.** (1976). L'acidité des abricots. *Fruits*, **31 (12)**: 775-779.
- **Souty, M., Poggi, A. and Breuils, L.** (1967). Dones techniques intéressant la technologie des pêches de conserve. *Connaissance du matériel vegetal. B.T.I.*, **220**: 505-522.
- Topp, B.L., Russell, D.M., Neumüller, M., Dalbó, M.A. y Liu, W., 2012. Plum. En: *Fruit breeding*. M.L. Badenes y D.H. Byrne (Eds.). Springer. p. 571-612.
- **Torman, H.** (1983). Further results on picking maturity standards for export plums. *Deciduous fruit grower*, 33 (10): 361-365.
- **Torman, H. and Van Zyl, H.J.** (1982). Maturity standards for export plums. *Deciduous fruit grower*, 32 (1): 22-28.
- **Varady-Burgetti, C., Hámori-Szabo, J. and Faskebti, E.** (1983). Determination of maturity in apricots by instrumental measurement of flesh firmness and colour. *Acta Alimentaria*, 12: 412-413.
- Vargas.S. 2011. Caracterización morfológica de ciruela (*Spondias purpurea* L.) En tres municipios del Estado de Tabasco.

-
- **Vavilov, NI**, (1992). *Origin and Geograpy of Cultivated Plants* (Transleted) Cambridge Univ Pressm Cambridge, UK, 498 pp.
 - **Vénien, S.** (1998). Les unités de mesures de la qualité. *Infos-Ctifl*, **141**: 34-36.
 - **Visagie, T.R.** (1984). Maturity indices for nectarines. *Deciduous fruit grower*, 34 (10): 362-363.
 - **Visagie, T.R.** (1985). Optimum picking maturity for apricots-preliminary results and recommendations. *Deciduous fruit grower*, 35(11): 401-404.
 - **Witherspoon, J.M. and Jackson, J.F.** (1996). Analysis of fresh and dried apricot. In: *Modern methods of plant analysis, Vol. 18 Fruit analysis*. (Linskens, H. F. and Jackson, J. F. Eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 111-131.
 - Yoshida, M., 1987. The origin of fruits, 2: Plums. *Fruit Japan* 42: 49-53.
 - Zeven AC, De Wet J. 1993. *Dictionary of cultivated plans and their regions of diversity*, International Book Distributors. Dehra Dun. 259 pp



